

DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD EN  
MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE LA FLOTA DE MONTACARGAS  
TAYLOR EN LA EMPRESA PALERMO SOCIEDAD PORTUARIA S.A

JOSÉ LUÍS RAMÍREZ RAMÍREZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2020

DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD EN  
MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE LA FLOTA DE MONTACARGAS  
TAYLOR EN LA EMPRESA PALERMO SOCIEDAD PORTUARIA S.A

JOSÉ LUÍS RAMÍREZ RAMÍREZ

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

Director: YILMAR JOSÉ ARENAS LÓPEZ  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMAGA  
EVALUACION DE PROYECTO DE GRADO  
2020

## DEDICATORIA

Las gracias al creador y a mi madre

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander, a mis profesores y a mis compañeros Israel y Roberto por lo aprendido, el apoyo y las reflexiones que me han ayudado a comprender mejor mi papel como ingeniero en la sociedad.

## CONTENIDO

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.-----	12
2. OBJETIVOS-----	17
2.1 OBJETIVO GENERAL.-----	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.-----	17
3. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO -----	18
4. MARCO TEORICO-----	19
4.1 EL MANTENIMIENTO Y EL RCM-----	19
4.2 LAS SIETE PREGUNTAS BASICAS DEL RCM-----	19
4.3 APLICANDO EL PROCESO DEL RCM-----	20
4.3.1 Grupos de revisión. -----	21
4.3.2 Facilitadores. -----	22
4.3.3 Planificación y selección del equipo o sistema. -----	23
4.3.3.1 El contexto operacional. -----	23
4.3.3.2 Funciones y estándares de rendimiento. -----	26
4.3.3.3 Modos de falla. -----	28
4.3.3.4 Efectos de falla. -----	28
4.3.3.5 Consecuencias de las fallas. -----	29
4.3.4 Selección de tareas del RCM. -----	31
4.3.4.1 La hoja de información del AMEF. -----	33
4.3.4.2 El diagrama de decisión del RCM.-----	34
4.3.4.3 La hoja de decisión del AMEF..-----	34
4.3.4.4 Auditoría e implementación. -----	36
4.3.4.5 Logros del RCM. -----	36
5. APLICACIÓN DEL RCM-----	38
5.1 SELECCIÓN DEL EQUIPO-----	38
5.2 CONTEXTO OPERACIONAL -----	38
5.2.1 Contexto operacional sistema de combustible.-----	45

5.2.2 Contexto operacional sistema de admisión.-----	51
5.2.3 Contexto operacional sistema de escape.-----	54
5.2.4 Contexto operacional sistema de refrigeración-----	56
5.2.5 Contexto operacional del sistema de lubricación.-----	59
5.2.6 Contexto operacional sistema eléctrico.-----	63
5.2.7 Contexto operacional bloque motor.-----	66
5.2.8 Plan de mantenimiento.-----	83
6. CONCLUSIONES-----	85
BIBLIOGRAFIA-----	86
ANEXOS-----	87

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Tabla de decisión AMEF .....	34
Cuadro 2. Límites máximos permisibles para vehículos ACPM.....	43
Cuadro 3. Hoja de información RCM N° 1 Sistema de combustible .....	69
Cuadro 4. Hoja de información RCM N° 2 Sistema de admisión y escape.....	70
Cuadro 5. Hoja de información RCM N° 3 Sistema de refrigeración.....	71
Cuadro 6. Continuación hoja de información RCM N° 3 Sistema de refrigeración	73
Cuadro 7. Hoja de información RCM N° 4 Sistema de lubricación .....	73
Cuadro 8. Hoja de información RCM N° 5 Sistema eléctrico. ....	74
Cuadro 9. Hoja de información RCM N° 6 Sistema bloque motor.....	75
Cuadro 10. Hoja de información RCM N° 6 Sistema de protección .....	76
Cuadro 11. Hoja de decisión – combustible.....	77
Cuadro 12. Hoja de decisión – admisión de aire y admision .....	78
Cuadro 13. Hoja de decisión – refrigeración .....	79
Cuadro 14. Hoja de decisión – lubricación.....	80
Cuadro 15. Hoja de decisión – sistema eléctrico .....	81
Cuadro 16. Hoja de decisión – sistema bloque motor.....	82
Cuadro 17. Hoja de decisión – sistema de protección .....	83
Cuadro 18. Plan de mantenimiento motor Cummins QSB 6.7 .....	84

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación Palermo Sociedad Portuaria. ....	12
Figura 2. Infraestructura Palermo Sociedad Portuaria .....	13
Figura 3. Proceso de RCM .....	21
Figura 4. Esquema típico de revisión .....	22
Figura 5. Sistema de bomba y su stand by .....	24
Figura 6. Ejemplo de las posibles fallas de una bomba. ....	33
Figura 7. Montacargas Taylor TX360.....	38
Figura 8. Componentes mayores montacargas Taylor TX 360.....	44
Figura 9. Diagrama de bloque del sistema de combustible .....	45
Figura 10. Separador Agua-Combustible.....	46
Figura 11. Filtro de combustible.....	47
Figura 12. Diagrama de Entradas y Salidas Sistema de Combustible.....	49
Figura 13. Diagrama de bloque sistema de admisión .....	51
Figura 14. Grupo de filtros de aire .....	52
Figura 15. Indicador de Restricción de Aire .....	53
Figura 16. Diagrama de Entradas y Salidas Sistema de Admisión y Escape. ....	55
Figura 17. Diagrama de bloques de sistema de refrigeración.....	56
Figura 18. Componentes del sistema de refrigeración.....	57
Figura 19. Diagrama de Entradas y Salidas Sistema de Refrigeración .....	58
Figura 20. Diagrama de bloques del sistema de lubricación.....	59
Figura 21. Conductos de lubricación en motor.....	61
Figura 22. Diagrama de Entradas y Salidas Sistema de Lubricación .....	62
Figura 23. Diagrama de bloques del sistema eléctrico .....	63
Figura 24. Diagrama de bloques del bloque motor. ....	66

## Lista de anexos

	Pág.
Anexo A. Reporte aceite usado equipo EL01601 .....	88
Anexo B. Reporte aceite usado equipo EL01602 .....	91
Anexo C. Reporte aceite usado equipo EL01603 .....	94
Anexo D. reporte aceite usado equipo EL01604.....	97
Anexo E. Diagrama de decisión RCM.....	98

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE LA FLOTA DE MONTACARGAS TAYLOR EN LA EMPRESA PALERMO SOCIEDAD PORTUARIA S.A\*

**AUTOR:** JOSÉ LUÍS RAMÍREZ RAMÍREZ\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Mantenimiento, confiabilidad, RCM, Cummins, motores diesel.

**DESCRIPCIÓN:** La presente monografía tiene como propósito exponer un caso de aplicación práctica de la estrategia del Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad Se explica brevemente el contexto del negocio de Palermo Sociedad Portuaria y la importancia que su flota de montacargas Taylor TX360 tiene en las operaciones de movimiento de carga en el puerto

Se realiza un análisis de los sistemas que conforman el motor de los montacargas y se finaliza entregando un sencillo pero específico plan de mantenimiento, las condiciones en las que se desarrolló el proceso de elaboración las actividades de investigación y búsqueda de información para elaborar el plan de mantenimiento estuvieron limitadas por las condiciones de emergencia sanitaria desencadenada por la pandemia con el COVID 19, haciendo imposible el trabajo en sitio con técnicos de mantenimiento, operadores y supervisores de operación .

Finalmente se realizan las recomendaciones pertinentes teniendo como base los reportes de análisis de aceite motor de los equipos Taylor TX360

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Ingeniería mecánica. Director: Ing. Yilmar José Arenas López.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN OF MAINTENANCE PLAN BASED ON RELIABILITY IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF THE TAYLOR FORKLIFT FLEET IN THE COMPANY PALERMO SOCIEDAD PORTUARIA S.A \*

**AUTOR:** JOSÉ LUÍS RAMÍREZ RAMÍREZ \*\*

**KEY WORDS:** Maintenance, reliability, RCM, Cummins, diesel engines.

**DESCRIPTION:** The purpose of this monograph is to present a case of practical application of the Reliability Centered Maintenance strategy

The business context of Palermo Sociedad Portuaria is briefly explained and the importance that its fleet of Taylor TX360 forklifts has in the cargo movement operations in the port

An analysis of the systems that make up the forklift engine is carried out and it ends by delivering a simple but specific maintenance plan, the conditions in which the research activities and information search activities were developed to prepare the maintenance plan. Maintenance were limited by the health emergency conditions triggered by the COVID 19 pandemic, making it impossible to work on site with maintenance technicians, operators and operation supervisors.

Finally, the pertinent recommendations are made based on the motor oil analysis reports of the Taylor TX360 equipment..

---

\* Degree work

\*\* Physical-mechanical Engineering faculty. Mechanical Engineering School. Director: Ing. Yilmar José Arenas López.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Palermo Sociedad Portuaria, es un terminal multipropósito ubicado en la costa norte de Colombia sobre la ribera oriental del Río Magdalena. Gracias a su ubicación geográfica se convirtió en una opción altamente competitiva para el comercio exterior colombiano, con un portafolio amplio de servicios de calidad y precios competitivos. Dentro de su amplio rango de servicios se encuentran: servicios marítimos y fluviales, servicios portuarios, servicios de operación marítima y terrestre.

Figura 1. Ubicación Palermo Sociedad Portuaria.



Fuente: SOCIEDAD PORTUARIA PALERMO. Ubicación [en línea] [Recuperado el 12 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://palermosociedadportuaria.com/ubicacion/>.

Actualmente, Palermo Sociedad Portuaria cuenta con la infraestructura que se muestra en la figura 2, compuesta de patios para almacenamiento general de carga, silos graneleros, bodegas, eco bodegas y cobertizos. Además, de un área de 11.5

Hectáreas aún sin construir que hacen parte del futuro plan de expansión del terminal.

Figura 2. Infraestructura Palermo Sociedad Portuaria



Fuente: SOCIEDAD PORTUARIA PALERMO. Ubicación [en línea] [Recuperado el 12 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://palmersociedadportuaria.com/el-puerto/>.

La distribución:

- 6 silos "Bocas de cenizas". Cada silo cuenta con una capacidad de 6.700 toneladas, y 1500 m<sup>2</sup>.
- Bodega Magdalena. Con un área de almacenamiento de 3214m<sup>2</sup>.
- Bodega Salamanca.
- 2 Ecobodegas (1 y 2). Área de almacenamiento de 1000m<sup>2</sup> cada una.
- 3 cobertizos Manglares.
- 5 patios de almacenamiento de carga general.
- 1 patio para almacenamiento de coque.

## ➤ **SERVICIOS DE PALERMO SOCIEDAD PORTUARIA**

Palermo Sociedad Portuaria (PSP) ofrece los siguientes servicios:

### Servicios Portuarios

- Amarre y desamarre de naves
- Muellaje
- Almacenamiento cubierto/descubierto
- Servicio de básculas

### Conexión de contenedores refrigerados

- Cargue y descargue
- Estiba
- Porteo a la carga
- Cargue a camión o barcaza
- Movilización de contenedores para inspección y llenado
- Pre-inspección aduanera
- Aprovisionamiento de combustible
- Llenado / vaciado de contenedores
- Manejo de residuos generados por motonaves
- Aprovisionamiento de agua fresca y potable
- Avituallamiento

### Centro Logístico para Camiones

- Parqueadero para los camiones
- Zona de descanso y refrigerio
- Estación de gasolina

### Centro Logístico para Camiones

- Parqueadero para los camiones
- Zona de descanso y refrigerio
- Estación de gasolina

Para la prestación de estos servicios, Palermo Sociedad Portuaria S.A. cuenta con una flota de equipos divididos de la siguiente manera:

- 4 elevadores de 16 toneladas marca Taylor, 7 elevadores de 16 toneladas marca Kone crane y 1 elevador de 25 toneladas marca Kone crane utilizados en operación marítima y terrestre para cargues, descargues y servicios relacionados a la carga.
- 5 tractocamiones de 40 toneladas marca Terberg, utilizados con arrastre para movimiento interno de carga entre los patios y con volco para movimiento de producto a granel.
- 2 reach stacker de 40 toneladas marca Kalmar y 1 reach stacker de 40 toneladas marca Taylor, utilizados para movilización de contenedores de 20 y 40 pies, así como apoyo a movilización de piezas extra-dimensionadas o de gran tonelaje.
- 2 cargadores de balde marca Komatsu, utilizando en la operación de coque para arrume de material, cargue de camiones para despacho.
- 2 cargadores de balde marca Newholland utilizados en la operación de granel de Operadora de Granos para arrume de material en silos y cargue de camiones para despacho.
- 1 minicargador de balde marca New holland, utilizado para operación marítima y arrume de material a granel. Se acondiciona herramienta de barredora para limpieza de las vías pavimentadas del puerto.

- 1 grúa de tierra de 100 toneladas marca GOTTWALD, utilizada para realizar carga de proyectos, piezas extra-dimensionadas, apoyo de movimiento de carga a las embarcaciones.
- 4 básculas de pesaje, para control de ingreso y salida de mercancía.

Los 4 elevadores Taylor de 16 toneladas, son equipos de gran importancia en la operación por su versatilidad y capacidad de carga, y por tener un gran número de horas de trabajo se requiere asegurar la disponibilidad de estas máquinas implementando un plan de mantenimiento que permita cumplir con las obligaciones del puerto, las metas de carga transportada a un costo sostenible para la compañía

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un modelo de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad, para los motores diésel de los elevadores Taylor de 16 toneladas

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las funciones, las fallas funcionales, modos de falla y sus efectos en los sistemas que conforman el motor de los elevadores Taylor
- Establecer las tareas de mantenimiento y las actividades preventivas que ayuden a conservar la funcionalidad de los equipos
- Asignar a las tareas de mantenimiento generales, las horas hombre, frecuencia, y listado de repuestos

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO

Palermo Sociedad Portuaria es una empresa que está apuntándole a un proceso de crecimiento de sus instalaciones y expansión de sus operaciones, sus inversiones en activos físicos han aumentado considerablemente en los últimos años y se ha visto en la necesidad de adecuar su plan de mantenimiento para alcanzar las metas fijadas para el año 2020.

Los elevadores Taylor de 16 toneladas son equipos de gran importancia dentro del parque automotor y cualquier parada imprevista ocasiona cambios en la operación que deben ser sorteados de manera inmediata para garantizar el cumplimiento de las operaciones de cargue y descargue de las embarcaciones del puerto, el historial de falla de estos equipos no registra eventos que requieran reparaciones cuantiosas pero el elevado número de horas operación presupone un aumento en la probabilidad de falla en sus sistemas más críticos por lo cual es necesario contar con un plan de mantenimiento que ayude a minimizar las fallas y garantice una disponibilidad operacional.

El plan de mantenimiento basado en confiabilidad pretende dar respuesta a la necesidad anteriormente expuesta y en base a la experiencia que se tenga se espera replicar al resto de los equipos del puerto para asegurar una operación confiable, eficiente, segura y económicamente sostenible.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 EL MANTENIMIENTO Y EL RCM

Desde el punto de vista de la ingeniería, hay dos conceptos para la gestión de cualquier activo físico: mantenerse y modificarse. Cuando se parte por mantener algo, se desea que continúe haciendo algo en un determinado estado de conservación para realizar una función específica, cuando se mantiene un recurso, el estado en el que se desea conservarlo debe ser uno en el cual continúe haciendo lo que los usuarios deseen que hagan esto nos lleva a la siguiente definición:

“Mantenimiento: Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan.<sup>1</sup>”

Lo que los usuarios deseen depende de donde se está usando el recurso (contexto operacional); dicho esto, podríamos definir el siguiente concepto:

“Mantenimiento centrado en confiabilidad: Un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan en su contexto operacional actual.<sup>2</sup>”

### 4.2 LAS SIETE PREGUNTAS BASICAS DEL RCM

Cualquier proceso de RCM debe asegurarse de responder satisfactoriamente las siguientes siete preguntas según la siguiente secuencia:

- ¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional actual (funciones)?
- ¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?

---

<sup>1</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Asheville: Aladon LLC, 2004. 115p.

<sup>2</sup> Ibit., p. 118.

- ¿Qué causa cada falla funcional (modo de falla)?
- ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efecto de falla)?
- ¿De qué manera afecta cada falla (consecuencia de falla)?
- ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de tareas)?
- “¿Qué se debe hacer si no se encuentra una adecuada tarea proactiva (acciones predeterminadas)?<sup>3</sup>”

“Para responder cada una de las preguntas anteriores de manera exitosa, se debe seguir un proceso y tomar ciertas decisiones; además, toda la información debe ser documentada de manera que esté disponible para los usuarios<sup>4</sup>.”

### **4.3 APLICANDO EL PROCESO DEL RCM**

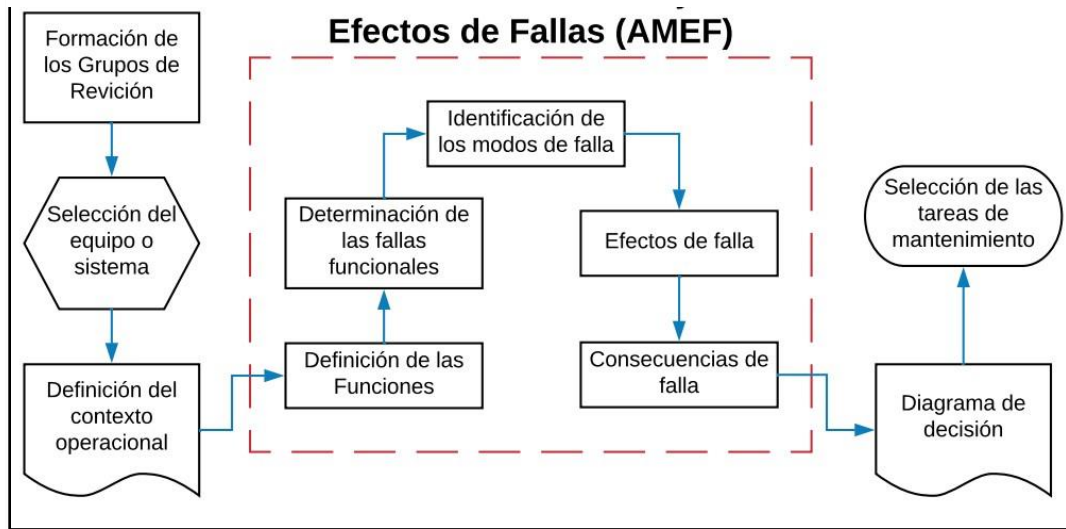
En la figura 3 se muestra la secuencia del proceso del RCM, la cual se alinea con los requerimientos establecidos en la norma SAE JA1011. A continuación, se detallará en que consiste cada parte del proceso.

---

<sup>3</sup> SAE INTERNACIONAL. Criterios de evaluación del proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad. SAE JA1011. Estados Unidos. 1999.

<sup>4</sup> Ibid.,

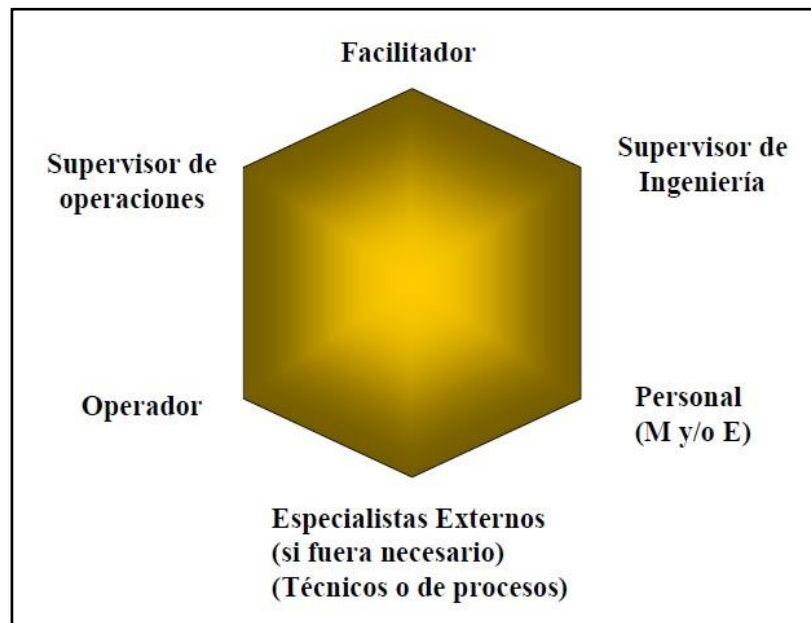
Figura 3. Proceso de RCM



**4.3.1 Grupos de revisión.** Como se vio anteriormente, en la aplicación del RCM incluye siete preguntas básicas, las cuales deben ser respondidas para llevar con éxito el proceso, pero en la práctica el personal de mantenimiento no está en la capacidad de responder a todas ellas, muchas de estas respuestas son contestadas por el personal de operaciones o producción (preguntas como las funciones, funcionamiento deseado, efectos de falla y consecuencias de falla).

Por esta razón y para realizar un buen análisis de los requisitos en mantenimiento, debe de haber como mínimo una persona del área de mantenimiento y una de operaciones; esto sin dejar de lado que deben de tener un completo conocimiento del equipo en observación. En la figura 2.5 veremos el esquema típico del grupo de revisión de RCM, para lo cual cada integrante debe haber sido entrenado en RCM

Figura 4. Esquema típico de revisión



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Asheville: Aladon LLC, 2004. 18p.

**4.3.2 Facilitadores.** Estos son los especialistas, las personas más importantes en el proceso de revisión del RCM, cuya función es asegurar que:

- El análisis del RCM se lleve a cabo a un nivel correcto, que los límites del sistema sean claramente definidos, que ningún componente sea pasado por alto, y que los resultados del análisis sean debidamente registrados.
- El RCM sea claramente comprendido y aplicado por los miembros del grupo.
- El grupo llegue a un acuerdo de forma rápida y ordenada.

- “El análisis progrese razonablemente rápido y termine a tiempo.<sup>5</sup>”

**4.3.3 Planificación y selección del equipo o sistema.** Para empezar, se necesitará saber cuáles serán los recursos de la organización que estarán sometidos al proceso del RCM, y para esto, es imprescindible el “registro de los activos de la planta”, el cual la mayoría de las empresas industriales cuenta con uno por ser adecuados para este propósito.

