

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA DEL RCM
AL TANQUERO DE COMBUSTIBLE WORKSTAR 7300 EN LA MULTINACIONAL CARBONES
CERREJÓN**

CHRISTIAN ALEXANDER RICARDO DIAZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGIENERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2022

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
METODOLOGÍA DEL RCM AI TANQUERO DE COMBUSTIBLE WORKSTAR
7300 EN LA MULTINACIONAL CARBONES CERREJÓN**

CHRISTIAN ALEXANDER RICARDO DIAZ

**Monografía de grado presentado como requisito para optar por el título de
especialista en gerencia de mantenimiento.**

Director:

DANIEL ORTIZ RUIZ

INGENIERO MECANICO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGIENERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme guiado en esta importante etapa de mi vida y también por la salud brindada en estos tiempos difíciles.

Realizo el reconocimiento: A mi familia que siempre estuvo conmigo motivándome en los momentos de dificultad, sin su apoyo no hubiese sido posible la culminación de este logro tan significativo para mí, el cual requirió de constancia y dedicación para poder convertirme hoy en un especialista.

Mi gratitud a todos los profesores de la especialización en gerencia de mantenimiento, por brindarme todos los conocimientos necesarios durante mi formación como especialista, en especial al Ingeniero Daniel Ortiz de quien recibí todo su apoyo y sugerencias para la realización de esta monografía.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.	9
ABSTRACT.	10
INTRODUCCIÓN.	11
I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	12
2. OBJETIVOS.	13
2.1. OBJETIVO GENERAL:	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	13
3. JUSTIFICACIÓN.	13
4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.	14
4.1. ESTADO DEL ARTE.	14
4.2. MARCO CONCEPTUAL.	15
4.2.1. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.	15
4.2.2. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM.	16

5.	METODOLOGÍA.....	17
6.	RESULTADOS.....	18
6.1.	CAMIÓN INTERNATIONAL WORKSTAR 7300.....	18
6.2.	MOTOR.....	19
6.3.	SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	23
	DIRECCIÓN SHEPPARD M-100.....	23
6.4.	SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	25
6.4.1.	SUSPENSIÓN DELANTERA.....	25
6.4.2.	SUSPENSIÓN TRASERA.....	26
6.5.	SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	26
6.6.	SISTEMA DE FRENOS Y COMPRESIÓN DE AIRE.....	28
6.7.	EQUIPO AUXILIAR.....	29
6.8.	ELABORACIÓN DE MATRIZ DE CRITICIDAD.....	30
6.9.	ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS (FMEA).....	32
7.	HOJAS DE INFORMACION RCM DE LOS SISTEMAS CRITICOS.....	34
7.1.	AMFE SISTEMA ELÉCTRICO.....	34

7.2.	AMFE SISTEMA DE SUSPENSIÓN.	37
7.3.	AMFE SISTEMA DE FRENOS.	39
7.4.	AMFE MOTOR- SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE.	43
7.5.	AMFE MOTOR- SISTEMA DE DISTRIBUCION.	46
7.6.	AMFE MOTOR- SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.	49
7.7.	AMFE MOTOR- SISTEMA DE INYECCIÓN.	51
7.8.	AMFE MOTOR- SISTEMA DE LUBRICACIÓN.	54
7.9.	AMFE SISTEMA EQUIPO AUXILIAR.	57
	CONCLUSIONES.	59
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	61
	HOJA DE FIRMAS	62

TABLA DE FIGURAS.

Figura 1 Camión International Workstar 7300.....	19
Figura 2 Ubicación de los componentes mecánicos - Izquierda.....	21
Figura 3 Ubicación de los componentes mecánicos - Derecha	22
Figura 4 Vista esquemática del engranaje de dirección.....	23
Figura 5 Suspensión Delantera International 7300.....	25
Figura 6 Suspensión Trasera International 7300	25
Figura 7 Transmisión Fuller Eaton 5 y 6 velocidades	26
Figura 8 Patrón de cambio de 5 velocidades.	27
Figura 9 COMPRESOR DE AIRE BENDIX® TU-FLO® 550. Transversal	28
Figura 10 COMPRESOR DE AIRE BENDIX® TU-FLO® 550 (Exterior).....	28
Figura 11 Frecuencias y Consecuencias para el RCM	31

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1 Sistemas Camión International Workstar 7300.	20
Tabla 2 Características y especificaciones del motor International® DT 466	20
Tabla 3 Componentes mecánicos- Izquierda	21
Tabla 4 Componentes mecánicos - Derecha	22
Tabla 5 Componentes Dirección Sheppard M-100.....	24
Tabla 6 Criterios Para evaluar la criticidad.....	31
Tabla 7 Resultado Análisis de Criticidad	32

RESUMEN.

En la presente monografía se realiza estudio estratégico de mantenimiento con base en la metodología del RCM para la flota de tanqueros de combustible International Workstar 7300, en la organización minera del Cerrejón. Estos equipos muestran en la actualidad unos indicadores de disponibilidad y confiabilidad no sustentable. El primer paso es el de seleccionar el equipo, los estándares de su funcionamiento, se realiza un análisis de criticidad para determinar los sistemas más críticos del equipo y a partir de allí se estudian los componentes, su función, los métodos, modos y efectos de falla y con toda esta información se establecen algunas sugerencias que podrían aplicarse al plan de mantenimiento de la empresa dichas tareas de mantenimiento son necesarias para que el equipo alcance la meta de disponibilidad y confiabilidad deseada.

Se llega a la conclusión que la metodología del RCM con sus diferentes herramientas permiten identificar mejoras para el plan de mantenimiento de la flota de tanqueros International Workstar 7300 y puede ser replicada a todas las flotas de equipos de mediana capacidad dentro de complejo carbonífero.

PALABRAS CLAVES: Flota vehicular, Mantenimiento, RCM, Criticidad.

ABSTRACT.

In monograph, a strategic maintenance study is carried out based on the RCM methodology for the International Workstar 7300 fuel tanker fleet, in the Cerrejón mining organization. These teams currently show unsustainable availability and reliability indicators. The first step is to select the equipment, the standards of its operation, a criticality analysis is carried out to determine the most critical systems of the equipment and from there the components, their function, the methods, modes and effects of failure are studied. and with all this information, some suggestions are established that could be applied to the company's maintenance plan. Said maintenance tasks are necessary for the equipment to reach the desired availability and reliability goal.

It was concluded that the RCM methodology with its different tools allows identifying improvements for the maintenance plan of the International Workstar 7300 tanker fleet and can be replicated to all fleets of medium capacity equipment within the coal complex.

KEYWORDS: Vehicle fleet, Maintenance, RCM, Criticality.

INTRODUCCIÓN.

Al realizar este trabajo lo que se busca es aplicar la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad a la flota de tanqueros de combustible International Workstar 7300 con el propósito de que sea replicado a las demás flotas vehiculares del taller de equipo liviano que se encuentra dentro del complejo carbonífero Cerrejón, quien realiza operaciones de extracción de carbón en la zona central del municipio de barrancas en el departamento de la Guajira.

Se trabaja el RCM puesto que es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado el cual es ayuda para el desarrollo óptimo de un plan de mantenimiento.

Dada la gran importancia de la aplicación de estos equipos en la operación minera y la responsabilidad que tiene el departamento de mantenimiento para tener el equipo trabajando en su mayor producción, se ha diseñado una propuesta para implementar la metodología del RCM, buscando incrementar la confiabilidad y por ende la disponibilidad que requiere la operación.

Para esto, se ha realizado un estudio de criticidad a los sistemas y a los más críticos se les identificaron las funciones, fallas funcionales, modos de falla, consecuencias y actividades de mantenimiento.

La aplicación del resultado del RCM a esta flota, junto con los procesos de planeación estratégica llevará muy seguramente a incrementar la confiabilidad de los equipos y finalmente se obtendrá una estabilidad en la disponibilidad de la flota.

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente la minería en Colombia representa uno de los mayores sectores económicos gracias a la inversión y tecnificación que ha presentado en los últimos años. Este sector abarca un gran número de fuentes de ingresos y empleos en el país generando la explotación a gran escala de los recursos naturales; dentro de las principales explotaciones de minerales se encuentra el oro, la esmeralda y el carbón, siendo este último el de mayor producción nacional. (Leguizamo, Ruiz, 2018).

Por otra parte, la multinacional Cerrejón es la compañía más grande dedicada a la exploración, explotación y exportación de carbón en Colombia; exportando alrededor de 20 millones de toneladas por año. A su vez, cuenta con una maquinaria diseñada para cumplir con el trabajo que requieren dichas operaciones. Por ejemplo: camiones de gran capacidad, tractores, cargadores de llantas, excavadoras y retroexcavadoras, estas últimas cumpliendo un papel fundamental ya que su no funcionamiento por falta de mantenimiento u otros factores genera un impacto negativo en toda la operación por lo que se hace necesario realizar mantenimientos asertivos, de poca duración y constantes suministros de combustible. Para este suministro de combustible Cerrejón cuenta con una flota de equipos de menor envergadura dentro de los cuales se encuentran los INTERNATIONAL WORKSTAR 7300, equipos diseñados y modificados para cumplir con la función antes mencionada, ya que a estos se le adaptó un tanque de aproximadamente 2500 galones.

La flota de tanqueros de combustible está compuesta por 10 equipos en total, de los cuales 2 son INTERNATIONAL PAYSTAR 5600 y los 8 restantes son los INTERNATIONAL WORKSTAR 7300, estos equipos se encuentran distribuidos en las zonas norte y sur del complejo carbonífero. Debido a la importancia que tienen estos equipos y la alta criticidad que tienen en el desarrollo de la operación, es necesario actualizar el plan de mantenimiento con la metodología del RCM, buscando así mejorar la disponibilidad operacional de la flota. En la actualidad la disponibilidad operacional de esta flota se encuentra entre 60 y 65%, variando a lo largo del tiempo sin conseguir la estabilidad requerida para la operación, la cual debería estar por encima del 75%.

