

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA CARGADOR FRONTAL LIU GONG CLG 862 DE LA  
PLANTA DE CONCRETOS DE ULTRACEM

JOSE DAVID SARMIENTO BARRIOS



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2018

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA CARGADOR FRONTAL LIU GONG CLG 862 DE LA  
PLANTA DE CONCRETOS DE ULTRACEM

JOSE DAVID SARMIENTO BARRIOS

Monografía de grado presentado como requisito para optar al título de especialista  
en Gerencia de Mantenimiento

DIRECTOR

Pedro Jose Díaz Guerrero

Ingeniero Mecánico



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2018

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

A mi esposa por su inmensurable e incondicional apoyo.

Ing. Elkin Herrera por su disponibilidad y colaboración para la culminación del proyecto.

Ing. Katia Navarro por su colaboración con la ejecución del proyecto.

Sr. Martin Castro por su apoyo en el cumplimiento de este objetivo.

Cuerpo docente de la Especialización en Gerencia De Mantenimiento por los conocimientos transmitidos.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	14
1. ULTRACEM .....	15
1.1 RESEÑA HISTORICA.....	15
1.1.1 Experiencia. ....	15
1.1.2 Tecnología. ....	15
1.1.3 Respaldo.....	16
1.1.4 Calidad.....	16
1.2 PROCESOS.....	16
1.3 ACTIVOS .....	17
1.4. PROCESO PRODUCTIVO .....	18
1.4.1 Diseño.....	19
1.4.2 Recepción y almacenamiento.....	19
1.4.3 Inspección y pruebas.....	19
1.4.4 Fabricación.....	19
1.4.5 Mezclado.....	19
1.4.6 Transporte y entrega.....	20
1.5 ANTECEDENTES DE MANTENIMIENTO .....	20
1.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.7 OBJETIVOS.....	22
1.7.1 Objetivo general.....	22
1.7.2 Objetivos específicos.....	22
1.8 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO .....	22
2. MARCO TEÓRICO .....	24
2.1 MANTENIMIENTO.....	24
2.1.1 Mantenimiento correctivo.....	24
2.1.2 Mantenimiento Predictivo.....	24
2.1.3 Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM).....	25
2.1.4 Mantenimiento productivo total (TPM).....	25
2.1.5 Mantenimiento preventivo.....	25
2.2 INDICADORES .....	26
3. CARGADOR FRONTAL LIU GONG CLG862.....	28
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	28
3.1.1 Aplicaciones.....	28
3.2 FICHA TÉCNICA .....	28
3.3 SISTEMAS.....	30
3.3.1 Sistema hidráulico.....	30
3.3.2 Sistema de potencia. irse en motor diésel, servo transmisión y ejes.....	46
3.3.3 Sistema eléctrico.....	58
4. DIAGNÓSTICO Y SITUACIÓN ACTUAL.....	59
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	59

4.1.1 Funciones. ....	59
4.1.2 Impacto en el proceso y lucro cesante.....	59
4.2 PLANEACIÓN.....	60
4.3 RECURSO HUMANO.....	60
4.4 GESTIÓN DE REPUESTOS.....	61
4.5 PRESUPUESTO.....	61
4.6 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS CRÍTICOS DEL EQUIPO.....	62
4.6.1 Entorno. ....	62
4.6.2 Registro de fallas. ....	63
4.6.3 Análisis de criticidad. ....	65
4.6.4 Análisis de modos y efectos de falla. ....	68
5. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	75
5.1 HOJA DE VIDA.....	75
5.2 PLANEACIÓN.....	76
5.2.1 Orden de trabajo. ....	77
5.2.2 Consumibles. ....	78
5.2.3 Rutinas de mantenimiento. ....	79
5.2.4 Instructivos especiales. ....	80
5.2.5 Indicadores. ....	84
5.2.6 Costos.....	85
6. REPUESTOS BASADOS EN CONFIABILIDAD (RCS).....	87
6.1 METODOLOGÍA.....	87
6.2 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO.....	88
6.3 CRITERIOS DE CRITICIDAD.....	89
6.4 MANTENIMIENTO.....	91
6.5 GERENCIAMIENTO DE PARTES BASADO EN CONFIABILIDAD.....	91
6.5.1 RCS (confiabilidad basada en repuestos).....	92
6.5.2 Planteamiento de modelo simplificado RCS. ....	93
6.5.3 Clasificación del Inventario. ....	97
6.5.4. Consecuencias. RCS Reconoce las Cinco Categorías de Consecuencias. ....	106
6.5.5. Esquema de la metodología utilizada en la investigación.....	107
6.6 ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	107
7. CONCLUSIONES.....	110
BIBLIOGRAFIA.....	111
ANEXOS.....	113

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ficha técnica del cargador frontal CLG862	30
Tabla 2. Sistema hidráulico de trabajo	31
Tabla 3. Sistema hidráulico de dirección	36
Tabla 4. Sistema hidráulico de frenos	42
Tabla 5. Especificaciones técnicas del motor Diesel	48
Tabla 6. Relación de costos de mantenimiento	62
Tabla 7. Relación de fallas	65
Tabla 8. Frecuencia de falla	66
Tabla 9. Severidad	66
Tabla 10. Escala de referencia. Nivel de criticidad	67
Tabla 11. Análisis de criticidad	68
Tabla 12. Sistemas críticos	69
Tabla 13. Escala de referencia de sistemas críticos	69
Tabla 14. Análisis AMEF Sistema Motor Diesel	71
Tabla 15. Análisis AMEF Sistema Hidráulico	72
Tabla 16. Análisis AMEF Sistema de articulación de trabajo	73
Tabla 17. Análisis AMEF Transmisión de potencia	74
Tabla 18. Identificación de filtros	79
Tabla 19. Identificación de lubricantes	79
Tabla 20. Identificación de consumibles	80
Tabla 21. Presupuesto de mantenimiento preventivo	86
Tabla 22. Presupuesto anual de mantenimiento preventivo	87
Tabla 23. Lista de criterios de criticidad	91
Tabla 24. Desviaciones estándar	106
Tabla 25. Listado de repuestos RSC	110

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de procesos ULTRACEM	18
Figura 2. Diagrama de procesos de producción de concreto	19
Figura 3. Sistema hidráulico de trabajo	32
Figura 4. Diagrama esquemático de tanque hidráulico	33
Figura 5. Cilindro de elevación o boom	33
Figura 6. Bomba hidráulica de trabajo	35
Figura 7. Válvula de pilotaje	36
Figura 8. Sistema hidráulico de dirección	37
Figura 9. Bomba dosificadora manual u orbitrol	38
Figura 10. Bomba doble hidráulica	39
Figura 11. Válvula reductora de presión	40
Figura 12. Cilindro de dirección	41
Figura 13. Composición del sistema de frenos	43
Figura 14. Bomba doble hidráulica	44
Figura 15. Válvula de carga	44
Figura 16. Válvula de freno de servicio	45
Figura 17. Sistema de potencia	47
Figura 18. Sistema de refrigeración	49
Figura 19. Sistema de lubricación	50
Figura 20. Sistema de combustible	51
Figura 21. Convertidor de torque	53
Figura 22. Embragues	54
Figura 23. Sistema de control	54
Figura 24. Válvula de control	55
Figura 25. Módulo de control	55
Figura 26. Palanca selectora	56
Figura 27. Cardanes	56
Figura 28. Ejes	57
Figura 29. Diferenciales	58
Figura 30. Mandos finales	59
Figura 31. Hoja de vida	75
Figura 32. Formato orden de trabajo	78
Figura 33. Instructivo de lubricación L010	81
Figura 34. Instructivo de lubricación L050	82
Figura 35. Instructivo de limpieza de aire motor	83
Figura 36. Instructivo test hidráulico	84
Figura 37. Categorías RSC	99
Figura 38. Diagrama de decisión de clasificación de criticidad	99

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Diseño de plan de mantenimiento de un cargador frontal Liu Gong CLG862	76
Cuadro 2. Relación rutinas y consumibles	79
Cuadro 3. Relación de horas de servicio Vs. Tipo de rutina	80

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Válvula principal de trabajo	34
Fotografía 2. Válvula amplificadora de flujo	40
Fotografía 3. Válvula de freno de estacionamiento	45
Fotografía 4. Acumuladores	46
Fotografía 5. Cilindro	46
Fotografía 6. Servo transmisión	52

## RESUMEN

TITULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CARGADOR FRONTAL LIU GONG CLG 862 DE LA PLANTA DE CONCRETOS DE ULTRACEM

AUTOR(ES): JOSE DAVID SARMIENTO BARRIOS

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento Preventivo, Plan de Mantenimiento, Confiabilidad, Indicadores de Gestion, Cargador Frontal.

DESCRIPCION O CONTENIDO: el incremento de la economía nacional, las obras de infraestructura nacional y la inversión extranjera en la región entre otros factores ha provocado el aumento del mercado y la evolución de la calidad del cemento y el concreto lo cual lo hace más exigente a las compañías productoras del mismo, para Ultracem es una prioridad el cumplir con las expectativas de los clientes en calidad, tiempos de entrega y precios. Para lograr tal fin se requiere que todas las áreas de la empresa trabajen en armonía y compromiso en particular el área de mantenimiento pues debe estar regido por unas políticas y una estrategia claramente definida, esta debe indicar explícitamente cuales son las metas y como se va a lograr, garantizando que todo el personal se encuentre comprometido con los objetivos, además de conocer los alcances y responsabilidades de su cargo. El objetivo principal de esta monografía es el diseño de un plan de mantenimiento preventivo al cargador frontal CLG 862 de la planta de concretos en Barranquilla basado en las condiciones actuales de operación, caracterizando las principales fallas que afectan su confiabilidad a través de la metodología de análisis de modo y efectos de falla, además de la implementación de técnicas de mantenimiento predictivo e indicadores de mantenimiento y operación del equipo, al final de este proceso se tendrá como resultado la transformación del mantenimiento correctivo y paradas por emergencias a un mantenimiento con actividades previamente planeadas en armonía con los cronogramas de mantenimiento general de la compañía, además de mitigar las fallas, reducir los costos de mantenimiento, minimizar el impacto negativo en los procesos de producción siempre en aras de cumplir con los objetivos de la organización y accionistas.

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Fisico-Mecánicas.Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Pedro José Díaz, Ingeniero Mecánico

## **ABSTRACT**

TITLE:

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR LIU GONG CLG 862 FRONT LOADER OF THE ULTRACEM CONCRETE PLANT

AUTHORS:

JOSE DAVID SARMIENTO BARRIOS

The increase of the national economy, the works of national infrastructure and among other factors has caused the increase of the market and the evolution of the quality of the cement and the concrete which makes it more demanding to the companies producing the same, for Ultracem it is a priority to meet the expectations of customers in quality, delivery times and prices. To achieve this aim, all areas of the company must work in harmony and commitment, particularly in the area of maintenance, since it must be governed by clearly defined policies and strategies. This should explicitly indicate what the aim are, ensuring that all personnel is committed to the objectives, in addition to knowing the scope and responsibilities of their position.

The main objective of this monograph is the design of a preventive maintenance plan for the CLG 862 front loader of the concrete plant in Barranquilla based on the current operating conditions, characterizing the main faults that affect its reliability through the analysis methodology of mode and effects of failure, in addition to the implementation of predictive maintenance techniques and indicators of equipment maintenance and operation, at the end of this process will result in the transformation of corrective maintenance and stops for emergencies to a maintenance with activities previously planned in harmony with the general maintenance schedules of the company, in addition to mitigate the failures, reduce maintenance costs, minimize the negative impact on the production processes always in order to meet the objectives of the organization.

\* Monograph

\*\* Faculty of Physics-Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management, Director: Eng. Pedro José Díaz, Mechanical Engineer

## INTRODUCCIÓN

Actualmente todas las compañías que involucran procesos productivos necesitan garantizar la disponibilidad y optimización de todos los recursos requeridos para obtener el producto final.

Para ULTRACEM el suministro y ubicación de la materia prima y los diferentes agregados en los puntos predeterminados es fundamental en los procesos de producción y logísticos, estas funciones son asumidas por el cargador frontal modelo CLG862 el cual posee amplia jornada de trabajo lo que conlleva a que los periodos para ejecutar actividades de mantenimiento son muy cortos y a su vez los lapsos entre mantenimiento son extensos, como consecuencia la mayoría de los mantenimientos son de tipo correctivo. Es indispensable implementar una metodología que garanticen los objetivos de la compañía y el departamento de mantenimiento como lo son disponibilidad, confiabilidad y óptimo funcionamiento del equipo sin importar negativamente el presupuesto designado.

Por lo cual el objeto de este estudio será la implementación de la metodología de mantenimiento preventivo promoviendo la mejora continua de mismo.

## 1. ULTRACEM

### 1.1 RESEÑA HISTORICA

ULTRACEM es una empresa colombiana especializada en la producción y comercialización de cementos y concretos. Nacemos de 3 generaciones de expertos en la industria cementera y el respaldo de una fuerte inversión en tecnología y en operaciones amigables con el medio ambiente.

Con plantas de producción de cementos en Galapa, Atlántico. y plantas de producción de concretos están en Barranquilla, Puente Pumarejo y en Cartagena.

Siempre con el objetivo de garantizar la satisfacción de los clientes ULTRACEM basa sus objetivos en cuatro pilares:

1.1.1 Experiencia. Un excelente producto siempre estará respaldado por excelentes procesos y por excelentes personas. Nuestro equipo humano está conformado por los mejores profesionales del sector, con un profundo conocimiento en cada una de sus áreas, orientados a satisfacer las necesidades de nuestros clientes y apoyados en la experiencia de tres generaciones que durante décadas han sido líderes en la producción de cementos, concretos y morteros de alta calidad para la industria de la construcción en Colombia. Por eso representamos seguridad y confianza, porque sabemos dar lo mejor.

1.1.2 Tecnología. Ultracem fabrica productos con tecnología alemana de última generación, que permite garantizar su excelente calidad y la eficiencia en los procesos productivos, y el compromiso es con todas las partes interesadas y con el medio ambiente. Por eso, se instalaron filtros de la más alta tecnología que impiden la contaminación del aire y de las fuentes de agua requeridas para la fabricación de nuestros productos. Se protege nuestro planeta sin descuidar la calidad del producto que se ofrecen. Mejor tecnología, mejor calidad, mejores productos.

1.1.3 Respaldo. Ultracem es el resultado del esfuerzo de un grupo de inversionistas colombianos comprometidos con el crecimiento de nuestro país, con la generación de empleo y con el desarrollo social de las comunidades donde operamos. La experiencia de sus accionistas, el respaldo económico y un modelo de gestión de empresas exitosas son el respaldo que garantiza que Ultracem sea la nueva opción de Cemento en Colombia.