Cuando se aplica correctamente el RCM, éste conlleva a mejoras en la efectividad del mantenimiento, pero esto depende de una planificación y preparación meticulosa. Los elementos importantes de la planificación son los siguientes:

- Decidir qué recurso se beneficiará con el proceso de RCM y como se beneficiará.
- Evaluar los recursos requeridos para la aplicación del proceso en los equipos seleccionados.
- En los casos que los beneficios justifican la inversión, decidir quien realizará y quien auditará cada análisis.
- Asegurar que el contexto operacional de cada activo se entienda claramente.

**4.3.3.1 El contexto operacional.** Cuando se habla del contexto operacional, se refiere a todos los factores que influyen en el funcionamiento deseado del equipo o sistema en cuestión, a medida de ejemplo, no es lo mismo que una determinada bomba opere con agua a que con aceite, o que este instalada a nivel del mar o a 4800 msnm, las condiciones de funcionamiento no serán las mismas y esto lo determina las funciones asignadas al equipo o sistema.

El contexto operacional no sólo puede influenciar drásticamente en las funciones y las necesidades de funcionamiento, sino también en la naturaleza de los modos de

---

<sup>5</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Asheville: Aladon LLC, 2004. 30p.

falla que pueden ocurrir, sus efectos y consecuencias. Todo esto significa que, cualquiera que comience a aplicar RCM a cualquier proceso o activo físico, debe asegurarse de tener un claro entendimiento del contexto operacional antes de comenzar. Algunos de los factores importantes que deben ser considerados se discuten a continuación:

Proceso por lotes y continuos:

En plantas industriales, la característica más importante del contexto operacional es el tipo de proceso. Esto va desde operaciones de procesos continuos en los cuales casi todos los equipos están interconectados, hasta operaciones de trabajo donde la mayoría de las máquinas trabajan independientemente

Redundancia

Cuando existen equipos o sistemas redundantes o formas alternativas de producción, en la figura 5 se muestra un sistema con una bomba y otro con una bomba y su stand by.

Figura 5. Sistema de bomba y su stand by



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Asheville: Aladon LLC, 2004. 32p.

## Estándares de calidad

Los estándares de calidad y los estándares de servicio al cliente son otros dos aspectos del contexto operativo, que pueden dar lugar a descripciones diferentes de funciones de máquinas que de otra manera serían idénticas.

## Estándares medio ambientales

Se refieren a las exigencias medio ambientales que debe cumplir un activo cuando entra en operación, cumpliendo funciones para los usuarios y para la sociedad como un todo

## Riesgos para la seguridad

Son los requerimientos de seguridad que debe cumplir un equipo o sistema al momento de realizar su operación.

## Turnos de trabajo

“La organización de los turnos de trabajo afecta profundamente al contexto operacional. Algunas plantas operan ocho horas por día, cinco días a la semana, algunas operan continuamente durante los siete días de la semana y otras operan entre estos dos extremos.<sup>6</sup>”

## Tiempo de reparación

“El tiempo de reparación está influido por la velocidad de respuesta de la falla que está a su vez determinada por el sistema de reportes de falla, por el nivel del personal, y por la velocidad de reparación de la misma.<sup>7</sup>”

---

<sup>6</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Asheville: Aladon LLC, 2004. 40p.

<sup>7</sup> Ibid., p. 40.

## Repuestos

Los repuestos van relacionados con el contexto operacional en el sentido de que si un equipo falla y se necesita cambiar un repuesto, cual es la disponibilidad de este repuesto para proceder con la reparación del equipo.

**4.3.3.2 Funciones y estándares de rendimiento.** Antes de aplicar cualquier proceso y para tener la certeza de que cualquier recurso físico continúe haciendo lo que requieran sus usuarios, se debe realizar dos cosas:

- Determinar qué es lo que los usuarios quieren que haga.
- Asegurar que es capaz de hacer lo que los usuarios requieren.

Por lo tanto, el primer paso en el proceso del RCM es determinar las funciones de cada recurso en su contexto operacional junto con los parámetros de funcionamiento deseado. Estas funciones pueden dividirse en dos categorías:

- **Funciones primarias**, que resume por qué el recurso fue adquirido. Esta categoría cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenamiento o carga, calidad del producto y servicio al cliente.
- **Funciones secundarias**, “que reconoce que más se espera de cada recurso además de completar sus funciones primarias. Esta categoría cubre temas como confort, seguridad, control, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales hasta apariencia del activo<sup>8</sup>.”

---

<sup>8</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Asheville: Aladon LLC, 2004. 48p.

Los usuarios de los recursos son los más indicados para saber exactamente que contribuciones físicas y financieras hace el recurso para el bienestar de la organización; por ello, es esencial que estén involucrados en el proceso del RCM desde el comienzo.

### Fallas funcionales

Las funciones y expectativas de rendimiento asociadas a cada recurso definen los objetivos del mantenimiento. Para lograr estos objetivos tomando en cuenta que el recurso no puede desempeñarse conforme a los parámetros establecidos por los usuarios es algún tipo de falla. Esto indica que el mantenimiento logra sus objetivos, adquiriendo alguna política de gestión de una falla; sin embargo, antes de aplicar cualquier herramienta de gestión de falla, se necesita saber que fallas pueden ocurrir. El proceso de RCM lo hace en dos niveles:

- Identificando que circunstancias conllevan al estado de falla.
- Preguntando que eventos puede ocasionar que el recurso falle.

**4.3.3.3 Modos de falla.** Una vez identificada cada falla funcional, el siguiente paso es identificar todos los eventos posibles que puedan haber causado los estados de falla. Estos eventos son conocidos como modos de falla. Los modos de fallas, que son “razonablemente posibles”, son aquellos que han ocurrido en el mismo equipo o similar que opera en el mismo contexto, fallas que son prevenidas actualmente por tareas de mantenimiento y fallas que están consideradas pero que aún no han ocurrido en el contexto en cuestión. La mayoría de las listas de modos de falla incorporan fallas por deterioro y desgaste normal. Sin embargo, en las listas se debe incluir errores humanos (por parte del personal de operación y mantenimiento) y fallas por diseño tal que todas las causas de fallas en los equipos puedan clasificarse apropiadamente, también es importante identificar la causa de cada falla con bastante detalle para no perder tiempo en buscar dichas causas y ocuparlo en cuales son los síntomas. Por otro lado, es importante asegurar que este tiempo no se pierda en el análisis propio por entrar con demasiado detalle.

**4.3.3.4 Efectos de falla.** Este proceso describe que es lo que pasa cuando ocurre cada modo de falla. Esta descripción debe contener toda la información necesaria para facilitar la evaluación de las consecuencias de las fallas. Para esto, se debe tener en cuenta las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las evidencias de que la falla ha ocurrido?
- ¿De qué manera la falla afecta a la seguridad o al medio ambiente?
- ¿De qué manera afecta a la producción y a las operaciones?
- ¿Cuáles son los daños físicos causados por las fallas?
- ¿Qué es lo que debe hacerse para reparar cada falla?

**4.3.3.5 Consecuencias de las fallas.** Como se sabe, cada equipo posee diferentes modos de falla y cada falla afecta a la organización de alguna u otra manera, pero en cada caso los efectos que producen estas fallas son diferentes, afectando a diversos sectores de dicha organización. Estas consecuencias obligan a tomar acciones para prevenirlas dependiendo de su magnitud; es decir, si una falla tiene consecuencias serias, se implementará las mejores técnicas para prevenirla o evitarla; sin embargo, si una falla no trae consecuencias serias, entonces no se ejecutará ninguna técnica más allá de una rutina de limpieza y lubricación.

El RCM reconoce que la razón de aplicar cualquier tipo de mantenimiento no sólo es evitar las fallas sino también evitar o reducir las consecuencias de las fallas.

El RCM clasifica a estas consecuencias en cuatro grupos:

- Consecuencias de fallas ocultas: Estas no tiene un impacto directo en la organización pero pueden traer consigo consecuencias serias hasta catastróficas.
- Consecuencias de seguridad y medio ambiente: Una falla tiene consecuencias de seguridad si causa daño o muerte a una persona y tiene consecuencias medioambientales si incumple alguna norma o reglamento ambiental.
- Consecuencias operacionales: Una falla trae consecuencias operacionales si afecta a la producción.
- Consecuencias no-operacionales: Estas fallas no afectan a la seguridad ni a la producción, sólo afectan a los costos directos de reparación.

Tareas proactivas

Son tareas comenzadas antes de que ocurra una falla, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla. Engloban lo que comúnmente se denomina mantenimiento preventivo y predictivo, aunque el RCM utiliza los términos de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, y mantenimiento a condición.

- **Tareas de reacondicionamiento cíclico**

El reacondicionamiento cíclico consiste en actuar periódicamente para reacondicionar a su condición original una pieza o componente existente. Una definición específica sería: “El reacondicionamiento cíclico consiste en reconstruir un componente o hacer una gran reparación a un conjunto, ensamble completo antes de, o en el límite de edad específico, independientemente de su condición en ese momento.”<sup>9</sup>

- **Tareas de sustitución cíclica**

Las tareas de sustitución cíclica consisten en descartar un elemento o componente antes de, o en el límite de edad específica, independiente de su condición en el momento. La filosofía de estas tareas es reemplazar la parte usada por una nueva, la que restaurará a su condición original.

- **Tareas a condición**

Las tareas a condición son conocidas como mantenimiento predictivo, ya que se evalúa el estado del componente y se decide cuál acción tomar

Las tareas a condición deben satisfacer los siguientes criterios para que justifique su ejecución:

- **Si una falla es oculta, no tiene consecuencias directas:** Entonces una tarea a condición cuya intención es prevenir una falla oculta, debe reducir el riesgo de una falla múltiple a un nivel aceptablemente bajo. En la práctica, debido a que la función es oculta, muchas de las fallas potenciales que normalmente afectan a las evidentes también serán ocultas.

---

<sup>9</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Asheville: Aladon LLC, 2004. 44p.

- **Si la falla tiene consecuencias para la seguridad o el medio ambiente:** sólo merece la pena realizar una tarea a condición si fiablemente da suficiente advertencia de la falla como para que se pueda actuar a tiempo para evitar las consecuencias para la seguridad o el medio ambiente.

- **Si la falla no afecta a la seguridad, la tarea debe ser eficaz en cuanto a los costos:** O sea a lo largo de un período de tiempo el costo de realizar la tarea a condición debe ser menor al costo de no hacerla.

- **Combinación de tareas**

Para algunos modos de falla con consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, no se puede encontrar una tarea que por sí sola reduzca, el riesgo de falla a un nivel tolerablemente bajo, ni tampoco un rediseño adecuado. En estos casos a veces es posible encontrar una combinación de tareas, generalmente de dos categorías de tareas diferentes, lo que reduce el riesgo de falla a un nivel tolerable. Cada tarea es llevada a cabo con frecuencia propia.

**4.3.4 Selección de tareas del RCM.** El proceso de RCM da la opción de seleccionar que tareas proactivas son factibles para realizar dentro del contexto operacional que se encuentre el recurso en estudio, dependiendo de las características técnicas de la tarea y de las consecuencias de la falla que ocasiona; y a la vez, indica la frecuencia y la cantidad de veces a realizar dicha tarea. Si no se encuentra la tarea a realizarse, se debe de elegir una opción “a falta de” adecuada. Para la selección de las tareas se tiene el siguiente proceso:

- Para fallas ocultas, merece la pena una tarea proactiva si reduce el riesgo de falla asociado a un nivel aceptablemente bajo. Si no se puede determinar tal tarea, entonces se debe de realizar una búsqueda de fallas programada. En caso no se

pueda encontrar una tarea de búsqueda de fallas, entonces la decisión por defecto es el rediseño dependiendo de las consecuencias de falla.

- Para fallas con consecuencias sobre la seguridad y el medio ambiente, merece una tarea proactiva si reduce el riesgo de falla a un nivel muy bajo si es que no lo elimina totalmente. Si no se encuentra una tarea que reduzca el nivel de falla a un nivel aceptablemente bajo, el equipo debe rediseñarse o debe de cambiar el proceso.
- Para fallas con consecuencias operacionales y no-operacionales, merece la pena una tarea proactiva si el costo total de hacerlo en un periodo de tiempo es menor que el costo de consecuencias operacionales y el costo de reparación en el mismo periodo; Si no se justifica, la decisión inicial por defecto es ningún mantenimiento programado. Si esto ocurre y las consecuencias operacionales son aun inaceptables, la decisión por defecto es el rediseño.

Según el proceso anterior, el RCM sólo se enfoca en las tareas proactivas para las fallas que realmente las necesitan; haciendo esto, podremos aligerar la sobrecarga de trabajo rutinaria y así poder realizar las tareas restantes apropiadamente y al no ser necesario cortar la producción para realizar los trabajos de mantenimiento, aumentamos la eficacia del mismo. Tradicionalmente, se evaluaba que mantenimiento requería cada equipo en función a sus características reales, dejando de lado las consecuencias de falla que puede ocasionar. Esto producía un gran número de programas en desperdicio porque no lograban nada y muchas veces los equipos caían en el rediseño sin ser necesario.

**4.3.4.1 La hoja de información del AMEF.** En la figura 6 se muestra un ejemplo de detalle de los posibles modos de falla para un sistema de bombeo, donde en la parte superior se determina el sistema de análisis, luego en la primera columna se detalla la función que cumple el sistema como lo menciona la norma SAE JA1011 “Todos los enunciados de una función deben contener un verbo, un objeto, y un estándar de desempeño (cuantificado en cada caso en que se pueda hacer)<sup>10</sup>”, que para el caso del ejemplo es la función primaria de la bomba.

Figura 6. Ejemplo de las posibles fallas de una bomba.

ACTIVO: Sistema de Bombeo		
FUNCION	FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)
1 Transferir agua del tanque X al tanque Y, a no menos de 800 litros por minuto.	A No disponible para transferir ninguna cantidad de agua	1 Cojinete atascado
		2 Motor quemado
		3 Impulsor suelto
		4 Cizallas en el cubo del acople debido a la fatiga
		5 Válvula de entrada atascada en posición cerrada
		6 Impulsor atascado por un objeto extraño.....etc.
	B Transfiere menos de 800 litros por minuto	1 Impulsor desgastado
		2 Línea de succión parcialmente bloqueada....etc.

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Asheville: Aladon LLC, 2004. 47p.

En la segunda columna se menciona las fallas funcionales para la función detallada, las cuales deben responder a la pregunta ¿De qué manera puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?, Para responder satisfactoriamente esta pregunta, SAE JA1011 en la sección 5.2 declara que “Se deben definir todos los estados de falla asociados con cada función”.

<sup>10</sup> SAE INTERNACIONAL. Criterios de evaluación del proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad. SAE JA1011. Estados Unidos. 1999.

En la tercera columna se indican los posibles modos de falla asociados a cada falla funcional, respondiendo a la pregunta ¿Qué causa cada falla funcional (modo de falla)?

Se añade una columna que evalúa las consecuencias de cada modo de falla respondiendo a la pregunta ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efecto de falla)?

**4.3.4.2 El diagrama de decisión del RCM.** Es un esquema que permite la toma de decisiones analizando para cada sub-sistema, sus modos de falla (véase en anexos). En función de dicho análisis, podremos registrar:

- Que mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quien lo hará.
- Que fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma la decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran.

**4.3.4.3 La hoja de decisión del AMEF.** En el cuadro 1 se muestra los detalles que deben ser analizados en la hoja de decisión del AMEF. En esta etapa determinaremos las tareas propuestas según el algoritmo del diagrama de decisión del RCM.

Cuadro 1. Tabla de decisión AMEF

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																	
HOJA DE DECISION RCM																	
SISTEMA:								REALIZADO POR:				HOJA					
SUB-SISTEMA								FECHA DE ANÁLISIS:				DE					
REFERENCIA DE				EVALUACIÓN DE				TAREAS "A"				MODO DE CONTROL		PERIODICIDAD		REALIZADA POR	
F.	F. F.	M. F.	E. F.	H	S	E	O	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	H4	H5	S4	(Tarea propuesta)		(Horas)	

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed.

Asheville: Aladon LLC, 2004. 55p.

La hoja de decisión está dividida en 17 columnas, las columnas F, F.F, M.F y E.F identifican las funciones, fallas, modos y efectos de fallas que se analiza en esa línea, la cual obtendremos de la hoja de información vista anteriormente; las siguientes 10 columnas se refieren a las preguntas del diagrama de decisión del RCM de manera que:

- Las columnas tituladas H, S, E, O y N son utilizadas para registrar las respuestas a las preguntas concernientes a las consecuencias de los modos de falla, colocando S o N (Sí o No según aplique).
- Las tres columnas siguientes (tituladas H1, H2, H3, etc.) registran si ha sido seleccionada una tarea proactiva, y si es así, que tipo de tarea.
- Si se hace necesario responder a cualquiera de las preguntas “a falta de“, las columnas H4, H5 y S4 son las que permiten registrar esas respuestas, colocando S o N (Sí o No según aplique).
- Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hay), la frecuencia en la que debe hacerse, y quién ha sido seleccionado para realizarla.

Si es aplicado como se sugiere, el RCM producirá los siguientes resultados:

- Un plan de mantenimiento a ser aplicado por el personal encargado de mantenimiento.
- Un proceso de operación revisado por los operadores de los activos.
- Una lista de cambios por realizarse al activo o cambios en la manera de operar al mismo.
- Adicional a estos resultados, se tiene que el personal obtendrá conocimientos sobre cómo trabaja el activo en análisis y como hacer un correcto trabajo en equipo. (TECSUP, 2016)

**4.3.4.4 Auditoría e implementación.** Una vez que se haya completado la revisión de cada recurso, los responsables del equipo deben comprobar que las decisiones tomadas por el grupo sean razonables y defendibles. “ Luego de que cada revisión es aprobada, las recomendaciones son implementadas a los planes de mantenimiento, incorporando cambios en los procedimientos operacionales estándar del activo y entregando recomendaciones de cambios sobre el diseño a los encargados de realizarlo.<sup>11</sup>”

#### **4.3.4.5 Logros del RCM.**

- Mayor seguridad e integridad ambiental: El RCM actúa para minimizar o eliminar todos los riesgos relacionados con la seguridad y el medio ambiente antes de considerar los riesgos producidos fallas operacionales.
- Mejor funcionamiento operacional: El RCM reconoce que todo tipo de mantenimiento tiene un valor y provee reglas para decidir cuál es el más apropiado para su realización, así nos aseguramos que cada tarea realizada sea la más eficaz para cada activo. El RCM fue desarrollado en la industria aeronáutica para nuevos tipos de aeronaves que aún no entraban en servicio, especialmente equipos en los que no existía ningún tipo de información previa, Esto les ahorra mucho en la prueba de ensayo y error que frecuentemente suceden al momento de implementar algún plan de mantenimiento.
- Mayor rentabilidad del mantenimiento: El RCM se concentra en las actividades de mantenimiento con un mayor desempeño en la planta con el fin de que todo gasto que se genere en mantenimiento sea a beneficio del área que brinde los mejores resultados a la organización. Cuando aplicamos el RCM a un programa de mantenimiento existente, reducimos los trabajos de rutina y si se utiliza para

---

<sup>11</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Asheville: Aladon LLC, 2004. 44p.

implementar un programa nuevo, la carga de trabajo resulta mucho más baja que con los métodos tradicionales.

- Mayor vida útil de componentes costosos: Debido al enfoque de técnicas de mantenimiento basado en la condición.
- Una base de datos global: Un análisis de RCM finaliza cuando se tienen documentados los requisitos de mantenimiento de todos los equipos intervenidos en una organización, así como cuales son los repuestos que deben tenerse en stock. Esto trae ventajas como adaptarnos fácilmente cuando aparece un nuevo modelo y evitar el cambio de personal y la pérdida de experiencia en el proceso que esto provoca.
- Mayor motivación del personal: Esto es para las personas involucradas en el proceso de revisión, aumenta el rendimiento del activo en el contexto operacional y se crea un sentido de pertenencia por parte del personal para afrontar con mayor seguridad los problemas del mantenimiento.
- Mejor trabajo en equipo: El RCM creó un mismo idioma para todas las personas involucradas en el mantenimiento, brindando un mejor entendimiento sobre el mantenimiento del equipo por parte del personal de operaciones y mantenimiento.

## 5. APLICACIÓN DEL RCM

### 5.1 SELECCIÓN DEL EQUIPO

El departamento (Superintendencia) de mantenimiento de Palermo Sociedad Portuaria, ha venido implementando políticas direccionadas a mejorar la conservación de sus activos, modernizar las instalaciones de los hangares de mantenimiento de su maquinaria y actualizar la filosofía de trabajo, de tal forma que se decidió retomar su plan de implementación de RCM en todos sus equipos de puerto iniciando con los montacargas Taylor de 16 toneladas.

El corazón del tren de potencia de dichos montacargas son los motores Cummins QSB 6.7 y la justificación para realizar el análisis de RCM es que dichos equipos tienen una participación muy importante en el proceso de operaciones cargue y descargue de materiales

### 5.2 CONTEXTO OPERACIONAL

Figura 7. Montacargas Taylor TX360



Un elevador es un equipo de motor que cuenta con una plataforma adjunta que se puede subir y bajar. La plataforma puede ser utilizada para insertarla por debajo de un objeto y luego se eleva para moverlo.

La flota de elevadores de PSP cuenta con 8 equipos: 4 equipos marca Taylor que pueden levantar cargas de hasta 16 Ton, 3 equipos marca Kone Crane que también puede levantar cargas de hasta 16 Ton y 1 equipo marca Kone Crane que soporta cargas de hasta 25 Ton; los equipos se movilizan en el terminal portuario según la programación establecida por el área de Operaciones y la Línea de Muelle de las Motonaves que arriban al puerto. Los equipos deben estar disponibles 24 horas al día, los 7 días de la semana, y son operados por personal capacitado que trabaja 12 horas diarias de acuerdo a la programación del área de operaciones. No existen operadores específicos asignados a los equipos, cualquier operador calificado para operar los equipos de 16 Ton, puede en el momento en que se requiera, operar este tipo de máquinas según programación.

