

PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO RCM EN LOS CARGADORES  
CATERPILLAR MODELO 992 C SERIE 49Z DE DRUMMOND LTD.

ANDREY FABIAN CAÑÓN BELLO

COD 2188939

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2020

PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO RCM EN LOS CARGADORES  
CATERPILLAR MODELO 992 C SERIE 49Z DE DRUMMOND LTD.

ANDREY FABIAN CAÑÓN BELLO

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

Director

ING. GUSTAVO ADOLFO LAFAURIE

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BUCARAMANGA

2020

## **Agradecimientos**

Gracias a Dios por ser el estímulo más grande en cada paso que doy.

A mis padres, por enseñarme a luchar por mis sueños y mantenerme de pie frente a los obstáculos.

Al cuerpo de docentes de la universidad industrial de Santander que nos transmitieron y guiaron con su conocimiento

A todos mis colegas y personas que de una u otra forma me influenciaron y aportaron su conocimiento para la realización de esta monografía.

Gracias.

**ANDREY FABIAN CAÑON BELLO**

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN.....  | 13 |
| 1. PROFUNDIZACIÓN EN EL PROBLEMA DE MANTENIMIENTO QUE SE OBSERVA EN LA EMPRESA DRUMMOND LTD.....   | 14 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA DRUMMOND LTD. ....   | 14 |
| 1.2 OBJETIVOS .....  | 19 |
| 1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....  | 19 |
| 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....   | 19 |
| 2. MARCO TEÓRICO.....  | 20 |
| 2.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO .....  | 20 |
| 2.1.1. Mantenimiento centrado en confiabilidad: Según la Norma SAE JA1011 se define el RCM así: .....  | 24 |
| 2.1.2. FUNCIONES: Parámetros de Funcionamiento y Contexto Operacional, el primer paso en el proceso del RCM es identificar las funciones básicas de cada activo en su contexto operacional, es decir, determinar qué es lo que los usuarios quieren que haga y asegurar que es capaz de realizarlo sin inconvenientes.....         | 27 |
| 2.1.3. Fallas funcionales: Se presentan cuando el activo no cumple ni con la función primaria o secundaria de acuerdo con el parámetro de funcionamiento que el usuario considera permisible, son aquellos estados indeseables del sistema; y se responde a la pregunta ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones? ..... | 27 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.1.4. | Análisis de modos de falla: Un modo de falla es una posible causa por la que un equipo puede llegar a un estado de falla, es bien saber que una vez se identifican las fallas funcionales se hace necesario conocer los hechos posibles causantes de la falla, y se debe responder la pregunta ¿cuál es la causa de cada falla funcional?, dentro de estos modos de fallas se incluyen las ocasionadas por efectos del deterioro o desgaste, por errores humanos (operadores y técnicos de mantenimiento) y por errores de diseño. Asimismo, los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos: .....   | 28 |
| 2.1.5. | Tareas de mantenimiento Preventivo y Predictivos: Por medio de este paso se da respuesta a las preguntas ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir esta falla? y ¿Qué sucede si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva apropiada?, pues el objetivo es definir qué acciones pueden tomarse para manejar las fallas, además las acciones pueden dividirse en dos categorías: Tareas proactivas y Acciones a falta de.....  | 29 |
| 2.2.   | EL CARGADOR FRONTAL DE LLANTAS MODELO 992C<br>CATERPILLAR.....  | 30 |
| 2.2.1. | Motor: El Motor diésel Cat® 3412 EUI (Sistema de inyectores electrónicos) con turbo compresión cumple con la norma y en conjunto con el sistema ADEM™ II (Sistema avanzado de administración de motores diésel) y el convertidor de par de embrague de rodete con traba, proporciona cambios de marcha suaves con la eficiencia de mando directo, a la vez que el sistema de control de tracción adapta la potencia a las condiciones del terreno. Tiene una cilindrada de 27,1 litros, que brindan una potencia bruta de, proporciona toda la 514.5 kW - 690 CV energía motriz necesaria para el funcionamiento del resto de los compontes del tren de fuerza y utiliza diésel como combustible..... | 33 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.2.2. Tren de Potencia: Conformado por los subcomponentes transmisión, convertidor de torque, diferencial y mandos finales. .... | 35  |
| 3. POBLACIÓN DE CARGADORES 992C DRUMMOND LTD.....   | 36  |
| 4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO RECOPIADA PARA LA FLOTA DE CARGADORES 992C.....                                    | 37  |
| 4.1. RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EL ANÁLISIS RCM.....   | 37  |
| 4.2. ANÁLISIS DE EVENTOS DE MANTENIMIENTO .....   | 39  |
| 4.3. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA GENERALES DEL TREN DE POTENCIA .....  | 42  |
| 4.4. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA POR COMPONENTES .....   | 48  |
| 4.5. DETERMINACIÓN DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO.....  | 91  |
| 5. CONCLUSIONES .....   | 119 |
| BIBLIOGRAFÍA.....   | 122 |
| WEBGRAFIA .....   | 123 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: EXPLICACIÓN DEL PROCESO DE LA EMPRESA DRUMMOND .....                   | 14 |
| Figura 2: UBICACIÓN DE DRUMMOND. ....  | 15 |
| Figura 3: PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CARBÓN EN DRUMMOND LTD. ....                  | 17 |
| Figura 4: PATRONES DE FALLA. ....  | 22 |
| Figura 5: EXPECTATIVAS DE MANTENIMIENTO CRECIENTE .....                          | 22 |
| Figura 6: CAMBIO EN LOS PUNTOS DE VISTAS SOBRE LAS FALLAS DE LOS EQUIPOS .....   | 23 |
| Figura 7: EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO .....                       | 24 |
| Figura 8: CARGADOR 992C. EN DRUMMOND LTD. ....                                   | 30 |
| Figura 9: DIMENSIONES DEL CARGADOR 992C .....                                    | 31 |
| Figura 10: TREN DE POTENCIA. UBICACIÓN DE COMPONENTES .....                      | 33 |
| Figura 11: TRANSACCION PEPLESOFT .....   | 38 |
| Figura 12: DIAGRAMA DE PARETO POR EVENTOS DE MANTENIMIENTO CARGADORES 992C ..... | 41 |
| Figura 13: DIAGRAMA DE PARETO POR HORAS DOWN DE EQUIPO .....                     | 42 |
| Figura 14: DIAGRAMA DE PARETO MODOS DE FALLA MOTOR .....                         | 44 |
| Figura 15: DIAGRAMA DE PARETO MODOS DE FALLA EN LA TRANSMISION. ....             | 45 |

Figura 16: DIAGRAMA DE PARETO MODOS DE FALLA CONVERTIDOR DE TORQUE .....47

Figura 17: DIAGRAMA DE PARETO FALLAS EN DIFERENCIAL.....48

Figura 18: COMPARACIÓN DE MTBF 2018 VS. MTBF 2019 ..... 121

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 CARACTERISTICAS DEL MOTOR 3412.....   | 34 |
| Tabla 2 CANTIDAD DE CARGADORES 992 C SERIE 49Z EN DRUMMOND ....                             | 36 |
| Tabla 3 Función, Falla Funcional y Modos de Falla en los cargadores 992 C<br>SERIE 49Z..... | 39 |
| Tabla 4 EVENTOS DOWN FLOTA 992 C SERIE 49Z ENERO-DICIEMBRE 2019<br>SISTEMA DE POTENCIA..... | 40 |
| Tabla 5 EVENTOS Y HORAS DOWN POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO....                               | 40 |
| Tabla 6 MODOS DE FALLA DE MOTOR .....   | 43 |
| Tabla 7 MODOS DE FALLA TRANSMISION.....   | 44 |
| Tabla 8 MODOS DE FALLA EN CONVERTIDOR DE TORQUE.....  | 46 |
| Tabla 9 MODOS DE FALLA EN DIFERENCIAL .....   | 47 |
| Tabla 10 ANALISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA- MOTOR .....                                 | 49 |
| Tabla 11 ANALISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA- TRANSMISION .....                           | 77 |
| Tabla 12 ANALISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA- CONVERTIDOR.....                            | 82 |
| Tabla 13 ANALISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA- DIFERENCIAL .....                           | 86 |
| Tabla 14 ANALISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA- MANDOS FINALES .                            | 88 |
| Tabla 15 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO- COMPONENTE<br>MOTOR.....                     | 91 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 16 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO- COMPONENTE<br>TRANSMISION.....    | 109 |
| Tabla 17 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO- COMPONENTE<br>CONVERTIDOR.....    | 112 |
| Tabla 18 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO- COMPONENTE<br>DIFERENCIAL.....    | 116 |
| Tabla 19 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO- COMPONENTE<br>MANDOS FINALES..... | 117 |
| Tabla 20 Valores de MTBF flota 992 C SERIE 49Z Enero - Abril 2019.....           | 120 |

## RESUMEN

**TÍTULO:** PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO RCM EN LOS CARGADORES CATERPILLAR MODELO 992 C SERIE 49Z DE DRUMMOND LTD\*

**AUTOR:** ANDREY FABIAN CAÑON BELLO\*\*

**PALABRAS CLAVE:** DRUMMOND, CARBÓN, RCM, MANTENIMIENTO, CARGADOR, CATERPILLAR 992 C

### **DESCRIPCIÓN:**

En la presente investigación, el objeto de estudio fue la aplicación, sobre los conceptos, conocimientos y teorías que se observaron durante la especialización en Gerencia de Mantenimiento; con el fin de, llegar a emplear una metodología RCM en la empresa de Drummond LTD sobre su flota de cargadores Caterpillar 992c, para llegar a optimizar el funcionamiento de los equipos y certificar la prolongación operativa en la cadena de producción del carbón.

Es por ello, que el plan gerencial de mantenimiento ha sido diseñado por medio de las recomendaciones que el fabricante de equipo brindó, también las condiciones operacionales en la mina, las sugerencias del personal técnico y hasta operativo que logra asistir a estas máquinas, no olvidando conjuntamente los modos de fallas que se logró identificar.

En el desarrollo del diseño de este plan gerencial se precisó realizar consultas sobre todos los datos históricos de falla de los equipos, igualmente el establecimiento de los distintos modos, el tipo de falla y los manuales que hay de servicio y mantenimiento.

Entonces, como resultado, se logró obtener un diagnóstico y se actualizó el plan de mantenimiento que estaba manejando la flota de cargadores 992 c, teniendo con ello un paso a paso para la medición, el análisis y el seguimiento de las diferentes actividades que involucra la metodología empleada; no olvidando que Drummond LTD fue quién autorizó la implementación de esta propuesta.

---

\*Monografía

\*\* Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Ing, Gustavo Lafaurie

## ABSTRACT

**TITLE:** MAINTENANCE PLAN APPLYING RCM ON CATERPILLAR MODEL 992 C SERIES 49Z CHARGERS FROM DRUMMOND LTD\*

**AUTOR:** ANDREY FABIAN CAÑON BELLO\*\*

**KEYWORDS:** DRUMMOND, COAL, MAINTENANCE RCM, CHARGERS, CATERPILLAR 992C

### **DESCRIPTION:**

In the present investigation, the object of study was the application, on the concepts, knowledge and theories that were observed during the specialization in Maintenance Management; In order to use an RCM methodology in the Drummond LTD company on its Caterpillar 992c loader fleet, to optimize the operation of the equipment and certify the operational prolongation in the coal production chain.

That is why the maintenance management plan has been designed through the recommendations that the equipment manufacturer provided, also the operational conditions in the mine, the suggestions of the technical and even operational personnel who manage to assist these machines, not forgetting jointly the failure modes that were identified.

In the development of the design of this management plan, it was necessary to consult all the historical data of equipment failure, as well as the establishment of the different modes, the type of failure and the service and maintenance manuals.

Then, as a result, it was possible to obtain a diagnosis and update the maintenance plan that the 992 c fleet of loaders was managing, thus having a step by step for the measurement, analysis and monitoring of the different activities involved in the methodology used; not forgetting that Drummond LTD was the one who authorized the implementation of this proposal.

---

\*Monograph

\*\*Faculty of Engineering. Mechanical engineering school. Director Ing. Gustavo Lafaurie

## INTRODUCCIÓN

En la empresa Drummond LTD, la mayoría de los materiales que son extraídos durante su proceso de minado llega a ser un material estéril; este material llega ser ubicado antes de la capa de carbón y por medio de herramientas como palas hidráulicas/ eléctricas es que es removido; asimismo estas son cargadas por camiones de hasta 170-240 toneladas. Estos equipos llevan el material estéril hacia los botaderos (el cual son unas zonas denominadas así por el apilamiento que hay de ellos por medio de cargadores y tractores de gran capacidad).

Ahora bien, los equipos utilizados para llevar a cabo la manipulación de apilamiento y carga hacia los botaderos son los cargadores marca Caterpillar modelo 992 C entre otros; sin embargo, en el último año, estos han tenido una disminución de disponibilidad y confiabilidad de flota con lo que ha generado un incumplimiento de metas en los indicadores de mantenimiento.

Por tal motivo, se quiere desarrollar un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para lograr un aumento en los indicadores que se están viendo afectado; esto por medio de análisis en los factores que están teniendo una incidencia mayor con respecto a la pérdida de disponibilidad y confiabilidad, para finalmente proponer ciertas estrategias de mantenimiento con que se pueda cumplir dichos objetivos, volviendo así un proceso confiable con estos equipos.

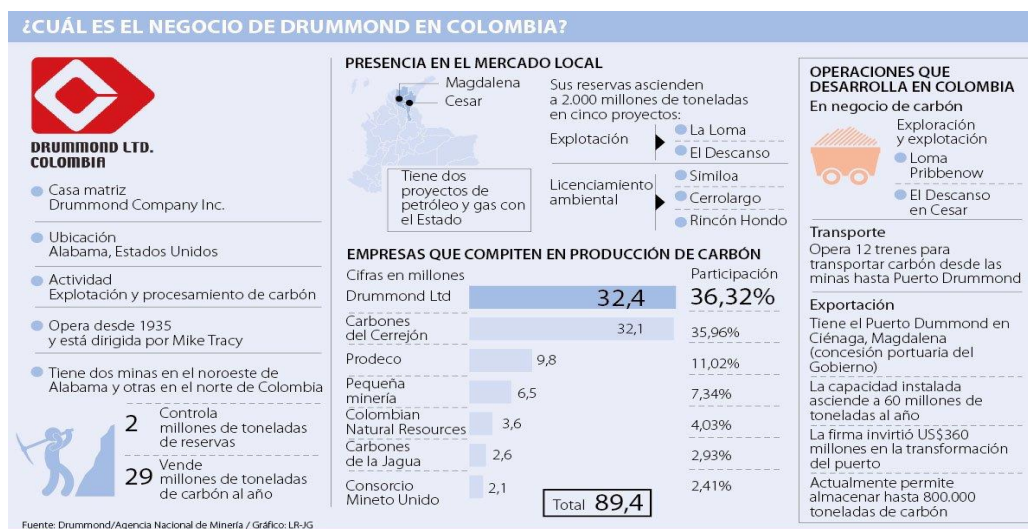
# 1. PROFUNDIZACIÓN EN EL PROBLEMA DE MANTENIMIENTO QUE SE OBSERVA EN LA EMPRESA DRUMMOND LTD.

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA DRUMMOND LTD.

Drummond LTD es una organización con operaciones mineras que logra tener un gran protagonismo en la economía de Colombia, donde tiene un mayor impacto en los departamentos del Cesar y Magdalena, pues son los departamentos donde su actividad se centra; esta actividad tiene como finalidad la exploración, explotación, transporte y exportación de carbón.

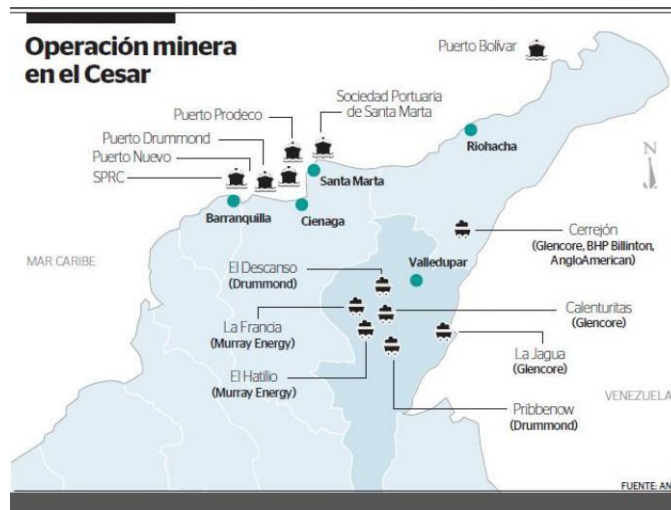
Durante el año 2019, Drummond LTD llegó a obtener un total de \$290. 939 millones de utilidades, fue productor de 32,7 millones de toneladas de carbón y actualmente sus operaciones cuenta con reservas aproximadas de 1.300 millones de toneladas de carbón, lo que la hace una de las minas de carbón más grandes del mundo.

Figura 1: EXPLICACIÓN DEL PROCESO DE LA EMPRESA DRUMMOND



Fuente <https://www.larepublica.co/empresas/el-comprador-de-drummond-se-quedaria-con-36-del-negocio-local-de-carbon-2607506>

*Figura 2: UBICACIÓN DE DRUMMOND.*



Fuente: <https://www.portafolio.co/negocios/activos-de-la-drummond-en-la-mira-de-importantes-mineras-5163>

El proceso de extracción a cielo abierto y producción del carbón en términos generales se lleva a cabo a través de los siguientes pasos:

**Prospección:** Este es el primer paso del procedimiento, aquí se quiere dar una identificación y exploración sobre las zonas donde se logra tener una mayor concentración de carbón con el fin de lograr verificar qué lugares son viables para el desarrollo de esta actividad de extracción en cuánto al costo.

**Rescate y relocalización de fauna:** Al tener identificada la zona de extracción, se comienza a realizar un repertorio sobre las especies vegetales y animales (fauna)

con el propósito de trasladarlas a una zona de similares características a la zona donde habitaban, darles una relocalización.

**Remoción de suelos:** Durante este paso se retira la capa vegetal y se almacena en condiciones controladas, con el fin de mantener su conservación y luego darle su debida reutilización en los trabajos de rehabilitación de tierras.

**Perforación y voladura:** Aquí se da la perforación de pozos profundos, donde se deposita el componente para fragmentar el manto rocoso estéril.

**Remoción de estéril:** Después de la remoción del material fragmentado por las palas, el material estéril es cargado por medio de camiones que los llevan hacia los botaderos donde se apilan mediante el uso de tractores de llanta.