1.1.4 Calidad. La calidad es muy importante para la compañía. Por esto la experiencia y tecnología que posee permite ofrecer al mercado local y nacional un amplio portafolio de productos con los más altos estándares de calidad, que satisface todas las expectativas y necesidades de la industria de la construcción en Colombia.

## 1.2 PROCESOS

Ultracem cuenta con un proceso de planeación estratégica que permite desarrollar e implementar planes, estrategias y actividades que logren alcanzar sus metas y objetivos en los diferentes campos, parte de esas estrategias son los diferentes procesos de la compañía como lo son los estratégicos, operativos, evaluación y de apoyo, en este se encuentra el departamento de mantenimiento debido a que debe garantizar equipos disponibles y confiables a los procesos productivos.

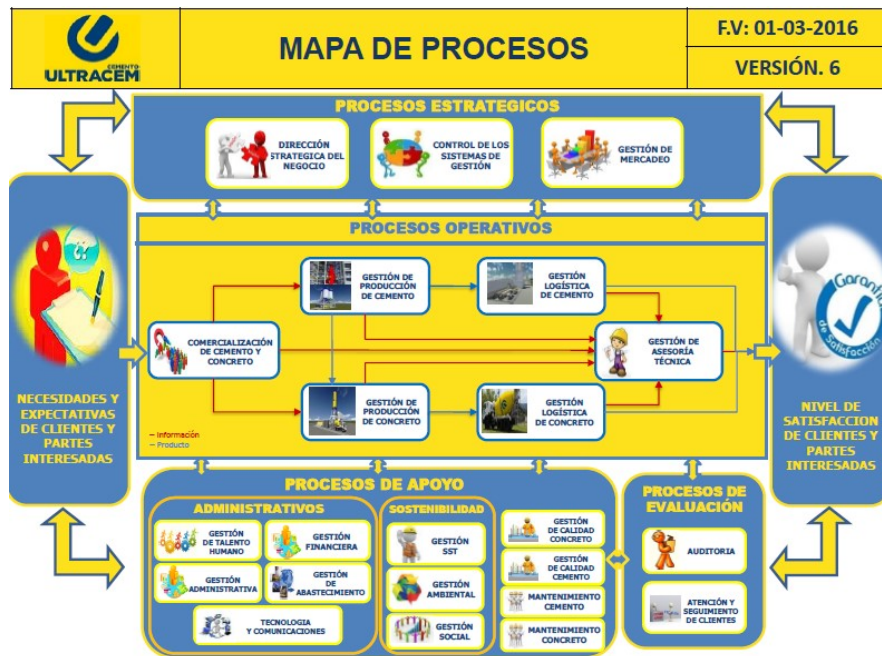


Figura. 1. Mapa de procesos Ultracem (2018)

### 1.3 ACTIVOS

Para lograr la fabricación de concreto según los requerimientos específicos de los clientes es necesario tener equipos, herramientas y personal altamente capacitado. Entre los equipos requeridos encontramos 2 tipos de plantas concreto tipo dosificadora horizontal, actualmente se cuenta con 2 unidades de este tipo y tienen la función principal de la producción de concreto a partir de la mezcla de diferentes materiales.

La otra planta es de tipo mezcladora horizontal la cual es mucho más eficiente y a diferencia de la planta tipo dosificadora el producto en la salida del equipo está lito para entrega.

Otro equipo importante en el proceso de fabricación del concreto es el cargador frontal el cual permite el transporte de materia prima y agregados a las tolvas de suministro de las plantas.

En el proceso de distribución del concreto intervienen diferentes tipos de equipo móvil entre ellos vemos los camiones tipo Mixer quien tiene como principal función la entrega en sitio del producto con las especificaciones exactas que requiera el cliente.

Además de los camiones tipo autobomba el cual puede entregar el concreto a alturas considerables y lugares de difícil acceso.

#### 1.4. PROCESO PRODUCTIVO

El concreto actualmente es un material de uso común en los diferentes tipos de construcciones y se obtiene al mezclar tres componentes básicos como lo son el agua, cemento y agregados en algunos casos se adicionan aditivos dependiendo las especificaciones que se desean obtener.

Para iniciar el proceso se debe contar con los recursos requeridos como lo son los equipos que fueron detallados en el capítulo anterior y la materia prima e insumos, así como el proceso en cual interactúan.

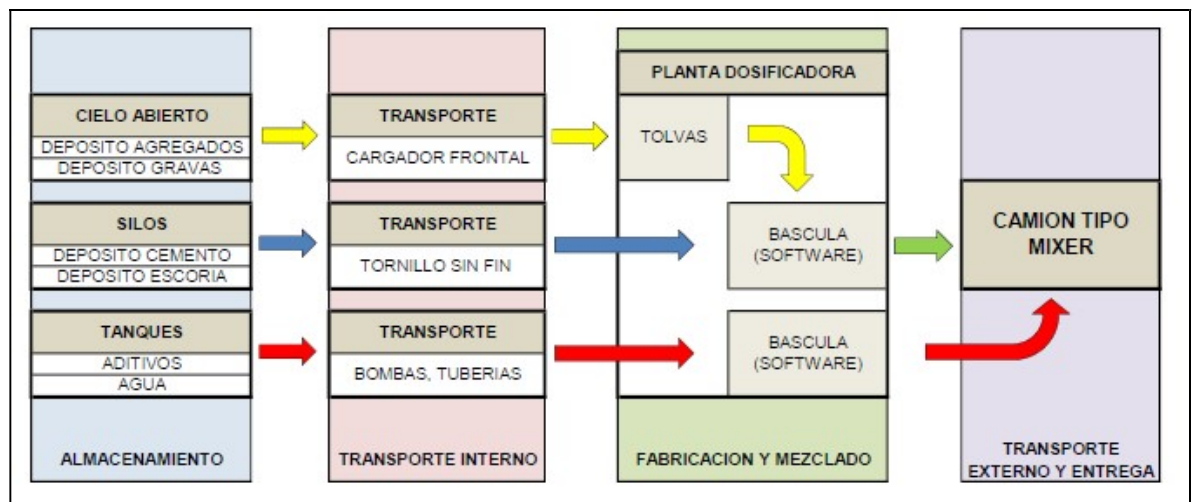


Figura. 2. Diagrama de proceso de producción de concreto. ULTRACEM (2018)

1.4.1 Diseño. Según los requerimientos del cliente se realizan los cálculos de los insumos y procedimientos requeridos para cumplir a tiempo y con calidad la entrega del producto

1.4.2 Recepción y almacenamiento. Las Materias primas necesarias en los diferentes procesos son el cemento, agregados y aditivos siendo almacenadas de acuerdo a los requerimientos de cada uno. Los agregados se almacenan en patios a cielo abierto controlando el grado de humedad, el cemento y la escoria en depósitos cerrados generalmente en silos debido a que el cemento es un elemento muy volátil con el viento y genera contaminación y pérdidas del producto, los aditivos se almacenas en tanques herméticos evitando el contacto con el medio.

1.4.3 Inspección y pruebas. Se realizan pruebas iniciales a las materias primas verificando el cumplimiento de las condiciones para iniciar el proceso.

1.4.4 Fabricación. Los cálculos obtenidos se cargan en un software el cual selecciona los porcentajes de cada componente requerido para obtener el concreto con las especificaciones requeridas.

1.4.5 Mezclado. Puede realizarse en 2 escenarios el primero es realizado en los camiones tipo Mixer en el cual todos los componentes son introducidos en su interior, cumpliendo con 2 objetivos el mezclar y transportar el producto hasta el lugar de entrega. El segundo es aplicable en las plantas de concreto tipo mezcladora en la cual este proceso se realiza en un equipo llamado mezclador el cual entrega el producto listo para entrega. El proceso de mezclado en ambos casos es muy importante debido a que garantizara la homogeneidad del producto siempre y cuando se controlen variables como la velocidad y el tiempo.

1.4.6 Transporte y entrega. Como se mencionó anteriormente los vehículos designados para el transporte del concreto son los camiones tipo Mixer este proceso es vital en la calidad del producto pues se puede alterar las especificaciones del concreto. Debido a esto se debe realizar una planeación muy asertiva teniendo en cuenta factores externos como el clima y el tráfico, además de contar con conductores bien formados que puedan afrontar y cumplir con las funciones entregadas.

Una vez en sitio la entrega se realiza dependiendo la ubicación de la obra y lo pactado en la negociación, puede entregarse a nivel (losas, vías, etc.) o en puntos elevados o de difícil acceso con los camiones tipo Autobombas.

## 1.5 ANTECEDENTES DE MANTENIMIENTO

Actualmente el mantenimiento realizado al cargador frontal CLG 862 son algunas actividades preventivas básicas basadas en el manual del fabricante y actividades correctivas de emergencia y medianamente planeadas a corto plazo, otro tipo de actividades de carácter más específico son manejadas a través de contratos outsourcing. El proceso de mejora lógicamente es prácticamente nulo por motivo que no se tienen controles que permitan verificar y prever los costos y recursos requeridos, indicadores que evidencien cómo va el proceso, planes o estrategias a seguir y objetivos que indiquen a donde y cuando se va a llegar.

Actualmente el departamento de mantenimiento cuenta con el siguiente recurso humano:

2 técnicos profesionales mecánicos

1 técnico profesional electricista

1 técnico profesional soldadura

1 líder de mantenimiento

2 coordinadores de mantenimiento

## 1.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ultracem actualmente cuenta con 1 planta de cemento y 3 plantas de concreto ubicadas en los departamentos del Atlántico y Bolívar en Colombia, para el funcionamiento de la planta de concreto ubicada en la ciudad de Barranquilla se requiere el apoyo de equipo móvil distribuido de la siguiente forma 3 cargadores frontales, 72 camiones tipo mixer y 12 camiones tipo cisterna.

Los cargadores frontales marca Liu Gong son modelos CLG862 y CLG856 con capacidad de balde de 3.5 y 3 toneladas respectivamente, en la planta de cementos ubicada en Barranquilla, se cuenta con 2 cargadores frontales CLG862 y una de sus funciones principales es la de transportar los diferentes tipos de materiales requeridos en el proceso.

Un cargador cuenta en promedio con 15.000 horas, a pesar de que no existe un criterio definido para estimar la vida útil de estos equipos la cual puede variar por diferentes factores como lo son los tipos y frecuencias de mantenimiento, condiciones ambientales, operación, procesos, actividad realizada, tipo de material etc, según el fabricante se recomienda realizar un mantenimiento tipo overhaul cada 10.000 horas y un equipo tiene la capacidad de soportar 3 mantenimientos de este tipo, con esta información se puede estimar la vida útil del equipo bajo estas condiciones sería aproximadamente de 40.000 horas.

Actualmente en Ultracem no existe una política clara ni una estrategia definida de mantenimiento para este equipo, como consecuencia se presentan diariamente fallas ocasionadas por diferentes motivos fugas, ruptura de componentes, recalentamientos, apagado completo, aislamiento del circuito eléctrico, etc, lo que traduce en incrementos de mantenimientos correctivos no planeados, paradas de planta, incumplimiento de indicadores de producción y pérdidas económicas para la compañía.

Un cargador Liu Gong modelo CLG862 actualmente tiene un costo aproximado de unos US \$ 100.000, lo que evidencia una alta inversión en estos equipos, todo lo anterior convierte en un reto para el departamento de mantenimiento el garantizar

la máxima confiabilidad y disponibilidad de estos equipos, seleccionando los métodos y estrategias acordes a las políticas y lineamientos en aras de cumplir los objetivos de la compañía.

## 1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo general. Caracterizar el contexto de operación y las frecuencias de parada de un equipo cargador frontal Liu Gong modelo 862 a través de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo.

1.7.2 Objetivos específicos. Los objetivos específicos son:

Actualizar las rutinas de mantenimiento planteadas por el fabricante a través de un análisis de modos y efectos de falla de los sistemas más críticos.

Elaborar una propuesta de mantenimiento que permita identificar los modos y efectos de falla que hacen que el equipo diariamente presente problemas de recalentamiento y fugas en los diferentes sistemas. Y que dichas paradas sean eliminadas del contexto de operación.

Plantear un modelo simplificado de RCS para determinar niveles de repuestos críticos basados en recomendaciones de fabricante.

## 1.8 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO

Ultracem es una empresa colombiana que fue creada en el año 2013 lo que traduce como una empresa nueva y con grandes retos que afrontar como lo son el posicionamiento de la marca, sembrar confianza en los clientes directos e indirectos a través de la calidad del producto y tiempos de entrega óptimos, contribuir al logro de los objetivos de los clientes, cumplir con los compromisos adquiridos con el medio ambiente y la región.

Con el objetivo de alcanzar las metas propuestas y competir con los grandes productores de cemento y concreto de la región, Ultracem ha basado su estrategia general en 4 pilares fundamentales experiencia, tecnología, respaldo y calidad.

Para el cumplimiento de todas las metas propuestas se requiere que todos los procesos involucrados en la fabricación de los diferentes productos cumplan con los estándares mínimos requeridos (calidad, tiempos de entrega, etc.) estipulados en los lineamientos de la compañía.

En la planta de concretos actualmente se producen 800 m<sup>3</sup> por día de concreto con diferentes especificaciones según los requerimientos de los clientes y una parada de planta no planeada por indisponibilidad de alguno de los equipos y/o materia prima conlleva a pérdidas económicas considerables. Los cargadores frontales Liu Gong modelos CLG862 tienen un papel fundamental en el proceso, algunas de las funciones son el de descargar material de los camiones que proveen materia prima, ubicar, recoger y disponer los materiales necesarios para cumplir con la producción en las diferentes áreas de las instalaciones de la empresa (tolvas de plantas de concreto, vías, patios, reciclador de material, etc.) y mover elementos y/o repuestos pesados.

La seguridad de los operadores durante las maniobras diarias del equipo, el cumplimiento de las normas ambientales y garantizar la disponibilidad y confiabilidad que requiere el proceso del cargador frontal, son algunas de las exigencias que el departamento de mantenimiento debe suplir, por lo cual se hace necesario adoptar una metodología de mantenimiento que permita satisfacer estos requerimientos.

El objetivo de esta implementación de la metodología de mantenimiento preventivo es permitir estructurar el plan de mantenimiento del equipo apoyándose en técnicas predictivas, de tal forma que garantice la optimización de todos los recursos disponibles (económico, humano, tecnológico, inventario, etc) y cumpla con las metas estipuladas por la compañía.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 MANTENIMIENTO

Podría definirse como el conjunto de actividades dentro de la organización que tienen como objetivo principal el mantener los equipos, herramientas e instalaciones en condiciones que puedan ejecutar las funciones para lo cual fueron diseñadas respetando las normas de seguridad y medio ambiente establecidas.