Los elevadores se pueden desplazar en el terminal por los patios (asfaltados, no asfaltados o de concreto) de carga del puerto, los muelles y patios adyacentes propiedad del Grupo Coremar; pueden trabajar al aire libre o al interior de las bodegas de almacenamiento de carga ubicadas dentro del terminal, así como en los cobertizos “Manglar” ubicados al lado del Edificio Administrativo. En caso de ser requerido, pueden desplazarse por la vía de acceso al terminal y el corredor de carga, bajo previa autorización. La operación de los elevadores se suspende por completo en caso de lluvias o tormentas eléctricas, esto por normativas de HSEQ de la organización. Estos equipos son aprovisionados de combustible al 100% de su capacidad (67 galones) lo cual equivale a 46 horas de trabajo.

Los elevadores son utilizados tanto para las operaciones marítimas, que incluyen trabajo en muelles, descarga en patios y trabajo a bordo de embarcaciones; como para operaciones terrestres que incluyen servicios como despachos, servicios a la

carga, inspecciones, llenado y vaciado de contenedores, movimientos de carga, aforos, etc. También se emplean ocasionalmente en servicios internos solicitados por algún área de la compañía, por ejemplo, el área de mantenimiento

Si uno de los equipos falla inhabilitando su función principal, las tareas asignadas a éste deberán ser reasignadas y ejecutadas por los equipos restantes dependiendo de la programación; en caso de no poder suplir la falta del equipo con algún equipo propio, sería necesario recurrir al uso de equipos externos bajo la modalidad de subcontratación ya que ninguno de los elevadores se utiliza como equipo de respaldo. Adicionalmente, si un equipo queda fuera de servicio, además de incurrir en sobre costos por la subcontratación de elevadores externos, se pueden llegar a retrasar las operaciones programadas provocando quejas de los clientes e incluso penalizaciones para la compañía.

## **DISPONIBILIDAD DE TÉCNICOS**

El departamento de mantenimiento mecánico cuenta con el siguiente personal técnico

- 7 técnicos mecánicos
- 3 técnicos electricistas
- 1 técnico especialista en aire acondicionado
- 2 llaneros
- 1 soldador líder y 1 soldador auxiliar

Para garantizar la atención de novedades en el puerto las 24 horas del día, se asigna un técnico mecánico de día y uno de noche en turno de 12 horas cada uno, los 365 días del año. Los técnicos electricistas y llaneros cumplen turnos de 12

horas diurnas. El resto de personal cumple con turno de 8 horas de lunes a viernes para la atención a mantenimientos preventivos o novedades presentadas en los equipos. En caso de ser requerido personal adicional al que se encuentra prestando turno el fin de semana para realizar actividades puntuales, se coordinan turnos adicionales con los técnicos necesarios.

Si algún elevador falla en el turno diurno, se puede verificar la programación de todo el personal con el fin de suplirlo; la inspección del equipo sería llevada a cabo por uno de los dos supervisores del área, el cual trabaja en turnos de 8 horas de lunes a viernes y turnos de 12 horas fines de semana, un técnico mecánico de guardia, un técnico mecánico de planta y el Ingeniero Jefe de Equipos. El tiempo medio de reacción ante una emergencia no debe ser mayor a 6 horas. Normalmente se detienen las actividades programadas con el fin de dar atención inmediata a las novedades, para poder regresar el equipo a operación en el menor tiempo posible. En caso de fallar en turno nocturno, el equipo únicamente podrá ser revisado por el técnico mecánico de guardia, en caso de presentarse un problema mayor que requiera de más personal, repuestos, herramientas etc, se debe reportar la novedad al Ingeniero encargado del área quien dependiendo de la situación tomará las medidas necesarias.

## **DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS**

Se mantienen relaciones comerciales con el distribuidor IDICO quien es el representante autorizado de la marca Taylor en la ciudad de Barranquilla. Ellos cuentan con los repuestos de mayor rotación en su almacén. En caso de necesitar algún repuesto de alta rotación que no se tenga en el almacén de PSP, tomaría 3 días recibirlo por parte del proveedor después de generada la Orden de Compra

Para atención a las necesidades de los motores marca Cummins se cuenta con el proveedor “Cummins Norte de Colombia”, para la atención a las necesidades de las transmisiones marca DANA, se cuenta con el proveedor “Maestranza Diésel”, quienes son representantes directos de fábrica. Los tiempos de repuesta de estos proveedores varían dependiendo del tipo de repuesto, si son de alta o baja rotación. Para los repuestos de alta rotación la respuesta es de máximo 2 días, para los de baja rotación la respuesta es de cerca de 3 semanas ya que normalmente son repuestos que involucran importación. Estos tiempos son después de entregar la orden de compra correspondiente.

Por otro lado, en el almacén de PSP se cuenta con repuestos de alta rotación como filtros, fusibles, luces, cables, plumillas, llantas, entre otros.

## **ESTÁNDARES MEDIO AMBIENTALES**

Para las consideraciones del control de fugas y derrame de líquidos, PSP cuenta con kits de derrames y personal debidamente capacitado para la operación de los elevadores y su mantenimiento. Los kits antiderrames cuentan como mínimo con los siguientes materiales: Paquete de paños oleofílicos x 100 unidades, 2 Pares de guantes de nitrilo, 1 Pala plástica antichispa, Bolsas rojas x 15 unidades, 2 Gafas de seguridad transparentes, 2 Respirador de gases con cartuchos de vapores, 1 Rollo de cinta de señalización, 1 Linterna antiexposición, 2 trajes desechables tibek, 15 kilos Adsorbente NOW para atención a derrames, 3 barreras oleofílicas 200cm x 8 cm, 1 chaleco reflectivo. Estos kits se encuentran ubicados uno en cada cabina del equipo, y adicional en el área de mantenimiento se cuenta con un kit por hangar.

Para control de emisiones, se toma como referencia lo establecido por la norma nacional del MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO

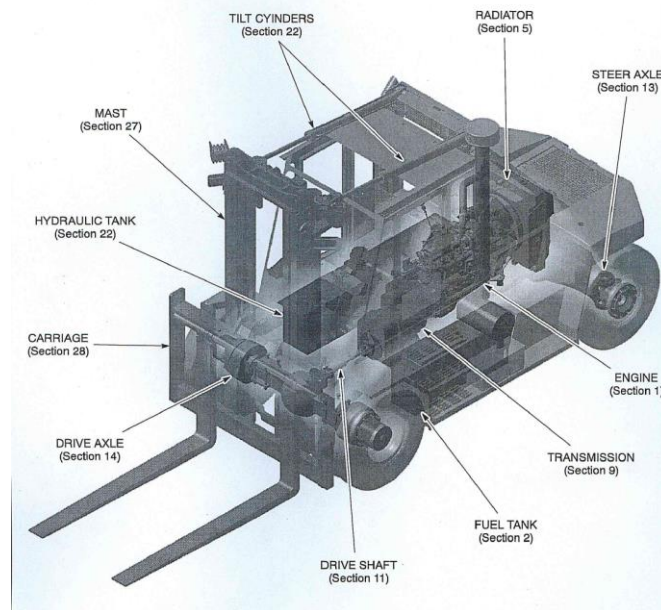
TERRITORIAL Resolución 0910 Artículo 8 Tabla 2, Límites máximos de opacidad permisibles para vehículos accionados con diésel (ACPM) en aceleración libre.

Cuadro 2. Límites máximos permisibles para vehículos ACPM

<b>Año modelo</b>	<b>Opacidad (%)</b>
1970 y anterior	50
1971 – 1984	45
1985 – 1997	40
1998 y posterior	35

Los análisis de opacidad para los elevadores Taylor, se realizan con el fin de determinar si están cumpliendo con la normativa mencionada anteriormente; en caso de no cumplirla, se realizan acciones para determinar la causa del incumplimiento e implementar las soluciones necesarias.

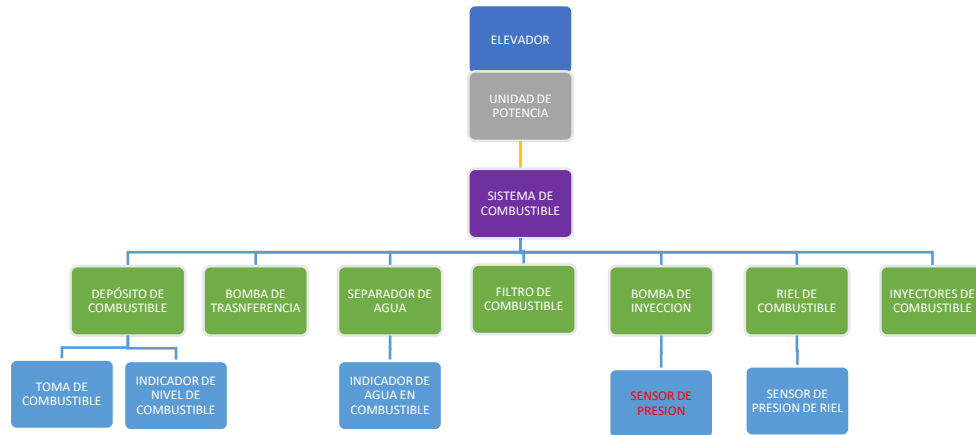
Figura 8. Componentes mayores montacargas Taylor TX 360



Fuente: TAYLOR INTERNACIONAL. [En línea]. [Recuperado el 24 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.taylorintl.com/es-mx/international-used-forklifts.html>

### 5.2.1 Contexto operacional sistema de combustible.

Figura 9. Diagrama de bloque del sistema de combustible



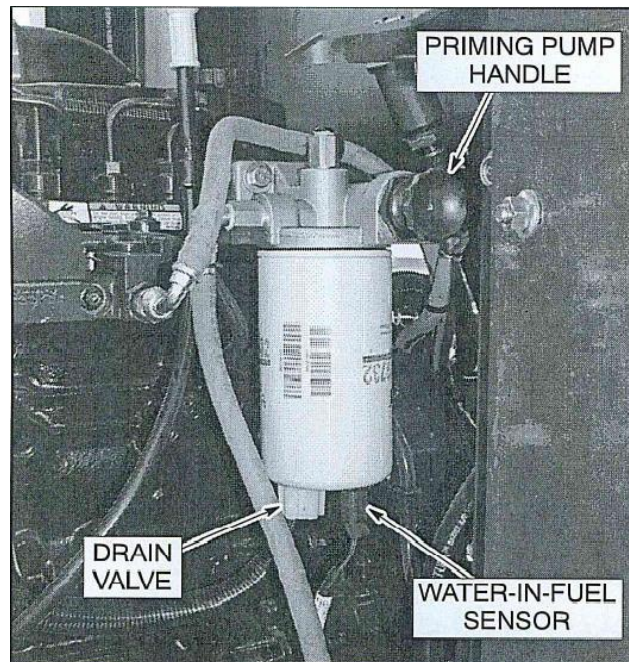
El sistema de combustible de un motor diésel tiene como misión entregar la cantidad correcta de combustible limpio, a su debido tiempo y en forma sincronizada en la cámara de combustión del motor.

El sistema de alimentación suministra el combustible a una bomba de transferencia accionada por el mismo motor y sincronizada con éste, haciendo un recorrido que inicia por el filtro separador de agua y partículas de combustible, llegando de manera constante a la bomba de inyección para elevar la presión necesaria en el riel de combustible y así poder inyectar en cada cilindro en el momento preciso, la cantidad de combustible requerida.

El combustible se extrae del depósito el cual tiene una capacidad de 52 galones a través de la poma o toma de combustible donde pasa por un separador de agua y un filtro de partículas. El filtro separador está diseñado para separar el agua del

combustible por diferencia de densidades; cuenta con una bomba de vacío manual (bombín) que permite el llenado del filtro y las mangueras en caso de presentarse un vacío en el sistema, y está dotado de un sensor que registra la presencia de agua y envía una señal al monitor de la cabina (TICS – Taylor Integrated Control System) del operario la cual genera un cuadro de diálogo con la leyenda de “warning – System Fault” cuando se detecta presencia de agua en el combustible. Al visualizar dicha alarma, el operador da la alerta al personal de mantenimiento para que realizar el drenaje manual del agua por medio de una válvula ubicada en la parte inferior del separador.

Figura 10. Separador Agua-Combustible.



Fuente: CUMMINS. [En línea]. [Recuperado el 24 de junio de 2020]. Disponible en: <https://quickserve.cummins.com/info/qsol/products/summary.html>

El filtro de combustible con P/N: P550880 contiene las partículas sólidas menores a 4 micrones con una eficiencia del 99%. La máxima presión de restricción en la entrada del combustible es de 20KPa.

Figura 11. Filtro de combustible.



Fuente: CUMMINS. [En línea]. [Recuperado el 28 de junio de 2020]. Disponible en: <https://quickserve.cummins.com/info/qsol/products/summary.html>

El depósito de combustible está provisto de un tapón roscado en su parte inferior para permitir el drenaje del mismo y cuenta además, con un sensor de nivel de tipo resistivo contenido en el tanque. El operador puede visualizar el nivel de combustible por medio de un reloj indicador analógico ubicado en la cabina del equipo, el cual indica la cantidad de combustible

Por medio de las leyendas “empty” o “full” y se ilumina para alertar al operador cuando el nivel de combustible está llegando al 15% de su capacidad.

El combustible es transportado desde el depósito, pasando por los filtros a una bomba de transferencia que maneja un caudal máximo de 205 Kg/h a una presión aproximada de 44-189 psi, la cual envía el combustible al riel que se encarga de distribuirlo uniformemente por tuberías a cada uno de los puntos de inyección haciendo uso de unos cabezales de alta presión ubicados en la misma bomba (bomba de inyección). El combustible que entra a esta bomba es presurizado de

3626 a 23206 psi, mediante unos émbolos de forma y mecanizado particular que son accionados por un sistema de levas. El combustible sigue su curso entonces, por una tubería hasta los inyectores que con el pulso de presión del fluido, abren e inyectan el combustible que ingresa en la cámara de combustión del motor, finamente pulverizado. La cantidad de combustible que inyecta cada émbolo de la bomba se regula haciéndolo girar por medio de un sistema de piñón y cremallera, con este giro del émbolo se pone en comunicación la cámara donde se encuentra el combustible ingresado con una ranura helicoidal mecanizada en el émbolo, dejando salir el excedente de combustible de regreso a su depósito original y limitando así la cantidad inyectada al motor.

El riel actúa como un múltiple del combustible, acumulando y distribuyendo combustible a cada una de las líneas de suministro del inyector de cada cilindro. El riel cuenta con un sensor de presión ubicado al final del mismo, el cual mide la diferencia de la presión entregada contra la de retorno garantizando una distribución uniforme. La presión medida por el sensor de presión es usada por el ECM para ajustar la salida de combustible de la bomba de inyección (bomba de alta presión). Si el sensor detecta presiones por encima o por debajo de las presiones de trabajo del motor, inmediatamente envía una señal al monitor de la cabina y activa un cuadro de diálogo con la leyenda “STOP – Engine Shutting Down” que titilará por 30 segundos para alertar al conductor antes de detener el equipo completamente. El rango de presión en el riel que maneja el motor Cummins QSB6.7 es de 250 a 1600 bares.

El riel del combustible contiene también una válvula de alivio de presión, que es una válvula de seguridad usada para purgar presión excesiva, si la presión del riel excede 1600 bares. El combustible purgado por la válvula de alivio, es regresado al tanque a través de una línea de drenado conectada al riel del combustible.

Posteriormente los inyectores generan un patrón de aspersión cónico de combustible el cual es finalmente pulverizado desde la punta de los mismos hacia el interior de la pre cámara de combustión después de que el ECM (Engine Control

Module) les envíe una señal eléctrica según las condiciones de operación del motor. Finalmente, el combustible no utilizado es retornado al depósito de combustible para su posterior utilización.

Figura 12. Diagrama de Entradas y Salidas Sistema de Combustible.



Fuente: CUMMINS. [En línea]. [Recuperado el 24 de junio de 2020]. Disponible en: <https://quickserve.cummins.com/info/qsol/products/infoandtools/qsol.html>

## FUNCIONES SISTEMA DE COMBUSTIBLE

### Función Principal

- Suministrar 205 Kg/h de combustible desde el depósito hacia los inyectores del motor.

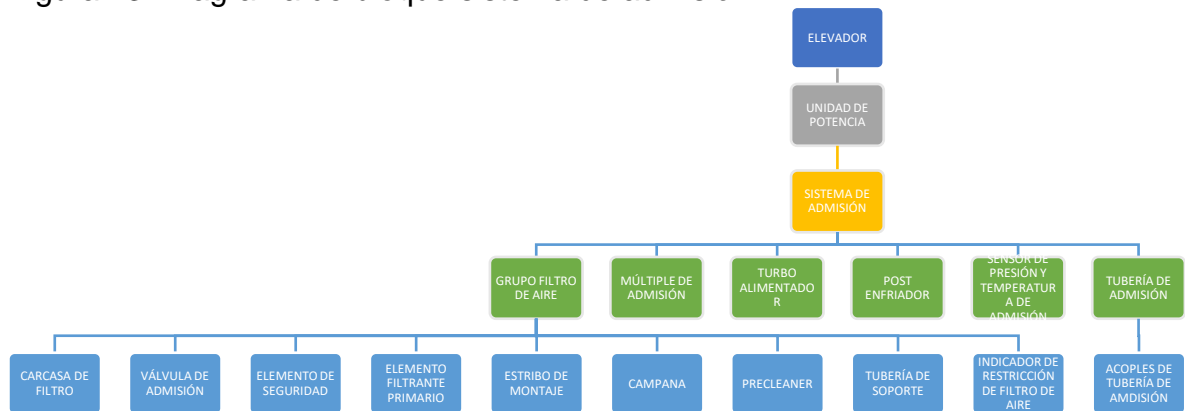
### Funciones Secundarias

- Contener el combustible.
- Permitir drenar el agua separada en el fondo del filtro separador.
- Prevenir que partículas mayores a 4 micrones ingresen al sistema.

- Separar el agua contenida en el combustible.
- Permitir el cebado del filtro de combustible y las líneas.
- Permitir el drenaje del tanque de combustible.
- Retornar el combustible que no se utilizó al depósito.
- Activar una alarma visual en el monitor de la cabina cuando se detecte presencia de agua en el combustible.
- Indicar la presión del riel de combustible con una desviación máxima de  $\pm 2\%$  de la presión real.
- Activar una alarma en el monitor de la cabina cuando la presión del riel supere 1600 bares.
- Permitir aliviar la presión del riel de combustible si la presión del mismo excede 1600 bares.
- Lucir de acuerdo a los estándares corporativos.

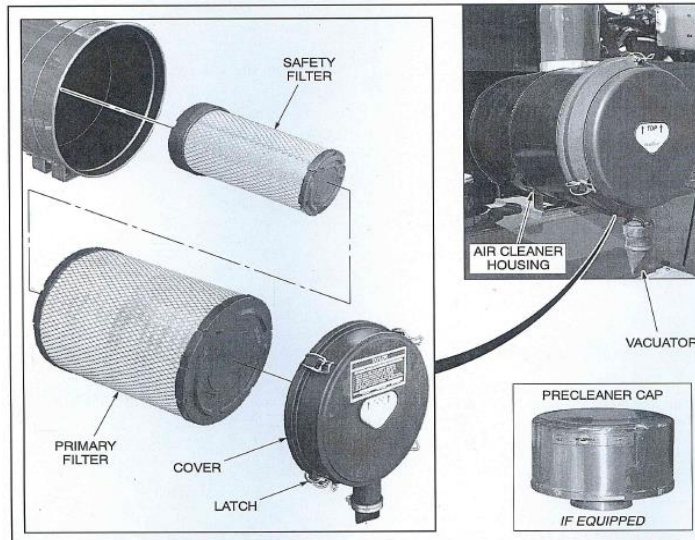
## 5.2.2 Contexto operacional sistema de admisión.

Figura 13. Diagrama de bloque sistema de admisión



El Sistema de Admisión del motor Cummins QSB6.7 está compuesto por el grupo de filtros de aire, el turbo alimentador, el post enfriador, el múltiple de admisión y el sensor de presión y temperatura de admisión. Su función principal consiste en proveer aire limpio para obtener una combustión óptima y permitir una eficiente operación del motor. Un sistema de admisión ineficiente afectará de manera adversa el desempeño, las emisiones y la vida útil del motor.

Figura 14. Grupo de filtros de aire



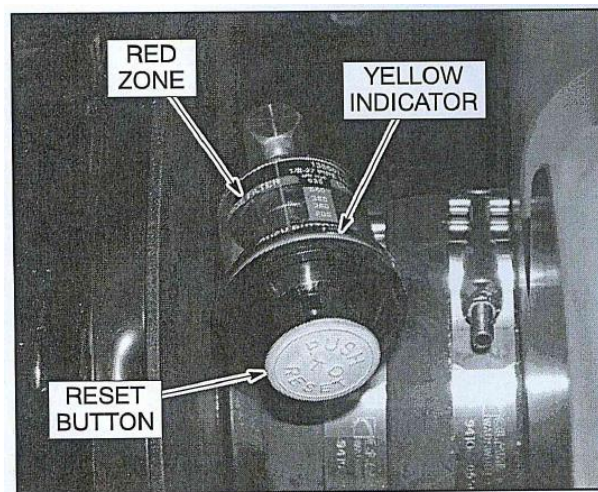
Fuente: CUMMINS. [En línea]. [Recuperado el 29 de junio de 2020]. Disponible en: <https://quickserve.cummins.com/info/qsol/products/summary.html>

El grupo de filtros de aire está compuesto por un filtro primario, un filtro de seguridad, un limpiador de aire, un pre limpiador, drenaje y un indicador de restricción de aire. El grupo de filtros de aire está diseñado para filtrar de manera rápida y eficiente; el aire de entrada ingresa al pre limpiador, pasando a través de una rampa helicoidal que hace que el aire de entrada se mueva con mayor velocidad lo que permite que el 85% del polvo sea separado del aire por la acción centrífuga del mismo. El polvo es forzado entonces a salir por el drenaje. Posteriormente, el aire pasa a través del filtro primario y el filtro de seguridad donde el resto del polvo es removido antes de que entre al motor.

El grupo de filtros de aire cuenta con un indicador de restricción de aire amarillo, el cual se desplaza hasta la zona roja cuando es necesario realizar limpieza o cambio de los filtros ya que se ha cumplido el intervalo de servicio, como se observa en la

figura. Cuando la presión de entrada de aire es mayor a 6.2 KPa, el filtro se encuentra sucio y es necesario realizar el mantenimiento o sustitución del mismo.