2. OBJETIVOS.

2.1.OBJETIVO GENERAL:

Actualizar el plan de mantenimiento de los tanqueros de combustible Workstar 7300 a través de la metodología del RCM buscando mejorar su disponibilidad operacional.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer los sistemas y subsistemas del equipo utilizando el manual de operación para la aplicación del RCM.
- Determinar el sistema más crítico del equipo a través de un análisis de criticidad.
- Definir la funciones y especificaciones técnicas de los sistemas seleccionados.
- Establecer los fallos funcionales y modos de fallas de cada uno de los sistemas seleccionados, para poder analizar la importancia de cada modo de falla.
- Plantear las actividades de mantenimiento de acuerdo con el diagrama de decisión del RCM.

3. JUSTIFICACIÓN.

En el proceso de producción de la mina de carbón el Cerrejón, la extracción del mineral es considerado el eje fundamental de dicha producción por lo que las excavadoras y retroexcavadoras juegan un papel fundamental en la operación, siendo estas las encargadas de excavar en el terreno, remover el material y luego transportar a los camiones de acarreo para que estos puedan continuar con el proceso de producción. Estos equipos mineros son considerados vitales para la operación, por lo que se busca que sus mantenimientos sean programados, de corta duración y que los periodos de abastecimiento de combustible se cumplan en los tiempos establecidos para no afectar en el proceso de producción.

La multinacional Cerrejón cuenta con una flota de tanqueros para abastecer de combustible los equipos mineros que son los encargados de cumplir con esta tarea de aprovisionamiento de combustible. Dicha flota está compuesta por equipos International Workstar 7300, los cuales son considerados dentro de la compañía como de alta criticidad. Debido a la gran importancia que tienen estos equipos para la operación minera es necesario tener un alto porcentaje de disponibilidad para suplir con la necesidad de abastecimiento de combustible, en la

actualidad la disponibilidad de estos equipos no supera el 65% por lo que es necesario actualizar su plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para garantizar que puedan cumplir con sus tareas establecidas. Al aplicar la metodología del RCM se buscará reestructurar los planes y programas de mantenimiento de la flota de tanqueros de combustibles, donde se hará énfasis en analizar las fallas funcionales de cada sistema, los modos de fallas y los tipos de mantenimientos que se implementan dentro del taller.

4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.

El marco teórico y el estado del arte son el eje fundamental en la ejecución de los trabajos de investigación aplicados ya que permiten identificar los restos bibliográficos para dar cuenta del conocimiento actual sobre un tema en específico, en el caso del trabajo que se lleva a cabo corresponde a la filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad (de ahora en mas RCM) y de su aplicación. Por lo que en el presente apartado se identifican algunos productos de investigación y antecedentes referentes al tema.

4.1.ESTADO DEL ARTE.

A continuación, se expone una recopilación de trabajos de investigación relacionados con la filosofía del RCM y su aplicación en la industria vehicular.

Dentro de los diferentes estudios se encuentra el de Villacrés (2016) titulado “Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vactor M654 de la empresa etapa ep”, en el cual uno de sus principales objetivos es el de realizar un análisis de criticidad para poder determinar los equipos críticos del vehículo hidrocleaner, todo esto con el fin de identificar y disminuir la tasa de fallos del vehículo. El método empleado que se utilizó para realizar este trabajo fue de tipo deductivo: de lo General a lo particular.

Por otro lado, la investigación de Tabares (2020) “Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para el sistema de tracción del vehículo Chevrolet lv50 modelo 2009” busco optimizar los recursos de mantenimiento y ampliar la disponibilidad de la flota de buses Chevrolet LV 150, aplicando la metodología del RCM al sistema de tracción de dicho vehículo.

Mientras que Abella (2012) “Diseño del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM para la flota de

motoniveladoras 24m en la mina Drummond” Su principal objetivo es el de implementar mejoras al plan de mantenimiento de las motoniveladoras, por lo que se realiza un análisis detallado del equipo, sus sistemas y luego aplica la metodología del RCM, encontrando los diferentes modos, efectos y causas de las fallas.

Por otra parte Gutiérrez (2015) “Elaboración del plan de mantenimiento basado en condición para la flota vehicular de mezcladoras de concretos de una empresa productora de concretos, morteros y derivados”, busco generar una estrategia de mantenimiento que permitiera optimizar las actividades y el costo del mismo, ajustando las acciones de control de fallas en entorno operacional, para desarrollar todo esto definió las condiciones iniciales de los diferentes sistemas de la flota vehicular, generando programas de mantenimiento basado en RCM.

Finalmente, Mantilla (2018) en su tesis de grado titulada “Diseño de la estrategia de mantenimiento centrada en confiabilidad RCM para la flota de tractocamiones Kenworth T660 Y T800 de la empresa enlace logístico de cargas S.A.S.” Busca implementar la metodología del mantenimiento basado en la confiabilidad para crear dentro de la empresa un modelo de mantenimiento.

4.2.MARCO CONCEPTUAL.

4.2.1. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.

El mantenimiento surgió desde los mismos inicios de la especie humana, cuando esta necesitó reparar las herramientas rudimentarias utilizadas para subsistir en un ambiente hostil y así abrirse camino para lograr asegurar su supervivencia.

Con el paso de los años mantener las herramientas y los activos se vuelve una necesidad aun mayor, pues el mundo se ve envuelto en las guerras y las grandes industrias necesitan una producción a mayor escala. Mas adelante, en el siglo XIX, se desarrollan diferentes filosofías de mantenimiento influidas por las diferentes generaciones que fueron evolucionando hasta la creación de los sistemas de mantenimiento que se ven en la actualidad. John Moubroy propuso el desarrollo del mantenimiento a través de tres generaciones. Inicialmente el mantenimiento que se realizaba era de reparar cuando el equipo dejara de funcionar, las industrias estaban poco mecanizadas y los tiempos fuera de servicio no eran críticos; con el paso de los años la industria comenzó a depender del buen funcionamiento de la maquinaria y está operaba con volúmenes elevados de producción, provocando que el mantenimiento empezara a prevenir los fallos buscando reducir los tiempos de parada forzada

de las maquinas aumentando así los costos de producción. En la actualidad se busca que el mantenimiento sea más confiable, que los equipos cuenten con mayor disponibilidad y se consideran aspectos como la seguridad, el medio ambiente y la calidad del producto (Rodríguez, 2012)

4.2.2. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es una metodología bien estructurada donde se establece la mejor estrategia de mantenimiento. Dicha metodología concentra, de forma equilibrada, las mejores técnicas de mantenimiento buscando encontrar las respuestas a las 7 preguntas en su orden preciso.

Son preguntas lógicas, de sentido común y que generalmente no necesitan de alta tecnología para descubrir la respuesta. Necesitará si, un muy buen manejo de los datos y de la estructuración de cada respuesta, en particular, la estructuración que se realice a las dos últimas respuestas debido a que corresponderán a las labores de mantenimiento.

Para poder realizar un RCM, se deben seguir cierto aspectos y criterios los cuales se encuentran estructurados de manera detallada en el libro RCM II de John Moubray, donde se habla de las funciones y subestándares de funcionamiento de cada elemento de los equipos, la imposibilidad de un componente de un equipo de suplir un estándar de funcionamiento esperado (fallas funcionales) y las diferentes causas y efectos de falla que pueden provocar la pérdida de la función, entendiendo exactamente que se puede prevenir y que pasaría si esa falla ocurriera.

Por otro lado, el RCM busca determinar la importancia de cada falla, analizando cada una de las consecuencias que pueden tener en el equipo y así analizar si se va a prevenir dicha falla.

Las tareas de mantenimiento que no arroje el RCM serán tareas reconocidas en las diferentes categorías:

- ❖ Tareas “A Condición”: La necesidad continua de prevenir ciertos tipos de fallas, y la imposibilidad creciente de las técnicas clásicas para realizarlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallas. La mayoría de estas técnicas novedosas se fundamentan en el hecho de que la mayor parte de las fallas proporcionan algún aviso de que están a punto de suceder.
- ❖ Tareas de Reacondicionamiento Repetitivo y de Sustitución Cíclica: Los equipos son revisados o sus elementos reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en aquel instante. Si la

falla no es detectable con tiempo suficiente para evadir la falla funcional entonces la lógica pregunta, si es viable arreglar el modo de falla del ítem para minimizar la frecuencia (índice) de la falla.

Una gran virtud del RCM es el modo en que provee criterios primordiales, exactos y simples de entender para dictaminar (si hiciera falta) qué tarea sistemática es técnicamente viable en cualquier entorno, y si fuera de esta forma para definir la frecuencia en que se hace y quien debería de realizarlo. Dichos criterios conforman la mayoría de los programas de entrenamiento del RCM.

Para poder realizar de manera correcta un RCM hay un grupo de personas (que trabajan de la mano con un especialista bien entrenado en RCM), que se encargan de revisar que se aplique de manera adecuada el RCM y por el lado de la gerencia debe haber un personal que tenga la responsabilidad total de la planta para verificar que fue desarrollado de manera correcta y que está según la evaluación de las consecuencias de las fallas y la selección de las tareas (Moubray,2004)

5. METODOLOGÍA.

Para el desarrollo de este proyecto la metodología que se empleara es de tipo exploratoria y descriptiva, la cual según Arias (2012) se basa en la recolección de datos directos, sin alterar o controlar el fenómeno u objeto de estudio, dicho de otra manera, se obtiene la información y esta se describe sin modificar las condiciones existentes. Por ende, para llevar a cabo el proyecto se desarrollarán los siguientes pasos del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.

- ❖ Análisis del estado actual de los equipos.
- ❖ Estudio detallado del funcionamiento de los equipos.
- ❖ Clasificación de los sistemas y subsistemas.
- ❖ Determinación de las funciones, fallas funcionales y modos de fallas.
- ❖ Estudio de las consecuencias de las fallas.
- ❖ Determinación de las tareas de mantenimiento.
- ❖ Puesta en marcha del plan de mantenimiento.

Es oportuno resaltar que al culminar el proyecto se determinará la frecuencia del mantenimiento, los responsables de ejecutarlo y las tareas específicas de mantenimiento que deben ser realizadas para garantizar la disponibilidad

de los equipos contribuyendo a su vez a optimizar la producción y la reducción de costos por mantenimiento.