El mantenimiento está enmarcado como uno de los sistemas que aporta al proceso en una compañía y dentro de sus objetivos está el garantizar la correcta funcionalidad de los activos que intervienen en el proceso y en el momento que sean requeridos, todo esto alineado a las metas y políticas establecidas por la organización, no se debe olvidar que existen otros objetivos del departamento que requieren mucha atención para lograr su cumplimiento como lo son la reducción de costos, reducir los tiempos muertos de los equipos y asegurar la calidad del resultado operacional de los mismos.

2.1.1 Mantenimiento correctivo. Son las actividades que solo se ejecutan en el equipo una vez ya se haya presentado a la falla, con el objetivo de normalizar las funciones para la cual fue diseñado. Generalmente se realizan de manera urgente y sin requerir programación alguna.

2.1.2 Mantenimiento Predictivo. Es el conjunto de actividades de seguimiento continuo de un equipo o sistema que permite predecir la falla antes de que se presente, o dicho en otras palabras se trata de conseguir adelantarse al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para alcanzar este objetivo se basa en técnicas de monitoreo de varios parámetros físicos, algunas de esas técnicas son: el análisis de vibraciones, ultrasonido, termografía, análisis de lubricantes entre otros.

Los resultados adquiridos se someten a inspecciones, análisis y diagnóstico, y posterior se organizan y planifican las intervenciones según la prioridad que amerite y no afecten el tiempo de servicio del equipo. Estas actividades programadas se pueden adicionar en los planes de mantenimiento preventivo establecidos.

2.1.3 Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM). Según la norma SAE J1011 lo define como un proceso específico usado para identificar las políticas implementadas para administrar los modos de falla que pueden causar fallas funcionales en cualquier activo físico en su contexto operacional, o podría definirse como el proceso que se utiliza para determinar las actividades que deben ejecutarse para asegurar que un elemento continúe realizando las funciones para la cual fue diseñado en el contexto operacional en el cual interactúa.

2.1.4 Mantenimiento productivo total (TPM). El Mantenimiento productivo total más que un tipo de mantenimiento es una filosofía la cual tiene como objetivo principal es eliminar las pérdidas en producción por el estado de los equipos, esto implicaría cero accidentes, cero defectos y cero fallos a causa del mal estado de los equipos en todo el ciclo de vida del sistema productivo, teniendo como base el compromiso y el apoyo de todo el personal.

2.1.5 Mantenimiento preventivo. Es un tipo de mantenimiento que tiene como meta la ejecución de actividades de remplazo, renovación, inspecciones periódicas, ajustes, revisión y calibración de los equipos basándose en el tiempo, uso, condición o recomendaciones del fabricante asegurando principalmente la confiabilidad y disponibilidad del mismo. Esta clase de mantenimiento permite evitar las causas conocidas de fallas en los equipos, así como la reducción y prevención del índice de frecuencia de fallas prematuras y comunes, además, de prever avisos de fallas inminentes que permita planear con tiempo intervenciones en tiempos muertos del equipo.

A continuación, se numeran algunas ventajas de esta metodología,

Registro de actividades mediante formatos y sistemas de información, generación de indicadores del departamento, medir, controlar y toma de decisiones de los recursos y partes interesadas del departamento basándose en los indicadores.

Reducción de fallas y anomalías en los equipos, mitigar el impacto de una falla inminente en el equipo, optimizar el inventario de repuestos y consumibles del departamento, reducir el lucro cesante de la compañía evitando paros no programados de los equipos, mayor asertividad en el cálculo del presupuesto.

Reducir las fallas por error humano por medio de la Implementación de procedimientos y listas de chequeo de los equipos y reducir los costos de mantenimiento del departamento

## 2.2 INDICADORES

El departamento de mantenimiento tiene la obligación de mantener los equipos realizando sus funciones según la necesidad de la compañía haciendo uso eficiente de los recursos disponibles como los son el humano, económico, repuestos, consumibles, tecnológicos, etc. Por esta razón se hace necesario cuantificar el desempeño tanto del departamento como de los equipos, los indicadores de mantenimiento son herramientas que nos permiten evaluar, comparar y tomar decisiones de las condiciones generales y específicas del recurso humano, materiales, herramientas, equipos, componentes y procesos. Generalmente el cálculo para determinarlos es probabilístico y dados en porcentajes. A continuación, se presentan algunos:

Disponibilidad: La norma ISO 14224 lo define como el elemento que funciona en un instante dado (sin importar lo que haya sucedido antes), además agrega la disponibilidad caracteriza una función que se puede interrumpir sin ningún problema [1].

$$Do = \text{MUT} / (\text{MUT} + \text{MTTR})$$

Confiabilidad: La norma ISO 14224 lo define como elemento que trabaja continuamente durante un período de tiempo completo, además la función no puede ser interrumpida durante un período de tiempo completo [1].

$$Co = \text{MTBF}/(\text{MTBF}+\text{MTTR})$$

Costos: este indicador nos permite identificar los costos del departamento de mantenimiento como lo son los de mano de obra, materiales, etc.

Ordenes de trabajo: es el número de actividades realizadas por un periodo de tiempo, además permite visualizar y suministrar información de tiempos de trabajos, re trabajos, productividad de personal técnico y/o contratistas, historial de mantenimiento, etc.

Gestión de compras e inventario: nos permite identificar los promedios de consumo de materiales (rotación), tiempo de entrega y recibido.

MTTR: es el tiempo promedio para reparar un componente cuando esta falla.

g. MTBF: Es el tiempo promedio entre fallas.

h. MTTF: Es el tiempo promedio para fallar.

### **3. CARGADOR FRONTAL LIU GONG CLG862**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

El cargador frontal es un equipo que pertenece a la línea de maquinaria amarilla y movimiento de tierra, dentro de sus principales funciones se encuentra el transportar y/o manipular material en grandes volúmenes y recomendablemente en distancias no muy extensas.

3.1.1 Aplicaciones. Esta máquina es un tipo de maquinaria de ingeniería que se usa principalmente para la carga y descarga de materiales sueltos. Se usa principalmente para la actividad de carga, descarga, demolición, tracción, etc. en zonas de minas, puertos y muelles, construcción de obras de infraestructura, reparación de carreteras y para empresas de acero y de hierro, etc. Se trata de un tipo de maquinaria de ingeniería multipropósito.

#### **3.2 FICHA TÉCNICA**

A continuación, se presenta las especificaciones generales del cargador frontal modelo CLG862.

Tabla 1. Ficha técnica de Cargador Frontal CCLG862

Implemento		Unidad	
Capacidad normal de la pala		m <sup>3</sup>	3,5
Peso de la carga nominal		kg	6000
Tiempo de elevacion de la pluma (a plena carga)		s	≤6,3±0,2
Tiempo total		s	≤11,5±0,2
Velocidades de traslado maximas	Velocidad de avance en cuarta	km/h	36
	Velocidad de avance en tercera	km/h	23
	Velocidad de avance en segunda	km/h	11
	Velocidad de avance en primera	km/h	6
	Velocidades de marcha atrás en primera	km/h	6
	Velocidad de marcha atrás en segunda	km/h	11
	Velocidad de marcha atrás en tercera	km/h	23
Fuerza de traccion		kN	≥166
Fuerza de rompimiento maxima (inclinacion de la pala)		kN	≥198±5
Capacidad de subida maxima			30°
Radio de giro minimo	Centro de la rueda trasera	mm	≤6290
	Exterior de la esquina delantera de la pala	mm	≤6995
Dimensiones totales	Longitud total (pala en el suelo)	mm	8480±100
	Ancho total (fuera de la rueda)	mm	2800±50
	Ancho de la pala	mm	3010±30
	Altura total (parte superior de la cabina)	mm	3467±40
	Distancia entre ejes	mm	3350±30
	Rodadura	mm	2200±10
	Distancia al suelo minima (en la union de la articulacion)	mm	430±50
	Altura de volcado maxima	mm	≥3150±50
	Alcance de volcado	mm	≥1200±50
Masa operativa (con cabina)		kg	19200±100
Asiento de conductor	Encima de la caja de articulacio de la direccion		

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento (O&M). Cargador Frontal 862. Liu Gong. 2011.

Para ejecutar todas las funciones para las cuales se ha diseñado el cargador se requiere que los diferentes sistemas y componentes operen en armonía y de la mejor manera posible. En los próximos capítulos se analizarán en detalle los sistemas y sus principales componentes.

### 3.3 SISTEMAS

3.3.1 Sistema hidráulico. Los sistemas hidráulicos son muy importantes para la operación de maquinarias pesadas y se usan principios hidráulicos básicos al diseñar los diferentes subsistemas del mismo como el de dirección, frenos y fuerza.

Sistema hidráulico de trabajo, este sistema tiene como único fin el accionamiento balde o bucket en los movimientos ascendentes, descendentes e inclinación hacia adelante y atrás.

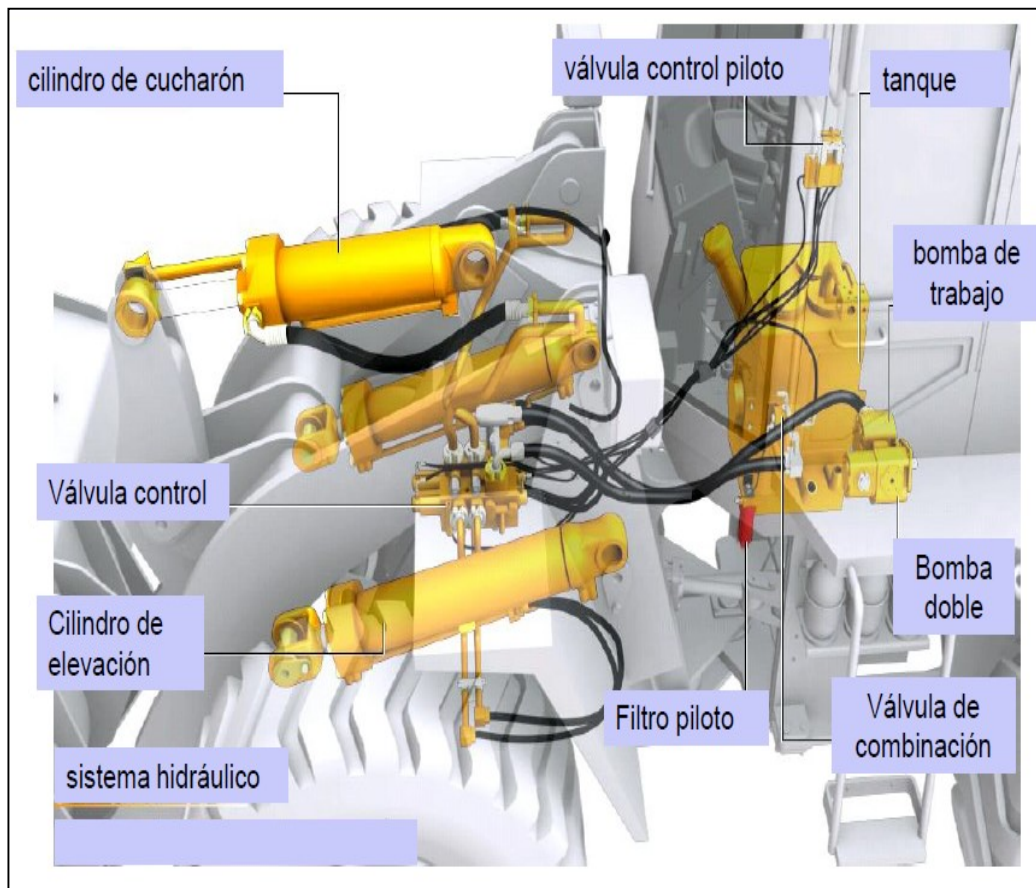
Tabla 2. *Sistema Hidráulico de Trabajo*

Sistema Hidráulico de Trabajo	Cilindros de la pluma: diámetro x carrera	2- $\varnothing$ 180X740mm
	Cilindros de la pluma x carrera	$\varnothing$ 200x556mm
	Válvula de control	Tipo de bobina en tándem
	Modelo de bomba de trabajo	P360-G135367PP6G
	Flujo	262,5L2100r/m   n
	Presión del sistema	20,7MPa
	Presión de piloto	3,5MPa
	Implemento de trabajo	Palanca única, Z bar

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento (O&M). Cargador Frontal 862. Liu Gong. 2011.

El funcionamiento general consiste en la toma de aceite del depósito hidráulico por la bomba hidráulica de trabajo, el flujo del aceite es dirigido hacia la válvula principal de trabajo quien es la encargada de suministrar el aceite hacia los 2 cilindros de levante y de tildeo. Pero esta válvula es controlada por una válvula de

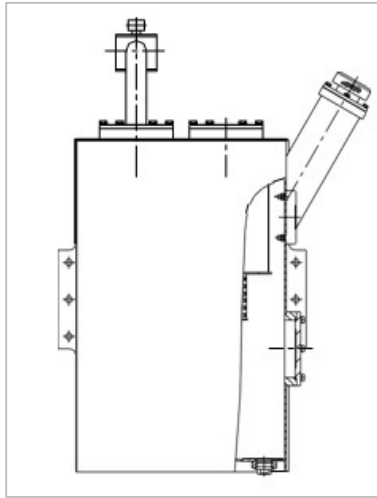
pilotaje manual el cual es manipulado por el operador del equipo desde la cabina de esta forma se realiza todos los movimientos del balde.



*Figura 3.* Sistema hidráulico de trabajo. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Los componentes que lo conforman son:

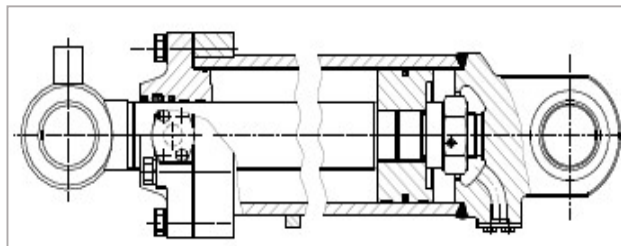
Depósito de aceite hidráulico, es el recipiente en cual se encuentra en reposo el aceite hidráulico, además tienen la función de permitir el asentamiento de las partículas producto del sistema y disminuir la temperatura del aceite.



*Figura 4.* Diagrama esquemático de Tanque Hidráulico. Manual de Operación y Mantenimiento (O&M). Cargador Frontal 862. Liu Gong. 2011.

Cilindro cucharón o tildeo, los cilindros hidráulicos transforman energía hidráulica en energía mecánica, esta útil en la aplicación del trabajo. Este caso tiene la función del cilindro de tildeo proporcionar la inclinación del balde a través de un mecanismo conocido como Z el cual la inclinación del balde es directamente proporcional a la distancia recorrida por el vástago del mismo.

Cilindro de elevación o boom, también llamados cilindros gemelos, estos (2) componentes tienen la función de ascender o descender el balde a través de un mecanismo conocido como H.