Figura 15. Indicador de Restricción de Aire



Fuente: CUMMINS. [En línea]. [Recuperado el 24 de junio de 2020]. Disponible en: <https://quickserve.cummins.com/info/qsol/products/summary.html>

Luego de que el aire pasa por el grupo de filtros es conducido a través de una tubería hacia un turbo alimentador. El turbo es un componente de mecanismo muy simple y de alta tecnología, a través del cual se logra una importante mejora en el rendimiento térmico de los motores de combustión por medio de la comprensión del aire de entrada. Para su funcionamiento es activado por la energía que normalmente se pierde a través de la emisión de gases hacia el ambiente y está lubricado con aceite del motor para refrigerarlo. Estos gases de escape tienen una importante cantidad de energía cinética que es aprovechada por el turbo alimentador a través de un eje compartido que une las aspas de una turbina de salida con las del compresor de entrada, logrando con esto un gran aumento de la presión del aire de entrada al motor.

El turbo alimentador introduce mayor cantidad de aire presurizado al motor, haciendo que la combustión genere mayor torque sobre el punto de contacto con el pistón y se transfiera en mayor torque al motor.

El aire presurizado que sale del turbo compresor pasa posteriormente a un post enfriador ubicado en uno de los pánels del radiador. El Post enfriador tiene como función enfriar por medio de agua, el aire que entra a los cilindros para disminuir su temperatura logrando con esto un aumento en la cantidad de oxígeno, así se aumenta la eficiencia del motor y se disminuyen las emisiones contaminantes. La temperatura máxima permitida de los gases a la entrada del motor es de 17°C.

**5.2.3 Contexto operacional sistema de escape.** El sistema de escape es responsable de evacuar los gases de escape generados por el motor hacia la atmósfera y proveer supresión de ruido. El Sistema de escape está compuesto por el múltiple de escape y el silenciador.

El múltiple de escape recoge en una sola tubería la salida de los gases de escape de cada uno de los cilindros para enviarlos al silenciador. Una vez los gases llegan al silenciador, este se encarga de absorber el ruido producido por la violenta descompresión de los gases de escape ocasionados por el funcionamiento del motor. La presión de salida de los gases de escape con máxima carga es de 10.2 KPa.

Figura 16. Diagrama de Entradas y Salidas Sistema de Admisión y Escape.



Fuente: CUMMINS. [En línea]. [Recuperado el 24 de junio de 2020]. Disponible en: <https://quickserve.cummins.com/info/qsol/products/infoandtools/qsol.html>

## FUNCIONES SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE

### ➤ Función Principal

- Proveer aire limpio, presurizado, con una temperatura no mayor a 17°C y una presión de entrada de hasta 6,2 KPa a la cámara de combustión.

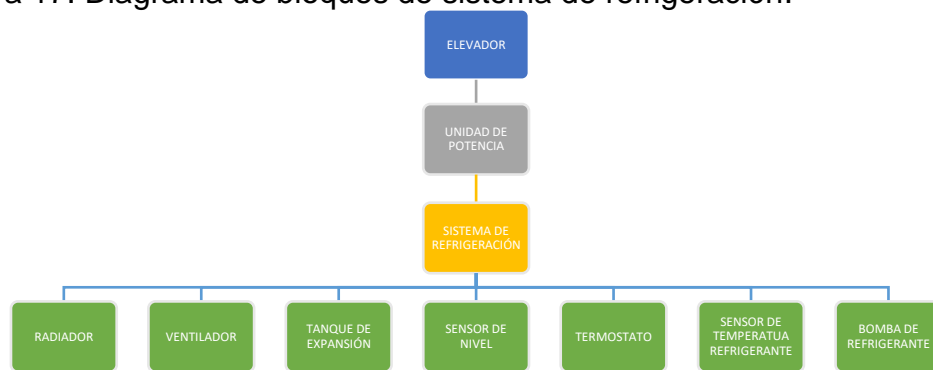
### ➤ Funciones Secundarias

- Permitir la salida de los gases de escape con una presión de 10.2 KPa a máxima carga
- Permitir eliminar el polvo y la contaminación recolectada por el grupo de filtros.
- Indicar la necesidad de realizar el cambio de filtro o limpieza del mismo.
- Contener las partículas sólidas.
- Reducir el nivel de ruido producido por la descompresión de los gases a la salida del motor.

- Prevenir el contacto de las personas y objetos con la superficie caliente del escape.
- Lucir de acuerdo a los estándares corporativos.

#### 5.2.4 Contexto operacional sistema de refrigeración

Figura 17. Diagrama de bloques de sistema de refrigeración.



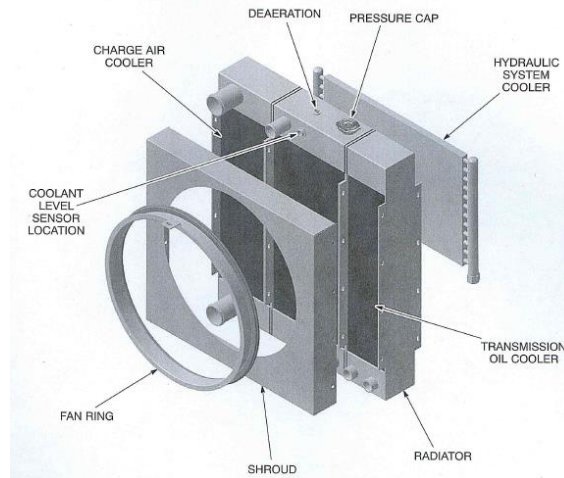
El sistema de refrigeración del motor Cummins QSB6.7 está compuesto por el radiador, el ventilador, un tanque de expansión, un sensor de nivel, el termostato, un sensor de temperatura y la bomba de refrigerante. Su función principal es que los diferentes componentes del motor se mantengan en temperaturas seguras para evitar que el motor sufra desgastes prematuros o daños importantes y lograr con ello su máximo rendimiento.

Cuando el motor se enciende, la bomba hace circular líquido refrigerante a 64 gal/min desde el radiador hacia el bloque del motor. El refrigerante circula a través del bloque hasta que alcanza una temperatura específica, en este punto el termostato empieza a abrirse y permite que el flujo de refrigerante sea dirigido hacia la parte superior del radiador.

La función del termostato es permitir o no la circulación del refrigerante hacia el interior del motor. Este elemento funciona como una válvula que permanecerá cerrada debajo de los 88°C y se abrirá completamente cuando la temperatura del líquido alcance los 96°C permitiendo el paso del refrigerante hacia el radiador. Con esto se permite que el motor alcance su temperatura ideal de operación en menos tiempo.

El radiador se encarga de recircular el refrigerante a través de unos serpentines que ayudan a mantener su temperatura dentro del rango térmico requerido junto con la ayuda de un ventilador mecánico que es activado cada vez que se enciende el motor. El radiador cuenta con un sensor de nivel de refrigerante que indica el nivel contenido en el mismo. La capacidad de refrigerante en el sistema (radiador y motor) es de 8 Galones y la presión interna en el radiador es de 16 PSI (110KPa).

Figura 18. Componentes del sistema de refrigeración



Fuente: CUMMINS. [En línea]. [Recuperado el 24 de junio de 2020]. Disponible en: <https://quickserve.cummins.com/info/qsol/products/summary.html>

El sistema cuenta además con un sensor de temperatura el cual activa la señal del testigo de temperatura de refrigerante del motor en el monitor de la cabina; la cual pasa de blanco a rojo cuando la temperatura llega a 103°C. En este momento, el operario debe apagar el equipo ya que se pueden generar daños en el motor si se sigue trabajando por encima de este valor.

El tanque de expansión contribuye a mantener el nivel de refrigerante del sistema. Con la alta temperatura, el líquido aumenta de volumen (gas) y el vaso de expansión almacena el exceso de líquido enfriándolo y regresándolo al sistema cuando es requerido por el mismo.

Figura 19. Diagrama de Entradas y Salidas Sistema de Refrigeración



Fuente: CUMMINS. [En línea]. [Recuperado el 27 de junio de 2020]. Disponible en: <https://quickserve.cummins.com/info/qsol/products/infoandtools/qsol.html>

## FUNCIONES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

- Función Principal

- Suministrar 64 gal/min de refrigerante al sistema con una temperatura máxima de operación de 107°C.

➤ Funciones Secundarias

- Contener Refrigerante
- Activar una alarma visual en el monitor de la cabina si la temperatura del refrigerante llega a 103°C.
- Controlar el paso del refrigerante hacia el radiador o la recirculación en el motor cuando la temperatura oscile entre 88°C y 96°C.
- Permitir mantener la presión interna del radiador en 16 PSI.

**5.2.5** Contexto operacional del sistema de lubricación.

Figura 20. Diagrama de bloques del sistema de lubricación



El sistema de lubricación del motor se encarga de lubricar, refrigerar, limpiar, proteger y sellar los componentes del motor. Está compuesto por la bomba, el carter, poma de succión, el filtro de aceite, un enfriador de aceite, la válvula reguladora de presión, un sensor de temperatura de aceite, sensor de presión de

aceite y sensor de bajo nivel de aceite. La presión de aceite es suministrada por una bomba de engranajes y controlada por una válvula reguladora de presión. El eje de la bomba va unido por un piñón al sistema de distribución del motor que hace funcionar la bomba, de esta manera el aceite es aspirado por el colador de succión y enviado por la tubería de presión. La bomba de aceite funciona cada vez que el motor está girando para proveer circulación continua del aceite a través del motor. La válvula reguladora de presión tiene como misión limitar la presión máxima de aceite en el motor. Cuando el aceite está muy frío y viscoso, se puede producir una sobrepresión en las líneas de aceite que podría afectar algún componente del motor. Solamente lleva un muelle tarado a la presión nominal del sistema, que cuando es vencido por un exceso de presión envía parte del aceite de nuevo al cárter sin pasar por el sistema. El rango de apertura de la válvula reguladora en el motor Cummins QSB6.7 es de 65 psi (448kPa) a 75 psi (517 kPa).

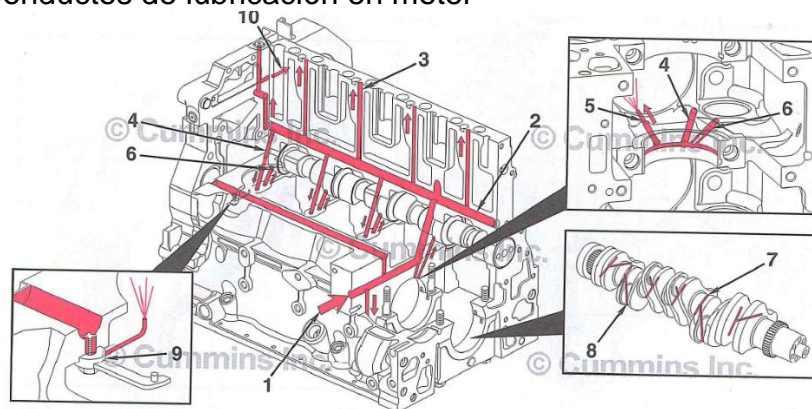
Antes de entrar al bloque del motor y los demás elementos que trabajan con aceite, éste pasa a través de un filtro de aceite que es el encargado de retener las impurezas contenidas en el que no pudieron ser retenidas por el colador o malla. El filtro está provisto a su vez de una válvula de seguridad que garantiza el paso de aceite al circuito de lubricación en caso de presentarse una obstrucción del elemento filtrante; esta válvula se abre cuando la presión de aceite supera 50 psi (345 kPa). El sistema cuenta también con un enfriador de aceite el cual está constituido por una serie de conductos por los que circula en su interior el aceite y por el exterior agua con el fin de mantener el aceite dentro de la temperatura máxima permitida de operación que son 138°C.

El aceite procedente del conducto principal llega a los casquillos de bancada a través de unos conductos y de éstos al cigüeñal por unos orificios practicados en los casquillos de la bancada. El lubricante pasando por unos conductos realizados en el interior del cigüeñal, lubrica los cojinetes de biela y surtidores de las mismas. A su vez, llega a unos pulverizadores de aceite instalados en el bloque, orientados estratégicamente para que el chorro de aceite a presión incida en la parte inferior

de la cabeza del pistón, refrigerando éste y al mismo tiempo para que la niebla de aceite engrase el pie de biela, bulón, pistón, segmentos y cilindro.

A través de uno o varios conductos secundarios del bloque, el aceite llega a los distintos órganos en movimiento montados en la culata; el árbol o los árboles de levas y sus levas, balancines y su eje, y empujadores como se muestra en la Figura 18

Figura 21. Conductos de lubricación en motor



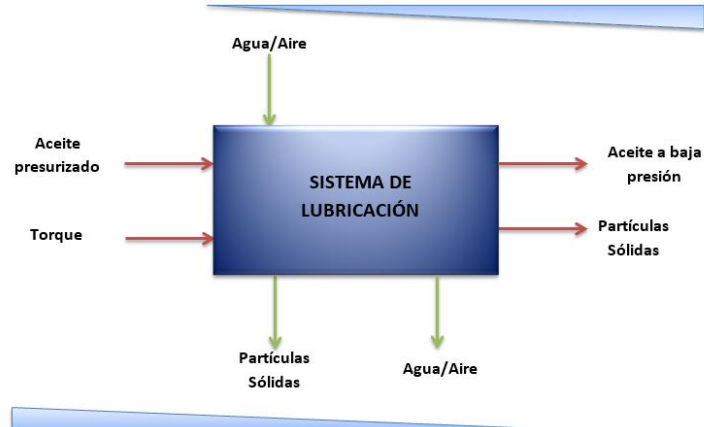
Fuente: CUMMINS. [En línea]. [Recuperado el 24 de junio de 2020]. Disponible en: <https://quickserve.cummins.com/info/qsol/products/summary.html>

Dada la importancia que tiene que el nivel de aceite sea el correcto, el sistema también dispone de un indicador de nivel, que básicamente es una varilla donde van marcados dos niveles, el máximo y el mínimo, debiéndose encontrar siempre el nivel de aceite entre esas dos marcas, y nunca rebasar ninguna de ellas. La varilla incorpora una junta elástica que asegura la estanqueidad entre ella y el bloque.

Un sensor de presión de aceite está instalado en el sistema para monitorear la presión en el mismo. Este sensor activa una señal luminosa roja (Figura 16) en el monitor de la cabina cuando la presión de aceite está por debajo de 10 psi a 750

rpm o cuando la presión es menor a 40 psi a 1600 rpm. En condiciones normales de operación, la señal del sensor de presión de aceite aparecerá en color blanco en el monitor.

Figura 22. Diagrama de Entradas y Salidas Sistema de Lubricación



Fuente: CUMMINS. [En línea]. [Recuperado el 24 de junio de 2020]. Disponible en: <https://quickserve.cummins.com/info/qsol/products/summary.html>

## FUNCIONES SISTEMA DE LUBRICACIÓN

### ➤ Función Principal.

- Suministrar aceite a una presión entre 10 psi (69 kPa) a 750 rpm y 55.1 psi (380 kPa) a 2200 rpm

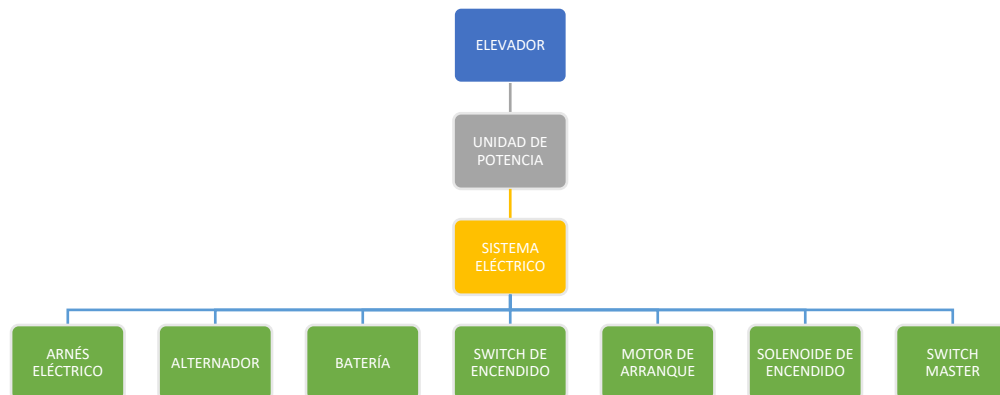
### ➤ Funciones Secundarias.

- Regular la presión de entrada de aceite al sistema entre 65 psi y 75 psi.
- Habilitar el paso del aceite sin filtrar hacia el sistema cuando la presión dentro del filtro exceda 50 psi.
- Permitir verificar el nivel de aceite del motor.

- Permitir drenar el aceite contenido en el cárter.
- Mantener el aceite a una temperatura no mayor a 138°C.
- Contener aceite.
- Función del filtro
- Retener partículas
- Activar un indicador de presión de aceite en el monitor de la cabina cuando la presión está por debajo de 10 psi a 750 rpm o cuando es menor de 40 psi a 1600 rpm.

### 5.2.6 Contexto operacional sistema eléctrico.

Figura 23. Diagrama de bloques del sistema eléctrico



El elevador de 16 Ton incorpora un sistema eléctrico de 12 V DC. Está compuesto por una batería, un alternador, un regulador de voltaje, el switch de encendido, y el solenoide del encendido. A su vez, tiene elementos como luces, interruptores, breakers y demás accesorios relacionados.

La función básica del sistema eléctrico consiste en suministrar la energía necesaria para arrancar el motor, utilizar luces, accesorios eléctricos, instrumentos,

indicadores etc. Los componentes electrónicos que forman parte del sistema eléctrico sirven en su mayoría para efectuar un control más fino de los distintos componentes como la inyección del motor, control de cambios de la servo transmisión, control de las funciones hidráulicas, etc., y todo ello de una forma que permite el ajuste o modificación de los parámetros de funcionamiento, de manera que la máquina se adapte en cada momento a las condiciones en que trabaja, de una forma automática.

Para efectuar la carga y el arranque, el sistema se compone de una batería, un motor de arranque y alternador con su regulador incorporado. La batería es la encargada de mantener una reserva de corriente para hacer funcionar el arranque y los accesorios mientras la máquina esta parada. También actúa de reserva cuando el alternador no es suficiente porque el consumo eléctrico momentáneo supera su capacidad de producir corriente, y estabiliza el sistema absorbiendo las cargas puntuales que se producen cuando se enciende o apaga algún componente de fuerte consumo. Normalmente suelen ser de plomo y ácido.

El motor de arranque va montado en la carcasa del volante del motor de manera que, mediante una corona dentada, al accionar la llave de encendido hace girar el cigüeñal del motor para que comience el ciclo de combustión. Lleva incorporado un relé que tiene la función doble de desplazar el piñón del arranque para que engrane con la corona y a la vez cierra el circuito de potencia que hace girar el arranque.

El alternador es el encargado de producir la corriente necesaria para recargar la batería después del proceso de arranque y suministra corriente a los demás accesorios de la máquina mientras el motor diésel está en funcionamiento. El alternador provee 13.8 – 14.4 VDC a 130 Amperios. Lleva incorporado un regulador interno que evita que se produzca más corriente que la demanda existente en el circuito.

Cuando se activa el interruptor (switch) de encendido, fluye una pequeña cantidad de corriente desde la batería hasta el solenoide de encendido y de regreso a la batería a través del circuito a tierra. El motor de arranque toma la energía eléctrica de la batería y la convierte en energía mecánica giratoria para arrancar el motor. El

proceso es similar al de otros motores eléctricos; todos los motores eléctricos producen una fuerza de giro por acción de los campos magnéticos que actúan dentro del mismo.

El switch master desconecta o conecta las baterías del sistema eléctrico, está ubicado al lado de las baterías. Actúa con llave, y desconecta la alimentación de las baterías del sistema eléctrico. Generalmente es usado al momento de realizar intervenciones de mantenimiento.

En el monitor de la cabina, hay un indicador del estado de la carga de la batería. Este ícono cambia de blanco a rojo cuando el voltaje de la batería es menor a 9 VDC o cuando es mayor a 15 VDC. El ícono permanecerá blanco cuando el voltaje de la batería se encuentre entre 9 VDC y 15 VDC. Si este ícono cambia de blanco a rojo, la máquina debe ser detenida inmediatamente.

El sistema cuenta con un breaker de 90 amperios ubicado en la parte derecha del motor, este breaker se resetea automáticamente después que se dispara. Su función es proteger toda la máquina y el circuito eléctrico de sobrecargas que puedan dañar los componentes. Si este breaker se dispara la máquina queda totalmente inoperativa.

El relé del encendido es de 30 Amperios, su función es alimentar el solenoide de poder.

## **FUNCIONES SISTEMA ELÉCTRICO**

➤ Función principal.

- Suministrar 12 VDC en el ciclo de arranque del motor

➤ Función secundaria.

- Suministrar entre 13.8 V a 14.4 VDC a 130 Amperios a la batería y demás accesorios en la operación normal del motor

- Activar una alarma en el monitor de la cabina cuando el voltaje de la batería está por debajo de 9 VDC o por encima de 15 VDC.
- Apagar el equipo si la corriente del motor sobrepasa 90 amperios.

### 5.2.7 Contexto operacional bloque motor.

Figura 24. Diagrama de bloques del bloque motor.



El bloque del motor Cummins QSB6.7 está compuesto por la culata, cilindros, pistones, bielas, bancada, cigüeñal, volante y ejes de levas.

Un motor diésel funciona mediante la ignición (encendido) del combustible al ser inyectado muy pulverizado y con alta presión en una cámara de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de auto combustión, sin necesidad de chispa como en los motores de gasolina. Ésta es la llamada auto inflamación.

La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión que se produce en el segundo tiempo del motor, la compresión. El combustible se

inyecta en la parte superior de la cámara de combustión a gran presión desde unos orificios muy pequeños que presenta el inyector de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión (entre 700 y 900 °C). Como resultado, la mezcla se inflama muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo.

Esta expansión, a diferencia del motor de gasolina es adiabática generando un movimiento rectilíneo a través de la carrera del pistón. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento rectilíneo alternativo del pistón en un movimiento de rotación.

El sistema de bloque del motor comienza cuando el motor de arranque transmite movimiento al volante con una la fuerza necesaria para vencer la resistencia inicial de los componentes cinemáticos del motor, que a su vez mueven al cigüeñal que por medio de los engranajes transmite movimiento al árbol de levas.