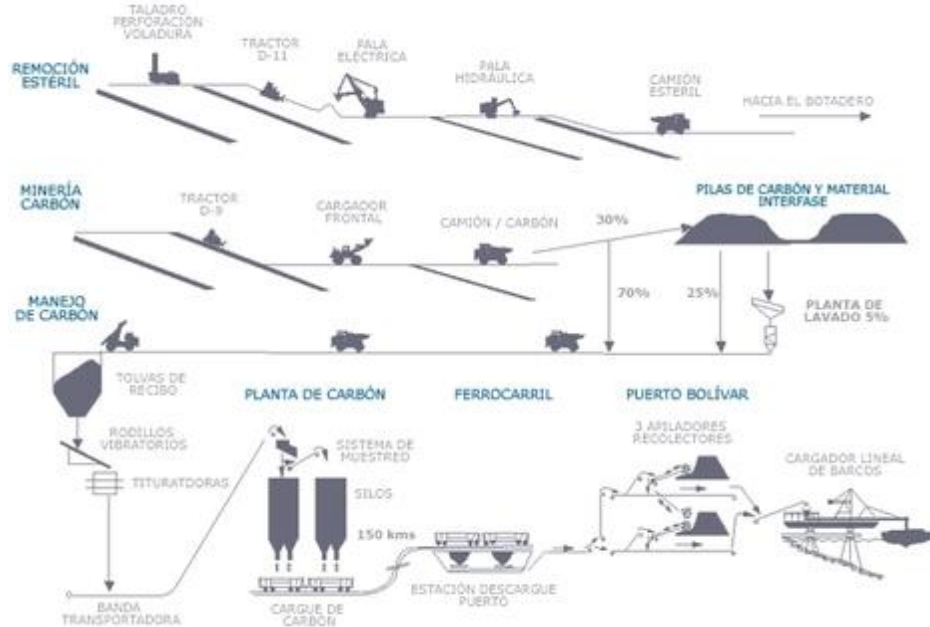
La relación de descapote en Drummond LTD es aproximadamente 5.5 a 1, es decir, por cada 5.5 toneladas de material estéril se extrae 1 tonelada de carbón.

En este proceso, los equipos de cargue entran a un banco de cerca de 10 metros, que previamente ha sido abierto por equipos de menor tamaño, toman el estéril y lo cargan en camiones de 170 t y 240 t de capacidad que posteriormente lo llevan hasta los botaderos. Una vez los equipos de cargue llegan a un manto de carbón le dan paso al proceso de minería de carbón.

**Remoción, cargue y transporte de carbón:** Luego de que es removido el material estéril, los mantos de carbón quedan a la vista y son llevados para ser cargados a los camiones con capacidad de 190 T que lo trasladarán hacia las pilas de almacenamiento o directamente hacia las trituradoras. Cerca del 70% del carbón minado es triturado inmediatamente y despachado en tren, mientras que el 30% restante es almacenado de acuerdo con su poder calorífico, contenido de cenizas y azufre. Este carbón es luego triturado e incorporado al flujo normal con el fin de ajustar la calidad del carbón despachado en un momento dado.

**Trituración y/o apilamiento:** El carbón se transporta a las plantas de trituración o es apilado de acuerdo con su poder calorífico para posteriormente ser cargado en el tren y llevado a puerto.

*Figura 3: PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CARBÓN EN DRUMMOND LTD.*



Fuente: <https://procesosmineros.weebly.com/carbon1.html.L>

De los procesos mencionados anteriormente, comienza a ser objeto para este estudio el proceso de apilado del material estéril llevado por los tractores, donde se encuentran una serie de factores tales como la abrasividad, los altos ciclos de trabajo y la constante exposición a materiales particulados que inducen al desgaste y reducción de la vida útil de los diferentes componentes de los equipos motivos del presente proyecto.

Como características, los cargadores Caterpillar, modelo 992C utilizados para el transporte del material estéril tienen:

- Logra ser uno de los cargadores más grande dentro de la gama de los equipos de rueda construido por Caterpillar, y logró ser diseñado para realizar trabajos de explanación, pero en grandes volúmenes (como realizados en las labores de minería de carbón a cielo abierto).
- Este cargador viene equipado con un tren de fuerza con gran resistencia, que está encargado de transmitir la potencia generada por el motor hacia los mandos finales y las ruedas para que la maquina se pueda desplazar, la potencia desde el motor diesel es enviada por la volante al convertidor de torque, el eje de salida del convertidor de torque que está unido al eje de entrada de la transmisión, el eje de salida de la transmisión está conectado a los engranajes de transferencia. La caja de engranajes de transferencia transmite la potencia a los ejes delantero y posterior, terminando en los mandos finales.
- Sin embargo, estos equipos están teniendo fallas críticas en la producción, puesto que han incumplido actualmente con los indicadores de disponibilidad A por debajo de un 80% y baja confiabilidad (MTBF es el tiempo promedio entre fallas) el cual ha estado por debajo de 90 horas; por esta razones es que se considera desarrollar y modelar una nueva estrategia de mantenimiento bajo la filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para conseguir el permitir la mejora en esos dos indicadores descritos en estos equipos.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un plan de mantenimiento mediante la aplicación de la metodología RCM (Reliability Centered Maintenance) para la flota de cargadores sobre llanta Caterpillar 992C utilizados en la empresa de Drummond LTD.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los elementos que presentan el número mayor tanto de fallas como de tiempos de reparación de los equipos Caterpillar 992C durante el periodo comprendido entre primero de enero hasta el 31 de diciembre del 2019.
- Decretar los modos de falla por medio del análisis FMEA de cada uno de los componentes.
- Desarrollar el plan de mantenimiento específico para los componentes mayores de la flota de cargadores CAT 992C basada en la metodología RCM de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis FMEA.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

El ser humano ha utilizado la idea del mantenimiento con el fin de ahorrar costos y llegar hasta maximizar la vida útil de las herramientas y maquinarias; en el tiempo actual el hombre ha transitado por grandes cambios y avances en el ramo del mantenimiento<sup>1</sup>.

Con el pasar de los años, las tácticas de mantenimiento se han desarrollado a través de tres generaciones, ordenadas cronológicamente, el cual se han caracterizado por una metodología específica<sup>2</sup>.

A partir de los años treinta se pudo registrar la evolución del mantenimiento a partir de tres generaciones donde el RCM llega a ser el pilar de la Tercera Generación, pero solo se puede comprender tomando como referencia las dos generaciones precedentes (Primera y Segunda Generación).

A continuación, se dará una breve descripción cada una de ellas:

**Primera generación:** Esta ha estado presente desde la segunda guerra mundial, en donde la industria de la época no contaba con un alto proceso de mecanizado y los períodos de paradas de los equipos no se tornaban de alta relevancia; razón por la que las labores de mantenimiento se limitaban a la atención de fallas en los equipos, sin tener en cuenta el tiempo requerido para recuperar la funcionalidad de estos.

Realmente, la maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado, por lo que hacía que esta fuese fiable y fácil de reparar y

---

<sup>1</sup> GONZALEZ, ymeric. Evolución del mantenimiento. Blogspot. 2011

<sup>2</sup> PEREZ JARAMILLO, Carlos Mario. Gestión de Mantenimiento. Medellín, Soporte y Cía. Ltda. 2002. Pp 11-14.

así no se necesitaba de sistemas de mantenimiento complicados y el personal no necesariamente debía ser súper calificado.

**Segunda generación:** Esta también va desde la II Guerra Mundial hasta la década de los años setenta, época donde los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de todo tipo de productos y la mano de obra disminuyó considerablemente. Esto, conllevó a un aumento de la dependencia de la mecanización, por lo que los periodos improductivos de las maquinas tomaron mayor relevancia. Entonces, se llegó a la idea de que las fallas se podían y debían prevenir, con lo cual nació el mantenimiento preventivo; ligado al nacimiento del mantenimiento preventivo y con el fin de optimizar los costos asociados a las actividades, llegó el desarrollo de sistemas de planeación y control de mantenimiento.

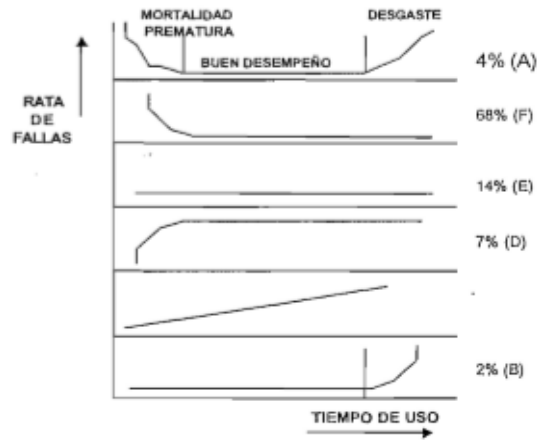
Ya aquí el costo de mantenimiento empieza a elevarse con relación a los otros costos de funcionamiento y como resultado se implementa los sistemas de control y planificación del mantenimiento.

**Tercera generación:** sido de manera exponencial el crecimiento de los procesos durante los periodos improductivos de la maquinaria que han tomado un efecto importante en la producción, costo total y servicio al cliente.

Con ese aumento en los procedimientos automatizados, la relación entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto final llega a ser más estrecha, lo cual genera más exigencia hacia las funciones de mantenimiento.

En la figura 4 se logra mostrar, cómo ha evolucionado el concepto de la falla; donde en un principio se pensó que los elementos físicos envejecen y tienen más probabilidades de falla, mientras que, por otro lado, el desgaste por el uso llevó a la creencia en la “curva de la bañera”. Sin embargo, las investigaciones actuales han encontrado seis modelos de fallas diferentes.

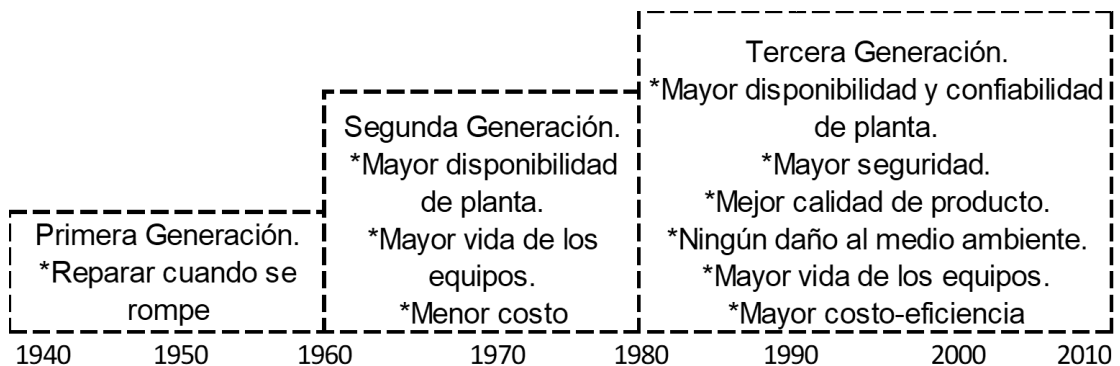
Figura 4: PATRONES DE FALLA.



Fuente: PEREZ JARAMILLO, Carlos Mario. Gestión de Mantenimiento. Medellín, Soporte y Cía. Ltda. 2002. Pp 11-14.

El tiempo de pausa, en los equipos llega afectar considerablemente la capacidad de producción de los activos físicos por su impacto negativo en la producción, aumentar los costos de operacionales, y afectar el servicio al cliente. Al presente, el crecimiento en la mecanización y la automatización han llevado a la confiabilidad y a la disponibilidad como factores claves en sectores tan desemejantes como el cuidado de la salud, el procesamiento de datos, las telecomunicaciones y la administración de edificios.

Figura 5: EXPECTATIVAS DE MANTENIMIENTO CRECIENTE

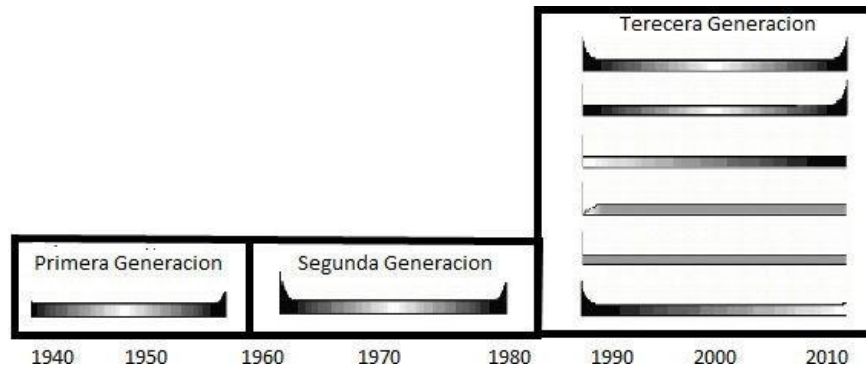


Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.  
Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. Edición en español. Ashville, North  
Carolina: Aladon LLC. 2004. p.3.

Las nuevas investigaciones están cambiando muchas de nuestras más arraigadas creencias referidas a la edad y las fallas de los equipos.

En lo propio, parece haber menos conexión entre la edad de la mayoría de los activos y de la probabilidad de que esto fallen. En la figura 5 se muestra cómo ha cambiado el pensamiento con respecto al comportamiento de las fallas en los activos con respecto al tiempo.

*Figura 6: CAMBIO EN LOS PUNTOS DE VISTAS SOBRE LAS FALLAS DE LOS EQUIPOS*

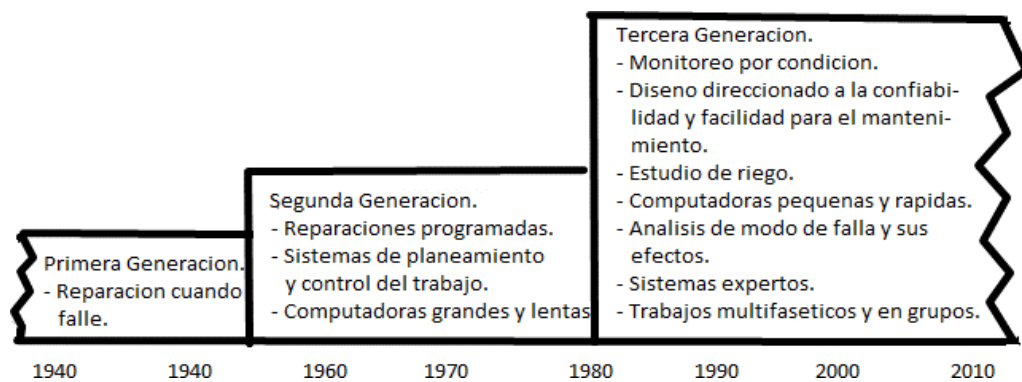


Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.  
Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. Edición en español. Ashville, North  
Carolina: Aladon LLC. 2004. p.4.

**Técnicas actuales:** Ha habido un gran crecimiento de nuevas ideas y técnicas para mantenimiento. Esto es debido a las constantes investigaciones, donde cada semana han surgido nuevos conceptos.

La figura 6 muestra como ha crecido el énfasis en los clásicos sistemas administrativos y de control para incluir nuevos desarrollos en diferentes áreas.

*Figura 7: EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO*



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. Edición en español. Ashville, North Carolina: Aladon LLC. 2004. p.5.

**2.1.1. Mantenimiento centrado en confiabilidad:** Según la Norma SAE JA1011 se define el RCM así:

“RCM (Reliability Centred Maintenance) es una técnica específica utilizada con el fin de identificar las políticas que deben ser implementadas para administrar los

modos de falla que pueden causar fallas funcionales en cualquier activo físico en su contexto operacional<sup>3</sup>.

Otra percepción es dada según Jhon Moubray en el texto de RCM II, el cual propone:

“RCM es una herramienta utilizada para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual<sup>4</sup>”.

Una tercera concepción es dada por la NASA, el cual, en su guía de mantenimiento centrado en confiabilidad, se define así:

“El RCM es el proceso usado para determinar el enfoque más efectivo del mantenimiento esto implica identificar acciones que cuando se toman reducen la probabilidad de falla de la forma más costo-efectiva buscando una mezcla optima de acciones basadas por condición, acciones basadas en ciclos o en tiempo o el enfoque de operar hasta que falle<sup>5</sup>”

Como cuarta definición se podría colocar la descripta por mantenimiento petro química, donde dice:

“RCM o Reliability Centre Maintenance (Mantenimiento centrado en fiabilidad/confiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una planta industrial y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas<sup>6</sup>”.

En resumen, el RCM es una herramienta con la que se puede especificar un mínimo de tareas relacionadas con actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y

---

<sup>3</sup> SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999

<sup>4</sup> MOUBRAY. JHON. Reliability-Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc, 1997. P. 7.

<sup>5</sup> NASA. Reliability Centered Maintenance Guide or Facilities and Collateral Equipment. 2000. P. 1-1

<sup>6</sup> Mantenimiento petro química. S.f.

correctivos necesarios para que los activos cumplan en su contexto operacional con la función diseñadas.

Con ello se puede considerar entonces al RCM como un proceso útil para especificar qué se debe hacer, con el objeto de asegurar que cualquier activo físico continúe realizando sin inconvenientes funcionales lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional y es una ayuda también para formular estrategias de gestión de activos en las actividades humanas.

Un proceso de mantenimiento es considerado como proceso RCM, según la norma SAE, si incluye los siguientes aspectos:

- Definición del equipo o del sistema.
- Definición de funciones del equipo.
- Descripción de las fallas funcionales.
- Descripción de los modos de falla.
- Descripción de efectos de falla.
- Aplicación lógica de RCM: Metodología para elegir las acciones más apropiadas de mantenimiento y las frecuencias de aplicación.
- Documentación del programa de mantenimiento: enfocado en la operación del equipo o sistema.

Estos elementos se resumen en las siete preguntas básicas de un proceso de RCM:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

**2.1.2. FUNCIONES:** Parámetros de Funcionamiento y Contexto Operacional, el primer paso en el proceso del RCM es identificar las funciones básicas de cada activo en su contexto operacional, es decir, determinar qué es lo que los usuarios quieren que haga y asegurar que es capaz de realizarlo sin inconvenientes.

Estas dos funciones se concretan en dos características:

- Funciones primarias: son aquellas relacionadas con la razón de ser del activo, es decir, con la función para la cual el activo fue diseñado/ construido y con las razones por la cual se adquirió.
- Funciones Secundarias: se refiere a las funciones adicionales que cumple el activo, estas están relacionadas con confort, seguridad, apariencia, protección, regulaciones ambientales, etc. En otras palabras, son funciones que no son la principal por la que se adquiere dicho activo, pero deben cumplirse.

**2.1.3. Fallas funcionales:** Se presentan cuando el activo no cumple ni con la función primaria o secundaria de acuerdo con el parámetro de funcionamiento que el usuario considera permisible, son aquellos estados indeseables del sistema; y se responde a la pregunta ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

**2.1.4. Análisis de modos de falla:** Un modo de falla es una posible causa por la que un equipo puede llegar a un estado de falla, es bien saber que una vez se identifican las fallas funcionales se hace necesario conocer los hechos posibles causantes de la falla, y se debe responder la pregunta ¿cuál es la causa de cada falla funcional?, dentro de estos modos de fallas se incluyen las ocasionadas por efectos del deterioro o desgaste, por errores humanos (operadores y técnicos de mantenimiento) y por errores de diseño. Asimismo, los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos:

- Debido a la capacidad del activo reducido hasta encontrarse por debajo del funcionamiento deseado, las cinco causas de la pérdida de la capacidad son, deterioro, fallas de lubricación, polvo o suciedad, desarme y errores humanos.
- Por el funcionamiento deseado del activo, se lleva por encima de la capacidad nominal, es decir, con la presencia de sobrecarga deliberada y recurrente sobre el activo o sobrecarga no intencional constante o eventual.
- Cuando desde la etapa de arranque inicial, el activo no cumple con la función requerida.