*Figura 5.* Cilindro de elevación o boom. Manual de Operación y Mantenimiento (O&M). Cargador Frontal 862. Liu Gong. 2011.

Válvula de trabajo principal, controla el flujo de aceite de trabajo hacia los cilindros de levante y tildeo a través de señales hidráulicas de baja presión del sistema de pilotaje.



*Fotografía 1.* Válvula principal de trabajo. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Bomba hidráulica de trabajo, tiene como función de suministrar el flujo que requiere el sistema para realizar el trabajo en los actuadores, toma el aceite del depósito a través de una línea hidráulica pasando previamente por un filtro de admisión que permite eliminar pequeñas partículas que podrían afectar componentes del sistema.

---

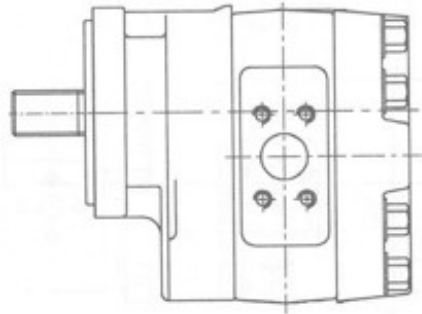
## I. Components specifications and technique illustrations

### Working gear pump

Product picture No.: 11C0072

Product Model: P7600-F125

---



---

Displacement: .....125 ml/r  
Setup pressure of the working hydraulic system.....20.7 MPa  
Rated rotate speed.....2200 r/min  
Rotate direction.....rightward  
Shaft extension style: EXT14Z×12/24D.P×30R×6f, SAE“C”  
Shaft extension length: .....55.6mm  
Effective spline length: .....44.5 mm  
Oil-in flange connection dimension: 4-M12-7H, 35.7±0.25×69.9±0.25 mm  
Oil-out flange connection dimension: 4-M10-7H, 30±0.25×58.7±0.25 mm

*Figura 6.* Bomba hidráulica de trabajo. CLG862II. MAINTENANCE MANUAL. Liu Gong. 2012

Válvula reductora de presión, tiene la función de tomar parte del fluido de la salida de la bomba de trabajo a 20.7 MPA y reducirlo a 3.5 MPA, con el objetivo de suministrar el fluido a la presión mencionada al sistema de pilotaje.

Válvula de pilotaje, es la encargada de realizar el control de la válvula principal de trabajo a través de una señal hidráulica de baja presión, se encuentra ubicada y controla en la cabina en lado derecho del operador.

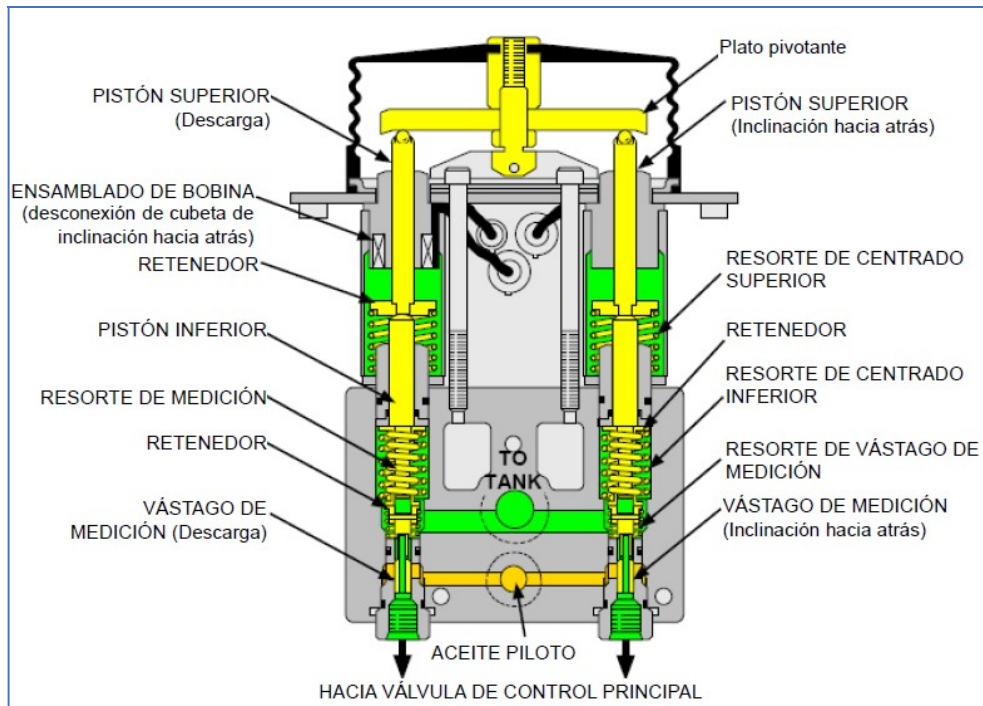


Figura 7. Válvula de pilotaje. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

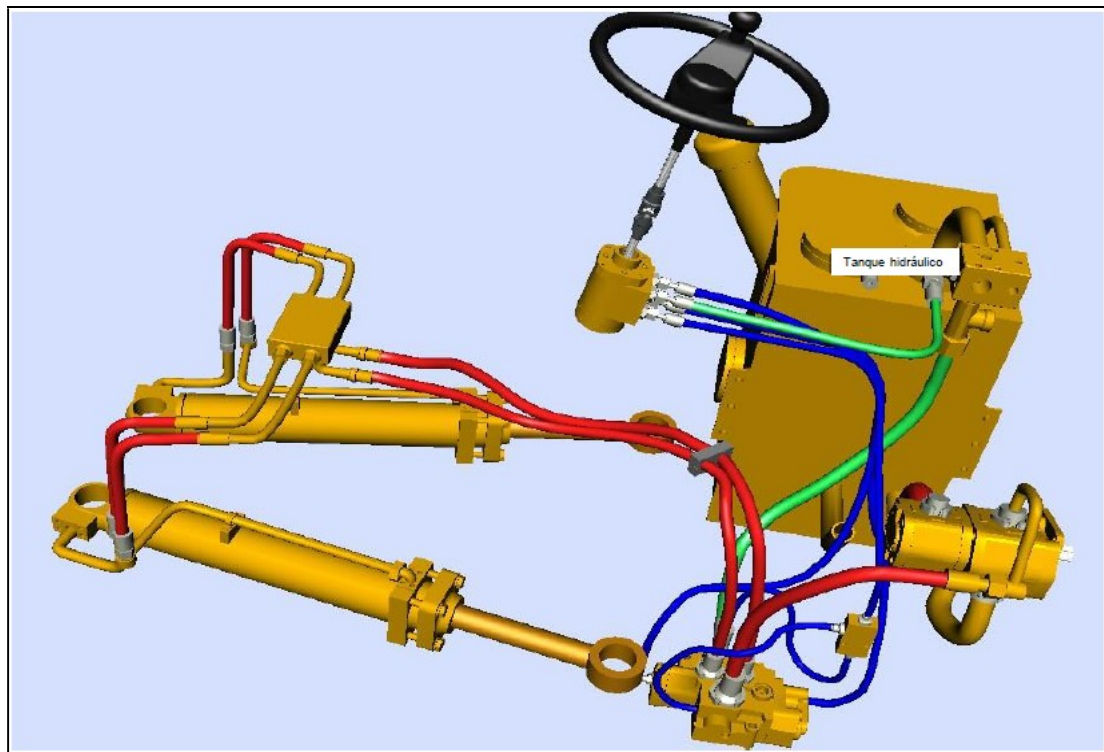
Sistema hidráulico de dirección, se encarga de generar el giro en el plano horizontal (derecha e izquierda) del equipo.

Tabla 3. Sistema hidráulico de dirección.

Sistema hidráulico de dirección	Tipo	Caja de articulación, sistema de dirección de energía hidráulica
	Cilindros de dirección --- diámetro x carrera	2-φ90X496mm
	Bomba de dirección	P257-G3487ZGA6/P124-G20NG
	Presión del sistema	17,5MPa
	Flujo	127L/2200r/mIn
	Angulo de dirección	38'±1' cada uno

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento (O&M). Cargador Frontal 862. Liu Gong. 2011.

El funcionamiento general consiste en la toma de aceite del depósito hidráulico por una de las 2 partes de la bomba hidráulica doble la otra sección funciona para el sistema hidráulico de frenos el cual se tratará más adelante, el flujo del aceite es dirigido hacia la válvula amplificadora de flujo quien es la encargada de suministrar el aceite hacia los dos cilindros de dirección quienes se encuentran ubicados en la parte central del equipo. Pero esta válvula es controlada por una bomba dosificadora manual o orbitrol el cual es manipulado por el operador en el volante del equipo desde cabina y de esta forma se realiza el cambio de sentido del cargador frontal.

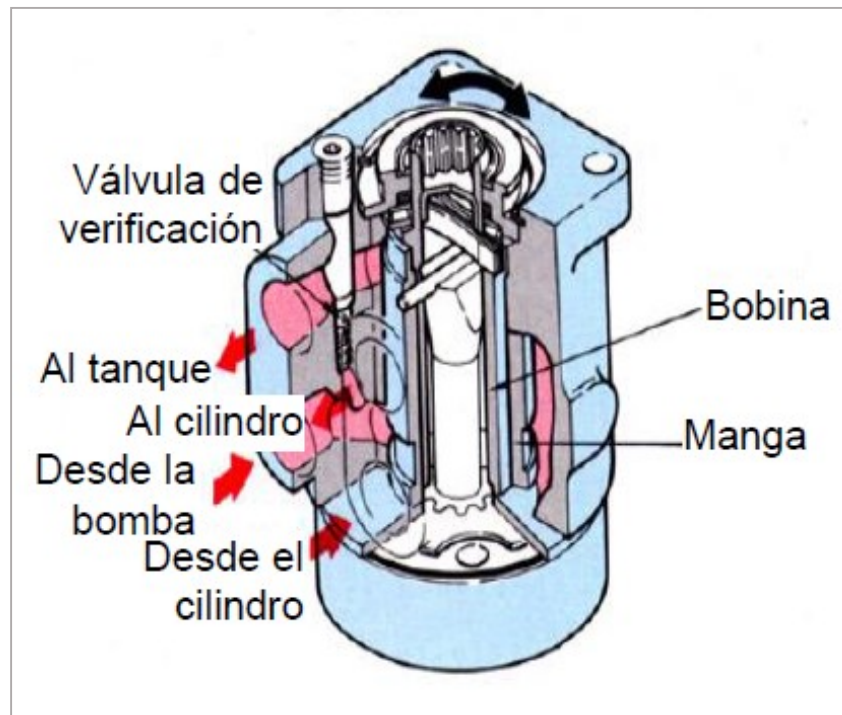


*Figura 8.* Sistema hidráulico de dirección. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

En la imagen anterior se presenta como se ven involucrados el sistema de fuerza y pilotaje, las líneas color rojo corresponden a las líneas de fuerza que actúan directamente en los cilindros de dirección, las líneas en azul corresponden a las

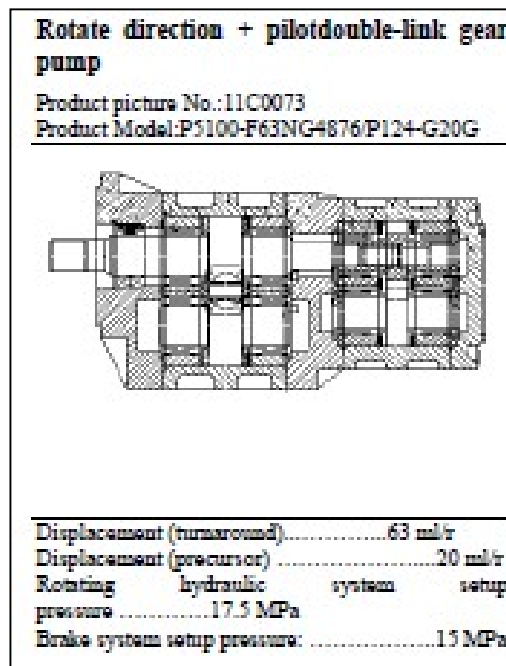
líneas de pilotaje o control tienen la característica que manejan bajas presiones y por ultimo las líneas color verde que indican retorno de aceite hidráulico al tanque. Sus principales componentes son:

Bomba dosificadora manual u orbitrol, consiste en una bomba manual que hace un movimiento rotativo para cambiar la ruta del aceite y dirigirlo hacia los cilindros hidráulicos de dirección y se compone de los siguientes elementos columna de dirección la cual conecta el volante con la válvula orbital, válvula de control es de tipo rotativo, dispositivo de dosificación tiene un rotor y un estator y funciona como engranaje en las operaciones normales y la presión del aceite lo hace rotar.



*Figura 9.* Bomba dosificadora manual u orbitrol. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Bomba doble hidráulica, es una bomba doble con eje compartido y posee 1 solo cuerpo y cada lado suministra el fluido para 2 subsistemas diferentes e independientes como lo es el de dirección y el de freno. La bomba convierte energía mecánica tomada del servo transmisión y la convierte en energía hidráulica. La parte de la bomba que alimenta el sistema de dirección se conoce como bomba de dirección y tiene como función de suministrar el flujo que requiere el sistema para realizar el trabajo en los actuadores.



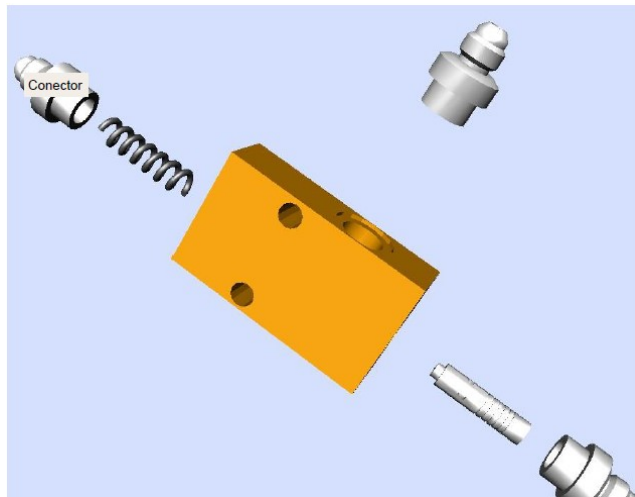
*Figura 10.* Bomba doble hidráulica. Fuente: CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Válvula amplificadora de flujo, tiene como función suministrar y recibir el aceite de los dos cilindros de dirección quienes se encuentran ubicados en la parte central del equipo. Pero esta válvula es pilotada por una señal hidráulica de baja presión (2.5 MPA) proveniente controlada de una bomba dosificadora manual o orbitrol la cual esta acoplada al volante en la cabina del equipo.