El árbol de levas está fabricado en hierro fundido, este gira entorno a su propio eje empujando las válvulas contra la resistencia de sus resortes produciendo el cierre o apertura de las mismas.

Cuando el árbol de levas empieza a girar se abren las válvulas de admisión permitiendo la entrada de aire a la cámara de combustión y el pistón comienza su desplazamiento desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior por el movimiento que le transmite el cigüeñal, comenzando así el tiempo de admisión. Cuando el pistón se encuentra totalmente en el punto muerto inferior, las válvulas de admisión se cierran completamente y el pistón comienza nuevamente a subir comprimiendo el aire, esto es lo que conocemos como tiempo de compresión; después de que se realiza la compresión deseada, el inyector suministra la cantidad de combustible pulverizado requerido para completar el tercer ciclo de fuerza o explosión, esta reacción impulsa el pistón nuevamente hacia el punto muerto inferior y este a su vez transmite un movimiento rectilíneo al cigüeñal el cual lo transforma en movimiento angular para transmitirlo al volante , nuevamente el pistón comienza a subir y las válvulas de escape se abren permitiendo la salida de los

gases quemados, terminando así con el tiempo de escape y con un ciclo que se repite constantemente.

El sistema del bloque del motor cuenta con un sensor de velocidad (engine speed sensor) ubicado en el cigüeñal que se emplea para medir el número de revoluciones del motor y detectar la posición del cigüeñal; el número de revoluciones se calcula mediante el intervalo de tiempo entre las señales del sensor. La señal de este sensor es una de las unidades más importantes del ECM.

y un sensor de posición (engine position sensor) ubicado en el árbol de levas

Cuadro 3. Hoja de información RCM N° 1 Sistema de combustible

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)								
HOJA DE INFORMACIÓN RCM								
SISTEMA		MOTOR CUMMINS QSB 6.7		REALIZADO POR:		José Luis Ramírez R		
SUB-SISTEMA		COMBUSTIBLE		FECHA DE ANÁLISIS:		Agosto 2020		
N°	FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	N°	MODOS DE FALLA	N°	EFFECTO DE FALLA (Que ocurre)	
1	Abastecer e inyectar el combustible a las cámaras en el momento preciso para generar una correcta combustión.	1	Incapaz de inyectar el combustible a la cámara.	1	Cañería hacia los filtros de combustible obstruida.	1	El combustible impulsado por la bomba de transferencia no llega a los filtros.	
				2	Filtros de combustible saturados	1	Los filtros no permiten el paso del combustible hacia las válvulas de regulación.	
				3	Válvula de regulación atascada	1	La válvula de regulación atascada en su posición cerrada no permite el paso del combustible hacia los inyectores.	
		2	Inyecta el combustible de una manera deficiente.		1	Filtros de combustible sucios	1	La suciedad en los filtros no permite el buen paso del combustible hacia los inyectores.
					2	Boquillas de los Inyectores obstruidas	1	La obstrucción de algunos inyectores impide que el combustible llegue a las cámaras y que el motor trabaje a la potencia indicada.
					3	Boquillas de los inyectores desgastadas	1	Exceso de combustible en la cámara de combustión
					4	Mala sincronización del motor	1	La inyección del combustible de manera adelantada o retardada produce pérdida de potencia en el motor así como una mala combustión y pérdidas de combustible.
2	Bombear el combustible a una presión mínima de 2626 psi y una máxima de 23206 psi desde el tanque hasta las cámaras de combustión.	1	Incapaz de bombear el combustible	1	Engranajes de la bomba de transferencia rotos	1	La bomba de transferencia no envía el combustible hacia las cámaras.	
				2	Bombee el combustible a una presión menor a 3626 PSI	1	Engranajes de la bomba de transferencia desgastados	1
		2	Cuerpo de la bomba desgastado			1	La bomba no mantiene la presión necesaria.	
		3	Válvula Bypass de la bomba de transferencia atascada en posición abierta.			1	Parte del combustible recircula por la bomba de transferencia impidiendo llegar a la presión requerida.	
		4	Falta de combustible			1	La bomba no capta el combustible suficiente y succiona aire parcialmente.	
		3	Bombee el combustible a una presión mayor a 23206 PSI	1	Válvula Bypass de la bomba de transferencia atascada en posición cerrada.	1	La sobre presión en el sistema genera que el combustible empiece a fugar por las conexiones o inyectores.	

3	Contener el combustible	1	Incapaz de contener al combustible	1	Líneas de combustible rotas o desajustadas	1	Constantes fugas en las líneas de combustible ocasionan una baja presión del combustible y un elevado consumo del mismo.
				2	Sellos en los filtros en mal estado	1	La presión del sistema genera que el Combustible fugue por los sellos en mal estado.

Cuadro 4. Hoja de información RCM N° 2 Sistema de admisión y escape.

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)									
HOJA DE INFORMACIÓN RCM									
SISTEMA		MOTOR CUMMINS QSB 6.7		REALIZADO POR:		José Luis Ramírez			
SUB-SISTEMA		ADMISIÓN DE AIRE Y ESCAPE		FECHA DE ANÁLISIS:		Agosto 2020			
N°	FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	N°	MODOS DE FALLA (Posibles motivos)	N°	EFEECTO DE FALLA (Que ocurre)		
1	Suministrar un flujo de aire a los cilindros del motor a una temperatura máxima de 17°C.	1	No suministra aire al motor.	1	Filtro de aire saturado por partículas extrañas.	1	El aire no ingresa a los cilindros produciendo un exceso de combustible en la cámara de combustión, parando inmediatamente el motor.		
				2	Turbocompresor inmóvil por falta de lubricación o mala lubricación en cojinetes.	1	La falta de succión del turbocompresor impide el flujo de aire necesario en los cilindros para la combustión del motor.		
				2		2	Daños en el turbocompresor por trabajo forzado sin lubricación de cojinetes.		
		2	Flujo de aire insuficiente	1	Filtro de aire sucio.	1	Mala relación de aire combustible en la cámara de combustión y el motor pierde potencia.		
		3	Temperatura de ingreso a los cilindros excede los 17°C	1		1	Aftercooler con exceso de partículas extrañas.	1	Agua de refrigeración con partículas extrañas obstruyen las celdas del aftercooler generando una inadecuada transferencia de calor entre el agua de refrigeración y el aire.
						2	Termostato dañado	1	El termostato no envía el agua de refrigeración del aftercooler al radiador y la mala transferencia de calor con el aire daña los anillos de los pistones y se genera la explosión antes de que el pistón llegue al PMS.
2	Permitir el escape de los gases de combustión a no más de 200°C y con una coloración casi transparente.	1	No permite el escape de los gases.	1	Turbocompresor inmóvil por falta de lubricación o mala lubricación en cojinetes.	1	Los gases de escape no se expulsan con normalidad por obstrucción de los alabes de la turbina con agentes externos o exceso de corrosión, ocasionando que el compresor no succione el aire y que el motor se detenga.		

		2	Los gases de escape salen con una temperatura mayor a 200°C.	1	Cabeza de válvula de escape desgastadas (Soplado de válvula)	1	Los gases de combustión salen de la cámara antes de la carrera de escape del pistón y con mayor temperatura.
		3	Gases de escape presentan un color negro.	1	Filtro de aire sucio.	1	Restricción en la admisión del aire ocasiona una mala relación de aire combustible en la cámara de combustión.
				2	Aftercooler con exceso de partículas extrañas.	1	Al no haber una buena transferencia de calor en el aftercooler, el aire muy caliente adelanta la combustión en la cámara.
		4	Gases de escape presentan un color azul.	1	Anillos del pistón desgastados.	1	Presencia de aceite en la cámara de combustión.
				2	Retenes de válvulas en mal estado.	1	El aceite entra a través del vástago de la válvula a la cámara de combustión.
		5	Gases de escape presentan un color blanco.	1	Camisas de los cilindros fisuradas.	1	Fisura de camisa permite el pase de agua a la cámara de combustión.
				2	Manifold de escape con presencia de agua externa.	1	El agua que ingresa por el manifold de escape desciende hasta la cámara de combustión.
3	Contener al aire de admisión y gases de escape.	1	Incapaz de contener el aire de admisión y los gases de escape	1	Múltiple de admisión con fuga de aire por vibración del motor.	1	Pernos desajustados del múltiple de admisión ocasionan fugas de aire.
				2	El turbocompresor presenta fugas de aire.	1	Exceso de combustible en la cámara de combustión.

Cuadro 5. Hoja de información RCM N° 3 Sistema de refrigeración

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)							
HOJA DE INFORMACIÓN RCM							
SISTEMA		MOTOR CUMMINS QSB 6.7		REALIZADO POR:		José Luis Ramírez	
SUB-SISTEMA		REFRIGERACIÓN		FECHA DE ANÁLISIS:		Agosto 2020	
N°	FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	N°	MODOS DEFALLA (Posibles motivos)	N°	EFECTO DE FALLA (Que ocurre)
1	Mantener la temperatura del refrigerante del motor entre los 85 y 90°C.	1	Temperatura del refrigerante por debajo de 88°C.	1	Termostato atascado en su posición abierta.	1	El refrigerante es enviado solo a la radiador ocasionando que los componentes del motor no presenten una dilatación normal de trabajo al momento del arranque.
		2	Temperatura del refrigerante por encima de los 103°C.	1	Termostato atascado en su posición cerrada.	1	El refrigerante no pasa por el radiador y ocasiona un sobrecalentamiento del motor.
				2	Paneles del radiador sucios y obstruidos.	1	No se produce una buena transferencia de calor del refrigerante ocasionando un sobrecalentamiento del motor.
				3	Fajas del ventilador destempladas.	1	El eje del ventilador patina y no se produce una buena transferencia de calor ocasionando un sobrecalentamiento del motor.
		4	Falta de refrigerante en el sistema.	1	El refrigerante no enfría completamente todas las partes del sistema ocasionado un sobrecalentamiento del motor.		

			5	Concentración equivocada del refrigerante.	1	Desproporción en la combinación del agua con el aditivo ocasionando un sobrecalentamiento del motor.		
2	Bombear el refrigerante a las partes del sistema de refrigeración.	1	Incapaz de bombear el refrigerante	1	Rotura del eje del impulsor.	1	El refrigerante no circula por el sistema ocasionando un sobrecalentamiento del motor.	
				2	Dientes del piñón de la bomba rotos.	1	No se produce la transferencia de movimiento a la bomba ocasionando que el refrigerante no circule por el sistema, aumentando la temperatura del motor.	
				3	Alabes del impulsor de la bomba rotos.	1	La bomba pierde presión y no envía el refrigerante.	
		2	Bombea el refrigerante de manera defectuosa.	1	Sello de la bomba desgastado.	1	Fuga del refrigerante por el sello de la bomba ocasiona que el sistema pierda presión.	
				2	Dientes del piñón de la bomba desgastados.	1	Se produce una transferencia de movimiento deficiente a la bomba ocasionando que el refrigerante no circule a la presión requerida por el sistema.	
				3	Alabes del impulsor de la bomba desgastados.	1	La bomba pierde presión y no envía el refrigerante correctamente.	
	4			Cavitación en el sistema.	1	El aire atrapado en el sistema ocasiona que la bomba no llegue a la presión requerida y que las burbujas implosionen causando erosión en las partes internas de la bomba y del motor.		
	5	Tapón del radiador defectuoso.	1	El tapón del radiador no mantiene sellado el sistema ocasionando que pierda presión y que no refrigere de manera adecuada.				
	3	Contener el refrigerante.	1	Incapaz de contener al líquido refrigerante.	1	Mangueras de circulación con fugas.	1	Abrazaderas desajustadas en conexiones de mangueras ocasionan una pérdida del refrigerante.
							2	Fisuras en tubos de circulación ocasionan pérdida del refrigerante.
2					Paneles del radiador con fugas.	1	Fisuras en los paneles del radiador ocasionan pérdida del refrigerante.	
3					Sello del termostato roto.	1	Fuga por el sello del termostato ocasiona una pérdida del refrigerante.	
4					Empaquetadura de culata rota	1	El refrigerante fuga hacia el exterior ocasionando una pérdida del refrigerante.	
						2	El refrigerante fuga hacia la cámara de combustión ocasionando una mala combustión y sobrecalentamiento del motor por pérdida de refrigerante.	
5					Fisuras en los	1	El refrigerante fuga hacia el exterior ocasionando una pérdida del refrigerante.	

Cuadro 6. Continuación hoja de información RCM N° 3 Sistema de refrigeración

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)									
HOJA DE INFORMACIÓN RCM									
SISTEMA		MOTOR CUMMINS QSB 6.7		REALIZADO POR:		José Luis Ramírez	HOJA	1	
SUB-SISTEMA		REFRIGERACIÓN		FECHA DE ANÁLISIS:		Agosto 2020		DE	1
N°	FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	N°	MODOS DE FALLA (Posibles motivos)	N°	EFECTO DE FALLA (Que ocurre)		
				5	componentes interiores del sistema de refrigeración.				
						2	El refrigerante fuga hacia el interior del motor ocasionando sobrecalentamiento del motor.		

Cuadro 7. Hoja de información RCM N° 4 Sistema de lubricación

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)									
HOJA DE INFORMACIÓN RCM									
SISTEMA		MOTOR CUMMINS QSB 6.7		REALIZADO POR:		José Luis Ramírez	HOJA	1	
SUB-SISTEMA		LUBRICACIÓN		FECHA DE ANÁLISIS:		Agosto 2020		DE	1
N°	FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	N°	MODOS DE FALLA (Posibles motivos)	N°	EFECTO DE FALLA (Que ocurre)		
1	Reducir el rozamiento entre los elementos del motor que están en contacto y en movimiento.	1	Incapaz de reducir el rozamiento.	1	Filtros de aceite saturados.	1	Partículas extrañas en el sistema ocasionan aumento en el rozamiento de los componentes del motor.		
				2	Aceite inadecuado.	1	Las propiedades del aceite no son las adecuadas para lubricar al motor generando sobrecalentamientos por rozamiento y mala lubricación.		
				3	Aceite contaminado.	1	Fugas de agua que llegan al Carter contaminan el aceite y reduce sus propiedades de lubricación.		
2	Bombear el aceite lubricante a una presión de 40 a 80 PSI desde el Carter hasta todos los componentes del sistema de lubricación.	1	Incapaz de bombear el aceite lubricante.	1	Piñones de la bomba de aceite rotos.	1	El aceite no es enviado a las galerías del motor por deficiencia de los piñones de la bomba de aceite.		
				2	Bombea aceite a una presión menor de 40 PSI.	1	Exceso de juego entre el muñón y el metal de bancada ocasiona una pérdida de presión en el sistema.		
				2	Filtros de aceite sucios.	1	Suciedad en los filtros impide que el aceite salga a la presión recomendada.		

			3	Nivel bajo de aceite en el Carter.	1	Desgaste prematuro de las piezas del motor.	
			4	Piñones de la bomba de aceite desgastados.	1	Holgura entre los piñones de la bomba ocasionan una baja presión de aceite.	
			5	Válvula de alivio permanece abierta.	1	Resorte de la válvula de alivio fatigado ocasiona una pérdida de presión por recircular el lubricante.	
			6	Campana de succión de aceite obstruida.	1	La bomba aspira el aceite lubricante con dificultad mandando menor presión al sistema.	
		3	Bombee el lubricante a una presión mayor a los 80 PSI.	1	Nivel alto de aceite en el Carter.	1	Puede dañar empaques y sellos produciendo fugas de aceite.
				2	Válvula de alivio atascada en posición cerrada.	1	El aceite no libera la presión a la salida de la bomba y aumenta la presión del sistema.
				3	Ductos y cañerías del sistema obstruidos.	1	La obstrucción de los ductos genera que disminuya el espacio para que fluya el lubricante y aumente la presión.
3	Contener el aceite lubricante.	1	Incapaz de contener el aceite.	1	Fugas de aceite por los sellos de la bomba, enfriador de aceite, turbocompresor, guías de las válvulas o anillos del pistón.	1	Constante pérdida de aceite por fugas en los componentes del sistema ocasionan un aumento en el consumo de aceite.
				2	Carter fisurado o roto	1	Constante pérdida de aceite .

Cuadro 8. Hoja de información RCM N° 5 Sistema eléctrico.

AMFE ( Análisis de Modos y Efectos de Fallas )							
HOJA DE INFORMACIÓN RCM							
SISTEMA		MOTOR CUMMINS QSB 6.7		REALIZADO POR		José Luis Ramírez	HOJA 1
SUB- SISTEMA		SISTEMA ELECTRICO		FECHA DE ANÁLISIS :		AGOSTO 2020	DE 1
N	FUNCION	N	FALLA FUNCIONAL	N	MODOS DE FALLA	N	EFECTO DE FALLA (Que ocurre )
1	Proveer la fuente energía para arrancar el motor y suplirlos requerimientos eléctricos	1	Incapaz de suministrar energía.	1	Banco de Baterías descargado.	1	Motor no enciende
				2	Conexiones eléctricas dañadas o sueltas.	1	Motor no enciende
				3	Bornes en mal estado.	1	Motor no enciende
		2	Incapaz de hacer arrancar el motor.	1	Bendix del motor de arranque pegado	1	Motor no enciende
				2	Dientes del piñón del motor de arranque fracturados.	1	Motor no enciende.
				3	Depósitos de carbón entre las delgas del motor de arranque.	1	Motor no enciende
				4	Inducido del motor de arranque quemado.	1	Motor de arranque no gira

2	Mantener la carga de la batería	Incapaz de mantener la carga de la batería.	1	Regulador de carga del alternador quemado.	1	Batería no carga, el sistema de protección se encuentra inoperativo debido a la falta de electricidad
---	---------------------------------	---	---	--	---	---

Cuadro 9. Hoja de información RCM N° 6 Sistema bloque motor

AMEF ( Análisis de Modos y Efectos de Fallas )							
HOJA DE INFORMACIÓN RCM							
SISTEMA		MOTOR CUMMINS QSB 6.7		REALIZADO POR		José Luis Ramírez	
SUB- SISTEMA		BLOQUE DE CILINDROS		FECHA DE ANÁLISIS :		AGOSTO 2020	
N	FUNCION	N	FALLA FUNCIONAL	N	MODOS DE FALLA	N	EFECTO DE FALLA ( QUE LE OCURRE A LA MAQUINA )
	Alojar componentes internos del motor garantizando estanqueidad y permitiendo proceso de generación de potencia, refrigeración y lubricación del motor	1	Incapaz de mantener estanqueidad en el motor	1	Bloque motor roto	1	Fuga de refrigerante, aceite y gases de escape, el motor no funciona
		2	Baja potencia en motor	1	Empaque de culatada dañado	1	Pérdida de compresión motor no da arranque
				2	Camisa desgatada	1	Pérdida de compresión , motor pierde potencia
				3	Camisa de cilindro fisurada	1	Contaminación del aceite motor con refrigerante, perdida de la capacidad de lubricación del aceite, aumento de fricción, recalentamiento en motor y daño catastrófico
				4	Anillos de pistones desgastados	1	Pérdida de compresión , contaminación del aceite con residuos metálicos, motor pierde potencia
	3	No se genera potencia en los cilindros	1	camisas ovaladas	1	El desgaste excesivo de las camisas no permite que se aproveche la explosión de la combustión debido a la perdida de compresión, el motor no da arranque	
	4	Galerías de aceite obstruidas	1	Daño en casquetes de bancada y bujes en motor	1	Contaminación del aceite con partículas metálicas, recalentamiento y agarrotamiento del moto	

Cuadro 10. Hoja de información RCM N° 6 Sistema de protección

HOJA DE INFORMACIÓN - SISTEMA DE PROTECCIÓN							
AMFE ( Análisis de Modos y Efectos de Fallas )							
SISTEMA		MOTOR CUMMINS QSB 6.7		REALIZADO POR		HOJA	
				José Luis Ramírez		1	
SUB - SISTEMA		SISTEMA DE PROTECCIÓN		FECHA DE ANÁLISIS :		DE	
				AGOSTO 2020		1	
FUNCION	N	FALLA FUNCIONAL	N	MODOS DE FALLA	N	EFECTO DE FALLA ( QUE LE OCURRE A LA MAQUINA )	
1	Activar una alarma en panel de control cuando la presión del aceite lubricante baje de los 10 psi a las 750 rpm o baje de los 55 psi a 2500 rpm y activar el mecanismo de detención del motor	1	Incapaz de activar la alarma luminosa en cabina de operador ni activar el mecanismo de detención del motor.	1	Conexiones eléctricas flojas del sensor.	1	Al descender la presión de aceite lubricante bajo los 10 psi a 750 rpm o 55 psi a 2500 rpm habrá una lubricación pobre o no lubricación de los elementos móviles, lo que llevará a un aumento de temperatura de éstos y desgaste o rotura prematuro. Reemplace o repare cableado eléctrico.
				2	Sensor en falla o descalibrado	1	Al descender la presión de aceite lubricante bajo los 10 psi a 750 rpm o 55 psi a 2500 rpm habrá una lubricación pobre o no lubricación de los elementos móviles, lo que llevará a un aumento de temperatura de éstos y desgaste o rotura prematuro. Cambie sensor por uno nuevo
2	Activar una alarma luminosa cuando la temperatura del líquido refrigerante suba a los 103°C y activar el mecanismo de detención del motor	2	Incapaz de activar la alarma luminosa en cabina de operador ni activar el mecanismo de detención del motor.	1	Conexiones eléctricas flojas del sensor.	1	Al aumentar la temperatura del refrigerante por sobre los 103°C se produce un sobrecalentamiento del motor. Esto provoca un rápido sobrecalentamiento de las camisas de los cilindros, pudiendo provocar daños directos sobre culatas y cilindros. Repare o reemplace cableado eléctrico.
				2	Sensor en falla o descalibrado	1	Al aumentar la temperatura del refrigerante por sobre los 103°C se produce un sobrecalentamiento del motor. Esto provoca un rápido sobrecalentamiento de las camisas de los cilindros, pudiendo provocar daños directos sobre culatas y cilindros. Cambie sensor por uno nuevo
3	Activar una alarma luminosa en el panel de control del operador cuando el nivel de refrigerante baje al 10 % de la capacidad del depósito del líquido refrigerante	1	Incapaz de activar la alarma luminosa en cabina de operador ni activar el mecanismo de detención del motor.	1	Conexiones eléctricas flojas del sensor.	1	Al bajar el nivel del refrigerante a 10 % de la capacidad nominal se produce un sobrecalentamiento del motor. Esto provoca un rápido sobrecalentamiento de las camisas de los cilindros, pudiendo provocar daños directos sobre culatas y cilindros. Cambie sensor por uno nuevo
				2	Sensor en falla o descalibrado	2	Al bajar el nivel del refrigerante a 10 % de la capacidad nominal se produce un sobrecalentamiento del motor. Esto provoca un rápido sobrecalentamiento de las camisas de los cilindros, pudiendo provocar daños directos sobre culatas y cilindros. Cambie sensor por uno nuevo