6. RESULTADOS.

6.1. CAMIÓN INTERNATIONAL WORKSTAR 7300.



Figura 1 Camión International Workstar 7300.

El camión International Workstar 7300 es un vehículo diseñado para soportar cargas pesadas, su resistencia y desempeño lo han llevado a ser usado en gran parte de las industrias por su gran versatilidad al momento del trabajo, dando lugar para que el personal del área de diseño de Cerrejón vieran la oportunidad de adaptarle una cisterna con capacidad de almacenamiento de 2500 Galones de combustible para que estos fueran los encargados de suministrar el combustible a los equipos mineros en el complejo carbonífero.

Por la gran variedad de actividades de mantenimiento que se pueden ejecutar dentro de una flota vehicular y para mayor entendimiento del funcionamiento del equipo y sus componentes, se dividió el vehículo en sistemas quienes serán utilizados para elaborar el análisis de criticidad y las diferentes tareas de mantenimiento preventivo. Estos sistemas se estructuran basándose en los principales componentes del camión, por lo que hay componentes o subsistemas que no son mencionados.

En la siguiente tabla se especifican los sistemas presentes en el camión International Workstar 7300.

Tabla 1 Sistemas Camión International Workstar 7300.

CÓDIGOS	SISTEMAS
1	MOTOR
2	SISTEMA DE TRANSMISIÓN
3	SISTEMA DE SUSPENSIÓN
4	SISTEMA DE FRENOS
5	SISTEMA DE DIRECCIÓN
6	SISTEMA ELÉCTRICO
7	SISTEMA NEUMÁTICO
8	NEUMÁTICOS- LLANTAS
9	CHASIS
10	EQUIPO AUXILIAR

6.2.MOTOR

Tabla 2 Características y especificaciones del motor International® DT 466

Descripción del motor International® DT 466	
Motor	Diesel de cuatro tiempo y seis cilindros en línea
Configuración	Cuatro válvulas por cada cilindro
Cilindrada	7.6 litros
Diámetro (de la camisa)	116.6 mm
Carrera	119 mm
Relación de Comprensión	16,5 : 1
Aspiración	VGT (turbo de geometría variable) y CAC

	(enfriador de aire turboalimentado)
Potencia nominal a RPM	210 BHP a 2600 RPM
Torque máximo a RPM	520 lbf/pie a 1400 RPM
Rotación del motor (mirando el volante del motor)	Sentido inverso a las agujas del reloj
Sistema de combustión	Inyección directa turboalimentada
Sistema de combustible	Inyección electrohidráulica internacional de segunda generación
Peso total del motor (seco sin accesorios)	677 kg
Capacidad del sistema de enfriamiento (solo motor)	12.8 litros
Capacidad del sistema de lubricación (incluyendo filtro)	28 litros
Capacidad del sistema de lubricación (sólo reparación general, con filtro)	34 litros

Figura 2 Ubicación de los componentes mecánicos -

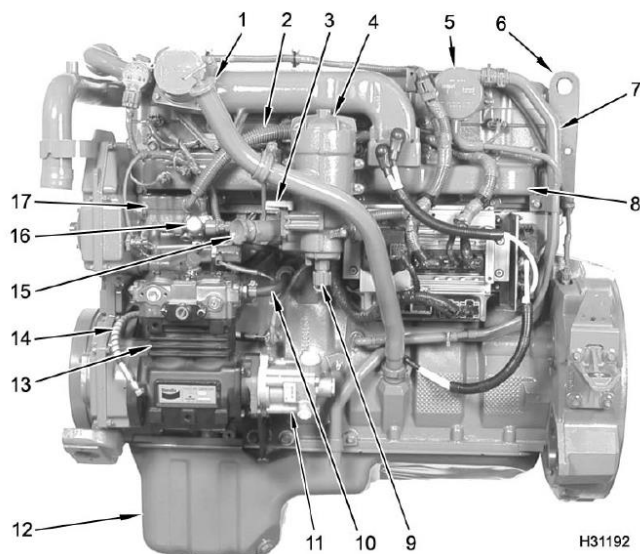


Tabla 3 Componentes mecánicos- Izquierda

1	Tubo de la varilla medidora de aceite
2	Manguera de aceite a alta presión
3	Válvula de drenaje (Agua en combustible)
4	Cabezal del filtro de combustible
5	Respirador
6	Anillo de elevación
7	Tubo de ventilación y drenaje
8	Múltiple de admisión
9	Válvula de drenaje (colador de combustible)
10	Tubería de refrigerante (suministro)
11	Bomba de servodirección
12	Cárter
13	Compresión de aire
14	Tubería de suministro de aceite
15	Bomba cebadora de combustible
16	Bomba de suministro de combustible a baja presión
17	Bomba de aceite a alta presión

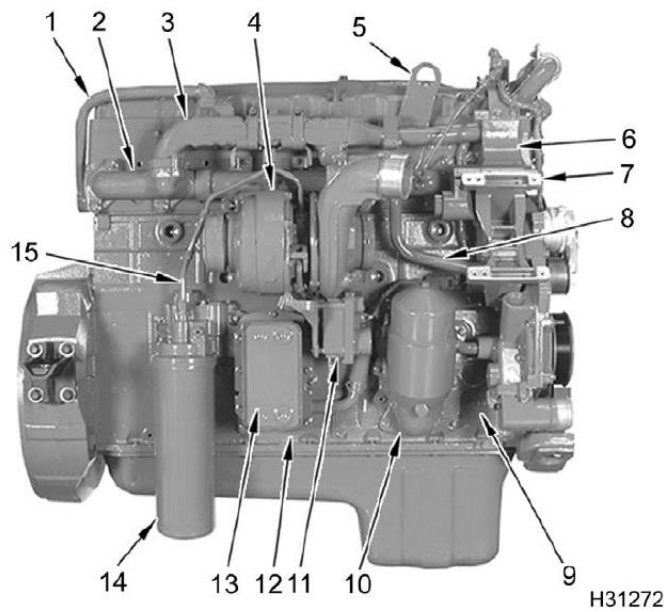


Figura 3 Ubicación de los componentes mecánicos - Derecha

1	Tubo de retorno del enfriador de EGR
2	Múltiple de escape
3	Enfriador de EGR
4	Turbo de geometría variable (VGT)
5	Anillo de elevación
6	Carcasa del suministro de refrigerante
7	Soporte del alternador
8	Tubo de suministro del enfriador de EGR
9	Bloque del motor
10	Filtro secundario
11	Módulo de control del VGT
12	Tapón de drenaje del refrigerante
13	Modulo del enfriador de aceite
14	Filtro de aceite
15	Tubo de entrada de aceite del turbo

Tabla 4 Componentes mecánicos - Derecha

6.3. SISTEMA DE DIRECCIÓN.

Se apoya en un grupo de elementos y mecanismos delegados a lograr que el vehículo mantenga la trayectoria deseada con el menor esfuerzo posible con la capacidad de desmultiplicar las vueltas del volante.

DIRECCIÓN SHEPPARD M-100

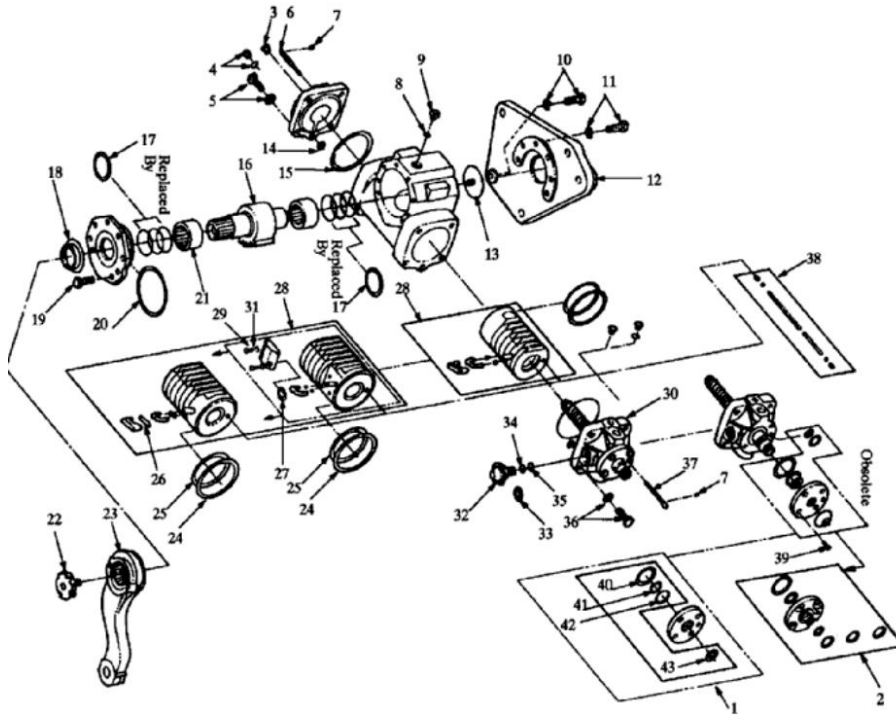


Figura 4 Vista esquemática del engranaje de dirección

6.3.1. DIRECCIÓN SHEPPARD M-100

1 y 2	Juego de empaquetadura
3 y 4	Tapón, orificio secundario
5	Tornillo y arandela de bloqueo
6	Embolo de la cabeza del cilindro
7	Anillo - o
8	Tapón de purga
9	Anillo -o, tapón de purga
10 y 11	Tornillo y arandela de bloqueo
12	Soporte

11	Protector de polvo, eje transmisor
12 y 13	Sello, anillo tetrángulo
14	Eje sector
15	Sello de labio
16	Cubierta de caucho, eje transmisor
17	Tornillo
18	Anillo- o, Cubierta de bastidor
19	Cojinete de rodillos
20	Retenedor de brazo pitman
21	Brazo pitman
22	Anillo, sello pistón
23	Anillo -o, impulsión
24	Anillo -o Moldeado
25	Anillo – o
26	Conjunto de pistón
27	Tornillo de cabeza
28	Tapa de cojinete
29	Arandela de bloqueo
30	Cartucho de descarga de presión
31 y 32	Anillo -o
33	Colador
34	Tornillo y arandela de bloqueo
35	Embolo, tapa de cojinete
36	Conjunto de válvula de descarga
37	Tornillo

38	Anillo -o
39	Sello, eje
40	Arandela, auxiliar
41	Sello, contra la sal.

Tabla 5 Componentes Dirección Sheppard M-100

6.4. SISTEMA DE SUSPENSIÓN.

6.4.1. SUSPENSIÓN DELANTERA.



Figura 5 Suspensión Delantera International 7300

6.4.2. SUSPENSION TRASERA.



Figura 6 Suspensión Trasera International 7300

6.5. SISTEMA DE TRANSMISIÓN.

6.5.1. Transmisión EATON FULLER

Es un elemento que permite adaptar la marcha del camión a las diferentes necesidades entre velocidad o fuerza permitiendo aprovechar al máximo la potencia del motor.