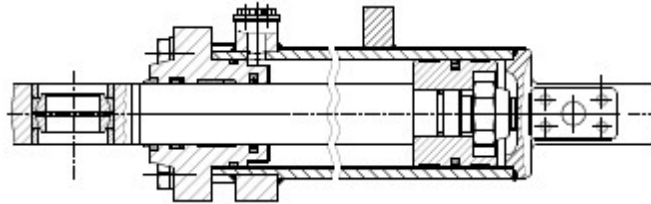
*Fotografía 2.* Válvula amplificadora de flujo. Fuente: CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Válvula reductora de presión, tiene la función de reducir la presión de entrada al orbitrol de 17.5 MPA a 3.5 MPA.



*Figura 11.* Válvula reductora de presión. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Cilindros de dirección, se encuentran ubicados en la parte media del equipo, acoplados a la parte frontal y trasera del cargador. Tienen la función de generar el giro horizontal del equipo.



*Figura 12.* Cilindro de dirección. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Sistema hidráulico de frenos, el sistema de frenos se usa para reducir la velocidad o detener el vehículo o realizar un estacionamiento prolongado en el plano o rampa.

Este cargador adopta doble circuito totalmente hidráulico o freno húmedo, un sistema de freno de servicio y otro de emergencia. El sistema de freno de servicio es aplicable en control de velocidad y detención de vehículos durante la conducción habitual y tiene ventajas como freno estable, corto tiempo de respuesta, operación conveniente, seguridad y confiabilidad y cuyo rendimiento de frenado puede mantenerse fuera de la influencia del ambiente operacional. El sistema de freno de emergencia es aplicable en el freno después del paro del equipo, tiene la ventaja que cuando el freno de servicio falla el sistema de freno de emergencia automáticamente actúa por seguridad.

Tabla 4. Sistema hidráulico de frenos

Sistema de frenos	Frenos de servicios (freno de pie)	Tipo
		Presión del aceite de freno
		Presión de conducción de la válvula de carga
		Presión de corte de la válvula de carga
		Presión de alerta de baja presión del freno de servicio
		Presión de precarga de nitrógeno del acumulador
	Freno de estacionamiento	Tipo
		Presión del sistema
		Opresión de alerta de baja presión del freno de estacionamiento
		Presión de corte de freno de estacionamiento
		Presión de precarga de nitrógeno del acumulador (1)

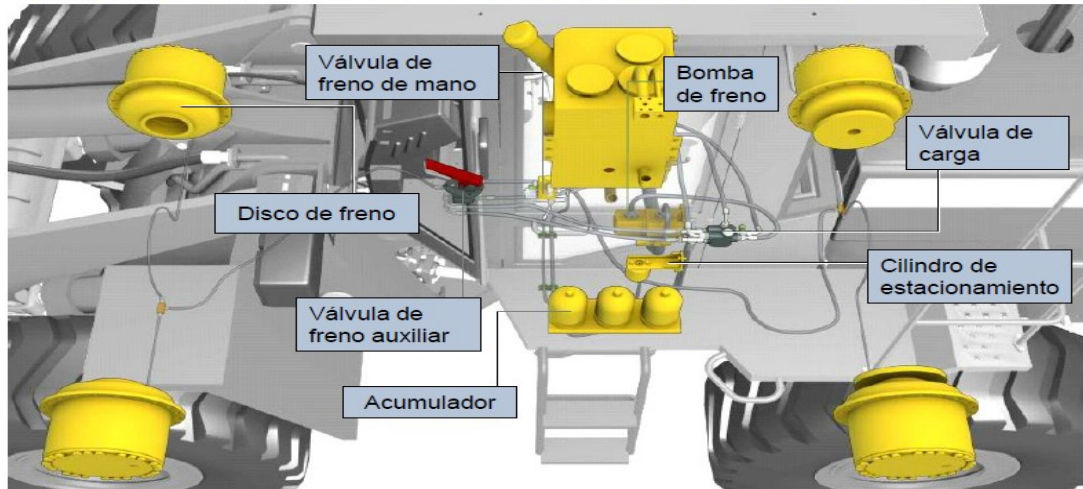
Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento (O&M). Cargador Frontal 862. Liu Gong. 2011.

Especificaciones generales del sistema, la bomba hidráulica de freno succiona el aceite del deposito de aceite hidraulico y lo envia a la valvula de carga la cual se encarga de incrementar la presion hasta 15.9 MPA y mantener equilibrada las presiones de salida para las valvulas de freno de estacionamiento y de servicio.

La valvula de freno de estacionamiento recibe la señal de de la valvula de carga y esta acciona el ccilindro de freno de parqueo basandose en diferentes variables como baja o alta presion del sistema, acumuladores, etc.

La valvula de freno de servicio o valvula de pedal esta ubicada en la cabina y es accionada por el operador del equipo esta recibe igualmente la linea de aceite hidraulico de la valvula de carga y la transmite a los pistones de freno ubicado en llos mandos finales del equipo para realizar el frenado.

## COMPOSICIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS



*Figura 13.* Composición del sistema de frenos. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Sus principales componentes son:

Bomba doble hidráulica, es una bomba doble con eje compartido y posee 1 solo cuerpo y cada lado suministra el fluido para 2 subsistemas diferentes e independientes como lo es el de dirección y el de freno. La bomba convierte energía mecánica tomada de la servotransmisión y la convierte en energía hidráulica. La parte de la bomba que alimenta el sistema de frenos se conoce como bomba de frenos y tiene como función de suministrar el flujo que requiere el sistema para realizar el trabajo en los diferentes actuadores.

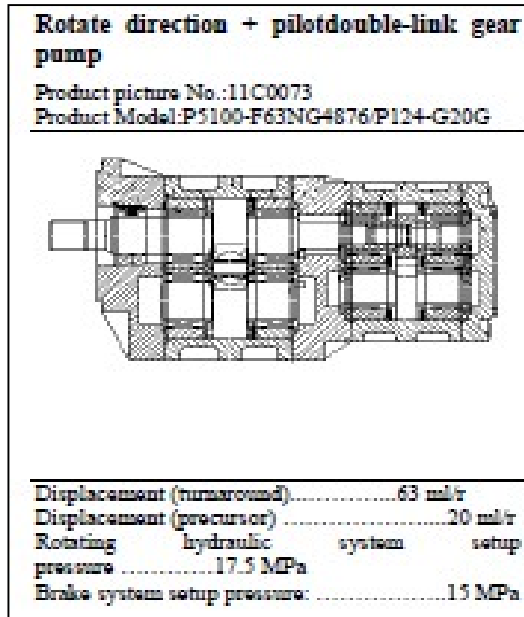


Figura 14. Bomba doble hidráulica. CLG862II. MAINTENANCE MANUAL. Liu Gong. 2012

Válvula de carga, se encarga de incrementar la presión hasta 15.9 MPa y mantener equilibrada las presiones de salida para las válvulas de freno de estacionamiento y de servicio.

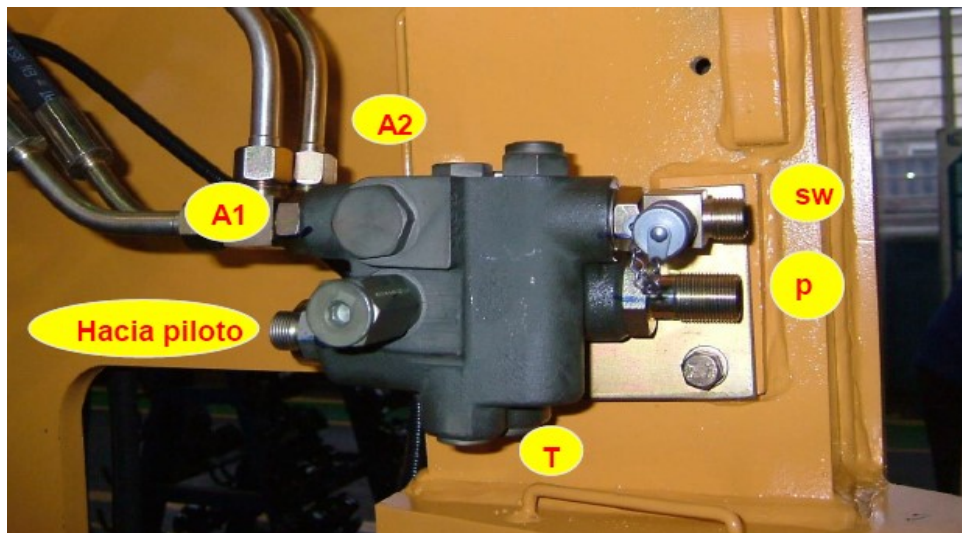


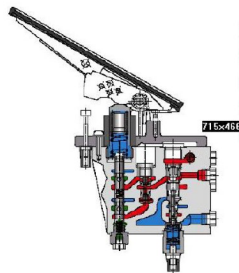
Figura 15. Válvula de carga. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Válvula de freno de estacionamiento, recibe la línea de aceite hidráulico de la válvula de carga y acciona el cilindro de freno de parqueo controlado por variables de presión y eléctricas del sistema.



*Fotografía 3.* Válvula de freno de estacionamiento. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Válvula de freno de servicio, recibe la línea de aceite hidráulico de la válvula de carga, mediante el accionamiento del pedal de freno por el operador permite el paso de aceite hidráulico a los pistones de freno ubicados en los mandos finales del equipo.



*Figura 16.* Válvula de freno de servicio. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Acumuladores, el sistema de servicio utiliza 2 acumuladores y el de parqueo 1 acumulador, son de tipo vejiga y estos permiten acumular energía (aceite a presión) para ser utilizado cuando sea requerido por el sistema.



*Fotografía 4.* Acumuladores. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Cilindro freno, recibe la señal de la valvula de freno de estacionamiento y acciona un mecanismo de 2 bandas de freno que bloquea la salida frontal de la servotransmision.



*Fotografía 5.* Cilindro freno. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Pistones de freno, se encuentran ubicados en los mandos finales del equipo, reciben la presión de aceite hidráulico proveniente de la válvula de freno de servicio y comprime los discos y platos frenando el equipo.

3.3.2 Sistema de potencia. Este sistema podría decirse que es el más importante debido a que se encarga de crear y transmitir la potencia para que el equipo realice sus funciones, podría dividirse en motor diésel, servo transmisión y ejes.

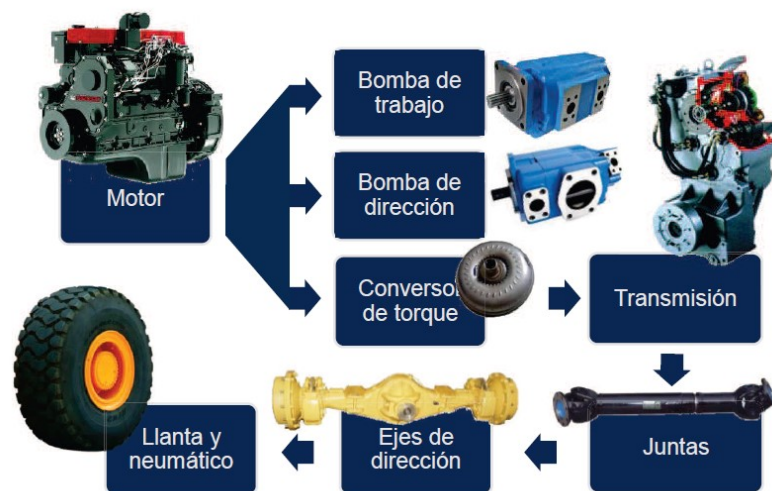


Figura 17. Sistema de potencia. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Motor Diesel, el motor es el encargado de generar la potencia requerida para que los diferentes sistemas componentes del equipo funcionen. El cargador CLG 862 tiene un motor Cummins modelo 6LTAA a continuación se presenta la ficha técnica.

Tabla 5. *Especificaciones técnicas del Motor Diesel*

ENGINE	
Emission Regulation	Tier 2 / Stage II
Make	Cummins
Model	6LTAA8.9-C240
Gross Power	179 kW (243 hp) @ 2,200 rpm
Net Power	161 kW (219 hp) @ 2,200 rpm
Peak Torque	1124 N·m
Displacement	8.9 L
Number of Cylinder	6
Aspiration	Turbocharged & Air-to-air intercooled

Fuente: CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Para lograr el objetivo principal del motor se requiere que diferentes subsistemas trabajen de la mano y sincronizados.

Sistema de refrigeración, es un conjunto de componentes que tiene como objetivo mantener el nivel de temperatura del motor en determinado rango, es compuesto por radiador, líquido refrigerante, bomba de agua, termostato, ventilador y mangueras.