Cuadro 11. Hoja de decisión – combustible

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																	
HOJA DE DECISIÓN RCM																	
SISTEMA:				MOTOR CUMMINS QSB 6.7						REALIZADO POR:			José Luis Ramírez		HOJA	1	
SUB-SISTEMA				COMBUSTIBLE						FECHA DE ANÁLISIS:			Agosto 2020		DE	1	
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LAS				H1 S1	H2 S2	H3 S3	TAREAS "A FALTA DE"			MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)		PERIODICIDAD (Horas)	REALIZADA POR
F.	F. F.	M.	E. F.	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	1	1	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de filtros	1000	Personal de Mantenimiento	
1	1	2	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de filtros	1000	Personal de mantenimiento	
1	1	3	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de filtros	1000	Personal de Mantenimiento	
1	2	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación del diferencial de presión de combustible	12	Operador	
1	2	2	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar / Ajustar los inyectores	2000	Personal de Mantenimiento	
1	2	3	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar / Ajustar los inyectores	2000	Personal de mantenimiento	
1	2	4	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Calibración de válvulas e inyectores	2000	Personal de Mantenimiento	
2	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisión de la bomba de transferencia	2000	Personal de mantenimiento	
2	2	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Revisión de la bomba de transferencia	2000	Personal de mantenimiento	
2	2	2	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Revisión de la bomba de transferencia	2000	Personal de mantenimiento	
2	2	3	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Revisión de la bomba de transferencia	2000	Personal de mantenimiento	
2	2	4	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificar el nivel en el tanque de combustible	12	Operador	
2	3	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Revisión de la bomba de transferencia	2000	Personal de mantenimiento	
3	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar las mangueras y abrazaderas	12	Operador	
3	1	2	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Verificación de la presión de combustible	12	Operador	

Cuadro 12. Hoja de decisión – admisión de aire y admision

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																	
HOJA DE DECISIÓN RCM																	
SISTEMA:				MOTOR CUMMINS QSB 6.7						REALIZADO POR:				José Luis Ramírez		HOJA	1
SUB-SISTEMA				ADMISIÓN DE AIRE Y ESCAPE						FECHA DE ANÁLISIS:				Agosto 2020		DE	1
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"				MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD (Horas)	REALIZADA POR
								S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4			
F.	F. F.	M. F.	E. F.	H	S	E	O	N1	N2	N3							
1	1	1	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Limpieza / Cambio de filtros de aire	250/500	Personal de Mantenimiento	
1	1	2	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Cambio de aceite y filtro de aceite	250/500	Personal de Mantenimiento	
1	1	2	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Cambio de aceite y filtro de aceite	250/500	Personal de Mantenimiento	
1	2	1	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Limpieza / Cambio de filtros de aire	250/500	Personal de Mantenimiento	
1	3	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la temperatura del aire en el manifold	12	Operador	
1	3	2	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la temperatura del aire en el manifold	12	Operador	
2	1	1	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Cambio de aceite y filtro de aceite	250	Personal de Mantenimiento	
2	2	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Test de Compresión	A condición	Técnico motor	
2	3	1	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Limpieza / Cambio de filtros de aire	250/500	Personal de Mantenimiento	
2	3	2	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la temperatura del aire en el manifold	12	Operador	
2	4	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la presión de aceite del motor	12	Operador	
2	4	2	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación del nivel de aceite en el Carter	12	Operador	
2	5	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación del nivel del agua en el radiador	12	Operador	
2	5	2	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ningún mantenimiento programado			
3	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspección de fugas de aire al inicio de cada turno	12	Operador	
3	1	2	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspección de fugas de aire al inicio de cada turno	12	Operador	

Cuadro 13. Hoja de decisión – refrigeración

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																	
HOJA DE DECISIÓN RCM																	
SISTEMA:				MOTOR CUMMINS QSB 6.7						REALIZADO POR:				José Luis Ramírez		HOJA	1
SUB-SISTEMA				REFRIGERACIÓN						FECHA DE ANÁLISIS:				Agosto 2020		DE	1
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"				MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD (Horas)	REALIZADA POR
F.	F. F.	M. F.	E. F.	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	1	1	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambio del termostato	Por condición	Personal de mantenimiento	
1	2	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la temperatura del agua en el sistema	12	Operador	
1	2	2	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Limpieza externa del radiador	250/500	Personal de mantenimiento	
1	2	3	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Templado de fajas y ajuste de pernos de chumaceras	250/500	Personal de mantenimiento	
1	2	4	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar el nivel del refrigerante	12	Operador	
1	2	5	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio del refrigerante	3000	Personal de mantenimiento	
2	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar la bomba de refrigerante	2000	Técnico motor	
2	1	2	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar la bomba de refrigerante	2000	Técnico motor	
2	1	3	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar la bomba de refrigerante	2000	Técnico motor	
2	2	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar la bomba de refrigerante	2000	Técnico motor	
2	2	2	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar la bomba de refrigerante	2000	Técnico motor	
2	2	3	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar la bomba de refrigerante	2000	Técnico motor	
2	2	4	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio del refrigerante	3000	Personal de Mantenimiento	
2	2	5	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación de la hermeticidad del tapón	250/500	Personal de Mantenimiento	
3	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar / Ajustar las mangueras	250/500	Operador	
3	1	1	2	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar / Ajustar las mangueras	12	Operador	
3	1	2	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ningún mantenimiento Programado			

3	1	3	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Cambio del termostato	Por condición	Personal de Mantenimiento
3	1	4	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación de las fugas en los componentes del sistema.	12	Operador
3	1	4	2	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la temperatura del agua en el sistema	12	Operador
3	1	5	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación de las fugas en los componentes del sistema.	12	Operador
3	1	5	2	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la temperatura del agua en el sistema	12	Operador

Cuadro 14. Hoja de decisión – lubricación

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																	
HOJA DE DECISIÓN RCM																	
SISTEMA:				MOTOR CUMMINS QSB 6.7						REALIZADO POR:				José Luis Ramírez		HOJA	1
SUB-SISTEMA				LUBRICACIÓN						FECHA DE ANÁLISIS:				Agosto 2020		DE	1
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"			MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD (Horas)	REALIZADA POR	
F.	F. F.	M. F.	E. F.	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	1	1	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de filtros	250/500	Personal de mantenimiento	
1	1	2	1	N	-	-	-	N	N	N	N	N	-	Ningún mantenimiento programado			
1	1	3	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Análisis de aceite.	500	Personal de Inspección	
1	1	3	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Análisis de aceite.	250	Personal de Inspección	
2	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar los componentes de la bomba	3000	Técnico motor	
2	2	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Análisis de aceite.	250	Personal de Inspección	
2	2	2	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la presión del diferencial de aceite.	12	Operador	
2	2	3	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Revisar el nivel del aceite en el Carter	12	Operador	
2	2	4	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar los componentes de la bomba	3000	Técnico motor	
2	2	5	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Revisar los componentes de la bomba	3000	Técnico motor	
2	2	6	1	N	-	-	-	N	N	N	N	N	-	Ningún mantenimiento			

															Programado		
2	3	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Revisar el nivel del aceite en el Carter	12	Operador	
2	3	2	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Revisar los componentes de la bomba	2000	Técnico motor	
2	3	3	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la presión de aceite.	12	Operador	
3	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspección visual al comienzo de cada turno	12	Operador	
3	1	2	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspección visual al comienzo de cada turno	12	Operador	

Cuadro 15. Hoja de decisión – sistema eléctrico

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																	
HOJA DE DECISIÓN RCM																	
SISTEMA:				MOTOR CUMMINS QSB 6.7						REALIZADO POR:				José Luis Ramírez		HOJA	1
SUB-SISTEMA				SISTEMA ELÉCTRICO						FECHA DE ANÁLISIS:				Agosto 2020		DE	1
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"				MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD (Horas)	REALIZADA POR
F.	F. F.	M.F	E. F.	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	1	1	1	S	N	N	S	S			-	-	-	Revisar cargadores de baterías	250	Operador	
1	1	2	1	S	N	N	S	S			-	-	-	Revisar estado de cables y terminales eléctricas de motor, incluyendo motor de arranque, batería y alternador	250	Operador	
1	1	3	1	S	N	N	S	S			-	-	-	Revisar bornes de batería y apretar si fuese necesario	250	Operador	
1	2	1	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ningún mantenimiento programado			
1	2	2	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ningún mantenimiento programado			
1	2	3	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ningún mantenimiento programado			
1	2	4	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ningún mantenimiento programado			
2	A	1	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ningún mantenimiento programado			

Cuadro 16. Hoja de decisión – sistema bloque motor

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																
HOJA DE DECISIÓN RCM																
SISTEMA:				MOTOR CUMMINS QSB 6.7						REALIZADO POR:			JoséLuis Ramírez		HOJA	1
SUB-SISTEMA				BLOQUE MOTOR						FECHA DE ANÁLISIS:			Agosto 2020		DE	1
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"			MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD (Horas)	REALIZADA POR
								S1	S2	S3						
F.	FF	M.F	E. F.	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
								N1	N2	N3						
1	1	1	1	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Ningun mantenimiento programado		
1	2	1	1	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Ningun mantenimiento programado		
1	2	2	1	N	N	N	S	S1	N	N	N	N	N	Realizar monitoreo de desgaste mediante análisis de aceite	250	Personal de mantenimiento
1	2	3	1	N	N	N	S	S1	N	N	N	N	N	Realizar monitoreo de desgaste mediante análisis de aceite	250	Personal de mantenimiento
1	2	4	1	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Realizar monitoreo de desgaste mediante análisis de aceite	250	Personal de mantenimiento
1	3	1	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Realizar test de presión de carter	5000	Técnico motor
1	4	1	1	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Cambio de casquetería de bancada según recomendación de fabrica	10000	Técnico motor

Cuadro 17. Hoja de decisión – sistema de protección

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																
HOJA DE DECISIÓN RCM																
SISTEMA:				MOTOR CUMMINS QSB 6.7						REALIZADO POR:		José Luis Ramírez	HOJA	1		
SUB-SISTEMA				SISTEMA DEPROTECCIÓN						FECHA DE ANÁLISIS:		Agosto 2020	DE	1		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"			MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD (Horas)	REALIZADA POR
F.	F. F.	M.F	E. F.	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	1	1	1	N	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar estado de conexiones eléctricas y cables	250	Personal de Mantenimiento
1	1	2	1	N	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar estado de conexiones eléctricas y cables	250	Personal de Mantenimiento
2	1	1	1	N	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar estado de conexiones eléctricas y cables	250	Personal de Mantenimiento
2	1	2	1	N	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar estado de conexiones eléctricas y cables	250	Personal de Mantenimiento
3	1	2	1	N	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisar estado de conexiones eléctricas y cables	250	Personal de Mantenimiento

**5.2.8 Plan de mantenimiento.** Se recopiló la información obtenida en la hoja de información y la hoja de decisión del AMEF para determinar el plan de mantenimiento a los motores Cummins QSB 6.7 de la flota de montacargas de la empresa Palermo Sociedad Portuaria S.A

Cuadro 18. Plan de mantenimiento motor Cummins QSB 6.7

EQUIPO: MOTOR CUMMINS QSB 6.7			
SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	PERIODICIDAD ( Horas )	REALIZADA POR
Admisión de aire y escape	Limpieza/ Cambio de filtros de aire	250	Personal de mantenimiento
Refrigeración	Limpieza externa de radiador	250	Personal de mantenimiento
Refrigeración	Inspeccionar y/o ajustar correas	250	Personal de mantenimiento
Refrigeración	Verificación de hermeticidad del tapón del radiador	500	Personal de mantenimiento
Refrigeración	Inspeccionar y/o ajustar abarazaderas	250	Personal de mantenimiento
Lubricación	Cambio de aceite y filtros	500	Personal de mantenimiento
Lubricación	Limpieza de respiradero del carter	250	Personal de mantenimiento
Combustible	Cambio de filtros de combustible	1000	Personal de mantenimiento
Sistema eléctrico	Revisión sistema de carga de alternador	250	Personal de mantenimiento
Sistema eléctrico	Revisión electrolito y carga de batería	250	Personal de mantenimiento
Admisión de aire y escape	Inspección del turbo compresor	250	Personal de mantenimiento
Lubricación	Análisis de aceite	250	Personal de mantenimiento
combustible	inspecciona / ajustar inyectores	250	Técnico motor
sistemas de protección motor	inspeccionar conectores, cables	250	Técnico motor
combustible	Calibración de válvulas e inyectores	2000	Técnico motor
Refrigeración	Cambio del refrigerante	2000	Personal de mantenimiento
Admisión de aire y escape	Inspeccionar el aftercooler	250	Técnico motor
Refrigeración	Cambio de termostato	Según condición/ consultar manual	Personal de mantenimiento
Refrigeración	Inspeccionar bomba de refrigerante	1000	Técnico motor
Lubricación	Revisar componentes de la bomba de aceite	Según condición	Técnico motor
Combustible	Revisión de la bomba de transferencia	500	Personal de mantenimiento
Sistema eléctrico	Revisión de estado de batería, bornes y cableado	250	Personal de mantenimiento
Sistema eléctrico	Revisión carga del alternador y correa	250	Personal de mantenimiento
Admisión y escape	Test de compresión	Según condición	Técnico motor

## 6. CONCLUSIONES

- El programa de mantenimiento presentado en esta monografía muestra de forma simplificada el grupo de actividades básicas que pueden implementarse para mantener la disponibilidad de los motores cummins QSB6.7 de la flota de montacargas de 16 Toneladas Taylor TX360, las actividades deben complementarse con las recomendadas el fabricante para asegurar mejores resultados
- El programa de mantenimiento puede complementarse con listas de chequeo de actividades diarias que los operadores pueden realizar durante el cambio de turno, tiempo en el cual pueden inspeccionar puntos importantes de la máquina y retroalimentar al personal de mantenimiento
- Los resultados de los análisis de aceite motor (ver anexos ) muestran que los todos los motores de los montacargas están experimentado problemas con la generación de hollín ( material altamente abrasivo) por lo que se hace necesario poner énfasis la revisión del sistema de inyección de combustible, el sistema de refrigeración del motor y su sincronización
- El departamento de mantenimiento de Palermo Sociedad Portuaria debe evaluar la posibilidad de cambiar la especificación de su aceite motor a una superior ( API CK-4 ) para asegurar un mejor grado de absorción de hollín y poder controlar el desgaste que se está evidenciando en los motores, puede verificarse que la viscosidad del aceite se ha mantenido en los rangos recomendados de trabajo por lo que podría inferirse que el hollín puede ser la causa de la presencia de altos contenidos de hierro y cobre en la mayoría de los equipos lo que puede significar desgaste en camisas de cilindros y cojinetes del motor

## **BIBLIOGRAFIA**

CUMMINS. Manuales. [En línea]. [Recuperado el 24 de junio de 2020]. Disponible en: <http://quickserve.cummis.com/qs3/portal/service/manual/es/es4960309/>

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Asheville: Aladon LLC, 2004.

SAE INTERNACIONAL. Criterios de evaluación del proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad. SAE JA1011. Estados Unidos. 1999.

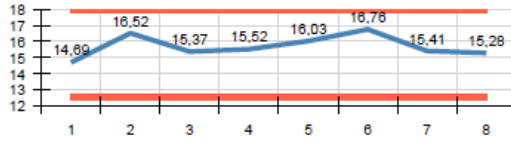
# ANEXOS

# Anexo A. Reporte aceite usado equipo EL01601

**Ciente :**  
**Producto :** Petrobras Top Turbo (CI-4) SAE 15W-40-AU  
**Equipo:** EL01601 - Motor  
**Equipo Superior:** EL01601 Montacargas # 1

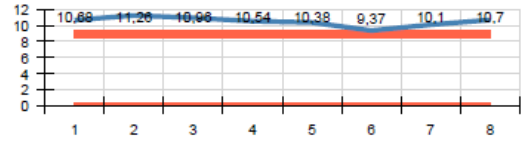
**Aviso Última Muestra No:** 000300067825 **02/08/2020**  
**Fecha Última Muestra :** 2020-06-17  
**Muestra Cliente No:** EL01601 MOTOR  
**Periodo Trabajo Aceite:** 412 H  
**Periodo Trabajo Equipo:** 6433 H

**ESTADO DEL ACEITE - VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 100°C** **cSt**



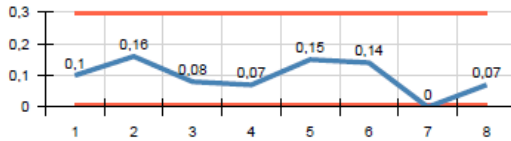
Código	Fecha	Horas	Viscosidad (cSt)
000300062724	2019-06-11	327 H	14,69
000300063128	2019-07-04	506 H	16,52
000300063619	2019-08-05	274 H	15,37
000300064313	2019-09-24	296 H	15,52
000300064985	2019-10-25	626 H	16,03
000300068121	2019-11-15	752 H	16,76
000300068186	2020-02-06	499 H	15,41
000300067825	2020-06-17	412 H	15,28

**ESTADO DEL ACEITE - NUMERO BASICO ACEITES USADOS** **BN**



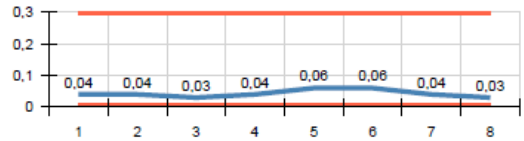
Código	Fecha	Horas	Número Básico (BN)
000300062724	2019-06-11	327 H	10,68
000300063128	2019-07-04	506 H	11,26
000300063619	2019-08-05	274 H	10,06
000300064313	2019-09-24	296 H	10,54
000300064985	2019-10-25	626 H	10,38
000300068121	2019-11-15	752 H	9,37
000300068186	2020-02-06	499 H	10,1
000300067825	2020-06-17	412 H	10,7

**ESTADO DEL ACEITE - SULFATACIÓN** **Abs0.1**



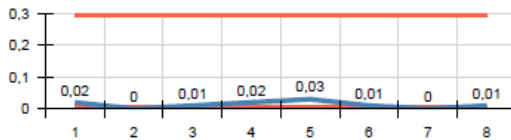
Código	Fecha	Horas	Sulfatación (Abs0.1)
000300062724	2019-06-11	327 H	0,10
000300063128	2019-07-04	506 H	0,16
000300063619	2019-08-05	274 H	0,08
000300064313	2019-09-24	296 H	0,07
000300064985	2019-10-25	626 H	0,15
000300068121	2019-11-15	752 H	0,14
000300068186	2020-02-06	499 H	0,00
000300067825	2020-06-17	412 H	0,07

**ESTADO DEL ACEITE - NITRACIÓN** **Abs0.1**



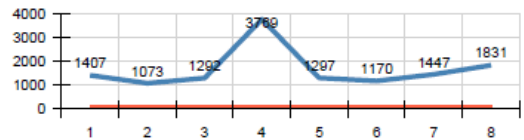
Código	Fecha	Horas	Nitración (Abs0.1)
000300062724	2019-06-11	327 H	0,04
000300063128	2019-07-04	506 H	0,04
000300063619	2019-08-05	274 H	0,03
000300064313	2019-09-24	296 H	0,04
000300064985	2019-10-25	626 H	0,06
000300068121	2019-11-15	752 H	0,06
000300068186	2020-02-06	499 H	0,04
000300067825	2020-06-17	412 H	0,03

**ESTADO DEL ACEITE - OXIDACIÓN** **Abs0.1**



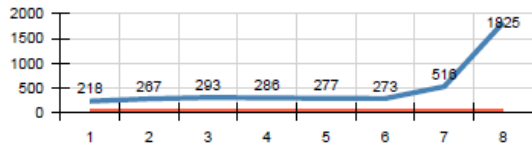
Código	Fecha	Horas	Oxidación (Abs0.1)
000300062724	2019-06-11	327 H	0,02
000300063128	2019-07-04	506 H	0,00
000300063619	2019-08-05	274 H	0,01
000300064313	2019-09-24	296 H	0,02
000300064985	2019-10-25	626 H	0,03
000300068121	2019-11-15	752 H	0,01
000300068186	2020-02-06	499 H	0,00
000300067825	2020-06-17	412 H	0,01

**ESTADO DEL ACEITE - CONTENIDO DE ZINC** **ppm**



Código	Fecha	Horas	Contenido de Zinc (ppm)
000300062724	2019-06-11	327 H	1407
000300063128	2019-07-04	506 H	1073
000300063619	2019-08-05	274 H	1292
000300064313	2019-09-24	296 H	3769
000300064985	2019-10-25	626 H	1297
000300068121	2019-11-15	752 H	1170
000300068186	2020-02-06	499 H	1447
000300067825	2020-06-17	412 H	1831

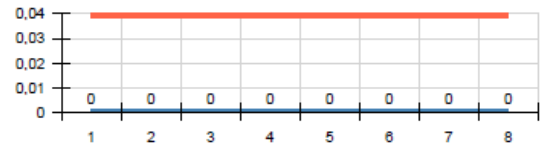
ESTADO DEL ACEITE - CONTENIDO DE CALCIO



000300062724	2019-06-11	327 H	218 ppm
000300063128	2019-07-04	506 H	267 ppm
000300063619	2019-08-05	274 H	293 ppm
000300064313	2019-09-24	256 H	286 ppm
000300064985	2019-10-25	626 H	277 ppm
000300065121	2019-11-15	762 H	273 ppm
000300066186	2020-02-06	499 H	516 ppm
000300067825	2020-06-17	412 H	1628 ppm

ppm

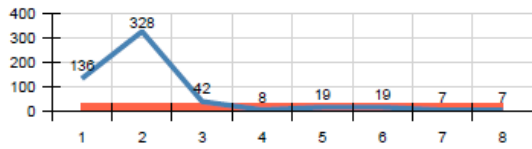
CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE GLICOL POR FTIR