**2.1.4.1. Efectos de falla:** Un efecto de falla no es lo mismo que una consecuencia de falla, el efecto de falla responde al interrogante ¿Qué ocurre cuando sucede cada falla?; cuando se describe un efecto de falla debe hacerse constar lo siguiente:

La evidencia de que se ha producido una falla

La manera en que la falla supone una amenaza para la seguridad (física e industrial) o el ambiente

La forma en que la falla afecta la producción o la operación

Las afectaciones físicas ocasionadas por la falla

Cuál es el mecanismo para implementar para reparar la falla.

**2.1.4.2. Consecuencias de las fallas:** Por medio de las consecuencias de fallas se quiere responder el interrogante; ¿en qué sentido es importante cada falla?, esto con el fin de determinar cuáles son las fallas que más afectan la organización y cuáles no debido a sus consecuencias, se pueden afectar las operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente.

**2.1.5. Tareas de mantenimiento Preventivo y Predictivos:** Por medio de este paso se da respuesta a las preguntas ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir esta falla? y ¿Qué sucede si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva apropiada?, pues el objetivo es definir qué acciones pueden tomarse para manejar las fallas, además las acciones pueden dividirse en dos categorías: Tareas proactivas y Acciones a falta de.

Donde las tareas proactivas se realizan previo a la ocurrencia de una falla, con el fin que el componente llegue a un estado de falla y abarcan las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo, sin embargo, cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva es necesario realizar “acciones a falta de” que incluyen procedimientos de búsqueda de fallas, rediseño y mantenimiento a rotura.

La factibilidad técnica de una tarea de mantenimiento se define como:

“Una tarea es técnicamente factible si físicamente permite reducir o realizar una acción que reduzca las consecuencias del modo de falla asociado, a un nivel que sea aceptable al usuario del activo.”<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> MOUBRAY. JHON. Reliability-Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc, 1997. P. 132

Al conocer los modos, efectos de las fallas y sus consecuencias, podemos determinar si la falla es merecedora de prevención, esfuerzos para predecirla, algún tipo de intervención periódica para evitarla, rediseño para eliminarla, o simplemente ninguna acción. <sup>8</sup>”

## **2.2. EL CARGADOR FRONTAL DE LLANTAS MODELO 992C CATERPILLAR**

Ha sido diseñado con el fin de realizar trabajos exigentes de carga. Este cargador 992C logra ser uno de los más grandes de la gama de cargadores de Caterpillar, además es ideal para trabajar en aplicaciones grandes de minería, generación de corriente eléctrica, la industria de construcción en general y donde quiera que se necesite movilidad, versatilidad y carga a gran volumen. Con un tren de fuerza más resistente, combinado con un bastidor delantero de servicio pesado, proporciona larga vida útil y una operación económica.

*Figura 8: CARGADOR 992C. EN DRUMMOND LTD.*



Fuente: Archivo particular

---

Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en la flota de equipos soporte de la empresa minera Drummond LTD. Monografía. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2010. 119p.

Cargador frontal 992c tiene especificaciones como:

- Prefijo número de serie: 49Z
- Peso en vacío: 85180 kg - 187789.8 libra
- Capacidad de carga: 9,6m<sup>3</sup>
- Longitud: 12720mm
- Ancho de la hoja: 4597
- Altura: 8740 mm

*Figura 9: DIMENSIONES DEL CARGADOR 992C*



| <b>Explotación</b>                                 |                 |
|--|-----------------|
| ■ <b>Peso útil</b>                                 | <b>85180 kg</b> |
| ■ <b>Volumen de combustible</b>                    | <b>1136 l.</b>  |
| ■ <b>Volumen del fluido del sistema hidráulico</b> | <b>541 l.</b>   |
| ■ <b>Peso límite de equilibrio estático</b>        | <b>48300 kg</b> |

| <b>Dimensiones</b>                                   |                 |
|--|-----------------|
| ■ <b>Longitud con la pala a nivel del suelo</b>      | <b>12720 mm</b> |
| ■ <b>Altura hasta la parte superior de la cabina</b> | <b>8740 mm</b>  |
| ■ <b>Alcance a máxima elevación y descarga</b>       | <b>2083 mm</b>  |

Fuente: <http://maqugam.com/tecnicas/construccion-7617/caterpillar/992c.html>

Donde el tren de potencia del cargador se divide en los siguientes componentes básicos:

- Motor
- Transmisión
- Convertidor
- Diferencial
- Mandos Finales
- Cajas de transferencia

Figura 10: TREN DE POTENCIA. UBICACIÓN DE COMPONENTES.



Fuente: <http://maqugarn.com/tecnicas/construccion-7617/caterpillar/992c.html>

**2.2.1. Motor:** El Motor diésel Cat® 3412 EUI (Sistema de inyectores electrónicos) con turbo compresión cumple con la norma y en conjunto con el sistema ADEM™ II (Sistema avanzado de administración de motores diésel) y el convertidor de par de embrague de rodete con traba, proporciona cambios de marcha suaves con la eficiencia de mando directo, a la vez que el sistema de control de tracción adapta la potencia a las condiciones del terreno. Tiene una cilindrada de 27,1 litros, que brindan una potencia bruta de, proporciona toda la 514.5 kW - 690 CV energía motriz necesaria para el funcionamiento del resto de los componentes del tren de fuerza y utiliza diésel como combustible.

Tabla 1 CARACTERISTICAS DEL MOTOR 3508B

| <b>CLASIFICACION DE POTENCIA</b>         |                                       |
|--|---------------------------------------|
| <b>Potencia Mínima</b>                   | 476 bk W                              |
| <b>Máxima Potencia</b>                   | 551 bk W                              |
| <b>Régimen nominal</b>                   | 2100 rpm                              |
| <b>NORMAS SOBRE EMISIONES</b>            |                                       |
| <b>Emisiones</b>                         | Sin certificación                     |
| <b>GENERALIDADES</b>                     |                                       |
| <b>Configuración del motor</b>           | Diesel, 8 Cilindros en "V", 4 tiempos |
| <b>Calibre</b>                           | 137 mm                                |
| <b>Carrera</b>                           | 152 mm                                |
| <b>Cilindrada</b>                        | 27,1 L                                |
| <b>De aspiración</b>                     | Turbocompresor y posenfriador         |
| <b>Rotación</b>                          | Hacia la izquierda                    |
| <b>Intercambio de aceite</b>             | 250 H                                 |
| <b>DIMENSIONES DEL MOTOR APROXIMADAS</b> |                                       |

|  |          |
|--|----------|
| <b>Altura</b>                          | 1567,4mm |
| <b>Ancho</b>                           | 1300mm   |
| <b>Longitud</b>                        | 1980 mm  |
| <b>Peso seco neto (Sin accesorios)</b> | 2459 kg  |

Fuente: <https://es.slideshare.net/manuelrojasnadal/hoja-especificacion-3412-750-hp>

**2.2.2. Tren de Potencia:** Conformado por los subcomponentes transmisión, convertidor de torque, diferencial y mandos finales.

**Transmisión:** Es la encargada en permitir el desplazamiento a través de las secuencias de marchas en el equipo. El sistema planetario permite efectuar cambios de marchas suaves que ayudan a mantener más durables los componentes lo que a su vez mejora la facilidad del servicio del equipo.

**Convertidor de torque:** Combina la fuerza de tracción máxima y cambios amortiguados del mando del convertidor de par con la eficiencia y el rendimiento del mando directo. El convertidor de par de traba se conecta en aproximadamente 8km/h proporcionando más potencia a las ruedas.

El embrague de traba se desconecta y conecta rápidamente para reducir las cargas de par de tren de fuerza permitiendo cambios más suaves, larga vida útil y un desplazamiento suave.

**Diferencial y mandos finales:** Dispone de enfriadores de aceite de eje estándar, juntas universales lubricadas permanentemente y componentes de ejes más resistentes para aumentar el rendimiento, capacidad de servicio y durabilidad. Los semiejes flotantes pueden quitarse independientemente de las ruedas y planetarios para realizar servicio de manera rápida. El sistema de enfriamiento de aceite del eje

transfiere el aceite de los frenos y diferenciales a través de un enfriador oleo neumático que prolonga la vida útil del aceite.

### 3. POBLACIÓN DE CARGADORES 992C DRUMMOND LTD

De acuerdo con el plan minero 2019, donde la compañía realizó la extracción de 32,7 millones de toneladas de carbón y, por lo tanto, se removieron aproximadamente 198,25 toneladas de material estéril, para el soporte de la operación de apilamiento y explanación de todo este material en los botaderos, son necesarios 17 cargadores frontales de los cuales 1 por botadero. De estos 17 cargadores para la operación de soporte de la mina, 7 corresponden a modelo 992C.

*Tabla 2 POBLACION DE CARGADORES 992 EN DRUMMOND LTD*

| <b>POBLACION DE CARGADORES 992 EN DRUMMOND LTD</b> |                 |                      |
|--|-----------------|----------------------|
| <b>Item</b>  | <b>Asset ID</b> | <b>Serial Number</b> |
| <b>1</b>   | 522             | A4W00242             |
| <b>2</b>   | 730             | A4W00244             |
| <b>3</b>   | 745             | A4W00251             |
| <b>4</b>   | 560             | A4W00252             |

|   |     |          |
|---|-----|----------|
| 5 | 736 | A4W00274 |
| 6 | 580 | A4W00276 |
| 7 | 775 | A4W00284 |

Fuente: Archivo de inventario de equipos Superintendencia de Mantenimiento de Equipo Auxiliar de Llantas Drummond.

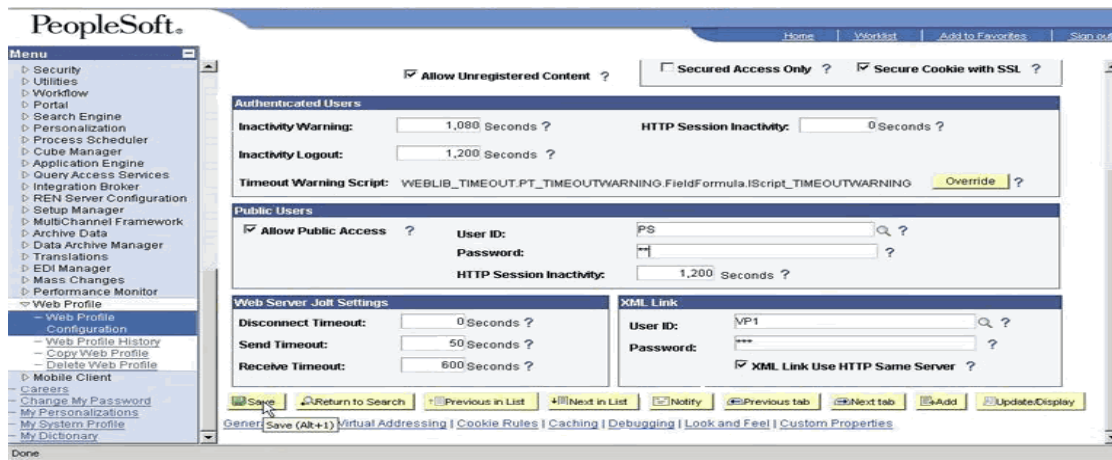
#### **4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO RECOPIADA PARA LA FLOTA DE CARGADORES 992C**

##### **4.1. RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EL ANÁLISIS RCM**

La empresa Drummond, en su estrategia de mantenimiento, utiliza el software peoplesoft para generar las órdenes de trabajo tipo EV (evento) de las flotas de acuerdo con las órdenes de trabajo cargadas en peoplesoft realizadas a cada uno de los equipos de las distintas flotas de maquinaria amarilla.

Una orden tipo EV corresponde a un evento de mantenimiento no programado (Falla correctiva). Dentro de la transacción MSEWOT, se puede crear y consultar, filtrando por diferentes parámetros, las ordenes de mantenimiento planeadas, programadas y ejecutadas. De esta manera se lleva la trazabilidad de las reparaciones realizadas por el personal de ejecución.

Figura 11: TRANSACCION PEPLESOFT



Fuente: [https://docs.oracle.com/cd/E10761\\_01/doc/oam.1014/e10356/people.htm](https://docs.oracle.com/cd/E10761_01/doc/oam.1014/e10356/people.htm)

Para el ejercicio del RCM, se definen en la siguiente tabla los parámetros de funcionalidad generales de un cargador 992C teniendo en cuenta su función en los botaderos de material estéril, asignándole a cada función un código ID y enfocándonos en los componentes mayores listados anteriormente.

**Tabla 3: Función, Falla Funcional y Modos de Falla en los cargadores 992C**

| Cod. Función | Función   | Descripción falla funcional   | ID modo de falla Nivel I | Modo de falla Nivel 1        | ID Modo de falla Nivel II | Modo de falla Nivel II                     |
|--------------|---|---|--------------------------|------------------------------|---------------------------|--|
| <b>1</b>     | Empujar y apilar material estéril descargado por los camiones de 320ton (793) con una disponibilidad mínima mensual para el año 2019 de 84.2% | No empuja ni apila material estéril descargado por los camiones de 320ton (793) y no cumple disponibilidad mínima mensual para el año 2019 de 84.2% | 1                        | Falla en sistema de potencia | 1.1                       | Falla en Motor Básico                      |
|              |   |   |                          |                              | 1.2                       | Falla en Motor- Sist. Lubricación          |
|              |   |   |                          |                              | 1.3                       | Falla en Motor- Sist. De Enfriamiento      |
|              |   |   |                          |                              | 1.4                       | Falla en Motor- sist. De combustible       |
|              |   |   |                          |                              | 1.5                       | Falla en Motor- Sist. De Admisión y Escape |
|              |   |   |                          |                              | 1.7                       | Falla en Convertidor                       |
|              |   |   |                          |                              | 1.8                       | Falla en Transmisión                       |
|              |   |   |                          |                              | 1.9                       | Falla en diferencial                       |
|              |   |   |                          |                              | 1.10                      | Falla en Mandos finales                    |

Fuente: Hoja de Análisis RCM cargador de llantas 992C

#### **4.2. ANÁLISIS DE EVENTOS DE MANTENIMIENTO**

Tomando los datos de Elipse para toda la flota de cargadores 992C, se realiza el análisis de eventos de mantenimiento reportados de los tractores desde enero a diciembre de 2019 codificados con Sistema de Potencia. Se determinaron las fallas más frecuentes en los componentes mayores los cuales determinan la confiabilidad y el MTBS de los equipos por mantenimiento.

*Tabla 4 : EVENTOS DOWN FLOTA 992C ENERO-DICIEMBRE 2018 SISTEMA DE POTENCIA*

| Componente                              | # Eventos  | Hrs Down       |
|---|------------|----------------|
| CONV-CONVERTIDOR                        | 29         | 367,99         |
| DIFE-DIFERENCIAL                        | 3          | 462,15         |
| MOTC-MOTOR-SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE | 19         | 526,02         |
| MOTD-MOTOR-SISTEMA DE ENFRIAMIENTO      | 18         | 438,39         |
| MOTE-MOTOR-SISTEMA DE LUBRICACION       | 18         | 156,52         |
| MOTF-MOTOR-SISTEMA DE COMBUSTIBLE       | 41         | 179,36         |
| MOTR-MOTOR BASICO                       | 1          | 319,36         |
| RADI-RADIADOR                           | 1          | 2,79           |
| TRAN-TRANSMISION                        | 40         | 1696,89        |
| <b>TOTAL</b>                            | <b>170</b> | <b>4149,47</b> |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

*Tabla 5: EVENTOS Y HORAS DOWN POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO.*

| Componente               | # Eventos | Hrs Down      |
|--------------------------|-----------|---------------|
| <b>PM- REALIZAR SEIS</b> | <b>73</b> | <b>1621,9</b> |

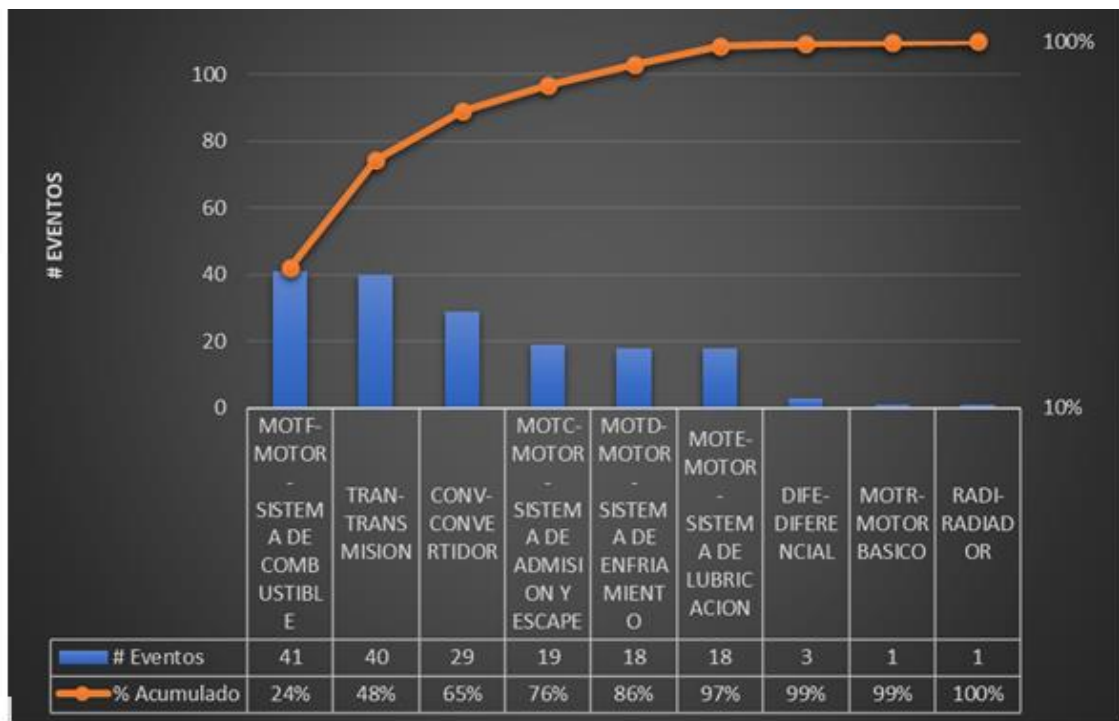
Fuente: Hoja de Análisis RCM cargadores 992C.