Las cajas de cambios Eaton Fuller trabajan internamente en un baño de aceite circundante producto del desplazamiento de los engranajes y ejes asegurando una idónea lubricación. El cambio periódico de aceite de la caja de cambios quita posibles fallas de rodamientos, desgastes de anillos y atascamientos producto de partículas de metal desprendido en funcionalidad regular de desgaste. Además de lo dicho anteriormente, si no se hace un cambio oportuno del aceite (valvulina) el aceite se altera químicamente gracias a los respectivos ciclos de calentamiento y enfriamiento perjudicando su funcionalidad como agente lubricante y refrigerante.

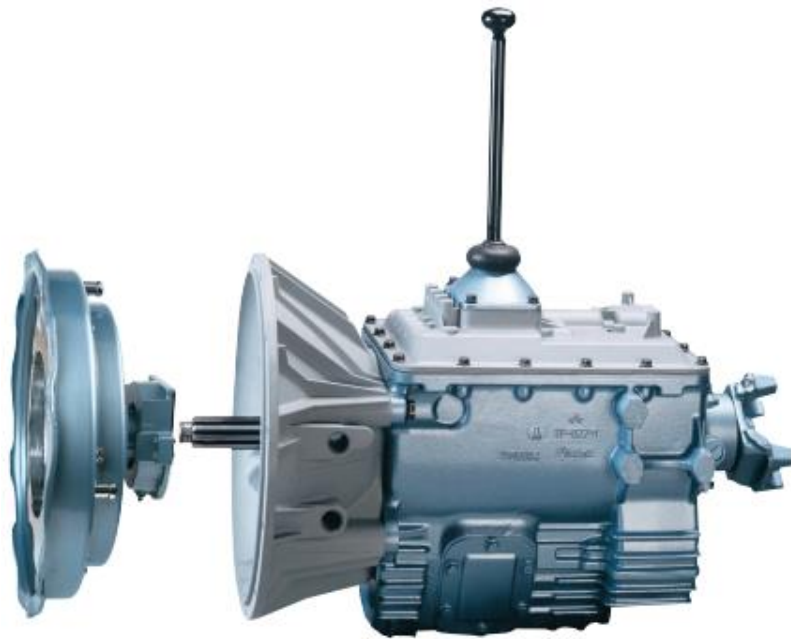


Figura 7 Transmisión Fuller Eaton 5 y 6 velocidades.

TRANSMISIÓN FULLER MODELO FS 6305A

Velocidades	Modelos	Lbs. - Ft. Max TQ	En general	1	2	3	4	5	Longitud * Pulgadas [mm]	Peso ** libras [kg]	Toma de fuerza Velocidad (% de Motor)
5 adelante, 1 atrás.	FS- 6305A	660 [895 Nm]	7,22	7,22	3,89	2,22	1,39	1	25,6 [650]	369 [167]	46
	FS- 6305B	660 [895 Nm]	7,22	7,22	3,89	2,22	1,39	1	25,6 [650]	369 [167]	46

ESPECIFICACIONES

Apertura de toma de fuerza:

- Tanto a la izquierda como a la derecha, toma de fuerzas de 6 pernos.

Engranajes impulsores de la toma de fuerza:

- FS-6305A: 39 Dientes, paso de 6.4, hélice de 22 ° RH
- FS-6305B: 41 Dientes, paso de 6.5, hélice de 23° RH

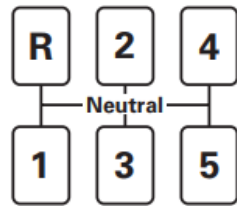


Figura 8 Patrón de cambio de 5 velocidades.

6.6. SISTEMA DE FRENOS Y COMPRESIÓN DE AIRE.

COMPRESOR DE AIRE BENDIX® TU-FLO® 550.

El compresor Bendix® Tu-Flo® 550 es un compresor recíprocante de una sola etapa, de dos cilindros con una velocidad de desplazamiento de 13,2 pies cúbicos por minuto a 1.250 RPM.

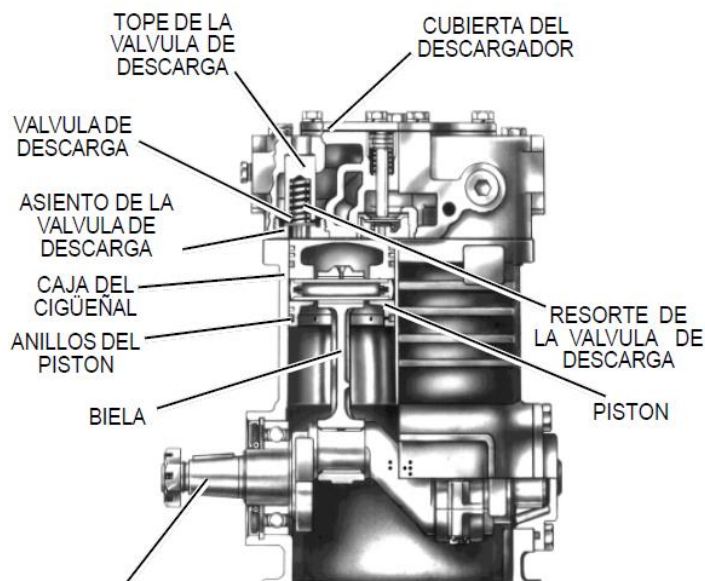


Figura 9 COMPRESOR DE AIRE BENDIX® TU-FLO® 550. Transversal

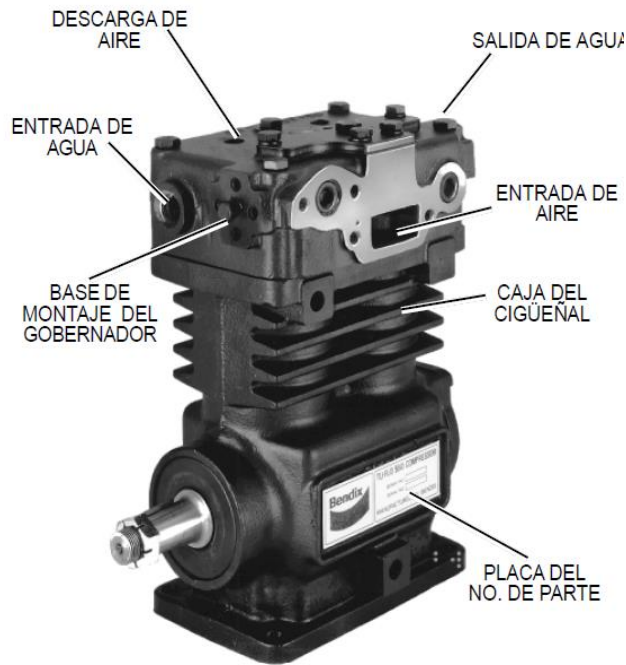


Figura 10 COMPRESOR DE AIRE BENDIX® TU-FLO® 550 (Exterior).

6.7.EQUIPO AUXILIAR.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA TANQUERO DE COMBUSTIBLE

La especificación técnica en los camiones de combustible aplica con los estándares de diseño, fabricación y montaje sobre chasis exigidos por la NTEA (Nacional Truck Equipment Association) y aplicables a las operaciones mineras a cielo abierto.

Tanque:

El tanque elíptico de 2500 Galones para combustible está fabricado en laminas hot rolled de calidad ASTM-A-283 grado c, con dos baffles internos longitudinales a todo lo largo del tanque (uno vertical y otro horizontal) y baffles transversales en su parte interna.

En la parte superior del tanque se encuentra un manhole de 20 pulgadas marca Tiona Betts, P/N FVA9720BFD con pasarela, material antideslizante que permite caminar de forma segura.

El tanque cuenta con una escalera de acceso a la parte superior del tanque ubicada en la parte trasera del mismo, fabricada en tubería de acero al carbono ASTM-A- 53 grado B y las barandas de seguridad fabricadas del mismo material.

Para el manejo y entrega de combustible, el tanque posee un motor hidráulico y bomba que permite el suministro

de este. El sistema trabaja con una bomba Corken, contador de combustible liquid control, carrete eléctrico para combustible, pistola para combustible y derivación después del contador para tanqueos de equipos menores, con válvula de paso rápido de 1 pulgada, seis metros de mangueras de 1 pulgada y pistola convencional.

6.8. ELABORACIÓN DE MATRIZ DE CRITICIDAD.

Anteriormente se ha realizado una descripción de los 10 sistemas que componen el camión International Workstar 7300. Junto al personal encargado de la flota (jefe de Taller, planeador y supervisores) se realizaron diferentes reuniones donde se definieron los criterios de evaluación según sea la repercusión de cada sistema en el impacto operacional de la empresa; utilizando la herramienta conocida como análisis de criticidad. La metodología para realizar este análisis es la siguiente:

La criticidad total (CT), es el parámetro bajo el cual se maneja este método y se obtiene mediante la ecuación:

$CT: FF \times \text{Consecuencia}$ (Moubray,2004)

Donde:

FF: frecuencia de falla

Consecuencia= $[(IO \times FO) + CM + ISAH]$ (Moubray,2004)

Criterios principales:

- Frecuencia de falla (FF): son las veces que falla cualquier sistema o componente.
- Impacto operacional (IO): Nivel de servicio o producción que se ve afectada cuando ocurre la falla.
- Flexibilidad operacional (FO): observa la existencia de otra vía de producción paralela a la que se usa regularmente.
- Costos de mantenimiento (CM): Indica el gasto del mantenimiento.
- Impacto en seguridad, ambiente e higiene (ISAH): Posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas, ambiente, equipos, sistemas e instalaciones.