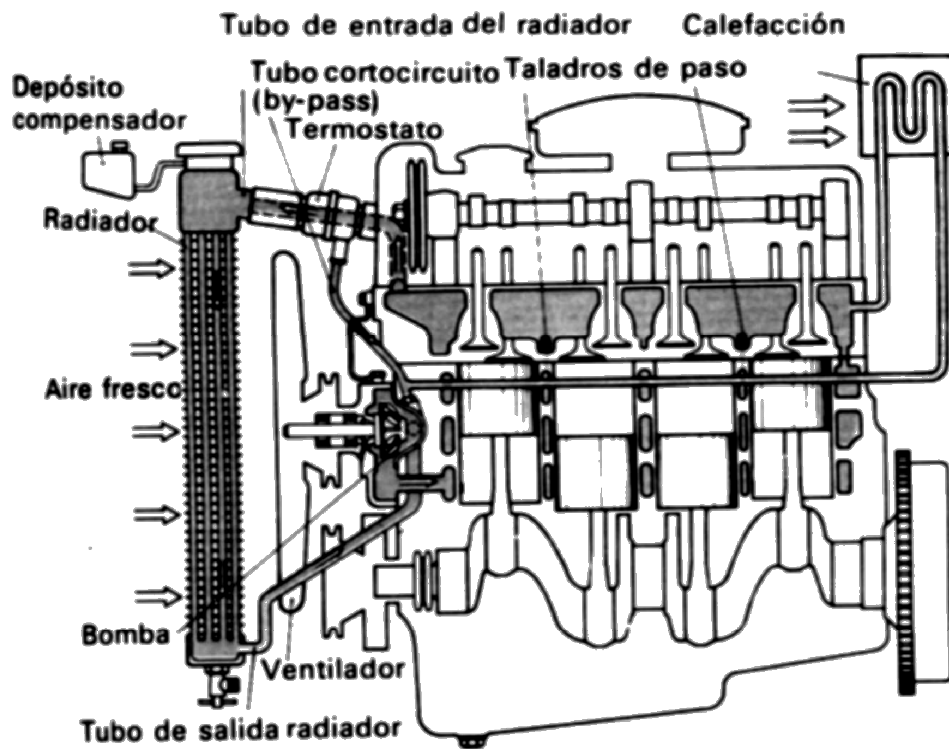
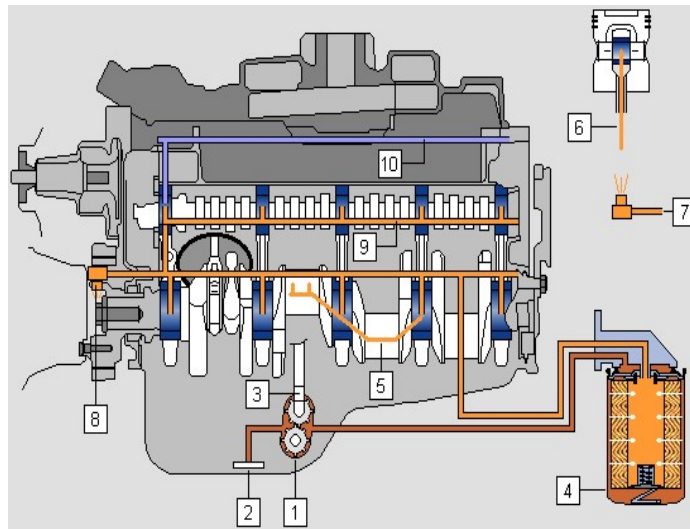


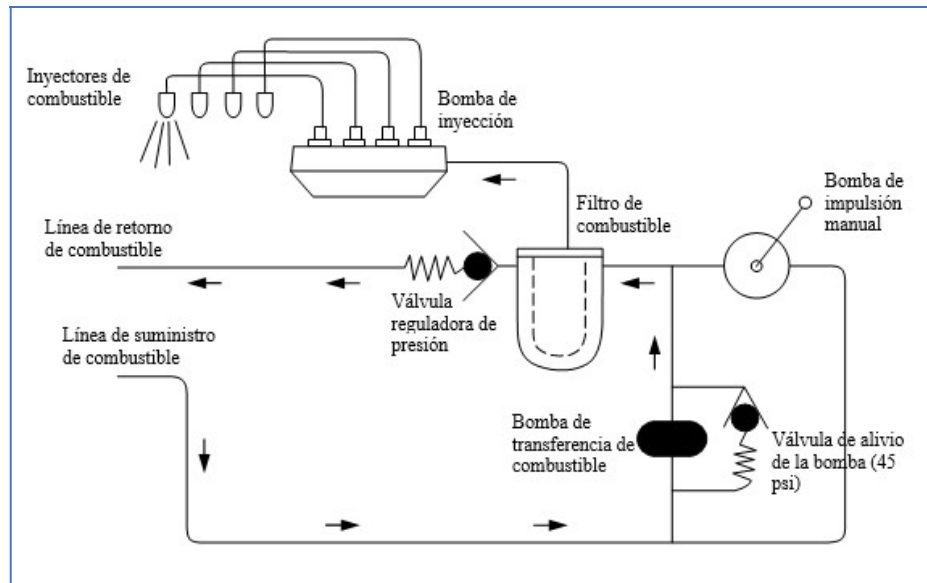
Figura 18. Sistema de refrigeración. YEFU, J. Motor Diesel. 2012.

Sistema de lubricación, se entiende como lubricación, la acción de introducir un fluido entre dos superficies en contacto y en movimiento con el objetivo de crear una película de separación y de esta forma evitar el contacto entre las mismas superficies y así disminuir la fricción. En el motor diésel los elementos que lo componen son el cárter o depósito, bomba de aceite, filtro de aceite, enfriador de aceite, fluido o aceite y las galerías o conductos.



*Figura 19.* Sistema de lubricación. YEFU, J. Motor Diesel. 2012.

Sistema de combustible, es el encargado de almacenar, suministrar la cantidad exacta en el momento preciso el combustible en la cámara de combustión. El combustible se encuentra almacenado en el tanque de combustible ubicado en la parte posterior del equipo y es succionado a través de mangueras por la bomba de transferencia de combustible la cual se encuentra ubicada en el bloque de motor pasando por un proceso de filtración los cuales se encargan de separar el combustible de agua y partículas externas, luego pasa por la bomba inyección quien se encarga de enviar la cantidad necesaria en cada puesto del motor a través de los inyectores.



*Figura 20.* Sistema de combustible. CATERPILLAR MARINE ENGINE, Guide Application and Installation.

Servo transmisión, la entrada de potencia se encuentra acoplada al motor diésel a través de un convertidor y la salida se encuentra acoplada a los cardanes intermedio y trasero para transmitir la potencia a los ejes, las 2 bombas hidráulicas se encuentran acopladas en la parte frontal de la misma.

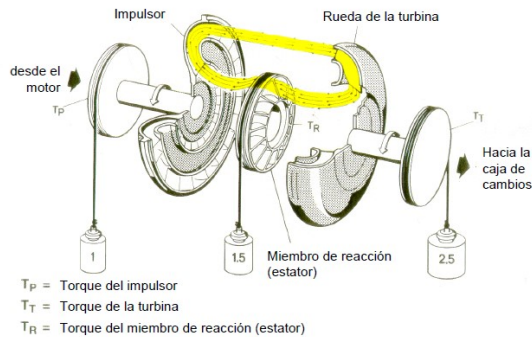
La servotransmisión es marca ZF modelo 4G W200 posee una entrada máxima de potencia de 200 KW y un peso aproximado de 470 Kg lo cual lo hace un componente robusto, su función principal es el cambio de la tasa de transmisión, expande el rango de torque de rueda de manejo y la velocidad de rotación para cumplir con las condiciones de manejo cambiantes, hacer que el motor funcione en una estación de trabajo ventajosa, además de que permite invertir la marcha sin afectar el giro del motor.



*Fotografía 6.* Servotransmisión. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

La servotransmisión consta de los siguientes elementos:

Convertidor de torque es el componente que permite que la potencia generada en el motor sea transmitida a la transmisión y tiene las siguientes ventajas: puede cambiar automáticamente el torque de salida y la velocidad de la transmisión para cumplir con los requisitos del vehículo en diferentes modos de operación y tipos de camino, tiene alta eficiencia y un amplio rango, de modo que es posible operar el motor con mayor efectividad, lo cual ofrece una buena economía y como la energía se transmite por aceite hidráulico, reduce el shock para el vehículo y es más cómodo de usar.



*Figura 21.* Convertidor de torque. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

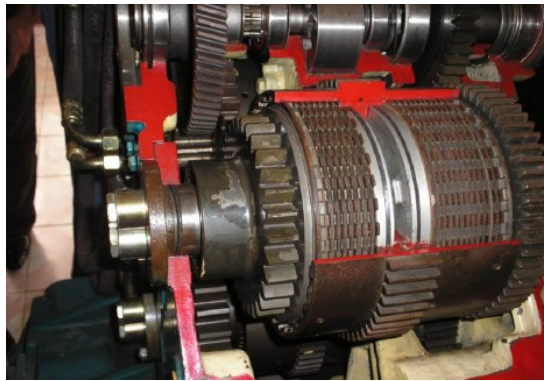
Se divide en tres partes que son la rueda del propulsor, rueda de la turbina y el estator. Los tres propulsores están dispuestos en un sistema con forma de anillo para que el fluido pase a través de ellos en la secuencia indicada, el impulsor se encuentra acoplado en forma directa a la volante del motor generando que el aceite se desplace hacia los extremos por fuerza centrífuga y entra en la rueda de la turbina donde se revierte la dirección del fluido y de acuerdo al momento de reversión, el volante de la turbina y con él también la junta de salida, reciben un momento de reacción más o menos alto.

El estator siguiendo a la rueda de turbina tiene la función de redirigir nuevamente el aceite que sale de la turbina hacia la dirección correcta, es decir la rueda de la bomba. En una velocidad de turbina de un 80% de la velocidad de la bomba, la conversión llega a 1.0, es decir, el momento de turbina es igual al de la bomba.

El conversor de torque puede ajustar la velocidad de rotación de salida y el torque automáticamente, hacer que el equipo cambie de velocidad y tracción automáticamente basado en el tipo de terreno y resistir para adaptarse a las condiciones de trabajo cambiantes, además posee un amplio margen de alta eficiencia puede usar por completo la energía del motor.

El aceite usado como medio de transmisión hidráulica tiene la función de lubricar, amortiguar y reducir la vibración, mejorando la comodidad de manejo.

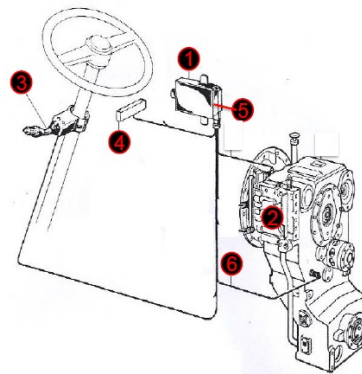
Embragues, se utilizan para transmitir la potencia a través de engranes, posee 6 y se encuentran denominados como KV, KR; K1, K2, K3 y K4. La combinación de estos permite obtener en la salida de la transmisión la velocidad y torque configurados. Internamente se encuentran compuestos por discos y platos los cuales cuando son requeridos son comprimidos por un pistón que recibe presión hidráulica.



*Figura 22.* Embragues CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

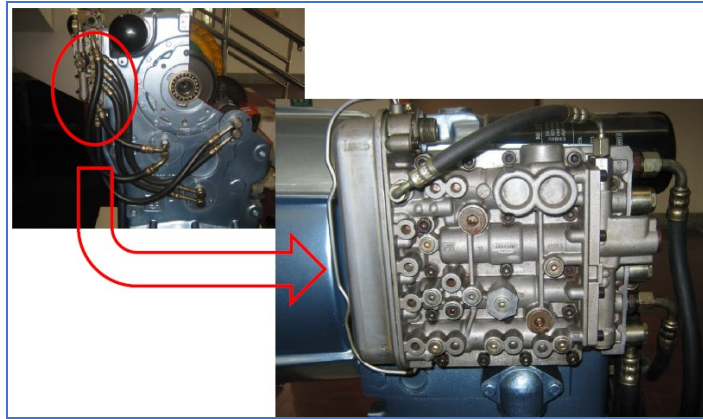
Sistema de control, permite traducir la decisión del operador en la cabina de tipo de marcha y velocidad en la salida de la servotransmisión.

1. Caja de control computarizado.
2. Válvula de cambio de control.
3. Palanca de cambio de control.
4. Conector X5.
5. Cable de 35 pines.
6. Sensor de velocidad.



*Figura 23.* Sistema de control CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

La válvula de control tiene la función de controlar el flujo hidráulico que acciona los embragues, recibe señales eléctricas del módulo de control y a través de 5 solenoides responden a la apertura o cierre del flujo hacia los embragues.



*Figura 24.* Válvula de control. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

El módulo de control es el encargado es el componente inteligente del equipo y se divide en tres partes las entradas, el tratamiento y las salidas. Las entradas son señales eléctricas recibidas de la palanca de cambios, sensores de velocidad o rpm, etc., el tratamiento es el proceso que realiza el componente para evaluar las entradas basadas en un programa previamente cargado en el mismo y de esta forma emitir las salidas que son también señales eléctricas hacia la válvula de control.



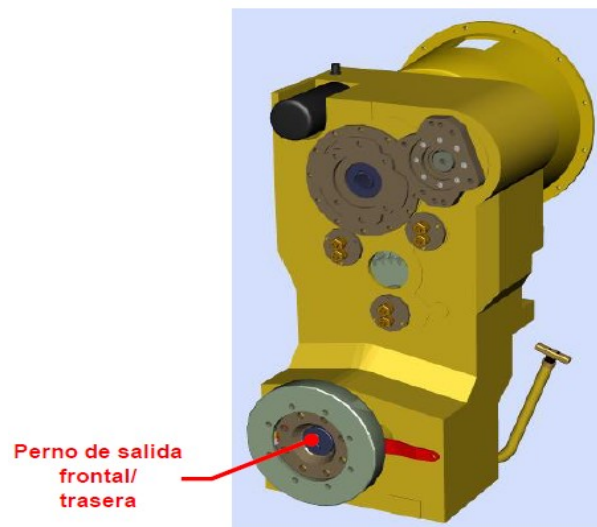
*Figura 25.* Módulo de control. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

La palanca selectora de cambios se encuentra ubicada en la parte de izquierda de la cabina y es manipulada por el operador del equipo quien escoge el tipo de marcha adelante o atrás y la velocidad, la palanca convierte esta opción en señal eléctrica hacia el módulo de control.



*Figura 26.* Palanca selectora. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Cardanes, los cardanes o juntas son elementos que permiten transmitir la potencia y el movimiento desde la servotransmisión hasta los ejes delantero y trasero. En el equipo existen de 3 tipos delantero, intermedio y trasero.



*Figura 27.* Cardanes. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Ejes, es un término general para todos los mecanismos de conducción luego de la transmisión o la vara de conducción y antes de la rueda de conducción o llanta. En este equipo los modelos son AP400 de ZF. Tiene entre sus funciones el cambiar de dirección la transmisión de energía, complementar dos velocidades de reducción y dos momentos de aumento de torque, cargar peso transferido desde el carro y transferirlo a las ruedas, almacenar las unidades de freno.



*Figura 28.* Ejes. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

Los elementos principales que componen el eje son:

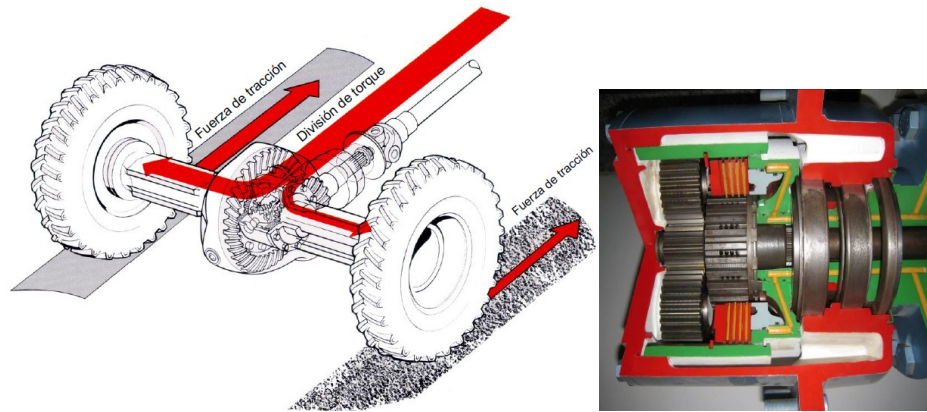
El diferencial es el encargado de recibir el movimiento y la potencia del cardan delantero, cambiar la dirección del movimiento y transmitirlo y distribuirlo según la necesidad a través de los semiejes a los dos mandos finales.