Al realizar el análisis de la información de la tabla 4, para los eventos de mantenimiento de enero a diciembre de 2019, se evidencian que los componentes del sistema de potencia que presentan mayor número de eventos y mayor número de horas Down del equipo, los dos parámetros que afectan directamente el % de disponibilidad y % de confiabilidad de la flota. De un total de 170 eventos correctivos de mantenimiento para los siete cargadores 992C que representan un 6,86% puntos menos de disponibilidad, las fallas de motor suman 97 eventos, lo que representa

un 57% del total de las fallas, seguido por 40 eventos en la transmisión que representa 24% del total de los imprevistos por sistema de potencia.

Comparando el total de horas down por imprevistos de mantenimiento, este valor esta 256% por encima de las horas de la flota por mantenimiento preventivo.

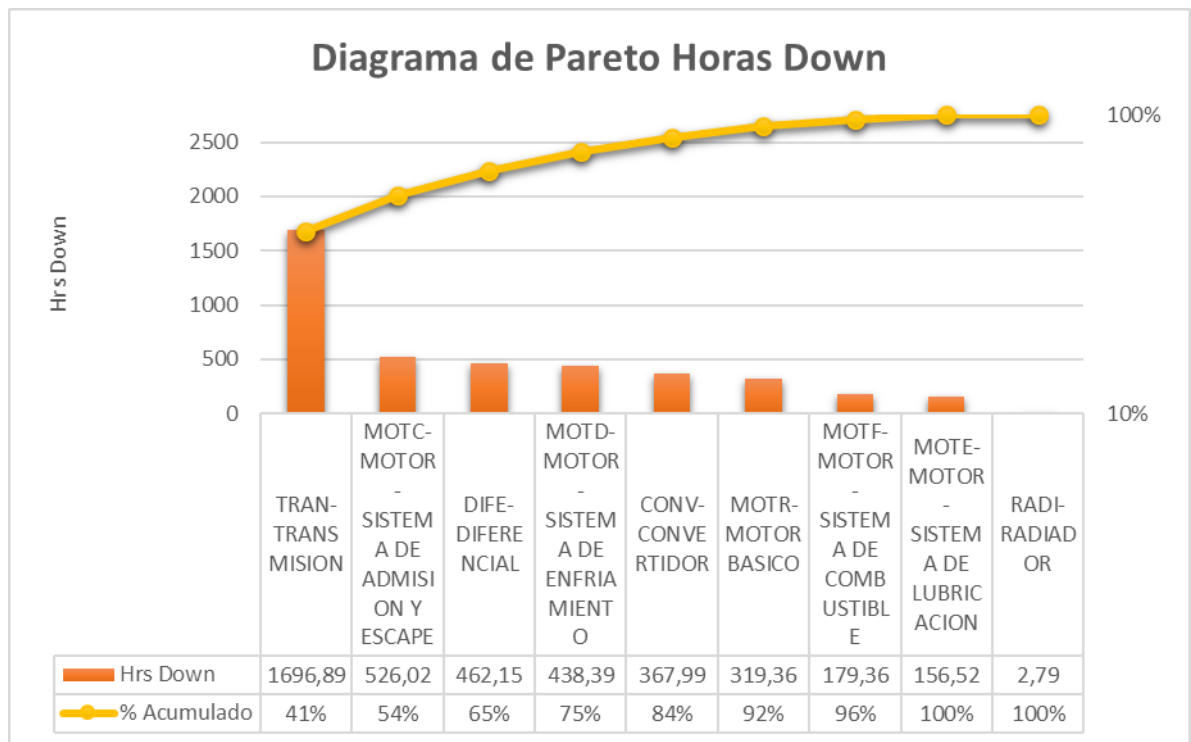
Figura 12: DIAGRAMA DE PARETO POR EVENTOS DE MANTENIMIENTO CARGADORES 992C



Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

Realizando el análisis por horas Down del equipo, la transmisión representa el 41% del total de esas horas del equipo, seguido por el sistema de admisión de motor.

Figura 13:DIAGRAMA DE PARETO POR HORAS DOWN DE EQUIPO



Fuente: Hoja de Análisis RCM cargadores 992C

#### 4.3. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA GENERALES DEL TREN DE POTENCIA

Ya en un análisis más detallado sobre las fallas en los distintos componentes del sistema de potencia, se puede ver en la tabla 6 el resumen de las fallas asociadas al sistema de motor donde el mayor porcentaje (36%) de numero de eventos se encuentra asociado con el sistema de combustible.

Tabla 6: MODOS DE FALLA DE MOTOR

| Modo de falla   | #<br>Eventos | %           |
|---|--------------|-------------|
| MOTF2-NO ENTREGA COMBUSTIBLE SUFICIENTE PARA COMBUSTION | 36           | 37%         |
| MOTCB-NO SUMINISTRA AIRE DE ADMISION                    | 17           | 17%         |
| MOTEO-NO SUMINISTRA ACEITE                              | 15           | 15%         |
| MOTDA-ALTA TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR       | 13           | 13%         |
| MOTDD-REFRIGERANTE CONTAMINADO                          | 6            | 6%          |
| MOTFE-NO CONTIENE HERMETICAMENTE                        | 4            | 4%          |
| MOTCD-FUGAS EN EL SISTEMA DE ESCAPE                     | 2            | 2%          |
| MOTEB-LUBRICA CON ACEITE CONTAMINADO                    | 1            | 1%          |
| MOTEK-NO PREVEE ENTRADA DE PARTICULAS MAYORES AL MOTOR  | 1            | 1%          |
| MOTEL-NO CONTIENE ACEITE LUBRICANTE                     | 1            | 1%          |
| MOTFF-NO PULVERIZA Y DOSIFICA EL COMBUSTIBLE            | 1            | 1%          |
| MOTRA-MOTOR BASICO - BAJA POTENCIA                      | 1            | 1%          |
| <b>Total</b>  | <b>98</b>    | <b>100%</b> |

Fuente: Hoja de Análisis RCM cargadores 992C.

Figura 14: DIAGRAMA DE PARETO MODOS DE FALLA MOTOR



Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

El modo de falla predominante en la Transmisión es por transmisión neutralizada con un 43% del total de las fallas, seguido por un 30% de presencia de partículas metálicas en el screen de Transmisión.

Tabla 7 MODOS DE FALLA TRANSMISION

| Modo de falla                  | #<br>Eventos | %   |
|--------------------------------|--------------|-----|
| TRANQ-TRANSMISION NEUTRALIZADA | 17           | 43% |

|  |           |             |
|--|-----------|-------------|
| TRANW-NO PREVEE INGRESO PARTICULAS MAY A VALVULA DE CONT | 12        | 30%         |
| TRANI-NO CONTIENE EL NIVEL DE ACEITE                     | 8         | 20%         |
| TRANL-NO REALIZA CAMBIOS DE MARCHA MODULADAMENTE         | 2         | 5%          |
| TRAND-ACEITE CONTAMINADO                                 | 1         | 3%          |
| <b>Total</b>   | <b>40</b> | <b>100%</b> |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

Figura 15: DIAGRAMA DE PARETO MODOS DE FALLA EN LA TRANSMISION



Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

En la tabla 8, los problemas de contaminación y filtrado en este componente son bajos; se observa que el mayor problema asociado a falla en el Convertidor de torque es la perdida de potencia con el 52%, seguido de no multiplica el torque con un 38%.

*Tabla 8 MODOS DE FALLA EN CONVERTIDOR DE TORQUE*

| <b>Modo de falla</b>  | <b>#<br/>Eventos</b> | <b>%</b> |
|---|----------------------|----------|
| <b>CONVD-SIN POTENCIA EN TRANSMISION</b>                      | 15                   | 52%      |
| <b>CONVP-NO MULTIPLICA EL TORQUE</b>                          | 11                   | 38%      |
| <b>CONVN-NO CONTIENE ACEITE LIMPIO</b>                        | 1                    | 3%       |
| <b>CONVQ-NO FILTRA LAS PARTICULAS GRANDE</b>                  | 1                    | 3%       |
| <b>CONVR-NO PERMITE EMBRAGAR Y DESEMBRAGAR EL CONVERTIDOR</b> | 1                    | 3%       |
| <b>TOTAL</b>  | 29                   |          |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

Figura 16: DIAGRAMA DE PARETO MODOS DE FALLA CONVERTIDOR DE TORQUE



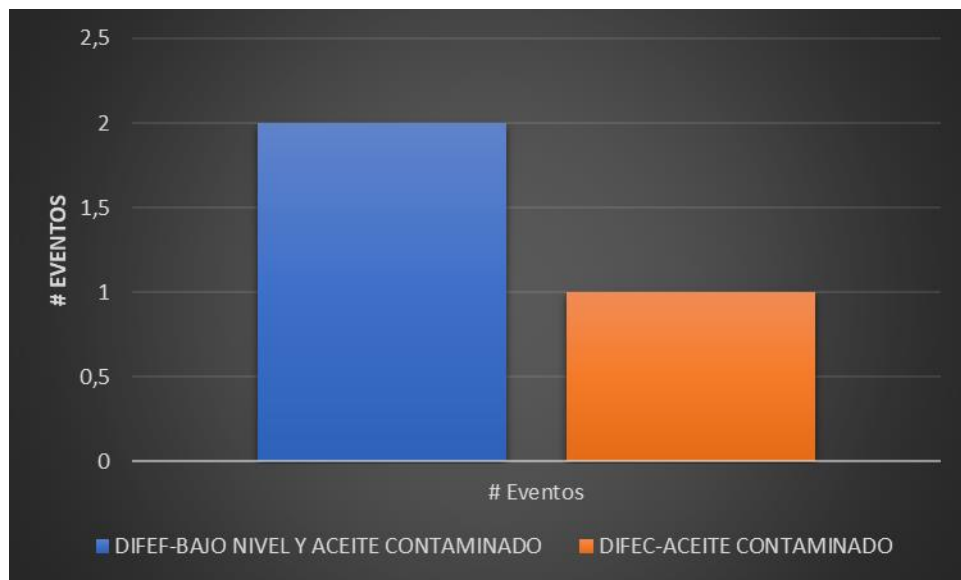
Fuente: Hoja de Análisis RCM. Cargadores 992C.

Tabla 9 MODOS DE FALLA EN DIFERENCIAL

| Modo de falla                            | #<br>Eventos | %           |
|--|--------------|-------------|
| DIFEF-BAJO NIVEL Y ACEITE<br>CONTAMINADO | 2            | 67%         |
| DIFEC-ACEITE CONTAMINADO                 | 1            | 33%         |
| <b>TOTAL</b>                             | <b>3</b>     | <b>100%</b> |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

Figura 17: DIAGRAMA DE PARETO FALLAS EN DIFERENCIAL



Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

#### 4.4. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA POR COMPONENTES

A continuación, para realizar el análisis RCM según la metodología desde la tabla 10 a la tabla 14 se muestran las funciones de cada componente, sus modos de falla asociados y las consecuencias de estas (Método FMECA). De esta manera se pueden identificar detalladamente las causas de los modos de falla y así determinar las actividades de mantenimiento a realizar.

Tabla 10 ANALISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA- MOTOR

| LocationDescription        | FunctionDescription           | Parent  | FunctionalFailureescription | Id        | RcmCauses.Description  |
|----------------------------|-------------------------------|---------|-----------------------------|-----------|--|
| <b>MOTR - MOTOR BÁSICO</b> | Suministrar 800 HP a 1750 RPM | 1.1.1.A | No suministra potencia      | 1.1.1.A.5 | Motor atascado por bloqueo hidráulico debido a culata agrietada              |
| <b>MOTR - MOTOR BÁSICO</b> | Suministrar 800 HP a 1750 RPM | 1.1.1.A | No suministra potencia      | 1.1.1.A.6 | Motor atascado por bloqueo hidráulico debido empaque de culata cristalizados |
| <b>MOTR - MOTOR BÁSICO</b> | Suministrar 800 HP a 1750 RPM | 1.1.1.B | Suministra menos de 800 HP  | 1.1.1.B.1 | Asiento de las válvulas desgastados por vida útil                            |
| <b>MOTR - MOTOR BÁSICO</b> | Suministrar 800 HP a 1750 RPM | 1.1.1.B | Suministra menos de 800 HP  | 1.1.1.B.3 | Desgaste de anillos y camisas del motor por operación normal                 |
| <b>MOTR - MOTOR BÁSICO</b> | Suministrar 800 HP a 1750 RPM | 1.1.1.B | Suministra menos de 800 HP  | 1.1.1.B.3 | Desgaste de anillos y camisas del motor por operación normal                 |

|   |   |         |  |            |  |
|---|---|---------|--|------------|--|
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b> | Mantener la temperatura de operación del motor entre 80 y 102 C | 1.2.1.A | La temperatura del motor sobrepasa los 102 C | 1.2.1.A.1  | Motor del ventilador defectuoso                            |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b> | Mantener la temperatura de operación del motor entre 80 y 102 C | 1.2.1.A | La temperatura del motor sobrepasa los 102 C | 1.2.1.A.10 | Bomba de propulsión del ventilador del radiador defectuosa |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b> | Mantener la temperatura de operación del motor entre 80 y 102 C | 1.2.1.A | La temperatura del motor sobrepasa los 102 C | 1.2.1.A.2  | Radiador obstruido externamente                            |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b> | Mantener la temperatura de operación del motor entre 80 y 102 C | 1.2.1.A | La temperatura del motor sobrepasa los 102 C | 1.2.1.A.4  | Bombas de agua principal defectuosas                       |

|   |   |         |  |           |   |
|---|---|---------|--|-----------|---|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Mantener la temperatura de operación del motor entre 80 y 102 C | 1.2.1.A | La temperatura del motor sobrepasa los 102 C | 1.2.1.A.6 | Bajo nivel de refrigerante en el radiador |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Mantener la temperatura de operación del motor entre 80 y 102 C | 1.2.1.A | La temperatura del motor sobrepasa los 102 C | 1.2.1.A.6 | Bajo nivel de refrigerante en el radiador |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Mantener la temperatura de operación del motor entre 80 y 102 C | 1.2.1.A | La temperatura del motor sobrepasa los 102 C | 1.2.1.A.7 | Tanque de expansión roto y/o con fugas    |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Mantener la temperatura de operación del motor entre 80 y 102 C | 1.2.1.A | La temperatura del motor sobrepasa los 102 C | 1.2.1.A.8 | Bomba auxiliar defectuosa                 |

|   |                                 |         |  |           |   |
|---|---------------------------------|---------|--|-----------|---|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio | 1.2.2.A | Refrigerante contaminado y/o<br>degradado            | 1.2.2.A.1 | Contaminación con aceite<br>por enfriador de la<br>transmisión o motor roto |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio | 1.2.2.A | Refrigerante contaminado y/o<br>degradado            | 1.2.2.A.2 | Refrigerante degradado  |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio | 1.2.2.A | Refrigerante contaminado y/o<br>degradado            | 1.2.2.A.4 | Tapa del radiador dañada<br>abierta o asiento en mal<br>estado              |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio | 1.2.2.A | Refrigerante contaminado y/o<br>degradado            | 1.2.2.A.5 | Wiggins sucio por tapa de<br>wiggins ausente                                |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio | 1.2.2.A | Refrigerante contaminado y/o<br>degradado            | 1.2.2.A.5 | Wiggins sucio por tapa de<br>wiggins ausente                                |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio | 1.2.2.B | No es capaz de contener<br>refrigerante (xx galones) | 1.2.2.B.1 | Radiador roto por golpe<br>externo  |

|   |                                 |         |  |           |   |
|---|---------------------------------|---------|--|-----------|---|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio | 1.2.2.B | No es capaz de contener<br>refrigerante (xx galones) | 1.2.2.B.2 | Mangueras del sistema<br>de refrigerante rotas por<br>cristalización  |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio | 1.2.2.B | No es capaz de contener<br>refrigerante (xx galones) | 1.2.2.B.3 | Mangueras del sistema<br>de refrigerante sueltas por<br>abrazaderas<br>desajustadas                                   |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio | 1.2.2.B | No es capaz de contener<br>refrigerante (xx galones) | 1.2.2.B.4 | Sellos del cuerpo de la<br>bomba de agua, caja de<br>termostatos y deposito<br>inferior del radiador<br>cristalizados |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio | 1.2.2.B | No es capaz de contener<br>refrigerante (xx galones) | 1.2.2.B.4 | Sellos del cuerpo de la<br>bomba de agua, caja de<br>termostatos y deposito<br>inferior del radiador<br>cristalizados |

|   |   |         |   |           |   |
|---|---|---------|---|-----------|---|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio               | 1.2.2.B | No es capaz de contener<br>refrigerante (xx galones)                                | 1.2.2.B.5 | wiggins desgastado  |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio               | 1.2.2.B | No es capaz de contener<br>refrigerante (xx galones)                                | 1.2.2.B.6 | Mirilla rota  |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio               | 1.2.2.B | No es capaz de contener<br>refrigerante (xx galones)                                | 1.2.2.B.7 | Fuga por chismoso de la<br>bomba de agua                                |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio               | 1.2.2.B | No es capaz de contener<br>refrigerante (xx galones)                                | 1.2.2.B.8 | Sellos del radiador rotos o<br>cristalizados                            |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Contener refrigerante<br>limpio               | 1.2.2.B | No es capaz de contener<br>refrigerante (xx galones)                                | 1.2.2.B.9 | Empaque de la tubería de<br>enfriamiento de los turbos<br>cristalizados |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ENFRIAMIENTO</b> | Aliviar la presión del<br>tanque de expansión | 1.2.3.A | No alivia la presión del tanque<br>de expansión cuando la<br>presión alcance 11 PSI | 1.2.3.A.1 | Tapa del radiador dañada<br>abierta o asiento en mal<br>estado          |

|   |   |         |                                     |            |   |
|---|---|---------|-------------------------------------|------------|---|
|   | cuando la presión alcance 7 PSI                                 |         |                                     |            |   |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b> | Indicar el nivel de refrigerante                                | 1.2.4.A | No indica el nivel de refrigerante  | 1.2.4.A.1  | Mirilla en mal estado                               |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b>  | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.A | No es capaz de contener combustible | 1.3.1.A.1  | Mangueras del sistema de combustible rotas por roce |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b>  | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.A | No es capaz de contener combustible | 1.3.1.A.10 | Racores y acoples del sistema de combustible flojos |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b>  | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.A | No es capaz de contener combustible | 1.3.1.A.2  | Manguera de combustible rotas por cristalización    |

|  |   |         |                                     |           |   |
|--|---|---------|-------------------------------------|-----------|---|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.A | No es capaz de contener combustible | 1.3.1.A.3 | Sellos de bomba de transferencia, válvula reguladora de presión cristalizados |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.A | No es capaz de contener combustible | 1.3.1.A.4 | fuga de combustible por wiggins acople desgastado                             |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.A | No es capaz de contener combustible | 1.3.1.A.4 | fuga de combustible por wiggins acople desgastado                             |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.A | No es capaz de contener combustible | 1.3.1.A.5 | Sellos de los inyectores y el solenoide rotos por cristalización              |