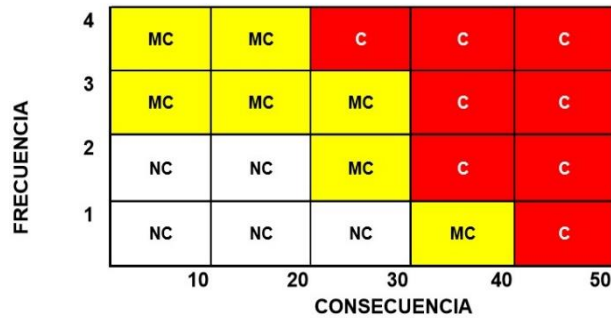


Figura 11 Frecuencias y Consecuencias para el RCM

El criterio de evaluación se determina a través de la siguiente tabla.

TABLA PARA EVALUAR LA CRITICIDAD DEL CAMIÓN INTERNACIONAL WORKSTAR 7300				
Frecuencia de falla (FF)	Impacto operacional (IO)	Flexibilidad Operacional (FO)	Costos de Mantenimiento (CM)	Impacto en la seguridad, ambiente e higiene (ISAH)
Mayor a 8 fallas al año. (4)	Parada inmediata del tanquero de combustible. (10)	No existe otra opción de producción y no hay forma de recuperarlo (5)	Mayor o igual a \$3,000.000 (2)	Afecta a la seguridad humana tanto externa como interna (8)
4-7 fallas al año. (3)	Parada inmediata del tanquero de combustible (Recuperable con otro tanquero. (8)	Hay opción de producción a la capacidad mínima permisible (4)	Menor a \$3,000,000 (1)	Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles (6)
1-3 fallas al año. (2)	Impacto en los niveles de producción o calidad. (6)	hay opción de repuestos. (3)		Afecta las instalaciones o personas causando daños severos (4)
Mínimo una falla al año. (1)	Repercute en los costos operacionales adicionales (2)	Función de repuesto disponible (1)		No afecta las instalaciones o personas (1)
	No genera ningún efecto o impacto significativo sobre las demás operaciones (1)			

Tabla 6 Criterios Para evaluar la criticidad

La criticidad total (CT) de los sistemas se evaluó en base de la siguiente matriz.

Donde:

BC: baja criticidad

MC: media criticidad

AC: alta criticidad

Tabla 7 Resultado Análisis de Criticidad

SISTEMAS	FF	IO	FO	CM	ISAHL	CONSECUENCIAS	CT	RESULTADOS
Motor	1	10	5	2	4	56	56	Alta criticidad
Sistema De Transmisión	3	6	4	2	4	30	90	Media criticidad
Sistema De Suspensión	4	8	4	1	4	37	148	Alta criticidad
Sistema De frenos	3	10	3	2	8	40	120	Alta criticidad
Sistema De dirección	2	6	4	2	4	30	60	Media criticidad
Sistema Eléctrico	4	8	1	1	4	13	52	Media criticidad
Sistema Neumático	2	6	3	1	4	23	46	Baja criticidad
Neumáticos - Llantas	2	2	1	1	8	11	22	Baja criticidad
Chasis	4	1	3	1	1	5	20	Media criticidad
Equipo Auxiliar	4	6	4	1	1	26	104	Media criticidad

Con los resultados arrojados por el análisis de criticidad, el estudio se enfocará en los sistemas críticos. Con estos sistemas se trabajará la metodología RCM.

6.9.ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS (FMEA).

El análisis de modo de fallas y efectos es una metodología que se aplica para mejorar, diseñar nuevos productos, servicios y procesos. Su finalidad es la de estudiar las posibles fallas futuras (modos de falla). En nuestro caso se aplicará para evaluar los elementos que componen los sistemas más críticos que se identificaron anteriormente con la matriz de criticidad. Dicho análisis está compuesto por una serie de pasos que se describirán brevemente a continuación:

- Caracterización del equipo.
- Clasificación de sistemas y subsistemas.
- Definición de funciones y fallas funcionales
- Modos de fallas y efectos de falla.
- Determinar las tareas de mantenimiento.

7. HOJAS DE INFORMACION RCM DE LOS SISTEMAS CRITICOS.

7.1. AMFE SISTEMA ELÉCTRICO.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 1 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300																												
Objeto de Estudio.		Función		Descripción Falla Funcional		Modo de Falla		Falla Oculta		Evidencia		Consec. sobre MA y Seg.		Efectos - Daños físicos		Correctivo		Impacto económico total del riesgo (\$)		Probabilidad		Nivel del riesgo		Riesgo Ambiental		Riesgo Humano		Riesgo Económ		Riesgo Imagen		Tipo de Decisión		Descripción de la tarea		Tipo de variable		Valor		Responsable	
SISTEMA ELECTRICO.	Proporcionar corriente eléctrica.	No facilita el correcto suministro eléctrico.	Transistor del alternador quemado.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Bajo rendimiento de motor, fallas en sistema eléctrico en general, no enciende el vehículo.	Sustituir el transistor.	\$ 3.400.700,00	1 falla cada 2 meses.	ALTO	F5	F5	F3	F5	Monitorizar.	Verificar la continuidad del transistor.	Días calendario.	365	Tec. Eléctrico, Electromecánico																					
			Escobillas del alternador desgastadas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Pérdida de capacidad de Generación	Sustituir juego de escobillas.	\$ 3.510.700,00	1 falla cada 2 meses.	ALTO	F5	F5	F3	F5	Monitorizar.	Inspeccionar el nivel de desgaste de las escobillas.	Días calendario.	365	Tec. Eléctrico, Electromecánico																					
			Rodamientos del alternador Averiaados.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Aumento de vibraciones que limitan el contacto con las escobillas.	Sustituir rodamientos.	\$ 3.434.700,00	1 falla cada 5 meses.	MEDIO,	D5	D5	D3	D5	Monitorizar.	Inspección de ruidos en el alternador.	Días calendario.	365	Tec. Eléctrico, Electromecánico																					

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNACIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 2 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNACIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Objeto de Estudio.	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo. Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA ELECTRICO.	Transformar la energía eléctrica en energía cinética.	La conversión de energía es inadecuada.	Desgaste del puente rectificador.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	No pasa la energía suficiente para cubrir las necesidades del vehículo y mantener cargada la batería.	Sustituir el puente rectificador.	\$ 3.424.700,00	1 falla cada 7 meses.	MEDIO,	D5	D5	D3	D5	Monitorizar.	Inspección lecturas de voltaje.	Días calendario.	365	Tec. Eléctrico, Electromecánico
			Relé solenoide del motor de arranque atascado.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El circuito no cierra lo que impide que el engranaje empalme con el volante de motor.	Lijar embolo para mejorar el contacto eléctrico o sustituir por desgaste/ Revisar conexiones.	\$ 3.893.360,00	1 falla cada 6 meses.	MEDIO,	C5	C5	C3	C5	Monitorizar.	Revisar las conexiones y el estado del embolo metálico.	Días calendario.	365	Tec. Eléctrico, Electromecánico
			Campos eléctricos del motor de arranque desconectado.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	No se genera el campo magnético generando que el rotor se encuentre estático.	Aplicar soldadura si la desconexión es leve.	\$ 2.843.000,00	1 falla cada 6 meses.	MEDIO,	C5	C5	C3	C5	Monitorizar.	Comprobar las conexiones.	Días calendario.	365	Tec. Eléctrico, Electromecánico

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 3 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Objeto de Estudio.	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA ELECTRICO.	Aportar la energía necesaria para encender la marcha del motor.	No suministra energía al sistema de encendido.	Bujes del motor de arranque desgastados.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El eje gira con mayor dificultad lo que limita la fuerza del motor.	Sustituir los bujes	\$ 3.883.000,00	1 falla cada 3 meses.	ALTO	E5	E5	E3	E5	Monitorizar.	Inspección visual al desgaste que presenta y su geometría	Días calendario.	365	Tec. Eléctrico, Electromecánico
			Escobillas del motor de arranque desgastados.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El contacto con el rotor disminuye junto con la fuerza del torque.	Sustituir escobillas	\$ 3.943.000,00	1 falla cada 2 meses.	ALTO	F5	F5	F3	F5	Monitorizar.	Revisar estado de las escobillas y el rotor	Días calendario.	365	Tec. Eléctrico, Electromecánico
			Bornes de los baterías corroídos por alta temperatura en las baterías/sobrecarga.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Los contactos pierden conductividad lo que impide el paso de la corriente.	Limpiar los bornes.	\$ 2.156.040,00	1 falla cada 2 meses.	ALTO	F5	F5	F3	F5	Monitorizar.	Revisar las conexiones de los bornes.	Días calendario.	365	Tec. Eléctrico, Electromecánico

7.2. AMFE SISTEMA DE SUSPENSIÓN.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 1 DE 2		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300								
Componente		Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA DE SUSPENSIÓN.	Compensar las Irregularidades de la conducción y absorber los impactos producidos por el terreno.	No permite la correcta absorción de las irregularidades del terreno	Hoja maestra del muelle fracturada.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El vehículo pierde estabilidad y corre el riesgo de voltearse.	Desmontar el muelle y sustituir las hojas partidas y realizar engrase de muelles.	\$ 7.819.200,00	1 falla cada 2 meses.	ALTO.	F5	F5	F2	F5	Monitorizar	Inspección y verificación de presencia de corrosión en el muelle.	Días calendario.	30	Técnico Mecánico.	
			Muelle fracturado por sobrepeso.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Peligro de Volcamiento.	Revisar periódicamente los tornillos que sujetan el soporte.	\$ 1.570.400,00	1 falla cada 1 mes.	MEDIO.	F5	F5	F4	F5	Monitorizar.	Inspección y verificación de presencia de corrosión en el muelle.	Días calendario.	30	Técnico Mecánico.	