000300062724	2019-06-11	327 H	0.00 %
000300063128	2019-07-04	506 H	0.00 %
000300063619	2019-08-05	274 H	0.00 %
000300064313	2019-09-24	256 H	0.00 %
000300064985	2019-10-25	626 H	0.00 %
000300065121	2019-11-15	762 H	0.00 %
000300066186	2020-02-06	499 H	0.00 %
000300067825	2020-06-17	412 H	0.00 %

%

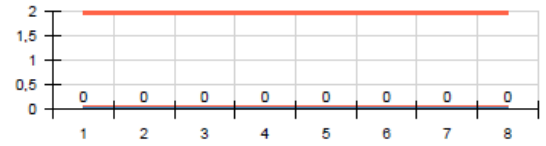
CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE SILICIO



000300062724	2019-06-11	327 H	136 ppm
000300063128	2019-07-04	506 H	328 ppm
000300063619	2019-08-05	274 H	42 ppm
000300064313	2019-09-24	256 H	8 ppm
000300064985	2019-10-25	626 H	19 ppm
000300065121	2019-11-15	762 H	19 ppm
000300066186	2020-02-06	499 H	7 ppm
000300067825	2020-06-17	412 H	7 ppm

ppm

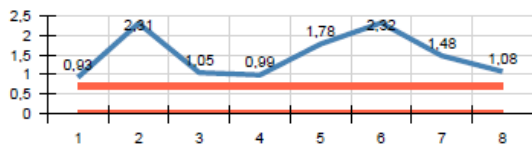
CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE COMBUSTIBLE POR FTIR



000300062724	2019-06-11	327 H	0.00 %
000300063128	2019-07-04	506 H	0.00 %
000300063619	2019-08-05	274 H	0.00 %
000300064313	2019-09-24	256 H	0.00 %
000300064985	2019-10-25	626 H	0.00 %
000300065121	2019-11-15	762 H	0.00 %
000300066186	2020-02-06	499 H	0.00 %
000300067825	2020-06-17	412 H	0.00 %

%

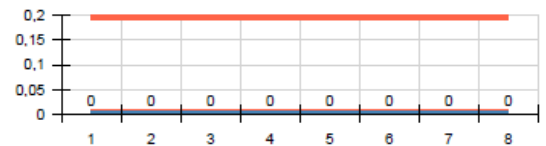
CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE HOLLÍN POR FTIR



000300062724	2019-06-11	327 H	0.93 Abs0.1
000300063128	2019-07-04	506 H	2.31 Abs0.1
000300063619	2019-08-05	274 H	1.05 Abs0.1
000300064313	2019-09-24	256 H	0.99 Abs0.1
000300064985	2019-10-25	626 H	1.78 Abs0.1
000300065121	2019-11-15	762 H	2.32 Abs0.1
000300066186	2020-02-06	499 H	1.48 Abs0.1
000300067825	2020-06-17	412 H	1.08 Abs0.1

Abs0.1

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE AGUA POR FTIR

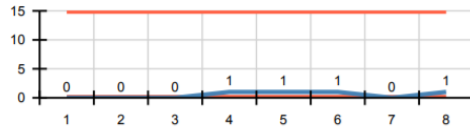


000300062724	2019-06-11	327 H	0.00 %
000300063128	2019-07-04	506 H	0.00 %
000300063619	2019-08-05	274 H	0.00 %
000300064313	2019-09-24	256 H	0.00 %
000300064985	2019-10-25	626 H	0.00 %
000300065121	2019-11-15	762 H	0.00 %
000300066186	2020-02-06	499 H	0.00 %
000300067825	2020-06-17	412 H	0.00 %

%

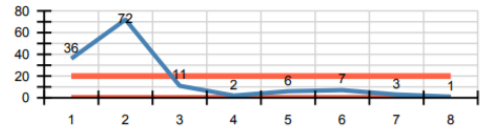
Comentario: Excesiva presencia de hollín

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE PLOMO**



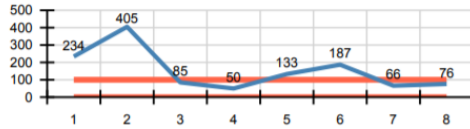
000300062724	2019-06-11	327 H	0 ppm
000300063128	2019-07-04	506 H	0 ppm
000300063619	2019-08-05	274 H	0 ppm
000300064313	2019-09-24	295 H	1 ppm
000300064985	2019-10-25	626 H	1 ppm
000300065121	2019-11-15	762 H	1 ppm
000300066186	2020-02-06	499 H	0 ppm
000300067825	2020-06-17	412 H	1 ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE CROMO**



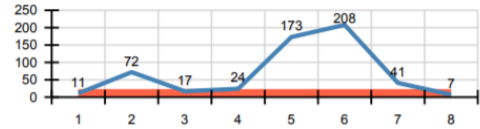
000300062724	2019-06-11	327 H	36 ppm
000300063128	2019-07-04	506 H	72 ppm
000300063619	2019-08-05	274 H	11 ppm
000300064313	2019-09-24	295 H	2 ppm
000300064985	2019-10-25	626 H	6 ppm
000300065121	2019-11-15	762 H	7 ppm
000300066186	2020-02-06	499 H	3 ppm
000300067825	2020-06-17	412 H	1 ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE HIERRO**



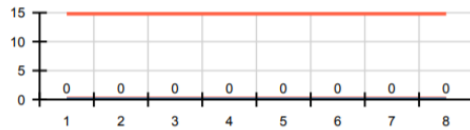
000300062724	2019-06-11	327 H	234 ppm
000300063128	2019-07-04	506 H	405 ppm
000300063619	2019-08-05	274 H	85 ppm
000300064313	2019-09-24	295 H	50 ppm
000300064985	2019-10-25	626 H	133 ppm
000300065121	2019-11-15	762 H	187 ppm
000300066186	2020-02-06	499 H	66 ppm
000300067825	2020-06-17	412 H	76 ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE COBRE**

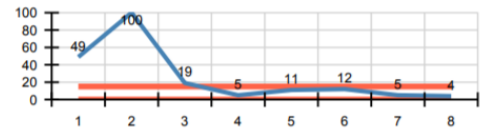


000300062724	2019-06-11	327 H	11 ppm
000300063128	2019-07-04	506 H	72 ppm
000300063619	2019-08-05	274 H	17 ppm
000300064313	2019-09-24	295 H	24 ppm
000300064985	2019-10-25	626 H	173 ppm
000300065121	2019-11-15	762 H	208 ppm
000300066186	2020-02-06	499 H	41 ppm
000300067825	2020-06-17	412 H	7 ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE ESTAÑO**



**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE ALUMINIO**



Comentario: Tendencia marcada de alto contenido de hierro y cobre, lo cual puede evidenciar desgaste en camisas y cojinetes del motor

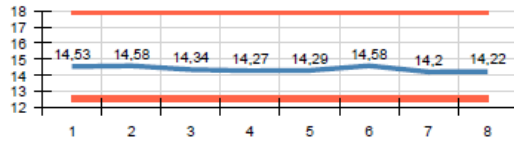
# Anexo B. Reporte aceite usado equipo EL01602

**Cliente :**  
**Producto :** Petrobras Top Turbo (CI-4) SAE 15W-40-AU  
**Equipo:** ELD1602 - Motor  
**Equipo Superior:** ELD1602 Montacargas # 2

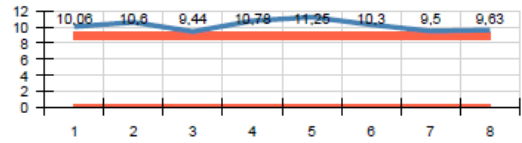
**Aviso Última Muestra No:** 00030006880  
**Fecha Última Muestra :** 2020-04-02  
**Muestra Cliente No:** EL01602 MOTOR  
**Periodo Trabajo Aceite:** 1 H  
**Periodo Trabajo Equipo:** 5288 H

13/09/2020

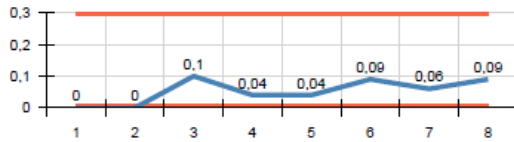
**ESTADO DEL ACEITE - VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 100°C** cSt



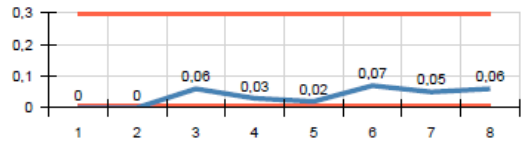
**ESTADO DEL ACEITE - NUMERO BASICO ACEITES USADOS** BN



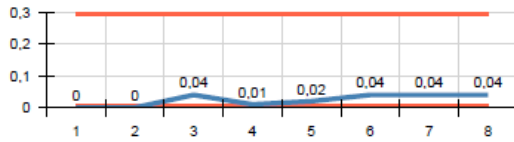
**ESTADO DEL ACEITE - SULFATACIÓN** Abs0.1



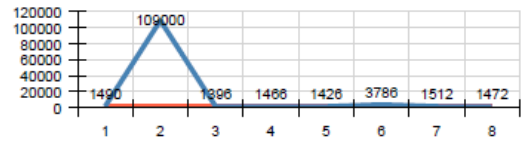
**ESTADO DEL ACEITE - NITRACIÓN** Abs0.1



**ESTADO DEL ACEITE - OXIDACIÓN** Abs0.1

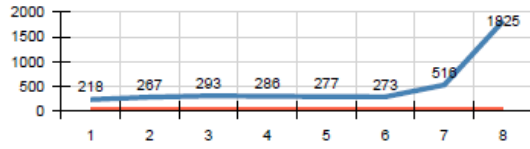


**ESTADO DEL ACEITE - CONTENIDO DE ZINC** ppm



ESTADO DEL ACEITE - CONTENIDO DE CALCIO

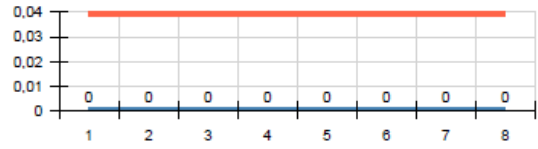
ppm



000300062724	2019-06-11	327	H	218	ppm
000300063128	2019-07-04	506	H	267	ppm
000300063819	2019-08-26	274	H	293	ppm
000300064313	2019-09-24	296	H	286	ppm
000300064985	2019-10-25	626	H	277	ppm
000300065121	2019-11-15	762	H	273	ppm
000300068186	2020-02-06	499	H	516	ppm
000300067925	2020-06-17	412	H	1925	ppm

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE GLICOL POR FTIR

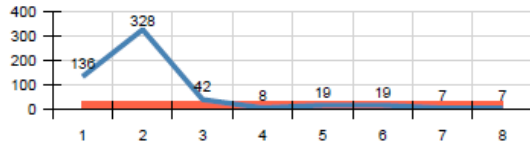
%



000300062724	2019-06-11	327	H	0,00	%
000300063128	2019-07-04	506	H	0,00	%
000300063819	2019-08-26	274	H	0,00	%
000300064313	2019-09-24	296	H	0,00	%
000300064985	2019-10-25	626	H	0,00	%
000300065121	2019-11-15	762	H	0,00	%
000300068186	2020-02-06	499	H	0,00	%
000300067925	2020-06-17	412	H	0,00	%

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE SILICIO

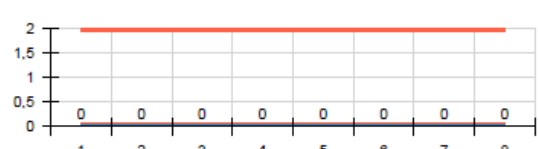
ppm



000300062724	2019-06-11	327	H	136	ppm
000300063128	2019-07-04	506	H	328	ppm
000300063819	2019-08-26	274	H	42	ppm
000300064313	2019-09-24	296	H	8	ppm
000300064985	2019-10-25	626	H	19	ppm
000300065121	2019-11-15	762	H	19	ppm
000300068186	2020-02-06	499	H	7	ppm
000300067925	2020-06-17	412	H	7	ppm

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE COMBUSTIBLE POR FTIR

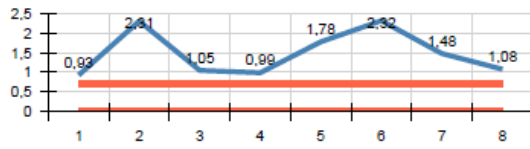
%



000300062724	2019-06-11	327	H	0,00	%
000300063128	2019-07-04	506	H	0,00	%
000300063819	2019-08-26	274	H	0,00	%
000300064313	2019-09-24	296	H	0,00	%
000300064985	2019-10-25	626	H	0,00	%
000300065121	2019-11-15	762	H	0,00	%
000300068186	2020-02-06	499	H	0,00	%
000300067925	2020-06-17	412	H	0,00	%

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE HOLLÍN POR FTIR

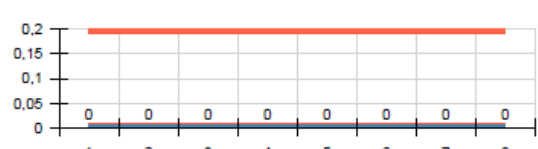
Abs0.1



000300062724	2019-06-11	327	H	0,93	Abs0.1
000300063128	2019-07-04	506	H	2,31	Abs0.1
000300063819	2019-08-26	274	H	1,05	Abs0.1
000300064313	2019-09-24	296	H	0,99	Abs0.1
000300064985	2019-10-25	626	H	1,78	Abs0.1
000300065121	2019-11-15	762	H	2,32	Abs0.1
000300068186	2020-02-06	499	H	1,48	Abs0.1
000300067925	2020-06-17	412	H	1,08	Abs0.1

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE AGUA POR FTIR

%

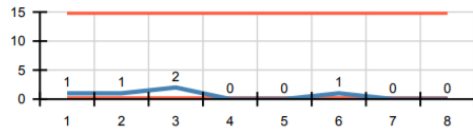


000300062724	2019-06-11	327	H	0,00	%
000300063128	2019-07-04	506	H	0,00	%
000300063819	2019-08-26	274	H	0,00	%
000300064313	2019-09-24	296	H	0,00	%
000300064985	2019-10-25	626	H	0,00	%
000300065121	2019-11-15	762	H	0,00	%
000300068186	2020-02-06	499	H	0,00	%
000300067925	2020-06-17	412	H	0,00	%

Comentario: Excesiva presencia de hollín

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE PLOMO**

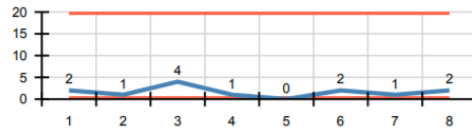
ppm



000300060673	2018-11-27	587	H	1	ppm
000300061249	2019-02-05	225	H	1	ppm
000300061931	2019-03-22	460	H	2	ppm
000300062609	2019-06-04	787	H	0	ppm
000300063139	2019-07-04	116	H	0	ppm
000300064319	2019-09-25	673	H	1	ppm
000300065117	2019-11-14	317	H	0	ppm
000300068880	2020-04-02	1	H	0	ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE CROMO**

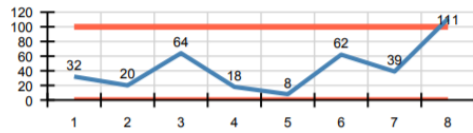
ppm



000300060673	2018-11-27	587	H	2	ppm
000300061249	2019-02-05	225	H	1	ppm
000300061931	2019-03-22	460	H	4	ppm
000300062609	2019-06-04	787	H	1	ppm
000300063139	2019-07-04	116	H	0	ppm
000300064319	2019-09-25	673	H	2	ppm
000300065117	2019-11-14	317	H	1	ppm
000300068880	2020-04-02	1	H	2	ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE HIERRO**

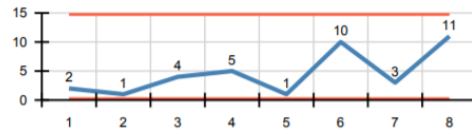
ppm



000300060673	2018-11-27	587	H	32	ppm
000300061249	2019-02-05	225	H	20	ppm
000300061931	2019-03-22	460	H	64	ppm
000300062609	2019-06-04	787	H	18	ppm
000300063139	2019-07-04	116	H	8	ppm
000300064319	2019-09-25	673	H	62	ppm
000300065117	2019-11-14	317	H	39	ppm
000300068880	2020-04-02	1	H	111	ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE COBRE**

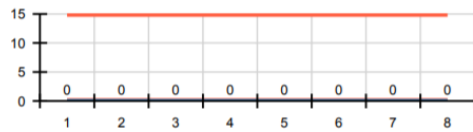
ppm



000300060673	2018-11-27	587	H	2	ppm
000300061249	2019-02-05	225	H	1	ppm
000300061931	2019-03-22	460	H	4	ppm
000300062609	2019-06-04	787	H	5	ppm
000300063139	2019-07-04	116	H	1	ppm
000300064319	2019-09-25	673	H	10	ppm
000300065117	2019-11-14	317	H	3	ppm
000300068880	2020-04-02	1	H	11	ppm

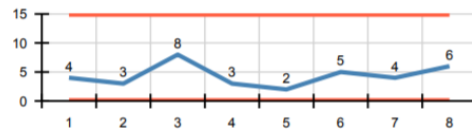
**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE ESTAÑO**

ppm



**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE ALUMINIO**

ppm



# Anexo C. Reporte aceite usado equipo EL01603

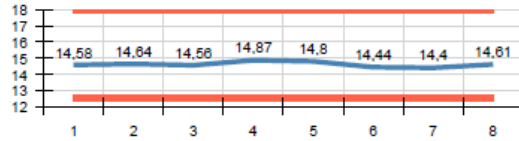
**Cliente :**  
**Producto :** Petrobras Top Turbo (CI-4) SAE 15W-40-AU  
**Equipo:** EL01603 - Motor  
**Equipo Superior:** EL01603 Montacargas # 3

**Aviso Última Muestra No:** 000300068290  
**Fecha Última Muestra :** 2020-07-21  
**Muestra Cliente No:** EL01603 - MOTOR  
**Periodo Trabajo Aceite:** 632 H  
**Periodo Trabajo Equipo:** 11308 H

13/09/2020

**ESTADO DEL ACEITE - VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 100°C**

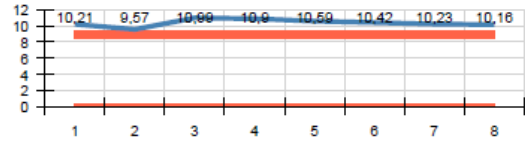
cSt



000300063304	2019-07-22	521	H	14,98	cSt
000300064229	2019-09-17	296	H	14,04	cSt
000300064837	2019-10-02	372	H	14,96	cSt
000300064991	2019-10-31	626	H	14,07	cSt
000300065139	2019-11-18	761	H	14,80	cSt
000300065346	2020-02-18	676	H	14,44	cSt
000300067792	2020-06-17	381	H	14,4	cSt
000300068290	2020-07-21	632	H	14,61	cSt

**ESTADO DEL ACEITE - NUMERO BASICO ACEITES USADOS**

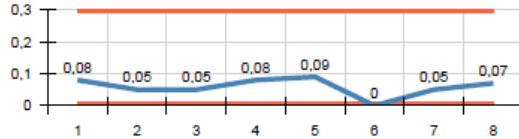
BN



000300063304	2019-07-22	521	H	10,21	BN
000300064229	2019-09-17	296	H	9,57	BN
000300064837	2019-10-02	372	H	10,00	BN
000300064991	2019-10-31	626	H	10,00	BN
000300065139	2019-11-18	761	H	10,59	BN
000300065346	2020-02-18	676	H	10,42	BN
000300067792	2020-06-17	381	H	10,23	BN
000300068290	2020-07-21	632	H	10,16	BN

**ESTADO DEL ACEITE - SULFATACIÓN**

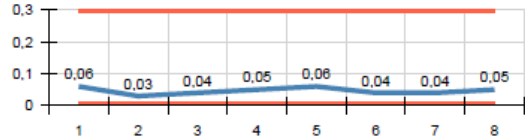
Abs0.1



000300063304	2019-07-22	521	H	0,08	Abs0.1
000300064229	2019-09-17	296	H	0,05	Abs0.1
000300064837	2019-10-02	372	H	0,05	Abs0.1
000300064991	2019-10-31	626	H	0,08	Abs0.1
000300065139	2019-11-18	761	H	0,09	Abs0.1
000300065346	2020-02-18	676	H	0,00	Abs0.1
000300067792	2020-06-17	381	H	0,05	Abs0.1
000300068290	2020-07-21	632	H	0,07	Abs0.1

**ESTADO DEL ACEITE - NITRACIÓN**

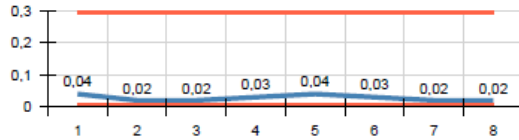
Abs0.1



000300063304	2019-07-22	521	H	0,06	Abs0.1
000300064229	2019-09-17	296	H	0,03	Abs0.1
000300064837	2019-10-02	372	H	0,04	Abs0.1
000300064991	2019-10-31	626	H	0,05	Abs0.1
000300065139	2019-11-18	761	H	0,06	Abs0.1
000300065346	2020-02-18	676	H	0,04	Abs0.1
000300067792	2020-06-17	381	H	0,04	Abs0.1
000300068290	2020-07-21	632	H	0,05	Abs0.1

**ESTADO DEL ACEITE - OXIDACIÓN**

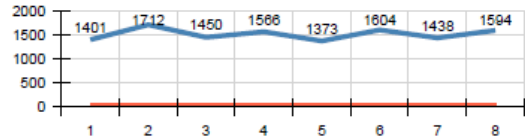
Abs0.1



000300063304	2019-07-22	521	H	0,04	Abs0.1
000300064229	2019-09-17	296	H	0,02	Abs0.1
000300064837	2019-10-02	372	H	0,02	Abs0.1
000300064991	2019-10-31	626	H	0,03	Abs0.1
000300065139	2019-11-18	761	H	0,04	Abs0.1
000300065346	2020-02-18	676	H	0,03	Abs0.1
000300067792	2020-06-17	381	H	0,02	Abs0.1
000300068290	2020-07-21	632	H	0,02	Abs0.1