|  |   |         |                                     |           |  |
|--|---|---------|-------------------------------------|-----------|--|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.A | No es capaz de contener combustible | 1.3.1.A.6 | Sellos de la tapa del tanque de combustible cristalizados  |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.A | No es capaz de contener combustible | 1.3.1.A.9 | Sellos de los sensores de presión diferencial de filtros, temperatura y flujo de combustible cristalizados |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.B | No contiene combustible limpio      | 1.3.1.B.1 | Wiggings de llenado sucio por ausencia de tapa protectora  |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio | 1.3.1.B | No contiene combustible limpio      | 1.3.1.B.1 | Wiggings de llenado sucio por ausencia de tapa protectora  |

|  |   |         |   |           |   |
|--|---|---------|---|-----------|---|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Contener herméticamente hasta 413 galones de combustible limpio   | 1.3.1.B | No contiene combustible limpio                                    | 1.3.1.B.2 | Excesiva cantidad de agua presente en el sistema de combustible |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Suministrar combustible entre 55 y 110 PSI a los inyectores en máximas revoluciones (Bomba Transferencia) | 1.3.2.A | No suministra combustible o lo hace por fuera de especificaciones | 1.3.2.A.1 | Bomba de transferencia defectuosa                               |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b> | Suministrar combustible entre 55 y 110 PSI a los inyectores en máximas revoluciones (Bomba Transferencia) | 1.3.2.A | No suministra combustible o lo hace por fuera de especificaciones | 1.3.2.A.2 | Filtros primarios de combustible obstruidos                     |

|  |   |         |   |           |   |
|--|---|---------|---|-----------|---|
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b> | Suministrar combustible entre 55 y 110 PSI a los inyectores en máximas revoluciones (Bomba Transferencia) | 1.3.2.A | No suministra combustible o lo hace por fuera de especificaciones | 1.3.2.A.3 | Muy bajo nivel de combustible en el tanque  |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b> | Suministrar combustible entre 55 y 110 PSI a los inyectores en máximas revoluciones (Bomba Transferencia) | 1.3.2.A | No suministra combustible o lo hace por fuera de especificaciones | 1.3.2.A.3 | Muy bajo nivel de combustible en el tanque  |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b> | Suministrar combustible entre 55 y 110 PSI a los inyectores en máximas                                    | 1.3.2.A | No suministra combustible o lo hace por fuera de especificaciones | 1.3.2.A.5 | Filtro secundario de combustible obstruidos |

|  |   |         |   |           |   |
|--|---|---------|---|-----------|---|
|  | revoluciones (Bomba Transferencia)  |         |   |           |   |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b> | Suministrar combustible entre 55 y 110 PSI a los inyectores en máximas revoluciones (Bomba Transferencia) | 1.3.2.A | No suministra combustible o lo hace por fuera de especificaciones | 1.3.2.A.6 | Válvula reguladora de presión descalibrada por desgaste normal o pegada abierta |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b> | Entregar combustible pulverizado a la cámara de combustión (Inyectores)                                   | 1.3.3.A | No pulveriza el combustible                                       | 1.3.3.A.1 | Inyector defectuoso   |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b> | Entregar combustible pulverizado a la cámara de combustión (Inyectores)                                   | 1.3.3.A | No pulveriza el combustible                                       | 1.3.3.A.2 | Inyector descalibrado por desgaste normal                                       |

|  |   |         |   |            |  |
|--|---|---------|---|------------|--|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>COMBUSTIBLE</b>           | Evacuar los gases generados en el depósito de combustible y suspender el tanqueo de combustible | 1.3.5.A | No evacua los gases generados en el depósito de combustible ni suspende el tanqueo de combustible | 1.3.5.A.1  | Respiradero del tanque de combustible obstruido por contaminación      |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Suministrar aire limpio a una presión máxima de 54.8 in Hg a una temperatura de xx C            | 1.4.1.A | No suministra aire o lo hace por debajo de especificación   | 1.4.1.A.1  | Filtros de aire primario obstruidos                                    |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Suministrar aire limpio a una presión máxima de 54.8 in Hg a una temperatura de xx C            | 1.4.1.A | No suministra aire o lo hace por debajo de especificación   | 1.4.1.A.11 | Filtros obstruidos por caja de filtros rota o tapa abierta             |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE</b>                           | Suministrar aire limpio a una presión máxima de 54.8 in Hg                                      | 1.4.1.A | No suministra aire o lo hace por debajo de especificación   | 1.4.1.A.12 | Filtros obstruidos por sellos de la tapa de caja de filtros defectuoso |

|  |          |  |         |   |            |  |
|--|----------|--|---------|---|------------|--|
| <b>ADMISIÓN<br/>ESCAPE</b>                                 | <b>Y</b> | a una temperatura de xx C  |         |   |            |  |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN<br/>ESCAPE</b> | <b>Y</b> | Suministrar aire limpio a una presión máxima de 54.8 in Hg a una temperatura de xx C | 1.4.1.A | No suministra aire o lo hace por debajo de especificación | 1.4.1.A.12 | Filtros obstruidos por sellos de la tapa de caja de filtros defectuoso     |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN<br/>ESCAPE</b> | <b>Y</b> | Suministrar aire limpio a una presión máxima de 54.8 in Hg a una temperatura de xx C | 1.4.1.A | No suministra aire o lo hace por debajo de especificación | 1.4.1.A.13 | Filtro obstruido por eyector de polvo defectuoso                           |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN<br/>ESCAPE</b> | <b>Y</b> | Suministrar aire limpio a una presión máxima de 54.8 in Hg a una temperatura de xx C | 1.4.1.A | No suministra aire o lo hace por debajo de especificación | 1.4.1.A.2  | Filtro primario de aire obstruido por mangueras del eyector de polvo rotas |

|  |  |         |   |           |  |
|--|--|---------|---|-----------|--|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Suministrar aire limpio a una presión máxima de 54.8 in Hg a una temperatura de xx C | 1.4.1.A | No suministra aire o lo hace por debajo de especificación | 1.4.1.A.3 | Precleaner obstruido                       |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Suministrar aire limpio a una presión máxima de 54.8 in Hg a una temperatura de xx C | 1.4.1.A | No suministra aire o lo hace por debajo de especificación | 1.4.1.A.5 | Filtros de aire secundarios obstruidos     |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Suministrar aire limpio a una presión máxima de 54.8 in Hg a una temperatura de xx C | 1.4.1.B | No mantenga la temperatura de admisión por debajo de xx C | 1.4.1.B.3 | Bomba auxiliar de agua defectuosa          |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener el aire del sistema de admisión   | 1.4.2.A | No contiene el aire de admisión                           | 1.4.2.A.1 | Tubería de admisión y/o abrazaderas flojas |

|  |  |         |                                 |           |  |
|--|--|---------|---------------------------------|-----------|--|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener el aire del sistema de admisión | 1.4.2.A | No contiene el aire de admisión | 1.4.2.A.2 | Empaques de post enfriador cristalizados   |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener el aire del sistema de admisión | 1.4.2.A | No contiene el aire de admisión | 1.4.2.A.3 | Sellos de empalmes de tubería de admisión cristalizados                              |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener el aire del sistema de admisión | 1.4.2.A | No contiene el aire de admisión | 1.4.2.A.5 | Empaque del múltiple de admisión quemado   |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener el aire del sistema de admisión | 1.4.2.A | No contiene el aire de admisión | 1.4.2.A.6 | Sellos de los sensores de presión salida de turbo, temperatura admisión cristalizado |

|  |  |         |  |           |  |
|--|--|---------|--|-----------|--|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener el aire del sistema de admisión                       | 1.4.2.A | No contiene el aire de admisión                                  | 1.4.2.A.7 | Mangueras de entrada de los posts enfriadores rotas por roce           |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener el aire del sistema de admisión                       | 1.4.2.A | No contiene el aire de admisión                                  | 1.4.2.A.8 | Sellos del codo del turbo dañados por cristalización                   |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener el aire del sistema de admisión                       | 1.4.2.A | No contiene el aire de admisión                                  | 1.4.2.A.9 | Mangueras de entrada de los posts enfriadores rotas por cristalización |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Extraer las partículas depositadas a la entrada de los filtros | 1.4.3.A | No extrae las partículas depositadas a la entrada de los filtros | 1.4.3.A.1 | tubería de la caja ciclónica obstruida por operación normal            |

|  |   |         |   |           |  |
|--|---|---------|---|-----------|--|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Extraer las partículas depositadas a la entrada de los filtros  | 1.4.3.A | No extrae las partículas depositadas a la entrada de los filtros  | 1.4.3.A.2 | Codo de la caja de humo roto por erosión   |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Extraer las partículas depositadas a la entrada de los filtros  | 1.4.3.A | No extrae las partículas depositadas a la entrada de los filtros  | 1.4.3.A.4 | Eyector de polvo defectuoso  |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Conducir sin restricción los gases productos de la combustión para impulsar las aspas de la turbina del turbocompresor. | 1.4.4.A | No conduce sin restricción los gases productos de la combustión para impulsar las aspas de la turbina del turbocompresor. | 1.4.4.A.2 | Caja de humo rota por corrosión o alta vibración debido a tornillos desajustados |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener los gases de escape  | 1.4.5.A | No contiene los gases de escape   | 1.4.5.A.1 | Múltiple de escape con fugas   |

|  |                              |         |                                 |            |  |
|--|------------------------------|---------|---------------------------------|------------|--|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener los gases de escape | 1.4.5.A | No contiene los gases de escape | 1.4.5.A.10 | Acople entre caja de humo y tubo de escape suelto por abrazadera desajustada |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener los gases de escape | 1.4.5.A | No contiene los gases de escape | 1.4.5.A.2  | Tornillos de soporte de tubería del turbo partidos, ausentes o flojos        |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener los gases de escape | 1.4.5.A | No contiene los gases de escape | 1.4.5.A.3  | Fuga de gases por daño en los empaques, ductos, tornillos y/o acoples        |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener los gases de escape | 1.4.5.A | No contiene los gases de escape | 1.4.5.A.5  | Tornillos del múltiple de escape desajustados o ausentes                     |

|  |   |         |   |            |   |
|--|---|---------|---|------------|---|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener los gases de escape  | 1.4.5.A | No contiene los gases de escape   | 1.4.5.A.7  | Tornillos de soporte del turbo desajustados o ausentes                      |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>ADMISIÓN Y<br/>ESCAPE</b> | Contener los gases de escape  | 1.4.5.A | No contiene los gases de escape   | 1.4.5.A.9  | Tornillos del soporte entre la caja de humo y capot desajustados o ausentes |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b>           | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.11 | Aceite motor emulsionado por enfriador de aceite roto                       |

|  |   |         |   |            |   |
|--|---|---------|---|------------|---|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.14 | Desgaste de casquetes por operación normal    |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.15 | Aceite motor emulsionado por culata agrietada |

|  |   |         |   |            |   |
|--|---|---------|---|------------|---|
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.16 | Aceite motor emulsionado por el sello del buje del turbo compresor cristalizado |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.17 | Aceite motor emulsionado por sello de la bomba de agua cristalizado             |

|  |   |         |   |            |  |
|--|---|---------|---|------------|--|
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.18 | Aceite motor emulsionado por sellos frontal de la bomba de transferencia de combustible cristalizado |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.3  | Muy bajo nivel de aceite del motor   |

|  |   |         |   |           |                                      |
|--|---|---------|---|-----------|--------------------------------------|
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.3 | Muy bajo nivel de aceite del motor   |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.4 | Degradación del aceite por vida útil |

|  |   |         |   |           |   |
|--|---|---------|---|-----------|---|
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.4 | Degradación del aceite por vida útil                      |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.8 | Aceite motor diluido por inyector de combustible con fuga |

|  |   |         |   |            |  |
|--|---|---------|---|------------|--|
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Suministrar aceite a una presión hasta 87 PSI (Según revoluciones del motor) a los diferentes componentes móviles del motor y a los bujes del turbo | 1.6.1.A | No suministra aceite o lo hace por debajo de lo especificado para el nivel revoluciones del motor | 1.6.1.A.9  | Casquetes y bujes desgastados por operación normal |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite motor limpio (27 Gal)   | 1.6.2.A | No contiene aceite motor  | 1.6.2.A.1  | Empaque y sellos del turbo cristalizados           |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite motor limpio (27 Gal)   | 1.6.2.A | No contiene aceite motor  | 1.6.2.A.1  | Empaque y sellos del turbo cristalizados           |
| <b>MOTR - MOTOR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite motor limpio (27 Gal)   | 1.6.2.A | No contiene aceite motor  | 1.6.2.A.10 | Sellos de la bomba de aceite cristalizados         |

|  |  |         |                          |            |   |
|--|--|---------|--------------------------|------------|---|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite<br>motor limpio (27 Gal) | 1.6.2.A | No contiene aceite motor | 1.6.2.A.11 | tubería bypass del<br>enfriador de aceite rota<br>por roce  |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite<br>motor limpio (27 Gal) | 1.6.2.A | No contiene aceite motor | 1.6.2.A.12 | Sellos de los ejes de los<br>piñones intermedios de<br>los engranajes frontales<br>rotos por cristalización |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite<br>motor limpio (27 Gal) | 1.6.2.A | No contiene aceite motor | 1.6.2.A.3  | Empaques del carter<br>cristalizados  |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite<br>motor limpio (27 Gal) | 1.6.2.A | No contiene aceite motor | 1.6.2.A.7  | Sellos de la caja de<br>balancines (Culatín)<br>cristalizados   |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite<br>motor limpio (27 Gal) | 1.6.2.A | No contiene aceite motor | 1.6.2.A.8  | Empaque y sellos de la<br>culata cristalizado   |

|  |   |         |  |           |   |
|--|---|---------|--|-----------|---|
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite motor limpio (27 Gal)   | 1.6.2.A | No contiene aceite motor   | 1.6.2.A.9 | Mangueras y tubería de lubricación de turbos rotas por roce           |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite motor limpio (27 Gal)   | 1.6.2.B | Contiene aceite contaminado  | 1.6.2.B.2 | Manguera del respiradero de los desfogues obstruida por contaminación |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Contener aceite motor limpio (27 Gal)   | 1.6.2.B | Contiene aceite contaminado  | 1.6.2.B.3 | Filtro del desfogue obstruido   |
| <b>MOTR - MOTOR<br/>SISTEMA DE<br/>LUBRICACIÓN</b> | Prevenir que ingresen partículas mayores a xx micras a la galería principal del motor | 1.6.3.A | No previene que ingresen partículas mayores a xx micras a la galería principal del motor | 1.6.3.A.1 | Filtros de aceite obstruidos por operación normal                     |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

Tabla 11 ANALISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA- TRANSMISION

| LocationDescription | FunctionDescription  | Parent  | FunctionalFailureDescription     | Id        | RcmCauses.Description   |
|---------------------|--|---------|----------------------------------|-----------|---|
| TRANSMISIÓN         | Lubricar con aceite limpio, a una presión aprox. de 16 PSI los rodamientos de los engranajes de transferencia y grupos de válvulas | 1.9.1.A | Lubrica con aceite contaminado   | 1.9.1.A.1 | Aceite de la transmisión degradado                                    |
| TRANSMISIÓN         | Contener el aceite del circuito de la transmisión  | 1.9.2.A | No contiene 45 galones de aceite | 1.9.2.A.1 | Mirilla de nivel de aceite transmisión partida o sellos cristalizados |
| TRANSMISIÓN         | Contener el aceite del circuito de la transmisión  | 1.9.2.A | No contiene 45 galones de aceite | 1.9.2.A.2 | Sellos del tapón de drenaje cristalizados                             |
| TRANSMISIÓN         | Contener el aceite del circuito de la transmisión  | 1.9.2.A | No contiene 45 galones de aceite | 1.9.2.A.3 | Mangueras de la mirilla rotas por cristalización                      |

|                    |   |         |                                  |           |  |
|--------------------|---|---------|----------------------------------|-----------|--|
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Contener el aceite del circuito de la transmisión | 1.9.2.A | No contiene 45 galones de aceite | 1.9.2.A.4 | Sellos de las mangueras de la transmisión cristalizados                  |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Contener el aceite del circuito de la transmisión | 1.9.2.A | No contiene 45 galones de aceite | 1.9.2.A.5 | Sellos de la bomba de la transmisión cristalizados                       |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Contener el aceite del circuito de la transmisión | 1.9.2.A | No contiene 45 galones de aceite | 1.9.2.A.6 | Manguera de la transmisión cristalizadas                                 |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Contener el aceite del circuito de la transmisión | 1.9.2.A | No contiene 45 galones de aceite | 1.9.2.A.7 | Sellos de las tapas de mallas magnéticas de la transmisión cristalizados |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Contener el aceite del circuito de la transmisión | 1.9.2.A | No contiene 45 galones de aceite | 1.9.2.A.8 | Sellos del filtro de la transmisión cristalizado                         |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Contener el aceite del circuito de la transmisión | 1.9.2.A | No contiene 45 galones de aceite | 1.9.2.A.9 | Empaque de la tapa de la transmisión cristalizados                       |

|                    |   |         |                          |            |  |
|--------------------|---|---------|--------------------------|------------|--|
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Transmitir la potencia del convertidor a los diferenciales en los diferentes regímenes de dirección (Forward y reverse) y velocidad | 1.9.4.A | Transmisión neutralizada | 1.9.4.A.11 | Rodamiento de la transmisión agarrotados o destruidos por operación normal |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Transmitir la potencia del convertidor a los diferenciales en los diferentes regimenes de dirección (Forward y reverse) y velocidad | 1.9.4.A | Transmisión neutralizada | 1.9.4.A.2  | Ausencia de aceite de la transmisión                                       |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Transmitir la potencia del convertidor a los diferenciales en los diferentes regímenes  | 1.9.4.A | Transmisión neutralizada | 1.9.4.A.2  | Ausencia de aceite de la transmisión                                       |

|                    |   |         |  |           |   |
|--------------------|---|---------|--|-----------|---|
|                    | de dirección (Forward y reverse) y velocidad  |         |  |           |   |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Transmitir la potencia del convertidor a los diferenciales en los diferentes regímenes de dirección (Forward y reverse) y velocidad | 1.9.4.A | Transmisión neutralizada   | 1.9.4.A.5 | Engranajes de la transmisión rotos o partidos |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Transmitir la potencia del convertidor a los diferenciales en los diferentes regímenes de dirección (Forward y reverse) y velocidad | 1.9.4.A | Transmisión neutralizada   | 1.9.4.A.5 | Engranajes de la transmisión rotos o partidos |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Prevenir que ingrese partículas mayores a 2 micras a las  | 1.9.5.A | No previene que ingrese partículas mayores a 2 micras ingresen a las válvulas de control de la transmisión | 1.9.5.A.1 | Filtro de la transmisión obstruido            |

|                    |  |         |  |           |   |
|--------------------|--|---------|--|-----------|---|
|                    | válvulas de control de la transmisión  |         |  |           |   |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Prevenir que ingrese partículas mayores a 2 micras a las válvulas de control de la transmisión | 1.9.5.A | No previene que ingrese partículas mayores a 2 micras ingresen a las válvulas de control de la transmisión | 1.9.5.A.2 | Válvula bypass dañada abierta por contaminación |
| <b>TRANSMISIÓN</b> | Indicar el nivel de aceite de la transmisión   | 1.9.6.A | No indica el nivel de aceite de la transmisión   | 1.9.6.A.1 | Mirilla de nivel de aceite manchada u opaca     |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