*Figura 29.* Diferencial. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

El diferencial de torque proporcional (TPD) usado en el equipo ofrece beneficios adicionales como reduce el resbalamiento en arena y lodo, esto evita algo de la reducción de tirón de borde y desgaste de neumáticos causados por el deslizamiento.

Los mandos finales reciben la potencia y el movimiento de los semiejes y los transmiten a travez de un juego de engranes a las llantas. Ademas aloja los discos, platos y piston del sistema de freno de servicio.



*Figura 30.* Mandos finales. CLG842II/856II/862II. ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL. Liu Gong. 2012

3.3.3 Sistema eléctrico. Tiene un generador o alternador acoplado al motor a través de la correa de distribución principal de motor, el almacenamiento de la energía eléctrica es realizado por medio de 2 baterías (24 V).

Las luces, alarma de reversa, pitos, panel de indicadores, wiper, los controles de los diferentes sistemas son alimentados por este sistema a través de interruptores, relés, sensores, motores paso a paso, fusibles y conductores.

## 4. DIAGNÓSTICO Y SITUACIÓN ACTUAL

Se puede deducir que un programa de mantenimiento exitoso se basa en el cumplimiento a cabalidad de tareas y actividades descritos en un plan bien estructurado y ajustado a las condiciones y/o necesidades a las cuales se encuentra expuesto, siempre en armonía con la estrategia general de mantenimiento.

### 4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

4.1.1 Funciones. Las funciones del cargador frontal se pueden dividir en principales y auxiliares siendo parte de la primera el descargue de material de los camiones de suministro, apilar material, recoger el material de los patios, disponer en las tolvas de las diferentes plantas y de las funciones auxiliares son el limpiar material de las vías, recoger material o galletas provenientes del reciclador, mover elementos y/o repuestos pesados.

4.1.2 Impacto en el proceso y lucro cesante. La planta de concreto de Barranquilla tiene un promedio de producción por día de 800 m<sup>3</sup> de concreto de diferentes especificaciones, por cada hora de parada no programada del cargador frontal se dejarán de cargar 6 vehículos de 7 m<sup>3</sup> por planta. A continuación, se determina el valor del lucro cesante,

Datos:

Valor 1 m<sup>3</sup> concreto (promedio): \$ 214.285 COP

Número de plantas: 3

$$(6) * (7) * (214.285) * (3) = \$ 26.999.910$$

El lucro cesante por cada hora de parada no programada del cargador es de \$ 26.999.910 COP.

## 4.2 PLANEACIÓN

El mantenimiento realizado al cargador frontal CLG862 se fundamenta principalmente en la ejecución de algunas actividades preventivas básicas programadas cada 250 horas en común acuerdo con el departamento de producción basadas en el manual del fabricante y actividades correctivas de emergencia medianamente planeadas a corto plazo. Por otra parte, no se cuenta con un software de mantenimiento que permita programar actividades de forma estructurada con un control de recursos y una trazabilidad de las actividades ejecutadas, etc.

Los indicadores de mantenimiento son una herramienta fundamental que permiten evaluar y comparar con metas las diferentes variables del sistema, realizar la correcta toma de decisiones con un panorama real y cuantificable entre otras ventajas. Ultracem a la fecha no maneja indicadores en su proceso de mantenimiento del cargador.

## 4.3 RECURSO HUMANO

El departamento de mantenimiento se encuentra distribuido de la siguiente forma:

2 técnicos profesionales mecánicos

1 técnico profesional electricista

1 técnico profesional soldadura

1 líder de mantenimiento

2 coordinadores de mantenimiento

El personal administrativo se encarga de la gestión, programación y supervisión, El personal operativo se encarga de ejecutar actividades básicas de mantenimiento preventivo, inspecciones, lubricación, etc., las actividades de carácter más específico son manejadas a través de contratos outsourcing con diferentes contratistas especializados.

#### 4.4 GESTIÓN DE REPUESTOS

El análisis de inventario de consumibles (filtros, aceites, combustibles) para el equipo es realizado por el departamento de compras quien se encarga de realizar el proceso de adquisición basándose en el promedio de consumo mensual. Para el proceso de compra de repuestos no existe una metodología o procedimiento que permita identificar y mantener en el stock de la compañía por lo menos los repuestos críticos del equipo, la existencia actual de algunos componentes fue por solicitud directa de los coordinadores de mantenimiento quienes basándose en su experiencia los solicitaron.

#### 4.5 PRESUPUESTO

Este factor en el mantenimiento es crucial pues el líder de mantenimiento debe garantizar el óptimo funcionamiento y disponibilidad del equipo ejecutando las actividades que permitan cumplir con los objetivos y es su responsabilidad el seleccionar las tareas asertivas que permitan aprovechar al máximo los recursos económicos designados al equipo y no malgastarlos con tareas inoficiosas.

A continuación, se presenta los costos de mantenimientos preventivos y correctivos de los últimos 6 meses del equipo.

Tabla 6.

##### *Relación de costos de mantenimiento*

<b>MES/EQUIPO</b>	<b>CARGADOR 4</b>
JULIO	\$ 3.306.686,00
AGOSTO	\$ 15.859.143,00
SEPTIEMBRE	\$ 1.716.109,00
OCTUBRE	\$ 19.600.416,00
NOVIEMBRE	\$ 6.932.859,00
DICIEMBRE	\$ 25.806.480,00

Promedio mensual: \$ 12.203.616

Nota: Los valores son presentados en pesos colombianos COP. Fuente: ULTRACEM (2018)

#### 4.6 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS CRÍTICOS DEL EQUIPO

Actualmente Ultracem no tiene un programa de mantenimiento definido para el cargador frontal CLG862, a pesar de su criticidad dentro del proceso como se evidenció en el diagnóstico previamente mostrado. Las actividades que se ejecutan se basan principalmente en la experiencia del personal técnico e ingenieril tanto de Ultracem como de los contratistas, esta situación ha conllevado a sin números de fallas, anomalías y paradas no programadas del equipo transformadas en pérdidas económicas para la compañía.

Las diferentes condiciones y variables a las que es expuesto el cargador traen como consecuencia las paradas no programadas y pérdida de sus funciones, pese a que no se cuenta con una base de datos sólida que permita realizar un análisis detallado a continuación se realizará un diagnóstico que permita caracterizar los contextos de operación y las frecuencias de paradas del equipo.

4.6.1 Entorno. Actualmente, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el cargador se encuentra ubicado en la planta de concretos en la ciudad de Barranquilla capital del departamento del Atlántico con una temperatura media máxima anual de 28 – 32°C y una humedad relativa media anual entre el 80 – 85 %. (Ver Anexo A. p 131).

El área de trabajo del cargador está caracterizada por un terreno en su mayoría plano a excepción de las rampas de acceso a las tolvas, el ambiente de trabajo es altamente agresivo por motivo de que este tipo de plantas se caracterizan por la generación de emisiones de polvo provenientes del manejo de los agregados en los puntos de descarga, acarreo y consumo en la planta (Navas, Reyes y Galván 2015). Estas condiciones impactan directamente en el funcionamiento del equipo

provocando adherencia de los productos en los diferentes componentes ocasionando pérdidas frecuentes de funciones y afectando la eficiencia del mismo.

4.6.2 Registro de fallas. Como se indicó previamente no se cuenta con indicadores o una base de datos que permita identificar fallas frecuentes, tiempos promedio de reparación etc. Con el objetivo de realizar un análisis asertivo se acordó con un equipo multidisciplinario conformado por personal de Ultracem y un contratista representante de la marca Liu Gong en Colombia tomar registro de las fallas por un periodo de 3 meses iniciando el mes de noviembre del 2017 hasta el mes de enero del 2018, el equipo de trabajo adicionó algunas fallas frecuentes al listado, pese a que no se presentaron en el periodo evaluado la experiencia del equipo los considero relevante. En la tabla 7, se muestran los resultados.

Tabla 7. Relación de fallas

Ítem	Descripción de la falla	Sistema	MTTP
1	Boqueo de cargador por freno de estacionamiento	Sistema hidraulico de freno de estacionamiento	8
2	Baja presion en llantas delanteras	Sistema de tren de potencia	2
3	Baja presion en llantas traseras	Sistema de tren de potencia	2
4	Aire acondicionado deficiente	Sistema de aire acondicionado	3
5	fuga aceite hidraulico por radiador	Sistema hidraulico de refrigeracion	14
6	Alarma de reversa ocasionalmente no funciona	Sistema electrico	2
7	Tornillos de escalera desajustados	Sistema de accesorios	1
8	Motor diesel no apaga	Sistema de motor diesel	3
9	Fuga por acumuladores	Sistema hidraulico de freno de estacionamiento	8
10	Limpia parabrisas delantero averiado	Sistema de accesorios	1
11	fuga de combustible por manguera de combustible	Sistema de motor diesel	3
12	Fuga aceite tapon mando final	Sistema de tren de potencia	1
13	Tornillo de seguridad de pines desajustados	Sistema de articulacion	1
14	Graseras tapadas	Sistema de articulacion	2
15	Fuga por tapon de carter	Sistema de motor diesel	2
16	Fuga por tapon de eje trasero	Sistema de tren de potencia	2
17	Elevador de capot averiado	Sistema electrico	3
18	Guaya aceleradora suelta	Sistema de motor diesel	2
19	fallas en funcionamiento de sensor de nivel de combutible	Sistema de motor diesel	2
20	Fuga por bomba de transferencia	Sistema de motor diesel	2
21	Aternador con bajo voltaje	Sistema de motor diesel	3
22	Fuga aceite hidraulico por mangueras	Sistema hidraulico de refrigeracion	4
23	Recalentamiento sistema hidraulico	Sistema hidraulico de refrigeracion	14
24	Perdido de potencia motor	Sistema de motor diesel	12
25	Apagado de motor	Sistema de motor diesel	6
26	Aislamiento de harness electrico bajo cabina	Sistema de motor diesel	9
27	Recalentamiento de motor	Sistema de motor diesel	14
28	Fugas de refrigerante de motor	Sistema de motor diesel	5
29	Fuga por freno de parqueo	Sistema hidraulico de freno de estacionamiento	8
30	Frenos largos	Sistema hidraulico de freno de servicio	6
31	Pedal de freno no acciona	Sistema hidraulico de freno de servicio	6
32	Exceso de particulas en el fondo del tanque hidraulico	Sistema hidraulico de freno de servicio	12
33	Alojamiento de bujes desgastados	Sistema de articulacion	24
34	Fuga por tapa valvula de motor diesel	Sistema de motor diesel	2
35	Desgaste prematuro de bujes y pines	Sistema de articulacion	6
36	Chumacera de eje delantero partida	Sistema de tren de potencia	6
37	Cardan delantero partido	Sistema de tren de potencia	6
38	Diferencial y cardan presentan tuercas flojas	Sistema de tren de potencia	2

Fuente: ULTRACEM (2018)

Las fallas reportadas se relacionaron con los sistemas a los cuales corresponden de tal forma que se pueda obtener el impacto en la disponibilidad del equipo, además se adicionó el tiempo en horas que se necesita para realizar la reparación.

4.6.3 Análisis de criticidad. Este análisis permite identificar los sistemas críticos del equipo basándose en el historial de fallas y los impactos que tiene en el funcionamiento del equipo o severidad y la frecuencia con que se presentan.

Analizando cada variable se tiene que la frecuencia es la probabilidad con que la falla afecta el sistema y a su vez el equipo, con los datos obtenidos no se puede obtener un histórico asertivo por lo que se determinó bajo el criterio del grupo dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 8. *Frecuencia de falla*

FRECUENCIA		Item	Categoría	Observaciones
	Frecuencia de falla	5	Alta	Probabilidad que suceda 4 veces por trimestre
		3	Media	Probabilidad que suceda 2 veces por trimestre
		1	Baja	Probabilidad que suceda 0,5 veces por trimestre

La segunda variable es la severidad o impacto en el funcionamiento del equipo en esta se tuvo en cuenta el tiempo de parada (FP) el cual está basado en el tiempo medio de reparación y el costo por lucro cesante por cada falla (PLC) recordando que el valor hora es de \$ 26.999.910, dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 9. *Severidad*

SEVERIDAD		Variable	Observaciones	
	Funcion del equipo (FP)	5	Paro completo del equipo	El equipo no puede realizar su funcion principal
		3	Paro parcial del equipo	El equipo puede realizar su funcion principal, pero con restricciones de operación (monitoreo permanente de condiciones).
		1	No paro del equipo	El equipo puede realizar su funcion principal, pero debe programarse actividades en proxima intervencion para la estandarizacion del equipo.
	Perdidas por lucro cesante (PLC)	5	Alto	> \$ 111.000.001
		3	Medio	Entre \$ 54.000.001 y \$ 110.000.000
		1	Bajo	< \$ 54.000.000
SEVERIDAD (s) = FP * PLC				

Para calcular el valor de la severidad se debe multiplicar el valor designado de la función del equipo y el de pérdidas por lucro cesante.