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 2 DE 2		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300									
							AUDITOR:				FECHA:											
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo. Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable		
SISTEMA DE SUSPENSIÓN.	Controlar los movimientos de la suspensión, los muelles y/o resortes.	No controla los movimientos de la suspensión.	Bujes del muelle desgastados por vida útil.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Presencia de vibraciones y ruidos.	Sustituir el buje.	\$ 1.216.800,00	1 falla cada mes.	MEDIO.	F5	F5	F4	F5	Monitorizar.	Inspección auditiva por presencia de ruido.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.		
			Perdida de aceite del amortiguador	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Problemas para amortiguar los movimientos del muelle	Reemplazar el aceite.	\$ 1.307.200,00	1 falla cada 2 meses.	MEDIO.	F5	F5	F4	F5	Monitorizar.	Verificar nivel de aceite y completar.	Días calendario.	Por inspección.	Técnico Mecánico.		

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 2 DE 4		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300								
Componente		Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo. Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA DE FRENOS.	Reducir el contenido de vapor de agua o humedad en el aire comprimido	Incapaz de eliminar el vapor de agua en el sistema.	Diafragma de la cámara de frenos roto por presencia de agua.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Reducción en la fuerza del frenado ejercida en la cámara de freno ocasionadas por fugas de aire.	Sustituir diafragmas.	\$ 1.148.500,00	1 falla cada 8 meses.	BAJO.	D5	D5	D4	D5	Monitorizar.	Inspección de la presión del sistema.	Días calendario.		técnico Mecánico.	
			Válvula de purga del secador de aire deteriorada.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Incapaz de liberar la húmeda del sistema.	Sustituir empaques y sustituir válvula por la fisura.	\$ 2.559.700,00	1 falla cada 5 meses.	MEDIO.	D5	D5	D3	D5	Monitorizar.	Inspección de fisuras y de empaques	Días calendario.		Técnico Mecánico.	
	Aumentar o disminuir la presión del aire comprimido.	Incapaz de controlar el aumento o la disminución del aire comprimido.	Filtro del secador de aire roto por vida útil.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Incapaz de filtrar partículas produciendo contaminación en el sistema.	Sustituir filtro.	\$ 3.004.000,00	1 falla cada 3 meses.	ALTO.	E5	E5	E3	E5	Monitorizar	Inspeccionar estado del filtro, purgar el secador.	Días calendario.		Técnico Mecánico.	

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 3 DE 4		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
					AUDITOR:						FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA DE FRENOS.	Proveer y mantener el aire bajo presión para operar los dispositivos en el freno de aire.	No suministra el aire baja presión para operar el sistema.	Empaques de la válvula relay de frenos desgastadas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Reducción en la fuerza del frenado ejercida en la cámara de freno ocasionadas por fugas de aire.	Sustituir empaques.	\$ 1.888.600,00	1 falla cada 2 meses.	MEDIO.	F5	F5	F4	F5	Monitorizar	Inspeccionar si se presenta un aumento en el tiempo de frenado.	Días calendario.		Técnico Mecánico.
			Anillos del compresor de aire desgastados por ingreso de partículas sólidas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El sistema neumático se contamina con aceite.	Sustituir los anillo y filtro.	\$ 5.292.300,00	1 falla cada 6 meses.	ALTO.	C5	C5	C2	C5	Monitorizar.	Inspeccionar si hay presencia de aceite por la válvula del secador de aire.	Días calendario.		Técnico Mecánico.
	Impedir que las cargas bajen sin control alguno en los cilindros o motores.	No logra impedir que bajen las cargas a los cilindros y motores.	Pistón del compresor desgastado por fricción.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Presencia de amplitud entre el pistón y el cilindro, produciendo baja presión de compresión.	Sustituir el pistón y verificar el nivel de lubricación.	\$ 5.244.300,00	1 falla cada 2 años.	MEDIO.	B5	B5	B2	B5	Monitorizar.	Medir holgura y valorar el grado de desgaste.	Días calendario.		Técnico Mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 4 DE 4		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA DE FRENOS.	Impedir que las cargas bajen sin control alguno en los cilindros o motores.	No logra impedir que bajen las cargas a los cilindros y motores.	Válvula antirretorno del compresor rota por tiempo de vida útil.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El compresor no genera la presión requerida por el sistema.	Sustituir la válvula antirretorno.	\$ 5.444.300,00	1 falla cada 2 años.	MEDIO.	B5	B5	B2	B5	Monitorizar.	Inspeccionar el estado del cheque al desmontar el compresor.	Días calendario.		Técnico Mecánico.
			Empaques de la válvula de freno de parqueo desgastadas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	el sistema es incapaz de vencer la fuerza ejercida por los resortes que mantienen sujetas las ruedas.	Sustituir empaques.	\$ 1.928.800,00	1 falla cada 2 meses.	MEDIO.	F5	F5	F4	F5	Monitorizar.	Visualizar el estado de empaques al desmontar y desarmar la válvula de freno.	Días calendario.	182	Técnico Mecánico.
	Ejercer presión sobre el cilindro de la rueda.	No es capaz de ejercer la presión requerida para que se presente la fricción para detener el vehículo	Zapata de freno desgastada por fricción.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Perdida de potencia de freno.	Sustituir zapatas, se recomienda sustituir a 50% de su espesor.	\$ 3.914.000,00	1 falla cada año.	MEDIO.	C5	C5	C3	C5	Monitorizar	Inspección visual del espesor de las bandas sin necesidad de desmontar.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

7.4. AMFE MOTOR- SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 1 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo. Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR- ADMISIÓN Y ESCAPE.	Introducir aire a presión en los cilindros.	No introduce el aire a presión en los cilindros.	Rueda compresora del turbocompresor deteriorada por abrasión.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El flujo de aire y la eficiencia del motor disminuye.	Sustituir filtro de aire y rueda compresora.	\$ 5.745.000,00	1 falla cada año.	ALTO	C5	C5	C2	C4	Monitorizar	Evaluar daños en la rueda compresora y verificar que este lubricando.	Días calendario	365	Técnico Mecánico.
			Sellos del turbocompresor desgastados.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Perdida de la eficiencia del motor.	Sustituir los sellos.	\$ 5.895.000,00	1 falla cada 4 meses.	ALTO	E5	E5	E2	E4	Monitorizar	Evaluar estado de los sellos.	Días calendario	365	Técnico Mecánico.
			Bujes y eje del turbocompresor desgastados por bajo nivel de lubricación.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El flujo de aire y la eficiencia del motor disminuye.	Sustituir los bujes y ruedas del turbocompresor.	\$ 5.759.000,00	1 falla cada 4 meses.	ALTO	E5	E5	E2	E4	Monitorizar	Inspección auditiva en búsqueda de ruidos en el turbo.	Días calendario	365	Técnico Mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 2 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo. Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR-ADMISIÓN Y ESCAPE.	Proteger el motor de la contaminación directa producida por contaminantes externos.	Incapaz de proteger el motor de contaminantes externos.	Lubricante del turbocompresor contaminado.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El flujo de aire y la eficiencia del motor disminuye.	Cambiar aceite y sustituir bujes y eje.	\$ 5.245.000,00	1 falla cada 9 meses.	ALTO	D5	D5	D2	D4	Monitorizar.	Inspección visual del estado de los bujes al desmontar el turbocargador.	Días calendario.	30	Técnico Mecánico.
			Filtro de aire saturado.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Permite el paso de materiales contaminantes al turbocompresor.	Sustituir el filtro.	\$ 4.633.910,00	1 falla cada 3 meses.	ALTO	E5	E5	E3	E5	Monitorizar.	Inspeccionar el estado del filtro.	Días calendario.	60	Técnico Mecánico.
			Empaques del múltiple de escape desgastado por vida útil.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Fuga de gases contaminantes/ pérdida de eficiencia en el turbo.	Sustituir empaques.	\$ 1.660.500,00	1 falla cada 2 años.	BAJO	B5	B5	B4	B5	Monitorizar	Inspección de la conexión entre el bloque de motor y el múltiple.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 3 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									

Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo. Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR-ADMISIÓN Y ESCAPE.	Enfriar el aire comprimido por el turbocompresor.	Incapaz de enfriar los aires comprimidos por el turbocompresor.	Mordazas del intercooler desgastadas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Disminuye del flujo de aire hacia la cámara de combustión.	Sustituir la mordaza.	\$ 2.560.000,00	1 falla cada 4 meses.	ALTO.	E5	E5	E3	E5	Monitorización.	Inspección visual de las conexiones y valorar estado.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Conductor interno del intercooler contaminado.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Se produce carbonilla dentro de las cámaras de cilindro y conductos.	Desmontar el intercooler.	\$ 2.560.000,00	1 falla cada 6 meses.	MEDIO.	D5	D5	D3	D5	Monitorización	Limpiar los conductores internos del intercooler.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Intercooler obstruido por suciedad sobre las paletas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Pérdida de capacidad de enfriamiento.	Desmontar el intercooler.	\$ 2.560.000,00	1 falla cada 8 meses.	MEDIO.	D5	D5	D3	D5	Monitorización	Limpiar el intercooler.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