Tabla 12 ANALISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA- CONVERTIDOR

| LocationDescription | FunctionDescription   | Parent   | FunctionalFailureDescription                            | Id         | RcmCauses.Description                                     |
|---------------------|---|----------|---|------------|---|
| <b>CONVERTIDOR</b>  | Transmitir y multiplicar la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.A | No transmite la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.A.1 | Bajo nivel de aceite                                      |
| <b>CONVERTIDOR</b>  | Transmitir y multiplicar la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.A | No transmite la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.A.1 | Bajo nivel de aceite                                      |
| <b>CONVERTIDOR</b>  | Transmitir y multiplicar la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.A | No transmite la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.A.5 | Crucetas del cardan dañadas por vida útil                 |
| <b>CONVERTIDOR</b>  | Transmitir y multiplicar la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.A | No transmite la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.A.7 | Tornillos de sujeción de las crucetas partidos y/o flojos |

|                    |   |          |  |            |   |
|--------------------|---|----------|--|------------|---|
| <b>CONVERTIDOR</b> | Transmitir y multiplicar la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.B | Transmite, pero no multiplica la potencia hacia la transmisión | 1.10.1.B.1 | Convertidor desgastado internamente por operación normal        |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Transmitir y multiplicar la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.B | Transmite, pero no multiplica la potencia hacia la transmisión | 1.10.1.B.2 | Embragues del impeler del convertidor desgastados               |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Transmitir y multiplicar la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.B | Transmite, pero no multiplica la potencia hacia la transmisión | 1.10.1.B.3 | Tiempo de llenado del impeler descalibrado por operación normal |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Transmitir y multiplicar la potencia del motor hacia la transmisión | 1.10.1.B | Transmite, pero no multiplica la potencia hacia la transmisión | 1.10.1.B.5 | Aceite del convertidor degradado                                |

|                    |                 |          |                    |            |  |
|--------------------|-----------------|----------|--------------------|------------|--|
| <b>CONVERTIDOR</b> | Contener aceite | 1.10.2.A | No contiene aceite | 1.10.2.A.1 | Manguera de succión de la bomba de barrido del convertido rotas por roce           |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Contener aceite | 1.10.2.A | No contiene aceite | 1.10.2.A.2 | Manguera de succión de la bomba de barrido del convertido rotas por cristalización |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Contener aceite | 1.10.2.A | No contiene aceite | 1.10.2.A.3 | Sellos de la bomba de barrido cristalizados  |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Contener aceite | 1.10.2.A | No contiene aceite | 1.10.2.A.4 | Manguera del convertidor al enfriador rota por roce                                |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Contener aceite | 1.10.2.A | No contiene aceite | 1.10.2.A.5 | Manguera del convertidor al enfriador rota por cristalización                      |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Contener aceite | 1.10.2.A | No contiene aceite | 1.10.2.A.6 | Sellos de la válvula del impeler y lock up cristalizados                           |

|                    |   |          |   |            |  |
|--------------------|---|----------|---|------------|--|
| <b>CONVERTIDOR</b> | Contener aceite   | 1.10.2.A | No contiene aceite  | 1.10.2.A.7 | Sellos del enfriador de la transmisión y convertidor cristalizados     |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Prevenir que ingrese partículas mayores a 2 micras al enfriador de aceite del convertidor     | 1.10.5.A | No previene que ingrese partículas mayores a 2 micras ingresen al enfriador de aceite del convertidor | 1.10.5.A.1 | Filtro del convertidor obstruido                                       |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Prevenir que ingrese partículas mayores a 2 micras al enfriador de aceite del convertidor     | 1.10.5.A | No previene que ingrese partículas mayores a 2 micras ingresen al enfriador de aceite del convertidor | 1.10.5.A.2 | Válvula bypass dañada abierta por contaminación                        |
| <b>CONVERTIDOR</b> | Permitir la entrada de aire al convertidor y salida de los vapores generados en el hidráulico | 1.10.6.A | No permite el venteo en el convertidor  | 1.10.6.A.1 | Filtro del respiradero del convertidor obstruidos por operación normal |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

Tabla 13 ANALISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA- DIFERENCIAL

| LocationDescription | FunctionDescription  | Parent  | FunctionalFailureDescription | Id        | RcmCauses.Description                            |
|---------------------|--|---------|------------------------------|-----------|--|
| DIFERENCIAL         | Transmitir la potencia desde la transmisión hasta los mandos finales | 1.7.1.A | No transmite potencia        | 1.7.1.A.1 | Daño en engranajes y/o rodamientos por vida útil |
| DIFERENCIAL         | Transmitir la potencia desde la transmisión hasta los mandos finales | 1.7.1.A | No transmite potencia        | 1.7.1.A.1 | Daño en engranajes y/o rodamientos por vida útil |
| DIFERENCIAL         | Transmitir la potencia desde la transmisión hasta los mandos finales | 1.7.1.A | No transmite potencia        | 1.7.1.A.2 | Diferencial dañado por falta de lubricación      |
| DIFERENCIAL         | Transmitir la potencia desde la transmisión hasta los mandos finales | 1.7.1.A | No transmite potencia        | 1.7.1.A.2 | Diferencial dañado por falta de lubricación      |

|                    |  |         |  |           |  |
|--------------------|--|---------|--|-----------|--|
| <b>DIFERENCIAL</b> | Contener en conjunto con los mandos finales 95 galones de aceite SAE 60 limpio | 1.7.2.A | Contiene aceite contaminado            | 1.7.2.A.1 | Pase de aceite del grupo de frenos por daño en sello de pistón de frenos |
| <b>DIFERENCIAL</b> | Contener en conjunto con los mandos finales 95 galones de aceite SAE 60 limpio | 1.7.2.A | Contiene aceite contaminado            | 1.7.2.A.1 | Pase de aceite del grupo de frenos por daño en sello de pistón de frenos |
| <b>DIFERENCIAL</b> | Contener en conjunto con los mandos finales 95 galones de aceite SAE 60 limpio | 1.7.2.A | Contiene aceite contaminado            | 1.7.2.A.2 | Entrada de contaminantes por el respiradero                              |
| <b>DIFERENCIAL</b> | Contener en conjunto con los mandos finales 95 galones de aceite SAE 60 limpio | 1.7.2.A | Contiene aceite contaminado            | 1.7.2.A.2 | Entrada de contaminantes por el respiradero                              |
| <b>DIFERENCIAL</b> | Contener en conjunto con los mandos  | 1.7.2.B | Contiene menos de 95 galones de aceite | 1.7.2.B.1 | Fugas externas   |

|                    |  |         |  |           |                |
|--------------------|--|---------|--|-----------|----------------|
|                    | finales 95 galones de aceite SAE 60 limpio                                     |         |  |           |                |
| <b>DIFERENCIAL</b> | Contener en conjunto con los mandos finales 95 galones de aceite SAE 60 limpio | 1.7.2.B | Contiene menos de 95 galones de aceite | 1.7.2.B.1 | Fugas externas |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C

*Tabla 14 ANALISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA- MANDOS FINALES*

| LocationDescription   | FunctionDescription  | Parent  | FunctionalFailureDescription                                    | Id        | RcmCauses.Description                  |
|-----------------------|--|---------|---|-----------|--|
| <b>MANDOS FINALES</b> | Transferir la potencia desde el diferencial hasta la rueda | 1.8.1.A | No transfiere la potencia desde el diferencial hasta las ruedas | 1.8.1.A.1 | Engranajes y/o rodamientos desgastados |
| <b>MANDOS FINALES</b> | Transferir la potencia desde el diferencial hasta la rueda | 1.8.1.A | No transfiere la potencia desde el diferencial hasta las ruedas | 1.8.1.A.1 | Engranajes y/o rodamientos desgastados |

|                       |   |         |   |           |  |
|-----------------------|---|---------|---|-----------|--|
| <b>MANDOS FINALES</b> | Transferir la potencia desde el diferencial hasta la rueda            | 1.8.1.A | No transfiere la potencia desde el diferencial hasta las ruedas | 1.8.1.A.2 | Semiejes rotos y/o estrías desgastadas               |
| <b>MANDOS FINALES</b> | Transferir la potencia desde el diferencial hasta la rueda            | 1.8.1.A | No transfiere la potencia desde el diferencial hasta las ruedas | 1.8.1.A.2 | Semiejes rotos y/o estrías desgastadas               |
| <b>MANDOS FINALES</b> | Contener en conjunto con el diferencial hasta 95 gal de aceite SAE 60 | 1.8.2.A | No contiene el aceite del mando final                           | 1.8.2.A.1 | Sello dúo-cone externo deteriorado                   |
| <b>MANDOS FINALES</b> | Contener en conjunto con el diferencial hasta 95 gal de aceite SAE 60 | 1.8.2.A | No contiene el aceite del mando final                           | 1.8.2.A.1 | Sello dúo-cone externo deteriorado                   |
| <b>MANDOS FINALES</b> | Contener en conjunto con el diferencial hasta 95 gal de aceite SAE 60 | 1.8.2.A | No contiene el aceite del mando final                           | 1.8.2.A.2 | Sello de la tapa central del mando final deteriorado |

|                       |   |         |                                       |           |  |
|-----------------------|---|---------|---------------------------------------|-----------|--|
| <b>MANDOS FINALES</b> | Contener en conjunto con el diferencial hasta 95 gal de aceite SAE 60 | 1.8.2.A | No contiene el aceite del mando final | 1.8.2.A.2 | Sello de la tapa central del mando final deteriorado       |
| <b>MANDOS FINALES</b> | Contener en conjunto con el diferencial hasta 95 gal de aceite SAE 60 | 1.8.2.A | No contiene el aceite del mando final | 1.8.2.A.3 | Tapones de llenado y/o vaciado flojos por mala instalación |
| <b>MANDOS FINALES</b> | Contener en conjunto con el diferencial hasta 95 gal de aceite SAE 60 | 1.8.2.A | No contiene el aceite del mando final | 1.8.2.A.3 | Tapones de llenado y/o vaciado flojos por mala instalación |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C

#### 4.5. DETERMINACIÓN DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Con la identificación de las funciones, fallas, modos de falla y sus consecuencias, es posible determinar para cada una de las fallas, su respectiva acción de mantenimiento que apunte a reducir las incidencias de estas fallas en los down por imprevistos en los equipos de la flota.

Los intervalos de aplicación de cada acción de mantenimiento fueron determinados de acuerdo con lo recomendado por el fabricante en el documento SEBU7979 Manual de Operación y Mantenimiento, cargador frontal 992C serie 49z.

*Tabla 15 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO- COMPONENTE MOTOR*

| <b>Id</b>             | <b>Type</b>    | <b>RcmScheduledTasks.Description</b>  | <b>Tas<br/>klnt<br/>erv<br/>al</b> | <b>TaskGr<br/>oup</b> | <b>LaborDescrip<br/>tions</b>       |
|-----------------------|----------------|---|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| <b>1.1.1.<br/>A.5</b> | Inspe<br>ction | Análisis de aceite. En caso de encontrar Na y H2O fuera de especificaciones, verificar motor por fuga de refrigerante | 250<br>H                           | Inspecci<br>ón GI&T   | Grupo de inspecciones y tecnologías |
| <b>1.1.1.<br/>A.6</b> | Inspe<br>ction | Análisis de aceite. En caso de encontrar Na y H2O fuera de especificaciones, verificar motor por fuga de refrigerante | 250<br>H                           | Inspecci<br>ón GI&T   | Grupo de inspecciones y tecnologías |

|                        |            |  |           |                 |  |
|------------------------|------------|--|-----------|-----------------|--|
| <b>1.1.1.<br/>B.1</b>  | Inspección | Verificar la calibración del motor mediante análisis Windrock  | 400<br>0H | Tipo E          | Grupo de inspecciones y tecnologías                            |
| <b>1.1.1.<br/>B.3</b>  | Inspección | Tomar y analizar muestras de aceite. En caso de encontrar Cr y Fe, hacer seguimiento a la presión de carter para descartar desgaste de anillos y camisas   | 250<br>H  | Inspección GI&T | Grupo de inspecciones y tecnologías, Analista de Confiabilidad |
| <b>1.1.1.<br/>B.3</b>  | Inspección | Realizar prueba de desempeño del motor   | 200<br>0H | Tipo D          | Técnico Electromecánico  |
| <b>1.2.1.<br/>A.1</b>  | Inspección | Verificar las revoluciones del ventilador desconectando la válvula solenoide proporcional a través del ET (Revoluciones máximas: 885 rpm). En caso de encontrar revoluciones por debajo de especificación, verificar estado de motor, válvula y bomba. | 400<br>0H | Tipo E          | Técnico Electromecánico  |
| <b>1.2.1.<br/>A.10</b> | Inspección | Medir presión en el circuito de propulsión del ventilador. En caso de que la presión sea inferior a 1800 PSI en máximas revoluciones, calibrar la  | 400<br>0H | Tipo E          | Técnico Electromecánico  |

|                       |            |   |           |               |                         |
|-----------------------|------------|---|-----------|---------------|-------------------------|
|                       |            | válvula compensadora del circuito   |           |               |                         |
| <b>1.2.1.<br/>A.2</b> | Planned    | Lavar externamente los cores del radiador   | 100<br>0H | Tipo C        | Contratista de lavado   |
| <b>1.2.1.<br/>A.4</b> | Inspection | Inspección del chisoso de la bomba de agua principal. En caso de encontrar fuga excesiva, cambiar bomba de agua                                   | 400<br>0H | Tipo E        | Técnico Electromecánico |
| <b>1.2.1.<br/>A.6</b> | Inspection | Verificar nivel de refrigerante en el tanque de expansión   | 12<br>H   | I.Operacional | Operador                |
| <b>1.2.1.<br/>A.6</b> | Inspection | Verificar nivel de refrigerante en el tanque de expansión   | 500<br>H  | Tipo B        | Técnico Electromecánico |
| <b>1.2.1.<br/>A.7</b> | Inspection | Inspección por fugas de refrigerante en el motor  | 12<br>H   | I.Operacional | Operador                |
| <b>1.2.1.<br/>A.8</b> | Inspection | Inspección visual por fugas de refrigerante a través del chisoso de la bomba auxiliar. En caso de encontrar fuga excesiva, cambiar bomba auxiliar | 400<br>0H | Tipo E        | Técnico Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>A.1</b> | Inspection | Inspección del refrigerante. En caso de evidenciar contaminación de aceite con refrigerante, identificar fuente                                   | 100<br>0H | Tipo C        | Técnico Electromecánico |

|                       |            |  |           |               |                            |
|-----------------------|------------|--|-----------|---------------|----------------------------|
|                       |            | de contaminación y cambiar refrigerante  |           |               |                            |
| <b>1.2.2.<br/>A.2</b> | Planned    | Cambiar refrigerante del motor   | 400<br>0H | Tipo E        | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>A.4</b> | Inspection | Realizar prueba hidrostática a la tapa del radiador. En caso de que la tapa abra a una presión inferior a 7 PSI, cambiar tapa                | 100<br>0H | Tipo C        | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>A.5</b> | Inspection | Verificar la presencia de las tapas protectoras de los wiggins   | 12<br>H   | I.Operacional | Operador                   |
| <b>1.2.2.<br/>A.5</b> | Inspection | Verificar la presencia de las tapas protectoras de los wiggins   | 500<br>H  | Tipo B        | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>B.1</b> | Inspection | Realizar prueba de hermeticidad en el sistema de refrigerante motor. En caso de detectar fugas a través del radiador, reparar el núcleo roto | 100<br>0H | Tipo C        | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>B.2</b> | Inspection | Inspección visual de las mangueras del sistema de refrigerante motor. En caso de evidenciar, humedad o deterioro anormal de su               | 200<br>0H | Tipo D        | Técnico<br>Electromecánico |

|                       |            |   |           |               |                            |
|-----------------------|------------|---|-----------|---------------|----------------------------|
|                       |            | superficie, cambiar manguera defectuosa   |           |               |                            |
| <b>1.2.2.<br/>B.3</b> | Inspección | Inspección visual de ajuste y estado de los soportes y abrazaderas de las mangueras del sistema de refrigerante | 100<br>0H | Tipo C        | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>B.4</b> | Inspección | Inspección por fugas alrededor del cuerpo de la bomba de agua, caja de termostato                               | 500<br>H  | Tipo B        | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>B.4</b> | Inspección | Verificar por fugas en el circuito de refrigerante motor  | 12<br>H   | I.Operacional | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>B.5</b> | Inspección | Inspección por fugas de aceite en el wiggins  | 500<br>H  | Tipo B        | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>B.6</b> | Inspección | Inspección por fugas de refrigerante alrededor de la mirilla y el estado de esta                                | 500<br>H  | Tipo B        | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>B.7</b> | Inspección | Inspección por fugas alrededor de la bomba de agua auxiliar   | 100<br>0H | Tipo C        | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.2.<br/>B.8</b> | Inspección | Inspección por fugas de refrigerante alrededor de los sellos del radiador                                       | 500<br>H  | Tipo B        | Técnico<br>Electromecánico |

|                        |            |   |           |        |                            |
|------------------------|------------|---|-----------|--------|----------------------------|
| <b>1.2.2.<br/>B.9</b>  | Inspección | Inspección por fugas en los empaques de la tubería de enfriamiento de los turbos  | 500<br>H  | Tipo B | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.3.<br/>A.1</b>  | Inspección | Realizar prueba hidrostática a la tapa del radiador. En caso de que la tapa abra a una presión inferior a 7 PSI, cambiar tapa | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.2.4.<br/>A.1</b>  | Inspección | Inspección visual del estado de la mirilla (opaco, sucia)   | 200<br>0H | Tipo D | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.3.1.<br/>A.1</b>  | Inspección | Inspección del correcto enrutamiento y estado de soportes de las mangueras del sistema de combustible                         | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.3.1.<br/>A.10</b> | Inspección | Inspección por fugas en acoples del sistema de combustible  | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.3.1.<br/>A.2</b>  | Inspección | Inspección visual del estado de mangueras del sistema de combustible  | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecánico |
| <b>1.3.1.<br/>A.3</b>  | Inspección | Inspección visual por fugas en el cuerpo de la bomba de transferencia, válvula reguladora                                     | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecánico |

|                       |            |  |           |                 |  |
|-----------------------|------------|--|-----------|-----------------|--|
| <b>1.3.1.<br/>A.4</b> | Inspección | Inspeccionar por fugas de combustible el motor (mangueras, acoples, componentes y wiggins)   | 12<br>H   | I.Operacional   | Operador   |
| <b>1.3.1.<br/>A.4</b> | Inspección | Inspección visual del estado del wiggins de combustible  | 100<br>0H | Tipo C          | Técnico Electromecánico  |
| <b>1.3.1.<br/>A.5</b> | Inspección | Análisis de aceite. En caso de encontrar dilución por combustible, evaluar inyectores  | 250<br>H  | Inspección GI&T | Grupo de inspecciones y tecnologías, Analista de Confiabilidad |
| <b>1.3.1.<br/>A.6</b> | Inspección | Inspección visual por fuga de la tapa del tanque de combustible  | 100<br>0H | Tipo C          | Técnico Electromecánico  |
| <b>1.3.1.<br/>A.9</b> | Inspección | Inspección visual por fugas alrededor del cuerpo de los sensores de presión diferencial de filtros, temperatura y flujo de combustible | 100<br>0H | Tipo C          | Técnico Electromecánico  |
| <b>1.3.1.<br/>B.1</b> | Inspección | Verificar que Wiggings estén limpios y con su protector instalado  | 12<br>H   | I.Operacional   | Operador   |
| <b>1.3.1.<br/>B.1</b> | Inspección | Verificar que Wiggings estén limpios y con su protector instalado  | 500<br>H  | Tipo B          | Técnico Electromecánico  |

|                       |            |   |           |               |  |
|-----------------------|------------|---|-----------|---------------|--|
| <b>1.3.1.<br/>B.2</b> | Planned    | Drenar el exceso de agua presente en el sistema de combustible  | 500<br>H  | Tipo B        | Técnico Electromecánico                            |
| <b>1.3.2.<br/>A.1</b> | Inspection | Hacer seguimiento a la tendencia del flujo de la bomba de transferencia de combustible. En caso de evidenciar una disminución significativa del volumen entregado, programar cambio de la bomba | 100<br>0H | Tipo C        | Técnico Electromecánico, Analista de Confiabilidad |
| <b>1.3.2.<br/>A.2</b> | Planned    | Cambiar filtros de combustible secundarios  | 500<br>H  | Tipo B        | Técnico Electromecánico                            |
| <b>1.3.2.<br/>A.3</b> | Inspection | Verificar nivel de combustible en el panel del operador   | 12<br>H   | I.Operacional | Operador   |
| <b>1.3.2.<br/>A.3</b> | Inspection | Verificar el nivel de combustible   | 500<br>H  | Tipo B        | Técnico Electromecánico                            |
| <b>1.3.2.<br/>A.5</b> | Planned    | Cambiar filtros de combustible secundarios  | 100<br>0H | Tipo C        | Técnico Electromecánico                            |
| <b>1.3.2.<br/>A.6</b> | Inspection | Medir la presión de combustible en el riel de inyección. En caso de que la presión se encuentre por   | 200<br>0H | Tipo D        | Técnico Electromecánico                            |

|                       |            |  |           |                 |   |
|-----------------------|------------|--|-----------|-----------------|---|
|                       |            | debajo de 80 PSI, evaluar estado de la válvula reguladora de presión   |           |                 |   |
| <b>1.3.3.<br/>A.1</b> | Inspección | Realizar análisis de aceite. En caso de evidenciar dilución por combustible, realizar inspección por fuga en los sellos de los inyectores y/o prueba de corte de inyección para identificar el puesto con fuga | 250<br>H  | Inspección GI&T | Técnico Electromecánico, Grupo de inspecciones y tecnologías, Analista de Confiabilidad |
| <b>1.3.3.<br/>A.2</b> | Inspección | Realizar análisis de aceite. En caso de evidenciar dilución por combustible, realizar inspección por fuga en los sellos de los inyectores y/o prueba de corte de inyección para identificar el puesto con fuga | 250<br>H  | Inspección GI&T | Técnico Electromecánico   |
| <b>1.3.5.<br/>A.1</b> | Planned    | Cambiar el filtro del respiradero  | 400<br>0H | Tipo E          | Técnico Electromecánico   |
| <b>1.4.1.<br/>A.1</b> | Planned    | Cambiar filtros primarios  | 500<br>H  | Tipo B          | Técnico Electromecánico   |

|                        |                |  |           |        |                                |
|------------------------|----------------|--|-----------|--------|--------------------------------|
| <b>1.4.1.<br/>A.11</b> | Inspe<br>ction | Inspeccionar estado de la caja de filtros y estado de seguros  | 500<br>H  | Tipo B | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.1.<br/>A.12</b> | Inspe<br>ction | Inspeccionar el estado del sello de la tapa de filtros   | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.1.<br/>A.12</b> | Plann<br>ed    | Cambiar el sello de la tapa de la caja de filtros  | 400<br>0H | Tipo E | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.1.<br/>A.13</b> | Inspe<br>ction | Verificar el correcto funcionamiento del eyector de polvo (con el motor prendido desconectar la manguera del eyector y verificar que exista succión en esta línea) | 400<br>0H | Tipo E | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.1.<br/>A.2</b>  | Inspe<br>ction | Verificar el estado y correcto enrutamiento de las mangueras del eyector de polvo  | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.1.<br/>A.3</b>  | Plann<br>ed    | Lavar y verificar estado de los precleaner   | 200<br>0H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.1.<br/>A.5</b>  | Plann<br>ed    | Cambio programado de filtros secundarios   | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecáni<br>co |

|                       |                |   |           |        |   |
|-----------------------|----------------|---|-----------|--------|---|
| <b>1.4.1.<br/>B.3</b> | Inspe<br>ction | Inspección visual por fuga de agua en el chisoso de la bomba auxiliar. En caso de encontrar fuga excesiva de agua, cambiar bomba auxiliar   | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecáni<br>co                                      |
| <b>1.4.2.<br/>A.1</b> | Inspe<br>ction | Verificar ajuste de los tornillos y abrazaderas del sistema de admisión y realizar prueba de hermeticidad mediante la prueba de ultrasonido | 200<br>0H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co, Grupo de inspecciones y tecnologías |
| <b>1.4.2.<br/>A.2</b> | Inspe<br>ction | Realizar prueba de hermeticidad al circuito de admisión mediante ultrasonido  | 200<br>0H | Tipo D | Grupo de inspecciones y tecnologías                                 |
| <b>1.4.2.<br/>A.3</b> | Inspe<br>ction | Realizar prueba de hermeticidad al circuito de admisión mediante ultrasonido  | 200<br>0H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co                                      |
| <b>1.4.2.<br/>A.5</b> | Inspe<br>ction | Realizar prueba de hermeticidad al circuito de admisión mediante ultrasonido  | 200<br>0H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co                                      |
| <b>1.4.2.<br/>A.6</b> | Inspe<br>ction | Realizar prueba de hermeticidad al circuito de admisión mediante ultrasonido  | 200<br>0H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co                                      |
| <b>1.4.2.<br/>A.7</b> | Inspe<br>ction | Inspeccionar estado y correcto enrutamiento de las mangueras de entrada del post-enfriador  | 200<br>0H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co                                      |

|                       |                |  |           |        |                                |
|-----------------------|----------------|--|-----------|--------|--------------------------------|
| <b>1.4.2.<br/>A.8</b> | Inspe<br>ction | Realizar prueba de hermeticidad al circuito de admisión mediante ultrasonido   | 200<br>0H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.2.<br/>A.9</b> | Inspe<br>ction | Inspeccionar estado y correcto enrutamiento de las mangueras de entrada del post-enfriador   | 200<br>0H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.3.<br/>A.1</b> | Plann<br>ed    | Limpiar la caja ciclónica  | 400<br>0H | Tipo E | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.3.<br/>A.2</b> | Inspe<br>ction | Inspeccionar el estado del codo de la línea de eyector de polvo en la caja de humo   | 400<br>0H | Tipo E | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.3.<br/>A.4</b> | Inspe<br>ction | Verificar el correcto funcionamiento del eyector de polvo (con el motor prendido desconectar la manguera del eyector y verificar que exista succión en esta línea) | 400<br>0H | Tipo E | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.4.<br/>A.2</b> | Inspe<br>ction | Inspección visual de la caja de humo y de los pernos que la soportan. En caso de encontrar grietas o excesiva corrosión, programar cambio de la caja de humo       | 400<br>0H | Tipo E | Técnico<br>Electromecáni<br>co |

|                        |                |  |           |                   |                                |
|------------------------|----------------|--|-----------|-------------------|--------------------------------|
| <b>1.4.5.<br/>A.1</b>  | Inspe<br>ction | Verificar fugas por el múltiple de escape y estado de la tortillería                       | 500<br>H  | Tipo B            | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.5.<br/>A.10</b> | Inspe<br>ction | Verificar el ajuste de las abrazaderas de la caja de humo                                  | 100<br>0H | Tipo C            | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.5.<br/>A.2</b>  | Inspe<br>ction | Inspeccionar presencia y ajuste de los tornillos de soporte del turbo                      | 400<br>0H | Tipo E            | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.5.<br/>A.3</b>  | Inspe<br>ction | Verificar y corregir fugas por los múltiples de escape, tuberías y codos                   | 500<br>H  | Tipo B            | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.5.<br/>A.5</b>  | Inspe<br>ction | Inspeccionar presencia y ajuste de los tornillos del múltiple de escape                    | 400<br>0H |                   | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.5.<br/>A.7</b>  | Inspe<br>ction | Verificar la presencia de los tornillos de soporte del turbo                               | 400<br>0H | Tipo E            | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.4.5.<br/>A.9</b>  | Inspe<br>ction | Inspeccionar presencia y ajuste de los tornillos del soporte entre la caja de humo y capot | 400<br>0H | Tipo E            | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.5.1.<br/>A.2</b>  | Inspe<br>ction | Verificar nivel de aceite en el tanque de compensación                                     | 12<br>H   | I.Opera<br>cional | Operador                       |

|                        |            |   |           |                 |   |
|------------------------|------------|---|-----------|-----------------|---|
|                        |            | hacer completar si es necesario   |           |                 |   |
| <b>1.5.1.<br/>A.2</b>  | Inspección | Verificar nivel de aceite en el tanque de compensación hacer completar si es necesario y hacer análisis de rellenos repetitivos de aceite   | 500<br>H  | Tipo B          | Técnico Electromecánico, Analista de Confiabilidad                                      |
| <b>1.5.2.<br/>A.1</b>  | Inspección | Inspeccionar por fugas en los componentes del sistema ORS   | 12<br>H   | I.Operacional   | Operador  |
| <b>1.5.2.<br/>A.2</b>  | Inspección | Inspección visual del estado de las mangueras del sistema ORS   | 500<br>H  | Tipo B          | Técnico Electromecánico   |
| <b>1.5.2.<br/>A.3</b>  | Inspección | Inspección del correcto enrutamiento y estado de los soportes de las mangueras del ORS  | 100<br>0H | Tipo C          | Técnico Electromecánico   |
| <b>1.5.2.<br/>A.4</b>  | Inspección | Inspección por fugas alrededor de la válvula ORS  | 12<br>H   | I.Operacional   | Operador  |
| <b>1.6.1.<br/>A.11</b> | Inspección | Análisis de aceite. En caso de encontrar Na y/o H <sub>2</sub> O, inspección de presencia de aceite en la superficie de refrigerante y/o presurizar sistema para identificar foco de contaminación del aceite | 250<br>H  | Inspección GI&T | Grupo de inspecciones y tecnologías, Técnico Electromecánico, Analista de Confiabilidad |

|                        |            |   |          |                 |   |
|------------------------|------------|---|----------|-----------------|---|
| <b>1.6.1.<br/>A.14</b> | Inspección | Análisis de aceite motor. En caso de encontrar PB y Fe por encima de especificaciones realizar seguimiento y/o programar cambio motor   | 250<br>H | Inspección GI&T | Grupo de inspecciones y tecnologías, Analista de Confiabilidad                          |
| <b>1.6.1.<br/>A.15</b> | Inspección | Análisis de aceite. En caso de encontrar Na y/o H <sub>2</sub> O, inspección de presencia de aceite en la superficie de refrigerante y/o presurizar sistema para identificar foco de contaminación del aceite | 250<br>H | Inspección GI&T | Grupo de inspecciones y tecnologías, Técnico Electromecánico, Analista de Confiabilidad |
| <b>1.6.1.<br/>A.16</b> | Inspección | Análisis de aceite. En caso de encontrar Na y/o H <sub>2</sub> O, inspección de presencia de aceite en la superficie de refrigerante y/o presurizar sistema para identificar foco de contaminación del aceite | 250<br>H | Inspección GI&T | Grupo de inspecciones y tecnologías, Técnico Electromecánico, Analista de Confiabilidad |
| <b>1.6.1.<br/>A.17</b> | Inspección | Análisis de aceite. En caso de encontrar Na y/o H <sub>2</sub> O, inspección de presencia de aceite en la superficie de refrigerante y/o presurizar sistema para identificar foco de contaminación del aceite | 250<br>H | Inspección GI&T | Grupo de inspecciones y tecnologías, Técnico Electromecánico, Analista de Confiabilidad |

|                        |            |   |          |                 |   |
|------------------------|------------|---|----------|-----------------|---|
| <b>1.6.1.<br/>A.18</b> | Inspección | Análisis de aceite. En caso de encontrar Na y/o H <sub>2</sub> O, inspección de presencia de aceite en la superficie de refrigerante y/o presurizar sistema para identificar foco de contaminación del aceite | 250<br>H | Inspección GI&T | Grupo de inspecciones y tecnologías, Técnico Electromecánico, Analista de Confiabilidad |
| <b>1.6.1.<br/>A.3</b>  | Inspección | Verificar el nivel de aceite del motor  | 12<br>H  | I.Operacional   | Técnico Electromecánico   |
| <b>1.6.1.<br/>A.3</b>  | Inspección | Verificar el nivel de aceite del motor  | 500<br>H | Tipo B          | Técnico Electromecánico   |
| <b>1.6.1.<br/>A.4</b>  | Planned    | Cambio programado del aceite de motor   | 500<br>H | Tipo B          | Técnico Electromecánico   |
| <b>1.6.1.<br/>A.4</b>  | Inspección | Tomar y analizar muestras de aceite de motor. En caso de mostrar evidencias de degradación, cambiar el aceite   | 250<br>H | Inspección GI&T | Grupo de inspecciones y tecnologías, Analista de Confiabilidad                          |
| <b>1.6.1.<br/>A.8</b>  | Inspección | Realizar análisis de aceite. En caso de encontrar presencia de contaminación con combustible, cambiar aceite y realizar inspección por fuga de  | 250<br>H | Inspección GI&T | Grupo de inspecciones y tecnologías, Analista de Confiabilidad                          |

|                        |            |   |           |                 |  |
|------------------------|------------|---|-----------|-----------------|--|
|                        |            | inyectores y prueba de corte de inyección   |           |                 |  |
| <b>1.6.1.<br/>A.9</b>  | Inspección | Realizar análisis de aceite. En caso de encontrar alto contenido de Pb y Fe, realizar prueba de desempeño motor para descartar deterioro o desgaste del motor | 250<br>H  | Inspección GI&T | Analista de Confiabilidad, Contratista A/A (Aire Caribe) |
| <b>1.6.2.<br/>A.1</b>  | Inspección | Inspección visual en busca de fugas de aceite en los empaques y sellos de los turbos  | 100<br>0H | Tipo C          | Técnico Electromecánico                                  |
| <b>1.6.2.<br/>A.1</b>  | Inspección | Inspección general por fugas de aceite motor  | 12<br>H   | I.Operacional   | Operador   |
| <b>1.6.2.<br/>A.10</b> | Inspección | Inspección visual por fuga de aceite alrededor del cuerpo de la bomba de aceite   | 100<br>0H | Tipo C          | Técnico Electromecánico                                  |
| <b>1.6.2.<br/>A.11</b> | Inspección | Inspección del ajuste de la abrazadera de la tubería bypass del enfriador y fugas a través de esta  | 100<br>0H | Tipo C          | Técnico Electromecánico                                  |
| <b>1.6.2.<br/>A.12</b> | Inspección | Inspección por visual por fuga alrededor de los sellos de los ejes de los piñones intermedios de los engranajes frontales                                     | 100<br>0H | Tipo C          | Técnico Electromecánico                                  |

|                       |                |  |           |        |                                |
|-----------------------|----------------|--|-----------|--------|--------------------------------|
| <b>1.6.2.<br/>A.3</b> | Inspe<br>ction | Inspección visual por fugas<br>alrededor del empaque del<br>carter                 | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.6.2.<br/>A.7</b> | Inspe<br>ction | Inspección visual por fugas<br>alrededor de los sellos de la<br>caja de balancines | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.6.2.<br/>A.8</b> | Inspe<br>ction | Inspección visual por fugas<br>alrededor del empaque y sellos<br>de culata         | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.6.2.<br/>A.9</b> | Inspe<br>ction | Verificar el correcto<br>enrutamiento de la tubería del<br>sistema de lubricación  | 100<br>0H | Tipo C | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.6.2.<br/>B.2</b> | Plann<br>ed    | Limpiar la línea de desfogue   | 400<br>0H | Tipo E | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.6.2.<br/>B.3</b> | Plann<br>ed    | Limpiar el filtro del desfogue<br>del carter                                       | 400<br>0H | Tipo E | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| <b>1.6.3.<br/>A.1</b> | Plann<br>ed    | Cambio programado de filtros<br>de aceite de motor                                 | 500<br>H  | Tipo B | Técnico<br>Electromecáni<br>co |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