**ESTADO DEL ACEITE - CONTENIDO DE ZINC**

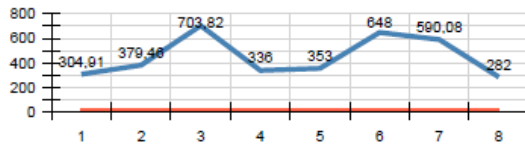
ppm



000300063304	2019-07-22	521	H	1401	ppm
000300064229	2019-09-17	296	H	1712	ppm
000300064837	2019-10-02	372	H	1450	ppm
000300064991	2019-10-31	626	H	1566	ppm
000300065139	2019-11-18	761	H	1373	ppm
000300065346	2020-02-18	676	H	1604	ppm
000300067792	2020-06-17	381	H	1438	ppm
000300068290	2020-07-21	632	H	1594	ppm

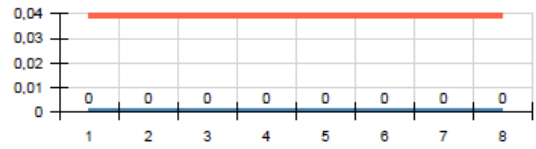
ESTADO DEL ACEITE - CONTENIDO DE CALCIO

ppm



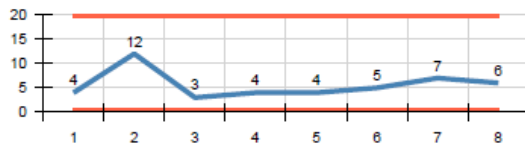
CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE GLICOL POR FTIR

%



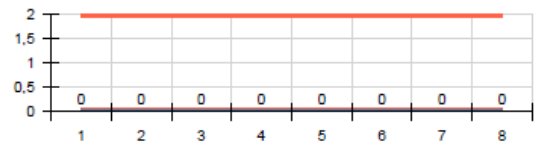
CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE SILICIO

ppm



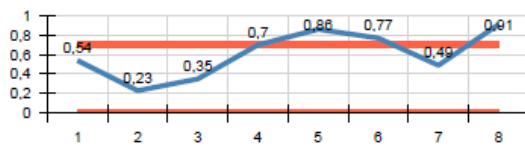
CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE COMBUSTIBLE POR FTIR

%



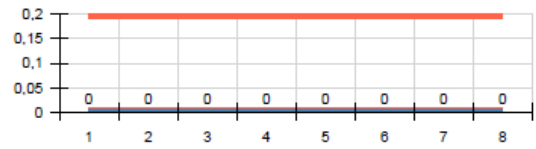
CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE HOLLÍN POR FTIR

Abs0.1



CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE AGUA POR FTIR

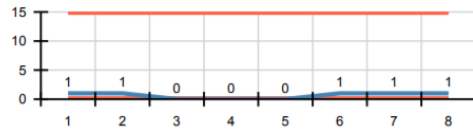
%



Comentario: Excesiva presencia de hollín

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE PLOMO**

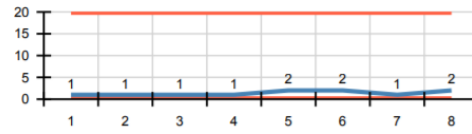
ppm



000300063324	2019-07-22	521 H	1 ppm
000300064229	2019-09-17	258 H	1 ppm
000300064537	2019-10-02	372 H	0 ppm
000300064991	2019-10-31	605 H	0 ppm
000300065139	2019-11-18	761 H	0 ppm
000300066346	2020-02-18	676 H	1 ppm
000300067792	2020-06-17	381 H	1 ppm
000300066290	2020-07-21	632 H	1 ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE CROMO**

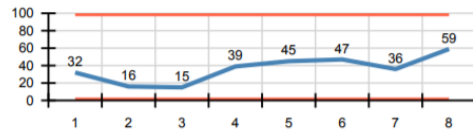
ppm



000300063324	2019-07-22	521 H	1 ppm
000300064229	2019-09-17	258 H	1 ppm
000300064537	2019-10-02	372 H	1 ppm
000300064991	2019-10-31	605 H	1 ppm
000300065139	2019-11-18	761 H	2 ppm
000300066346	2020-02-18	676 H	1 ppm
000300067792	2020-06-17	381 H	2 ppm
000300066290	2020-07-21	632 H	2 ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE HIERRO**

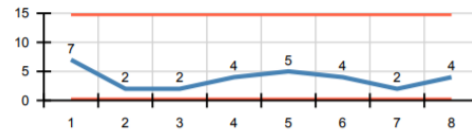
ppm



000300063324	2019-07-22	521 H	32 ppm
000300064229	2019-09-17	258 H	16 ppm
000300064537	2019-10-02	372 H	15 ppm
000300064991	2019-10-31	605 H	39 ppm
000300065139	2019-11-18	761 H	45 ppm
000300066346	2020-02-18	676 H	47 ppm
000300067792	2020-06-17	381 H	36 ppm
000300066290	2020-07-21	632 H	59 ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE COBRE**

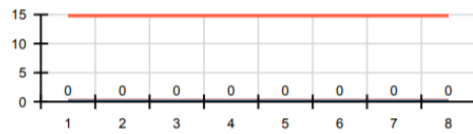
ppm



000300063324	2019-07-22	521 H	7 ppm
000300064229	2019-09-17	258 H	2 ppm
000300064537	2019-10-02	372 H	2 ppm
000300064991	2019-10-31	605 H	4 ppm
000300065139	2019-11-18	761 H	5 ppm
000300066346	2020-02-18	676 H	4 ppm
000300067792	2020-06-17	381 H	2 ppm
000300066290	2020-07-21	632 H	4 ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE ESTAÑO**

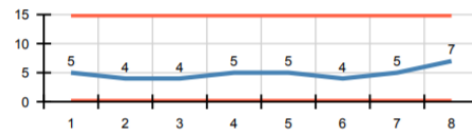
ppm



000300063324	2019-07-22	521 H	0 ppm
000300064229	2019-09-17	258 H	0 ppm
000300064537	2019-10-02	372 H	0 ppm
000300064991	2019-10-31	605 H	0 ppm
000300065139	2019-11-18	761 H	0 ppm
000300066346	2020-02-18	676 H	0 ppm
000300067792	2020-06-17	381 H	0 ppm
000300066290	2020-07-21	632 H	0 ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE ALUMINIO**

ppm



000300063324	2019-07-22	521 H	5 ppm
000300064229	2019-09-17	258 H	4 ppm
000300064537	2019-10-02	372 H	4 ppm
000300064991	2019-10-31	605 H	5 ppm
000300065139	2019-11-18	761 H	5 ppm
000300066346	2020-02-18	676 H	4 ppm
000300067792	2020-06-17	381 H	5 ppm
000300066290	2020-07-21	632 H	7 ppm

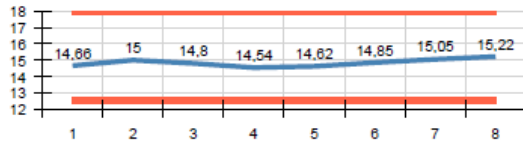
# Anexo D. reporte aceite usado equipo EL01604

**Ciente :**  
**Producto :** Petrobras Top Turbo (CI-4) SAE 15W-40-AU  
**Equipo:** EL01604 - Motor  
**Equipo Superior:** EL01604 Montacargas # 4

**Aviso Última Muestra No:** 000300067816  
**Fecha Última Muestra :** 2020-06-17  
**Muestra Cliente No:** EL01604 MOTOR  
**Periodo Trabajo Aceite:** 750 H  
**Periodo Trabajo Equipo:** 5143 H

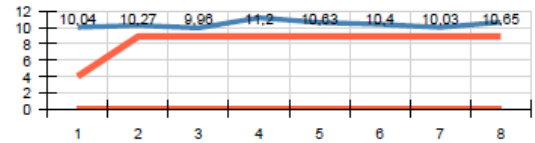
13/09/2020

**ESTADO DEL ACEITE - VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 100°C** cSt



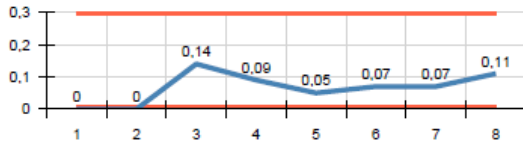
Código	Fecha	Horas	Viscosidad (cSt)
000300059917	2018-10-01	374 H	14,66 cSt
000300061070	2019-01-19	452 H	15,00 cSt
000300061814	2019-03-16	736 H	14,80 cSt
000300063152	2019-07-04	908 H	14,54 cSt
000300063614	2019-08-05	722 H	14,62 cSt
000300064108	2019-09-10	299 H	14,85 cSt
000300064753	2019-10-07	424 H	15,05 cSt
000300067816	2020-06-17	750 H	15,22 cSt

**ESTADO DEL ACEITE - NUMERO BASICO ACEITES USADOS** BN



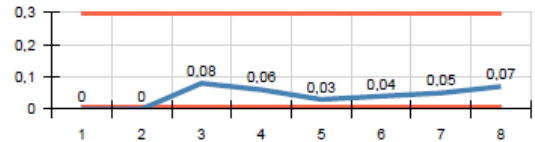
Código	Fecha	Horas	Número Básico (BN)
000300059917	2018-10-01	374 H	10,04 BN
000300061070	2019-01-19	452 H	10,27 BN
000300061814	2019-03-16	736 H	9,96 BN
000300063152	2019-07-04	908 H	11,20 BN
000300063614	2019-08-05	722 H	10,63 BN
000300064108	2019-09-10	299 H	10,4 BN
000300064753	2019-10-07	424 H	10,03 BN
000300067816	2020-06-17	750 H	10,65 BN

**ESTADO DEL ACEITE - SULFATACIÓN** Abs0.1



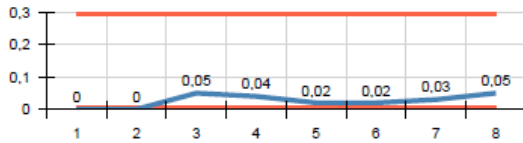
Código	Fecha	Horas	Sulfatación (Abs0.1)
000300059917	2018-10-01	374 H	0,00 Abs0.1
000300061070	2019-01-19	452 H	0,00 Abs0.1
000300061814	2019-03-16	736 H	0,14 Abs0.1
000300063152	2019-07-04	908 H	0,09 Abs0.1
000300063614	2019-08-05	722 H	0,05 Abs0.1
000300064108	2019-09-10	299 H	0,07 Abs0.1
000300064753	2019-10-07	424 H	0,07 Abs0.1
000300067816	2020-06-17	750 H	0,11 Abs0.1

**ESTADO DEL ACEITE - NITRACIÓN** Abs0.1



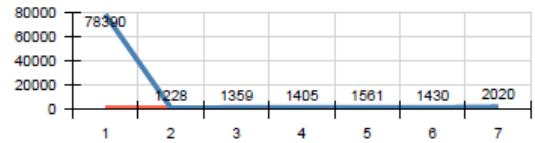
Código	Fecha	Horas	Nitración (Abs0.1)
000300059917	2018-10-01	374 H	0,00 Abs0.1
000300061070	2019-01-19	452 H	0,00 Abs0.1
000300061814	2019-03-16	736 H	0,08 Abs0.1
000300063152	2019-07-04	908 H	0,06 Abs0.1
000300063614	2019-08-05	722 H	0,03 Abs0.1
000300064108	2019-09-10	299 H	0,04 Abs0.1
000300064753	2019-10-07	424 H	0,05 Abs0.1
000300067816	2020-06-17	750 H	0,07 Abs0.1

**ESTADO DEL ACEITE - OXIDACIÓN** Abs0.1



Código	Fecha	Horas	Oxidación (Abs0.1)
000300059917	2018-10-01	374 H	0,00 Abs0.1
000300061070	2019-01-19	452 H	0,00 Abs0.1
000300061814	2019-03-16	736 H	0,05 Abs0.1
000300063152	2019-07-04	908 H	0,04 Abs0.1
000300063614	2019-08-05	722 H	0,02 Abs0.1
000300064108	2019-09-10	299 H	0,02 Abs0.1
000300064753	2019-10-07	424 H	0,03 Abs0.1
000300067816	2020-06-17	750 H	0,05 Abs0.1

**ESTADO DEL ACEITE - CONTENIDO DE ZINC** ppm



Código	Fecha	Horas	Contenido de Zinc (ppm)
000300061070	2019-01-19	452 H	78300 ppm
000300061814	2019-03-16	736 H	1228 ppm
000300063152	2019-07-04	908 H	1359 ppm
000300063614	2019-08-05	722 H	1405 ppm
000300064108	2019-09-10	299 H	1561 ppm
000300064753	2019-10-07	424 H	1430 ppm
000300067816	2020-06-17	750 H	2020 ppm

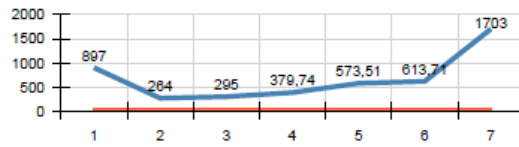
Cliente :  
 Producto : Petrobras Top Turbo (CI-4) SAE 15W-40-AU  
 Equipo: ELO1604 - Motor  
 Equipo Superior: ELO1604 Montacargas #4

Aviso Última Muestra No: 000300067816  
 Fecha Última Muestra : 2020-06-17  
 Muestra Cliente No: ELO1604 MOTOR  
 Periodo Trabajo Aceite: 750 H  
 Periodo Trabajo Equipo: 5143 H

13/09/2020

ESTADO DEL ACEITE - CONTENIDO DE CALCIO

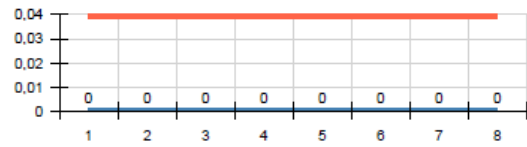
ppm



Muestra	Fecha	Horas	Calcio (ppm)
000300061070	2018-10-01	452 H	897 ppm
000300061814	2018-03-16	736 H	264 ppm
000300063152	2018-07-04	506 H	295 ppm
000300063814	2018-08-26	722 H	379.74 ppm
000300064108	2018-09-10	299 H	573.51 ppm
000300064753	2018-10-07	424 H	613.71 ppm
000300067816	2020-06-17	750 H	1703 ppm

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE GLICOL POR FTIR

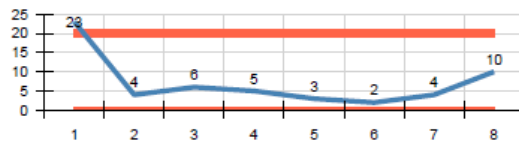
%



Muestra	Fecha	Horas	Glícol (%)
000300069917	2018-10-01	374 H	0.00 %
000300061070	2018-01-19	452 H	0.00 %
000300061814	2018-03-16	736 H	0.00 %
000300063152	2018-07-04	506 H	0.00 %
000300063814	2018-08-26	722 H	0 %
000300064108	2018-09-10	299 H	0 %
000300064753	2018-10-07	424 H	0 %
000300067816	2020-06-17	750 H	0.00 %

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE SILICIO

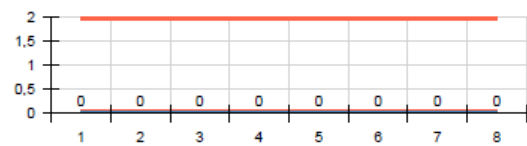
ppm



Muestra	Fecha	Horas	Silicio (ppm)
000300069917	2018-10-01	374 H	23 ppm
000300061070	2018-01-19	452 H	4 ppm
000300061814	2018-03-16	736 H	6 ppm
000300063152	2018-07-04	506 H	5 ppm
000300063814	2018-08-26	722 H	3 ppm
000300064108	2018-09-10	299 H	2 ppm
000300064753	2018-10-07	424 H	4 ppm
000300067816	2020-06-17	750 H	10 ppm

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE COMBUSTIBLE POR FTIR

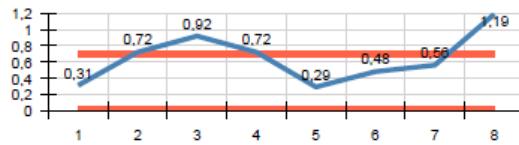
%



Muestra	Fecha	Horas	Combustible (%)
000300069917	2018-10-01	374 H	0.00 %
000300061070	2018-01-19	452 H	0.00 %
000300061814	2018-03-16	736 H	0.00 %
000300063152	2018-07-04	506 H	0.00 %
000300063814	2018-08-26	722 H	0 %
000300064108	2018-09-10	299 H	0 %
000300064753	2018-10-07	424 H	0 %
000300067816	2020-06-17	750 H	0.00 %

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE HOLLÍN POR FTIR

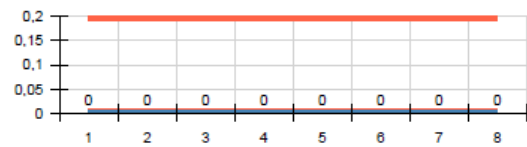
Abs0.1



Muestra	Fecha	Horas	Hollín (Abs0.1)
000300069917	2018-10-01	374 H	0.31 Abs0.1
000300061070	2018-01-19	452 H	0.72 Abs0.1
000300061814	2018-03-16	736 H	0.92 Abs0.1
000300063152	2018-07-04	506 H	0.72 Abs0.1
000300063814	2018-08-26	722 H	0.29 Abs0.1
000300064108	2018-09-10	299 H	0.48 Abs0.1
000300064753	2018-10-07	424 H	0.66 Abs0.1
000300067816	2020-06-17	750 H	1.19 Abs0.1

CONTAMINACIÓN - CONTENIDO DE AGUA POR FTIR

%

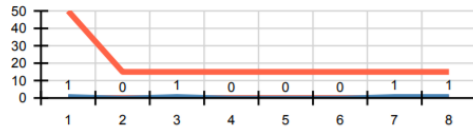


Muestra	Fecha	Horas	Agua (%)
000300069917	2018-10-01	374 H	0.00 %
000300061070	2018-01-19	452 H	0.00 %
000300061814	2018-03-16	736 H	0.00 %
000300063152	2018-07-04	506 H	0.00 %
000300063814	2018-08-26	722 H	0 %
000300064108	2018-09-10	299 H	0 %
000300064753	2018-10-07	424 H	0 %
000300067816	2020-06-17	750 H	0.00 %

Comentario: Excesiva presencia de hollín

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE PLOMO**

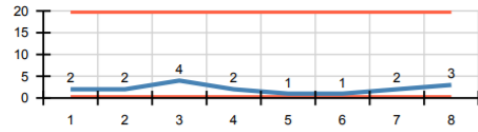
ppm



000300059917	2018-10-01	374	H	1	ppm
000300061970	2018-01-19	482	H	0	ppm
000300061814	2019-03-16	735	H	1	ppm
000300060152	2019-07-04	508	H	0	ppm
000300063614	2019-08-05	722	H	0	ppm
000300064108	2019-09-10	299	H	0	ppm
000300064753	2019-10-07	424	H	1	ppm
000300067816	2020-06-17	750	H	1	ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE CROMO**

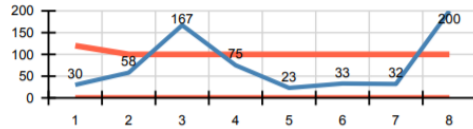
ppm



000300059917	2018-10-01	374	H	2	ppm
000300061970	2018-01-19	482	H	2	ppm
000300061814	2019-03-16	735	H	4	ppm
000300060152	2019-07-04	508	H	2	ppm
000300063614	2019-08-05	722	H	1	ppm
000300064108	2019-09-10	299	H	1	ppm
000300064753	2019-10-07	424	H	2	ppm
000300067816	2020-06-17	750	H	3	ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE HIERRO**

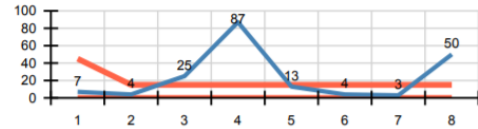
ppm



000300059917	2018-10-01	374	H	30	ppm
000300061970	2018-01-19	482	H	58	ppm
000300061814	2019-03-16	735	H	167	ppm
000300060152	2019-07-04	508	H	75	ppm
000300063614	2019-08-05	722	H	23	ppm
000300064108	2019-09-10	299	H	33	ppm
000300064753	2019-10-07	424	H	32	ppm
000300067816	2020-06-17	750	H	200	ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE COBRE**

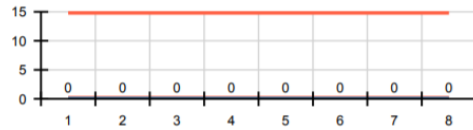
ppm



000300059917	2018-10-01	374	H	7	ppm
000300061970	2018-01-19	482	H	4	ppm
000300061814	2019-03-16	735	H	25,000	ppm
000300060152	2019-07-04	508	H	87	ppm
000300063614	2019-08-05	722	H	13	ppm
000300064108	2019-09-10	299	H	4	ppm
000300064753	2019-10-07	424	H	3	ppm
000300067816	2020-06-17	750	H	50	ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE ESTAÑO**

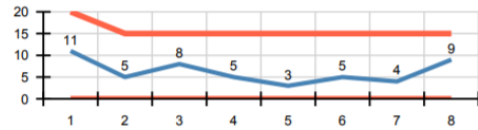
ppm



000300059917	2018-10-01	374	H	0	ppm
000300061970	2018-01-19	482	H	0	ppm
000300061814	2019-03-16	735	H	0	ppm
000300060152	2019-07-04	508	H	0	ppm
000300063614	2019-08-05	722	H	0	ppm
000300064108	2019-09-10	299	H	0	ppm
000300064753	2019-10-07	424	H	0	ppm
000300067816	2020-06-17	750	H	0	ppm

**PARTICULAS DE DESGASTE - CONTENIDO DE ALUMINIO**

ppm



000300059917	2018-10-01	374	H	11	ppm
000300061970	2018-01-19	482	H	5	ppm
000300061814	2019-03-16	735	H	8	ppm
000300060152	2019-07-04	508	H	5	ppm
000300063614	2019-08-05	722	H	3	ppm
000300064108	2019-09-10	299	H	5	ppm
000300064753	2019-10-07	424	H	4	ppm
000300067816	2020-06-17	750	H	9	ppm