7.5. AMFE MOTOR- SISTEMA DE DISTRIBUCCION.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 1 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR-DISTRIBUCIÓN.	Igualar el juego de las válvulas en cualquier condición de funcionamiento.	No es capaz de igualar el juego de las válvulas.	Taque hidráulico con holgura excesiva por ensamble incorrecto.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El motor produce poca potencia.	Desmontar y rectificar el reglaje, revisar manuales para verificar ajustes.	\$ 250.000,00	1 falla cada 1 año.	BAJO.	C5	C5	D5	C5	Monitorizar.	Inspección auditiva ruido proveniente de la parte superior del motor.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Taque hidráulico con holgura insuficiente por ensamble incorrecto.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Baja compresión del motor.	Desmontar y rectificar el reglaje, revisar manuales para verificar ajustes.	\$ 250.000,00	1 falla cada 1 año	BAJO.	C5	C5	C5	C5	Monitorizar.	Inspección auditiva ruido proveniente de la parte superior del motor.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Válvula de retención del taque hidráulico obstruida por suciedad.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	fuga interna de aceite.	sustituir aceite lubricante.	\$ 450.000,00	1 falla cada 5 meses.	BAJO.	D5	D5	D5	D5	Monitorizar	Limpiar circuito de lubricación.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz					HOJA 2 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:					FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo. Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable	
SISTEMA: MOTOR-DISTRIBUCIÓN.	Permitir la entrada y salida de los líquidos y gases en la cámara de combustión y en los cilindros.	No permite la entrada y salida de líquidos y gases.	Muelle de la válvula de admisión y escape fracturada.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Fuerte ruido en el motor y caída de potencia en subidas.	Sustituir muelle, desmontar culata.	\$ 800.000,00	1 falla cada 2 años.	BAJO.	B5	B5	B4	B5	Monitorizar.	Inspección auditiva ruidos en el motor.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.	
			Válvulas y asientos desgastados.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Caída de potencia en subidas.	Sustituir piezas.	\$ 1.000.000,00	1 falla cada 3 meses	MEDIO.	E5	E5	E4	E5	Monitorizar.	Inspección auditiva ruidos en el motor.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.	
			Guías de las válvulas de admisión y escape Desgastadas por vida útil.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Deja pasar el aceite a la cámara de combustión.	Desmontar la culata y sustituir guías.	\$ 1.250.000,00	1 falla cada año.	BAJO.	C5	C5	C4	C5	Monitorizar.	Inspección visual consumo de aceite.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.	

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Díaz				HOJA 3 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR-DISTRIBUCIÓN.	Controlar la cantidad de aceite permitida entre la guía y el vástago.	No controla el aceite entre la guía y el vástago.	Válvulas desajustadas por mal ensamblaje.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	La válvula no cierra correctamente, los gases de escape sobrecalientan el platillo.	Desmontar, ajustar y recalibrar las válvulas.	\$ 800.000,00	1 falla cada 2 años.	BAJO.	B5	B5	B4	B5	Monitorizar	Inspección de ajuste de válvulas recomendadas por el fabricante.	Días calendario	365	Técnico Mecánico.
			Sellos de las válvulas desgastadas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Contaminación al medio ambiente.	Sustituir sellos de las válvulas.	\$ 1.200.000,00	1 falla cada 5 meses.	MEDIO	D5	D5	D4	D5	Monitorizar	Inspección en el arranque.	Días calendario	365	Técnico Mecánico.
			Cojinete del árbol de leva desgastado.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Múltiples fracturas del árbol de levas y balancín.	Sustituir el árbol de leva.	\$ 1.605.200,00	1 falla cada 8 meses.	MEDIO	D5	D5	D4	D5	Monitorizar.	Realizar un chequeo de la calibración de válvulas.	Días calendario	365	Técnico Mecánico.

7.6. AMFE MOTOR- SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 1 DE 2		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falta Funcional	Modo de Falta	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR-ENFRIAMIENTO.	Disipar el calor del líquido refrigerante.	No disminuye correctamente la temperatura del refrigerante.	Corrosión en el radiador por picadura.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Pérdida total del refrigerante y aumento de la temperatura del motor.	Aplicar soldadura en el área afectada luego usar refrigerante.	\$ 5.926.400,00	1 falla cada 2 años	MEDIO.	B5	B5	B2	B5	Monitorizar	Inspeccionar que el indicador de temperatura no se eleve por encima del nivel normal de funcionamiento.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Tuberías del radiador obstruidas por agua contaminada con sedimentos.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Dificultad de transferencia de calor y aumento de la temperatura del motor.	Sondear el radiador luego usar el refrigerante.	\$ 5.626.400,00	1 falla cada 5 meses.	ALTO.	D5	D5	D2	D5	Monitorizar.	Inspeccionar que el indicador de temperatura no se eleve por encima del nivel normal de funcionamiento.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Impeler de la bomba de agua estropeado.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Pérdida del caudal y aumento en la temperatura del motor.	Sustituir el impeler.	\$ 5.068.710,00	1 falla cada año.	ALTO.	C5	C5	C2	C5	Monitorizar.	Revisar que el nivel de temperatura no se eleve al operar el motor.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Rodamientos de la bomba de agua desgastados.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Presenta dificultad del giro del eje con pérdida de caudal.	Sustituir los rodamientos.	\$ 4.998.710,00	1 falla cada 8 meses.	MEDIO.	D5	D5	D3	D5	Monitorizar.	Inspeccionar rodamientos.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 2 DE 2		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR-ENFRIAMIENTO.	Impulsar el aire a través del radiador para obtener una mejor y más eficaz refrigeración.	Incapaz de crear la corriente entre el radiador y el motor.	Tubería de descarga de la bomba de agua obstruida por sedimentos.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Reducción del caudal y aumento de presión en el sistema.	Raspar sedimentos en la tubería de descarga.	\$ 4.978.710,00	1 falla cada 5 meses.	MEDIO.	D5	D5	D3	D5	Monitorizar.	Inspeccionar tubería de descarga al desmontar la bomba.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Sellos de la bomba de agua desgastadas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Se filtra refrigerante a través de los sellos y disminuye el nivel de refrigerante.	Sustituir los sellos.	\$ 4.996.710,00	1 falla cada 8 meses.	MEDIO.	D5	D5	D3	D5	Monitorizar.	Inspección Visual de goteo en la bomba.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Termostato del ventilador pegado.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El ventilador no funciona, pero el medidor de temperatura en el tablero es normal.	Sustituir Termostato.	\$ 835.000,00	1 falla cada 4 meses.	MEDIO.	E5	E5	E4	E5	Monitorizar.	Inspección del ventilador y verificar termostato.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

7.7. AMFE MOTOR- SISTEMA DE INYECCIÓN.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 1 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo. Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR- INYECCIÓN.	Suministrar el combustible a los cilindros para que se produzca la combustión interna.	No es capaz de suministrar combustible a los cilindros.	Sellos de la bomba de inyección desgastados por agentes contaminantes y suciedad.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Consumo excesivo de combustible, pérdida de presión.	Sustituir filtros de combustible y sellos.	\$ 308.000,00	1 falla cada 8 meses.	BAJO.	D5	D5	D5	D5	Monitorizar.	Inspección estado de los sellos.	Días calendario.	60	Técnico Mecánico.
			Ejes de la bomba de inyección desgastados.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Fugas e incremento del consumo de combustible.	Sustituir la bomba.	\$ 250.000,00	1 falla cada 4 meses.	BAJO.	E5	E5	E5	E5	Monitorizar.	Inspección de las superficies de la bomba en búsqueda de fugas.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Filtro de combustible roto por concentración de partículas contaminantes.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Perdida de potencia y en ocasiones bloqueo de los inyectores.	Sustituir el filtro de combustible.	\$ 2.059.700,00	1 falla cada 3 meses.	MEDIO.	E5	E5	E4	E5	Monitorizar.	Inspeccionar el estado del filtro.	Días calendario.	60	Técnico Mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 2 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR-INYECCIÓN.	Ajustar la presión en toda la línea de combustible, desde la salida de la bomba hasta los picos inyectores.	No ajusta la presión en la línea de combustible.	Regulador de presión de combustible desgastado por fisura interna.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	La presión excesiva del combustible ocasiona daños internos en los inyectores.	Sustituir el regulador.	\$ 680.000,00	1 falla cada 2 años.	BAJO.	B5	B5	B4	B5	Monitorizar.	Inspeccionar y verificar que no existan fugas y que las presiones se las adecuadas.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Perdida de tolerancia de los muelles.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	El motor se acelera sin control de forma exponencial con la posibilidad de fracturar el bloque del motor.	Sustituir el regulador.	\$ 1.080.000,00	1 falla cada año.	BAJO.	C5	C5	C4	C5	Monitorizar.	Verificar estado del regulador de presión.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Regulador de presión de combustible desgastado por fractura interna.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Permite paso excesivo de combustible.	Sustituir el regulador.	\$ 1.580.000,00	1 falla cada 2 años.	BAJO.	B5	B5	B4	B5	Monitorizar.	Inspeccionar y verificar que no existan fugas y que las presiones se las adecuadas.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 3 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción de la Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR-INYECCIÓN	Proporcionar combustible a alta presión al ciclo de compresión del motor.	No proporcionar combustible a alta presión.	Tobera obstruida por partículas contaminantes.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	La operación del cilindro se anula por lo que disminuye la potencia del motor.	Limpieza de tobera.	\$ 4.963.400,00	1 falla cada 5 meses.	MEDIO	D5	D5	D3	D4	Monitorizar.	Inspección del filtro de combustible.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Toberas deformadas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Disminuye la potencia del motor.	Reparar tobera.	\$ 4.643.400,00	1 falla cada 8 meses.	MEDIO	D5	D5	D3	D4	Monitorizar.	Verificar estado de la tobera al desmontar el inyector.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Sellos de los inyectores desgastados.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Perdida de combustible y no atomizado y emisión de humo negro en el escape.	Sustituir sellos.	\$ 4.763.400,00	1 falla cada 3 meses.	ALTO	E5	E5	E3	E4	Monitorizar.	Inspeccionar estado de los inyectores.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