*Tabla 16 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO- COMPONENTE  
TRANSMISION*

| <b>Id</b>     | <b>Type</b>    | <b>RcmScheduledTasks.Descri<br/>ption</b>   | <b>Task<br/>Inter<br/>val</b> | <b>TaskGr<br/>oup</b> | <b>LaborDescripti<br/>ons</b>  |
|---------------|----------------|---|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 1.9.1.<br>A.1 | Plann<br>ed    | Cambiar aceite de la<br>transmisión   | 2000<br>H                     | Tipo D                | Técnico<br>Electromecánic<br>o |
| 1.9.2.<br>A.1 | Inspec<br>tion | Inspección visual por fugas<br>alrededor de los sellos de la<br>mirilla   | 1000<br>H                     | Tipo C                | Técnico<br>Electromecánic<br>o |
| 1.9.2.<br>A.2 | Inspec<br>tion | Inspección visual por fugas<br>alrededor de los sellos del<br>tapón de drenaje  | 1000<br>H                     | Tipo C                | Técnico<br>Electromecánic<br>o |
| 1.9.2.<br>A.3 | Inspec<br>tion | Inspección visual del estado de<br>la manguera de la mirilla. En<br>caso de evidenciar deterioro o<br>cristalización, cambiar<br>manguera | 1000<br>H                     | Tipo C                | Técnico<br>Electromecánic<br>o |
| 1.9.2.<br>A.4 | Inspec<br>tion | Inspección por fugas alrededor<br>de los sellos de las mangueras<br>de la transmisión. En caso de<br>evidenciar fugas, cambiar<br>sellos  | 1000<br>H                     | Tipo C                | Técnico<br>Electromecánic<br>o |

|                |            |   |           |               |                                     |
|----------------|------------|---|-----------|---------------|-------------------------------------|
| 1.9.2.<br>A.5  | Inspeccion | Inspección visual por fuga en el cuerpo de la bomba de la transmisión. En caso de encontrar fugas, cambiar sellos   | 1000<br>H | Tipo C        | Técnico<br>Electromecánico          |
| 1.9.2.<br>A.6  | Inspeccion | Inspección visual del estado de las mangueras de la transmisión. En caso de evidenciar deterioro o cristalización, cambiar línea                          | 1000<br>H | Tipo C        | Técnico<br>Electromecánico          |
| 1.9.2.<br>A.7  | Inspeccion | Inspección visual por fugas alrededor de los sellos de las tapas de mallas magnéticas   | 1000<br>H | Tipo C        | Técnico<br>Electromecánico          |
| 1.9.2.<br>A.8  | Inspeccion | Inspección por fugas alrededor de los sellos del filtro de la transmisión   | 1000<br>H | Tipo C        | Técnico<br>Electromecánico          |
| 1.9.2.<br>A.9  | Inspeccion | Inspección por fugas alrededor de la tapa de la transmisión   | 1000<br>H | Tipo C        | Técnico<br>Electromecánico          |
| 1.9.4.<br>A.11 | Inspeccion | Realizar análisis de aceite de la transmisión. En caso de encontrar alto Fe y Cr , cambiar aceite y hacer seguimiento al resultado del análisis de aceite | 500<br>H  | Tipo B        | Grupo de inspecciones y tecnologías |
| 1.9.4.<br>A.2  | Inspeccion | Inspección del nivel de aceite de la transmisión  | 12H       | I.Operacional | Operador                            |

|               |            |   |           |        |                                     |
|---------------|------------|---|-----------|--------|-------------------------------------|
| 1.9.4.<br>A.2 | Inspeccion | Inspección del nivel de aceite de la transmisión  | 500<br>H  | Tipo B | Técnico Electromecánico             |
| 1.9.4.<br>A.5 | Inspeccion | Inspección visual de las partículas almacenadas en los tapones y mallas magnéticas. En caso de evidenciar rotura de los engranajes, programar cambio de transmisión                 | 2000<br>H | Tipo D | Técnico Electromecánico             |
| 1.9.4.<br>A.5 | Inspeccion | Realizar análisis de aceite. En caso de encontrar alto Fe, inspección del grado de contaminación en las mallas y cambiar el aceite de la transmisión                                | 500<br>H  | Tipo B | Grupo de inspecciones y tecnologías |
| 1.9.5.<br>A.1 | Planned    | Cambiar filtro de la transmisión  | 2000<br>H | Tipo D | Técnico Electromecánico             |
| 1.9.5.<br>A.2 | Inspeccion | Realizar seguimiento al contenido de metales presente en el análisis de aceite. En caso de encontrar metales por encima de especificación, verificar estado de la válvula de bypass | 1000<br>H | Tipo C | Técnico Electromecánico             |

|               |            |  |           |        |                            |
|---------------|------------|--|-----------|--------|----------------------------|
| 1.9.6.<br>A.1 | Inspeccion | Inspección visual del estado de la mirilla. En caso de encontrarla deteriorada, programar cambio | 1000<br>H | Tipo C | Técnico<br>Electromecánico |
|---------------|------------|--|-----------|--------|----------------------------|

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

*Tabla 17 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO- COMPONENTE  
CONVERTIDOR*

| <b>Id</b>      | <b>Type</b> | <b>RcmScheduledTasks.Description</b>                                | <b>TaskInterval</b> | <b>TaskGroup</b> | <b>LaborDescriptions</b>   |
|----------------|-------------|---|---------------------|------------------|----------------------------|
| 1.10.1.<br>A.1 | Inspeccion  | Verificar el nivel de aceite de la transmisión                      | 12H                 | I.Operacional    | Operador                   |
| 1.10.1.<br>A.1 | Inspeccion  | Verificar el nivel de aceite de la transmisión                      | 1000H               | Tipo C           | Técnico<br>Electromecánico |
| 1.10.1.<br>A.5 | Planned     | Cambiar crucetas del cardan convertidor                             | 6000H               | PM Anual         | Técnico<br>Electromecánico |
| 1.10.1.<br>A.7 | Inspeccion  | Verificar el torque y presencia de los tornillos de sujeción de las | 2000H               | Tipo D           | Técnico<br>Electromecánico |

|                |                |   |       |        |                                |
|----------------|----------------|---|-------|--------|--------------------------------|
|                |                | cruce del convertidor<br>(220 +/- 30 lb-ft)   |       |        |                                |
| 1.10.1.<br>B.1 | Planne<br>d    | Realizar prueba de calado para evaluar eficiencia del convertidor. En caso de encontrar deficiencia en el convertidor, programar cambio convertidor | 2000H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| 1.10.1.<br>B.2 | Planne<br>d    | Realizar prueba de calado para evaluar eficiencia del convertidor. En caso de encontrar deficiencia en el convertidor, programar cambio convertidor | 2000H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| 1.10.1.<br>B.3 | Planne<br>d    | Calibrar el tiempo de llenado del convertidor   | 2000H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| 1.10.1.<br>B.5 | Planne<br>d    | Cambiar aceite de la transmisión  | 2000H | Tipo D | Técnico<br>Electromecáni<br>co |
| 1.10.2.<br>A.1 | Inspect<br>ion | Verificar estado de los soportes y correcto enrutamiento de la línea de succión de la bomba de barrido del convertidor                              | 1000H | Tipo C | Técnico<br>Electromecáni<br>co |

|                |            |  |       |        |                         |
|----------------|------------|--|-------|--------|-------------------------|
| 1.10.2.<br>A.2 | Inspección | Inspección visual del estado de las mangueras en la succión del convertidor. En caso de evidenciar deterioro, humedad o cristalización cambiar mangueras | 1000H | Tipo C | Técnico Electromecánico |
| 1.10.2.<br>A.3 | Inspección | Inspección por fuga en el cuerpo de la bomba de barrido. En caso de encontrar fugas, cambiar sellos de la bomba  | 1000H | Tipo C | Técnico Electromecánico |
| 1.10.2.<br>A.4 | Inspección | Verificar estado de los soportes y correcto enrutamiento de la línea del convertidor al enfriador  | 1000H | Tipo C | Técnico Electromecánico |
| 1.10.2.<br>A.5 | Inspección | Inspección visual del estado de las mangueras del convertidor al enfriador. En caso de evidenciar deterioro, humedad o cristalización cambiar mangueras  | 1000H | Tipo C | Técnico Electromecánico |
| 1.10.2.<br>A.6 | Inspección | Inspección visual por fugas alrededor de las válvulas de impeler y lock  | 1000H | Tipo C | Técnico Electromecánico |

|                |               |   |       |        |                         |
|----------------|---------------|---|-------|--------|-------------------------|
|                |               | up. En caso de encontrar fugas, cambiar sellos  |       |        |                         |
| 1.10.2.<br>A.7 | Inspección    | Diagnosticar fugas alrededor del enfriador de la transmisión y convertidor. En caso de detectar fugas, cambiar sellos del enfriador   | 1000H | Tipo C | Técnico Electromecánico |
| 1.10.5.<br>A.1 | Planificación | Cambiar filtro del convertidor  | 2000H | Tipo D | Técnico Electromecánico |
| 1.10.5.<br>A.2 | Inspección    | Realizar seguimiento al contenido de metales presente en el análisis de aceite. En caso de encontrar metales por encima de especificación, verificar estado de la válvula de bypass | 1000H | Tipo C | Técnico Electromecánico |
| 1.10.6.<br>A.1 | Planificación | Cambiar respiradero del convertidor   | 1000H | Tipo C | Técnico Electromecánico |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C.

*Tabla 18 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO- COMPONENTE  
DIFERENCIAL*

| <b>Id</b>     | <b>Type</b> | <b>RcmScheduledTasks.Description</b>                | <b>TaskInterval</b> | <b>TaskGroup</b> | <b>LaborDescriptions</b>  |
|---------------|-------------|---|---------------------|------------------|---|
| 1.7.1.<br>A.1 | Planned     | Cambiar aceite del diferencial                      | 2000H               | Tipo D           | Técnico Electromecánico   |
| 1.7.1.<br>A.1 | Inspection  | Tomar y analizar muestras de aceite al diferencial  | 1000H               | Tipo C           | Grupo de inspecciones y tecnologías   |
| 1.7.1.<br>A.2 | Planned     | Inspeccionar por fugas en los diferenciales         | 250H                | Inspección GI&T  | Técnico Electromecánico, Grupo de inspecciones y tecnologías, Analista de Confiabilidad |
| 1.7.1.<br>A.2 | Inspection  | Inspeccionar por fugas en los diferenciales         | 12H                 | I.Operacional    | Operador  |
| 1.7.2.<br>A.1 | Planned     | Tomar y analizar muestras de aceite del diferencial | 1000H               | Tipo C           | Grupo de inspecciones y tecnologías   |
| 1.7.2.<br>A.1 | Inspection  | Verificar nivel de aceite del sistema de freno      | 12H                 | I.Operacional    | Operador  |

|               |             |  |       |                 |   |
|---------------|-------------|--|-------|-----------------|---|
| 1.7.2.<br>A.2 | Inspección  | Tomar y analizar muestra de aceite del diferencial | 1000H | Tipo C          | Grupo de inspecciones y tecnologías   |
| 1.7.2.<br>B.1 | Planificado | Verificar fugas externas por el diferencial        | 250H  | Inspección GI&T | Técnico Electromecánico, Grupo de inspecciones y tecnologías, Analista de Confiabilidad |
| 1.7.2.<br>B.1 | Inspección  | Verificar fugas externas por el diferencial        | 12H   | I.Operacional   | Operador  |

Fuente: Hoja de Análisis RCM Cargadores 992C

*Tabla 19 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO- COMPONENTE MANDOS FINALES*

| <b>Id</b>     | <b>Type</b> | <b>RcmScheduledTasks.Description</b>   | <b>TaskInterval</b> | <b>TaskGroup</b> | <b>LaborDescriptions</b> |
|---------------|-------------|--|---------------------|------------------|--------------------------|
| 1.8.1.<br>A.1 | Planificado | Remover tapon magnetico de llenado de Mandos finales e inspeccionar por limalla y partículas metálicas | 1000H               | Tipo C           | Técnico Electromecánico  |

|               |               |  |      |                 |                                     |
|---------------|---------------|--|------|-----------------|-------------------------------------|
| 1.8.1.<br>A.1 | Inspección    | Tomar y analizar muestras de aceite de los mandos finales                                    | 500H | Tipo B          | Grupo de inspecciones y tecnologías |
| 1.8.1.<br>A.2 | Inspección    | Tomar y analizar muestras de aceite de los mandos finales                                    | 500H | Tipo B          | Grupo de inspecciones y tecnologías |
| 1.8.2.<br>A.1 | Planificación | Tomar y analizar muestras de aceite del mando final  | 500H | Tipo B          | Grupo de inspecciones y tecnologías |
| 1.8.2.<br>A.1 | Inspección    | Verificar fugas externas en los mandos finales   | 250H | Inspección GI&T | Técnico Electromecánico             |
| 1.8.2.<br>A.2 | Inspección    | Verificar si hay fugas por el mando final  | 250H | Inspección GI&T | Técnico Electromecánico             |
| 1.8.2.<br>A.3 | Planificación | Verificar si hay fugas por los tapones de los mandos finales y/o si los tapones están flojos | 250H | Inspección GI&T | Técnico Electromecánico             |
| 1.8.2.<br>A.3 | Inspección    | Verificar si hay fugas por los tapones de los mandos finales                                 | 12H  | I.Operacional   | Operador                            |

Fuente: Hoja de Análisis Cargadores 992C.

## 5. CONCLUSIONES

- El mantenimiento centrado en la confiabilidad nos dio la oportunidad de identificar y analizar cada uno de los componentes y sistemas de el cargador frontal 992C de DrummondL td. Y, así poder identificar con asertividad las causas que estaban presentándonos el mayor número de fallas y tiempo Down en los equipos afectándonos así la disponibilidad de la flota.
- El RCM nos mostró lo importante que es el involucrar al personal de mantenimiento en la investigación y análisis de fallas, ya sea desde el técnico u operador, hasta el superintendente de mantenimiento.
- Se verifico que después de empezar a emplear los planes de mantenimiento en la realización de los pm, después del análisis FMEA realizados. La productividad de las maquinas aumento, notándose en el MTBF.

La investigación y análisis de esta investigación nos puso como objetivo principal evaluar los equipos en operación para poder tener más asertividad en las causas que llevaban a la falla y cuáles eran las más frecuentes en los cargadores 992C, mostrándonos como resultado que las caídas más recurrentes fueron en los componentes mayores como motor, mandos o transmisión, representando un 8,54 en la confiabilidad en 2018. Causándonos tiempos perdidos y paradas no programadas en la operación generándonos así mayores costos.

- Empleando las pautas programadas para el mantenimiento identificadas en la sección 4,4 se obtuvieron los siguientes resultados en la operación en el transcurso del 2019.

- Aplicando las tareas de mantenimiento descritas en el plan de trabajo plasmado en la sección 4.4 de este documento, se han podido obtener los siguientes resultados en la flota durante lo recorrido del año 2019.

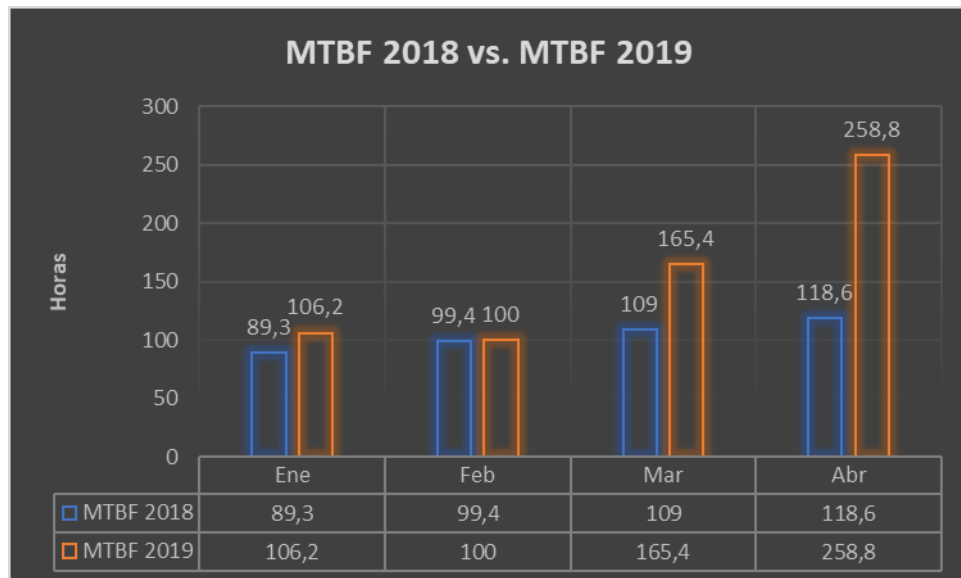
*Tabla 20 Valores de MTBF flota 992C Enero - Abril 2019*

| <b>Mes</b> | <b>MTBF 2019<br/>(hrs)</b> |
|------------|----------------------------|
| <b>Ene</b> | 106,2                      |
| <b>Feb</b> | 100                        |
| <b>Mar</b> | 165,4                      |
| <b>Abr</b> | 258,8                      |

Fuente: Drummond Bussines Operation (BO) Tableros de control. Flota cargadores drummond.

Analizando y comparando con los mismos meses del año anterior vs 2019 se obtuvieron los siguientes datos:

Figura 18: COMPARACIÓN DE MTBF 2018 VS. MTBF 2019



Fuente: Drummond Bussines Operation (BO) Tableros de control. Flota Equipo Auxiliar de Llantas.

Como se observa en el cuadro MTBF, en el año 2019 mostró una tendencia ascendente en las horas de tiempo medio entre fallas, lo que comprobó que las acciones de mantenimiento implementadas y resultantes del RCM en esta investigación han influido positivamente en los indicadores, obteniendo que los equipos operen más tiempo antes de presentar una falla o evento de mantenimiento correctivo después del pm.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CATERPILLAR INC. Manual de operación y mantenimiento para cargadores de ruedas 854G SEBU7979. Miami: 2012.

CATERPILLAR INC. Catalogo Cargador frontal 992C. 2005.

DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La Productividad en el mantenimiento Industrial. Compañía Editorial Continental. México: 2003

DUFFUAA RAOUF, Dixon. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. Editorial Limusa S.A. de C.V. México: 2006

## WEBGRAFIA

Caterpillar Safety Services (S.f). Recuperado de la web: <http://safety.cat.com>

CATERPILLAR SAFETY SERVICES (S.f). Motores industriales diesel. Recuperado de la web: <https://www.Durmmond.com/index.php/2019/02/07/Drummond-cerro-2018-con-305-millones-de-toneladas-de-carbon-exportadas/>

CATERPILLAR SAFETY SERVICES (S.f). Motores industriales diesel. Recuperado de la web: [https://www.cat.com/es\\_ES/products/new/power-systems/industrial/industrial-diesel-engines/18397966.html](https://www.cat.com/es_ES/products/new/power-systems/industrial/industrial-diesel-engines/18397966.html)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. NTC 1486: 2008, Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Sexta actualización. Santa Fe de Bogotá.: ICONTEC, 2008. 36p. NTC 1486

JIMENEZ, Felix; QUINTERO, Andrés. Establecimiento de vida optima de los componentes de la flota 777F de la mina Calenturitas usando Weibull. Monografía. Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2010. 115p.

MOUBRAY, Jhon. Reliability-Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc, 1997.

PEREZ JARAMILLO, Carlos Mario. Gestión de Mantenimiento. Medellín, Soporte y Cía. Ltda. 2002.

SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999. 30p.

GONZALEZ, YRMERIC (2011). Evolución del mantenimiento. Mantenimiento 1. Blogspot. Recuperado de la web:

<http://ugmamantenimiento12011.blogspot.com/2011/10/evolucion-del-mantenimiento.html>

Mantenimiento petro química (S.f). ¿Qué es RCM? Recuperado de la web:  
<http://www.mantenimientopetroquimica.com/index.php/10-que-es-rcm>

MEDINA, JORGE (2015). RCM paso 1: ¿Cuáles son las funciones y los modelos ideales de rendimiento del recurso en su actual contexto operativo? (funciones). Confiabilidad rcm. RCM: Confiabilidad, mantenimiento centrado en confiabilidad. Recuperado de la web:  
<https://confiabilidadrcm.wordpress.com/2015/12/26/rcm-paso-1-cuales-son-las-funciones-y-los-modelos-ideales-de-rendimiento-del-recurso-en-su-actual-contexto-operativo-funciones/>

RCM- mantenimiento centrado en confiabilidad (2015). Recuperado de la web:  
[http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos\\_rcm\\_archivos/ariel%20ZYLBERBERG/RCM\\_Scorecard\\_overview.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/ariel%20ZYLBERBERG/RCM_Scorecard_overview.pdf)