7.8. AMFE MOTOR- SISTEMA DE LUBRICACIÓN.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 1 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR- LUBRICACIÓN.	Establecer y mantener una presión constante en el sistema.	No es capaz de mantener la presión constante.	Sellos de la bomba de engranaje desgastados.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Fuga de aceite lubricante	Cambiar los sellos de la bomba.	\$ 736.000,00	1 falla cada 3 meses.	MEDIO.	E53	E5	E4	E5	Monitorizar.	Inspeccionar los sellos de la bomba.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Tubería de la bomba obstruida por impurezas en el aceite.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Disminución en el flujo de lubricante.	Limpieza de la tubería de la bomba.	\$ 711.000,00	1 falla cada 5 meses.	MEDIO.	D5	D5	D4	D5	Monitorizar.	Inspeccionar el testigo luminoso de aceite en el tablero.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Carcasa de la bomba desajustada por presencia de fragmentos de metal en el aceite.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Desgaste de la carcasa.	Desmontar la válvula de alivio al mínimo y reajustar.	\$ 736.000,00	1 falla cada 7 meses.	MEDIO.	D5	D5	D4	D5	Monitorizar.	Revisar estado de la carcasa.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 2 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción de Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: MOTOR-LUBRICACIÓN.	Refrigerar el aceite mientras fluye por el motor y otras partes del vehículo.	No refrigerar el aceite del vehículo.	Eje de la bomba flexionado por diferencia de presiones internas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Disminuye la presión de aceite.	Sustituir el eje y engranaje.	\$ 850.000,00	1 falla cada 2 años.	BAJO.	B5	B5	B4	B5	Monitorizar.	Verificar que las lecturas de presiones sean las correctas.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Válvula reguladora de presión de aceite averiada quedando en posición abierta.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Desgaste interno del motor y baja presión de aceite.	Sustituir válvula reguladora.	\$ 1.204.000,00	1 falla cada 6 meses.	MEDIO.	D5	D5	D4	D5	Monitorizar.	Inspeccionar el testigo luminoso de aceite en el tablero.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Placas del enfriador de aceite contaminadas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Aumento de fricción entre componentes producto de la baja viscosidad del lubricante.	Limpiar placas de enfriamiento.	\$ 470.000,00	1 falla cada 5 meses.	BAJO.	D5	D5	D5	D5	Monitorizar.	Inspección del indicador de temperatura en el tablero de control.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 3 DE 3		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300									
							AUDITOR:				FECHA:											
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable		
SISTEMA: MOTOR-LUBRICACIÓN.	Mantener el sistema de lubricación libre de impurezas.	No mantiene el sistema libre impurezas.	Empaques del enfriador de aceite desgastados por reducción del refrigerante.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Fuga de aceite lubricante.	Sustituir empaques.	\$ 485.000,00	1 falla cada 3 meses.	BAJO.	E5	E5	E5	E5	Monitorizar.	Inspección de fugas.	Días calendario.	Por inspección.	Técnico Mecánico.		
			Empaques del Carter desgastado debido a presiones excesivas del motor.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Disminución del nivel de lubricante.	Sustituir empaques.	\$ 2.545.000,00	1 falla cada 2 años.	BAJO.	B5	B5	B4	B5	Monitorizar.	Revisar la superficie del Carter en búsqueda de fugas.	Días calendario.	Por inspección.	Técnico Mecánico.		
			Filtro de aceite saturado por partículas metálicas, polvo, residuos orgánicos y agua.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Permite el ingreso de partículas contaminantes al sistema de lubricación.	Sustituir el filtro.	\$ 1.327.900,00	1 falla cada 5 meses.	MEDIO.	D5	D5	D4	D5	Monitorizar.	Desmontar el filtro e inspeccionar su estado.	Días calendario.	60	Técnico Mecánico.		

7.9. AMFE SISTEMA EQUIPO AUXILIAR.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz				HOJA 1 DE 2		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300							
							AUDITOR:				FECHA:									
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: EQUIPO AUXILIAR.	Bombear gas y otros líquidos en bajas capacidades y cargas medianas.	No bombea gas y líquidos livianos.	Rodamientos de la bomba desgastados por mala lubricación.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Perdida de presión	Verificar el estado del lubricante y sustituir rodamientos.	\$ 2.500.000,00	1 falla cada 5 meses.	MEDIO.	D5	D5	D4	D4	Monitorizar.	Engrasar rodamientos de la bomba.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Impeler de la bomba desgastado por fricción.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Presión inadecuada.	Sustituir impeler.	\$ 2.250.000,00	1 falla cada 7 meses.	MEDIO.	D5	D5	D4	D4	Monitorizar.	Inspeccionar estado del impeler.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Eje de la bomba fracturado por impeler atascado.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	La bomba no desarrolla presión y no genera flujo.	Sustituir la bomba.	\$ 28.979.776,53	1 falla cada 2 años.	ALTO.	B5	B5	B1	B4	Monitorizar.	Inspeccionar estado del impeler..	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Línea de succión obstruida por presencia de material contaminante.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	La bomba genera presión, pero no bombea líquido.	Limpiar los sedimentos.	\$ 2.000.000,00	1 falla cada 5 meses.	MEDIO.	D5	D5	D4	D4	Monitorizar.	Inspeccionar la línea de succión.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		AREA: Mantenimiento		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300			FACILITADOR: Christian A. Ricardo Diaz					HOJA 2 DE 2		TANQUERO DE COMBUSTIBLE INTERNATIONAL WORKSTAR 7300						
							AUDITOR:					FECHA:								
Componente	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Falla Oculta	Evidencia	Consec. sobre MA y Seg.	Efectos - Daños físicos	Correctivo	Impacto económico total del riesgo (\$)	Probabilidad	Nivel del riesgo	Riesgo. Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económ	Riesgo Imagen	Tipo de Decisión	Descripción de la tarea	Tipo de variable	Valor	Responsable
SISTEMA: EQUIPO AUXILIAR.	Transportar aceites minerales, hidráulicos y emulsiones de agua y aceite.	No soporta las presiones del funcionamiento.	Sellos de la bomba desgastados por presencia de partículas extrañas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	La bomba desarrolla menos flujo del esperado/ caída de presión.	Cambio de los sellos.	\$ 1.850.000,00	1 falla cada 3 meses.	MEDIO.	E5	E5	E4	E4	Monitorizar.	Inspeccionar estado de los sellos.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Ejes del pto con desgastes.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	No engrana el PTO.	Sustituir Ejes.	\$ 8.855.600,00	1 falla cada 5 meses.	ALTO.	D5	D5	D2	D5	Monitorizar.	Verificar estado del eje del pto.	Días calendario.	365	Técnico Mecánico.
			Mangueras deterioradas.	SI	El operador observa que el equipo no trabaja adecuadamente.	No hay consecuencias en las personas ni el medio ambiente.	Perdida parcial o total del refrigerante.	Sustituir la manguera.	\$ 921.889,48	1 falla cada 2 meses.	MEDIO.	F5	F5	F4	F5	Monitorizar	Inspección visual de la superficie en búsqueda de fisuras.	Días calendario.	182	Técnico Mecánico.

CONCLUSIONES.

Según los resultados obtenidos en el análisis de criticidad y FMEA, se logró plantear un conjunto de tareas de mantenimiento que pueden ser implementadas en el plan de mantenimiento existente en el cerrejón con base en la metodología del RCM. Porque tienen actividades que están direccionadas a la prevención e identificación de las fallas funcionales en los sistemas de la flota de tanqueros de combustible, International Workstar 7300.

Por otro lado, se identificó que los sistemas con alta criticidad fueron: el motor, el sistema de frenos y el sistema de suspensión, esto como consecuencia del impacto operacional y el impacto en la seguridad, ambiente e higiene. Los sistemas de media criticidad fueron los de transmisión, dirección, eléctrico y equipo auxiliar como resultado de la alta flexibilidad operacional. Mientras que los de baja criticidad fueron el sistema neumático y las llantas porque las frecuencias de fallas y el costo de mantenimiento eran mínimos.

De los sistemas evaluados se determinaron: modos de fallas, tareas preventivas y se tomó la decisión de dejar que algunos componentes corrieran a falla. De este modo, se pudo valorar el nivel de riesgo de cada modo de falla. Por ende, conocer esta información servirá como soporte a la hora de darle seguimiento a estos equipos y en la toma de decisiones que permitirán minimizar los costos de mantenimiento de la flota de tanqueros de combustible, International Workstar 7300 dentro del complejo carbonífero.

Por otro lado, durante el desarrollo del plan de mantenimiento se logró evidenciar que el proceso del RCM por sí mismo no garantiza el logro de las tareas de mantenimiento, por lo que es indispensable que se involucren; líderes, planeadores, supervisores y técnicos. Así como también deben realizarse auditorias periódicas a dichas estrategias de implementación para lograr alcanzar los objetivos planteados.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda expandir la metodología del RCM a todos los equipos del taller de equipo liviano en Cerrejón.
- Implementar las tareas de mejoras al plan de mantenimiento y posterior a esto expandir la metodología a los demás sistemas de menor criticidad.
- Que se capacite al área de mantenimiento para que pueda entender y trabajar en la metodología del RCM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abella González, C. & Varela Suarez, E. (2012). Diseño del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM para la flota de motoniveladoras 24m en la mina Drummond

Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta. Fidas G. Arias Odón.

Gutiérrez Arismendy, L. A., & Bocanegra Galeano, H. (2015). Elaboración del plan de mantenimiento basado en condición para la flota vehicular de mezcladoras de concreto de una empresa productora de concretos, morteros y derivados.

Castellanos, A. T. L., & Rodríguez, J. S. R. (2018). MINERÍA DE CARBÓN: LA NUEVA 'JOYA' DE LA ECONOMÍA COLOMBIANA. Boletín Semillas Ambientales, 12(1), 86-98.

Mantilla Caicedo, B. L. (2018). Diseño de la estrategia de mantenimiento centrada en confiabilidad RCM para la flota de tractocamiones Kenworth T660 y T800 de la empresa enlace logístico de Cargas SAS.

Moubray, J. (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad. Gran Bretaña: Aladon Ltda.

Nowlan, FS y Heap, HF (1978). Mantenimiento centrado en la confiabilidad. United Air Lines Inc San Francisco Ca.

Rodríguez Machado, A. (2012). Manual de gestión de mantenimiento (Doctoral dissertation, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas).

Tabares Rios, S. (2020). Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para el sistema de tracción del vehículo Chevrolet LV150 modelo 2009.

Villacrés Parra, S. R. (2016). Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo Hidrocleaner Vector M654 de la empresa Etapa EP.

HOJA DE FIRMAS

Director

Nombre estudiante 1

Nombre de estudiante 2