Por último, se debe determinar la criticidad siendo esta el resultado del valor designado de la severidad por la frecuencia. Se determinaron los rangos de criticidad de esta forma,

Tabla 10. *Escala de referencia. Nivel de criticidad*

<b>Escala de referencia</b>	
<b>Alta</b>	50 < criticidad > 125
<b>Media</b>	11 < criticidad > 49
<b>Baja</b>	5 < criticidad > 10

Realizando los procedimientos anteriores se obtuvo como resultado lo expuesto en la siguiente tabla:

Tabla 11. Análisis de criticidad

Ítem	Descripción de la falla	Sistema	MTTP	Severidad		Categoría PLC	Frecuencia	Criticidad
				FP	Valor (PLC)			
1	Boqueo de cargador por freno de estacionamiento	Sistema hidraulico de freno de estacionamiento	8	5	\$215.927.280	5	3	75
2	Baja presion en llantas delanteras	Sistema de tren de potencia	2	3	\$53.981.820	1	1	3
3	Baja presion en llantas traseras	Sistema de tren de potencia	2	3	\$53.981.820	1	1	3
4	Aire acondicionado deficiente	Sistema de aire acondicionado	3	1	\$80.972.730	1	1	1
5	fuga aceite hidraulico por radiador	Sistema hidraulico de refrigeracion	14	5	\$377.872.740	5	3	75
6	Alarma de reversa ocasionalmente no funciona	Sistema eléctrico	2	1	\$53.981.820	1	1	1
7	Tomillos de escalera desajustados	Sistema de accesorios	1	1	\$26.990.910	1	1	1
8	Motor diesel no apaga	Sistema de motor diesel	3	5	\$80.972.730	3	1	15
9	Fuga por acumuladores	Sistema hidraulico de freno de estacionamiento	8	5	\$215.927.280	5	5	125
10	Limpia parabrisas delantero averiado	Sistema de accesorios	1	1	\$26.990.910	1	1	1
11	fuga de combustible por manguera de combustible	Sistema de motor diesel	3	5	\$80.972.730	3	3	45
12	Fuga aceite tapon mando final	Sistema de tren de potencia	1	3	\$26.990.910	1	1	3
13	Tomillo de seguridad de pines desajustados	Sistema de articulacion	1	3	\$26.990.910	1	1	3
14	Graseras tapadas	Sistema de articulacion	2	1	\$53.981.820	1	3	3
15	Fuga por tapon de carter	Sistema de motor diesel	2	3	\$53.981.820	1	1	3
16	Fuga por tapon de eje trasero	Sistema de tren de potencia	2	3	\$53.981.820	1	1	3
17	Eleador de capot averiado	Sistema eléctrico	3	1	\$80.972.730	3	1	3
18	Guaya aceleradora suelta	Sistema de motor diesel	2	5	\$53.981.820	1	1	5
19	fallas en funcionamiento de sensor de nivel de combustible	Sistema de motor diesel	2	3	\$53.981.820	1	1	3
20	Fuga por bomba de transferencia	Sistema de motor diesel	2	3	\$53.981.820	1	3	9
21	Aternador con bajo voltaje	Sistema de motor diesel	3	3	\$80.972.730	3	1	9
22	Fuga aceite hidraulico por mangueras	Sistema hidraulico de refrigeracion	4	5	\$107.963.640	3	3	45
23	Recalentamiento sistema hidraulico	Sistema hidraulico de refrigeracion	14	5	\$377.872.740	5	5	125
24	Perdido de potencia motor	Sistema de motor diesel	12	5	\$323.890.920	5	5	125
25	Apagado de motor	Sistema de motor diesel	6	5	\$161.945.460	5	5	125
26	Aislamiento de harness electrico bajo cabina	Sistema de motor diesel	9	5	\$242.918.190	5	1	25
27	Recalentamiento de motor	Sistema de motor diesel	14	5	\$377.872.740	5	3	75
28	Fugas de refrigerante de motor	Sistema de motor diesel	5	5	\$134.954.550	5	3	75
29	Fuga por freno de parqueo	Sistema hidraulico de freno de estacionamiento	8	3	\$215.927.280	5	3	45
30	Frenos largos	Sistema hidraulico de freno de servicio	6	3	\$161.945.460	5	3	45
31	Pedal de freno no acciona	Sistema hidraulico de freno de servicio	6	5	\$161.945.460	5	3	75
32	Exceso de particulas en el fondo del tanque hidraulico	Sistema hidraulico de freno de servicio	12	3	\$323.890.920	5	1	15
33	Alojamiento de bujes desgastados	Sistema de articulacion	24	5	\$647.781.840	5	5	125
34	Fuga por tapa valvula de motor diesel	Sistema de motor diesel	2	3	\$53.981.820	1	1	3
35	Desgaste prematuro de bujes y pines	Sistema de articulacion	6	3	\$161.945.460	5	5	75
36	Chumacera de eje delantero partida	Sistema de tren de potencia	6	5	\$161.945.460	5	5	125
37	Cardan delantero partido	Sistema de tren de potencia	6	5	\$161.945.460	5	5	125
38	Diferencial y cardan presentan tuercas flojas	Sistema de tren de potencia	2	3	\$53.981.820	1	3	9

Presentando la información en función de las fallas presentadas en los sistemas del equipo se realizó el análisis para determinar criticidad de los mismos según la valoración expuesta en la tabla 12 se evidencia que los más críticos son:

Tren de potencia, motor diésel, articulación, hidráulico de refrigeración, hidráulico de freno de estacionamiento y servicio.

Tabla 12. Sistemas críticos

Sistema	No. Fallas	Total MTTR	Porcentaje	Criticidad
Sistema de motor diesel	13	65	31%	ALTA
Sistema de aire acondicionado	1	3	1%	BAJA
Sistema electrico	2	5	2%	BAJA
Sistema hidraulico de freno de estacionamiento	3	24	11%	ALTA
Sistema de accesorios	2	2	1%	BAJA
Sistema de articulacion	4	33	16%	ALTA
Sistema hidraulico de freno de servicio	3	24	11%	ALTA
Sistema hidraulico de refrigeracion	3	32	15%	ALTA
Sistema de tren de potencia	7	21	10%	ALTA

Tabla 13. Escala de referencia de sistemas críticos

Escala de referencia	
Baja	1 < criticidad > 10
Media	11 < criticidad > 20
Alta	21 < criticidad > 209

4.6.4 Análisis de modos y efectos de falla. Esta técnica principalmente es de identificación de los posibles modos de falla previo a que se presenten y así determinar actividades y/o ejerciendo controles para evitar la ocurrencia de los mismos.

Contando con la información técnica del equipo, condiciones ambientales, impacto en la producción, entorno, aplicaciones y un equipo de trabajo con experiencia y altas competencias se realizó el analisis solo en los sistemas criticos previamente identificados.

La compañía no contaba con formatos y procedimientos oficiales para la ejecución de un estudio amef por lo cual se diseñó un modelo sencillo y eficaz pero que encajara en las necesidades requeridas y permitiera obtener los resultados esperados.

Tabla 14. Análisis AMEF Sistema Motor Diesel.

FORMATO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA							
FORMATO AMEF No.		01-001				EQUIPO	
PAGINA No.		1 de 1				CARGADOR FRONTAL	
ELABORADO POR:		J. SARMIENTO - E. HERRERA				MODELO	
FECHA DE ELABORACION:		12/01/2018				SERIE	
						SISTEMA	
						MOTOR DIESEL	
SISTEMA	SUB-SISTEMA	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	CODIGO ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
MOTOR DIESEL	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	SUMINISTRAR LA CANTIDAD EXACTA EN EL MOMENTO PRECISO UNA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE LIMPIO EN LA CAMARA DE COMBUSTION	NO SUMINISTRAR LA CANTIDAD EXACTA EN EL MOMENTO PRECISO UNA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE LIMPIO EN LA CAMARA DE COMBUSTION	FILTROS DE COMBUSTIBLE OBSTRUIDOS	BAJA POTENCIA DEL MOTOR, POSIBILIDAD DE APAGADO DEL EQUIPO.	1.1	REALIZAR LAVADO DE DEPOSITO DE COMBUSTIBLE CADA 2000 HORAS.
				INYECTORES OBSTRUIDOS	BAJA POTENCIA DEL MOTOR, VARIACION EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE, POSIBILIDAD DE APAGADO DEL EQUIPO.	1.1	REALIZAR LAVADO DE DEPOSITO DE COMBUSTIBLE CADA 2000 HORAS.
				LÍNEAS DE COMBUSTIBLE OBSTRUIDAS O FISURADAS	BAJA POTENCIA DEL MOTOR, POSIBILIDAD DE APAGADO DEL EQUIPO, SATURACION DE LOS FILTROS DE COMBUSTIBLE.	1.2	REALIZAR DESMONTAJE Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LOS INYECTORES CADA 4000 HORAS.
				NIVEL BAJO DE COMBUSTIBLE	BAJA POTENCIA DEL MOTOR, POSIBILIDAD DE APAGADO DEL EQUIPO, SATURACION DE LOS FILTROS DE COMBUSTIBLE.	1.3	REVISION Y AJUSTE DIARIO DE MANGUERAS Y ABRASADERAS DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE.
	SISTEMA DE ADMISION DE AIRE	SUMINISTRAR EL VOLUMEN DE AIRE LIMPIO AL INTERIOR DEL MOTOR	NO SUMINISTRAR EL VOLUMEN DE AIRE LIMPIO AL INTERIOR DEL MOTOR	MANGUERAS Y DUCTOS DEL SISTEMA CON FISURAS, OBSTRUIDOS Y/O DESAJUSTADOS	INGRESO DE POLVO O AGENTES EXTERNOS AL INTERIOR DEL EQUIPO OCASIONADO EL DESGASTE PREMATURO DE VARIOS COMPONENTES.	1.4	VERIFICACION DIARIA DE NIVEL DE COMBUSTIBLE DURANTE LA INSPECCION PREOPERACIONAL.
				FILTRO PRIMARIO DE AIRE SATURADO	EL VOLUMEN DE AIRE SUMINISTRADO NO SERA EL ADECUADO PARA LA MEZCLA, OCASIONANDO BAJA POTENCIA EN EL EQUIPO.	1.5	REVISION Y AJUSTE DIARIO DE DUCTOS Y ABRASADERAS DEL SISTEMA DE ADMISION DE AIRE MOTOR.
				FILTRO SECUNDARIO DE AIRE SATURADO	EL VOLUMEN DE AIRE SUMINISTRADO NO SERA EL ADECUADO PARA LA MEZCLA, OCASIONANDO BAJA POTENCIA EN EL EQUIPO.	1.6	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE SISTEMA DE ADMISION DE AIRE MOTOR SEGÚN PROCEDIMIENTO No. A050, CADA 50 HORAS.
				PRE CLEANER DE ADMISION DE AIRE ATASCADO O AVERIADO	EL VOLUMEN DE AIRE SUMINISTRADO NO SERA EL ADECUADO PARA LA MEZCLA, OCASIONANDO BAJA POTENCIA EN EL EQUIPO.	1.6	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE SISTEMA DE ADMISION DE AIRE MOTOR SEGÚN PROCEDIMIENTO No. A050, CADA 50 HORAS.
				TURBOCARGADOR AVERIADO O DEFICIENTE	INGRESO DE POLVO O AGENTES EXTERNOS AL INTERIOR DEL EQUIPO OCASIONADO EL DESGASTE PREMATURO DE VARIOS COMPONENTES. DISMINUCION DE LA VIDA UTIL DEL FILTRO DE AIRE	1.5	REVISION Y AJUSTE DIARIO DE DUCTOS Y ABRASADERAS DEL SISTEMA DE ADMISION DE AIRE MOTOR.
						1.7	PROGRAMAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL TURBOCARGADOR CADA 6000 HORAS.
	SISTEMA DE REFRIGERACION	MANTENER LA TEMPERATURA DEL MOTOR EN UN RANGO ENTRE 80° Y 95°C	INCAPAZ DE MANTENER LA TEMPERATURA DEL MOTOR EN UN RANGO ENTRE 80° Y 95°C	RADIADOR DE REFRIGERANTE MOTOR SATURADO DE MATERIAL EXTERNO EN LAS ALETAS	TRANSFERENCIA DE CALOR INSUFICIENTE ENTRE EL RADIADOR DE REFRIGERANTE Y EL AMBIENTE PRODUCIENDO RECALENTAMIENTO Y DEFORMACION EN ALGUNOS COMPONENTES DEL MOTOR	1.8	PROGRAMAR LIMPIEZA EXTERNA DE RADIADORES CADA 50 HORAS
				NIVEL DE LIQUIDO REFRIGERANTE FUERA DEL RANGO CORRECTO DE OPERACION	PRODUCE RECALENTAMIENTO DE MOTOR.	1.9	PROGRAMAR MANTENIMIENTO DE RADIADORES INCLUYA LAVADO EXTERNO Y LIMPIEZA INTERNA CADA 2000 HORAS.
				BOMBA DE AGUA AVERIADA	NO SUMINISTRARA EL LIQUIDO REFRIGENTE AL INTERIOR DEL MOTOR CAUSANDO RECALENTAMIENTO DEL MISMO Y PERDIDA DE PROPIEDADES DEL ACEITE DE MOTOR OCASIONANDO DESGASTE ENTRE COMPONENTES INTERNOS.	1.10	REVISION DE NIVELES Y ADICCIÓN DE FLUIDO EN CASO DE SER NECESARIO DURANTE LA INSPECCION PREOPERACIONAL.
				MANGUERAS Y DUCTOS DEL SISTEMA DEFORMADAS O CON FUGAS POR FISURAS, MECANISMOS DE AJUSTE DESAJUSTADOS	PRODUCE RECALENTAMIENTO DE MOTOR Y APAGADO DEL MISMO POR ALTA TEMPERATURA	1.11	PROGRAMAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA BOMBA DE AGUA DEL MOTOR DIESEL CADA 6000 HORAS.
TERMOSTATO AVERIADO				PRODUCE RECALENTAMIENTO DE MOTOR Y APAGADO DEL MISMO POR ALTA TEMPERATURA	1.12	REVISION Y AJUSTE DIARIO DE DUCTOS Y ABRASADERAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DE MOTOR DIESEL.	
CALIDAD DEL LIQUIDO REFRIGERANTE NO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES MINIMAS REQUERIDAS				TRANSFERENCIA DE CALOR INSUFICIENTE ENTRE EL LIQUIDO REFRIGERANTE Y COMPONENTES INTERNOS DEL MOTOR OCASIONADO RECALENTAMIENTO DE MOTOR Y APAGADO DEL MISMO POR ALTA TEMPERATURA	1.13	REALIZAR REVISION Y PRUEBAS A TERMOSTATO CADA 5000 HORAS	
		1.14	PROGRAMAR CAMBIO DE LIQUIDO REFRIGERANTE CADA 2000 HORAS, SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE (VER RELACION DE CONSUMIBLES)				

Tabla 15. Análisis AMEF de Sistema Hidráulico

	SUB-SISTEMA	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	CODIGO ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
SISTEMA HIDRAULICO	SISTEMA DE FRENO DE PARQUEO	PERMITIR EL LIBRE MOVIMIENTO DE SALIDA DE LA SERVOTRANSMISION HACIA LOS CARDANES	INCAPAZ DE LIBERAR EL MOVIMIENTO DE SALIDA DE LA SERVOTRANSMISION HACIA LOS CARDANES	ACTUADOR DE FRENO DE PARQUEO AVERIADO	BLOQUEO EN EL MOVIMIENTO DE TRASLACION DEL EQUIPO, OCASIONANDO EL PARO DEL EQUIPO Y POSIBLES FUGAS DE ACEITE HIDRULICO.	2.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ACTUADOR DE FRENO DE PARQUEO Y MECANISMO DE ACCIONAMIENTO CADA 2000 HORAS
				INTERRUPTOR DE ACCIONAMIENTO EN CABINA AVERIADO O DESCONECTADO DEL SISTEMA ELECTRICO	BLOQUEO EN EL MOVIMIENTO DE TRASLACION DEL EQUIPO, OCASIONANDO EL PARO DEL EQUIPO.	2.2	REALIZAR REVISION Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO CADA 500 HORAS AL INTERRUPTOR DE FRENO DE PAUQE
				PRESION EN SISTEMA MENOR DE 10 MPA	SE DESACTIVA LA SOLENOIDE DE FRENO DE EMERGENCIA PERMITIENDO EL PASO DEL FLUIDO HACIA EL ACTUADOR DE FRENO DE PARQUEO BLOQUEANDO LOS MOVIMIENTOS DE TRASLACION DEL EQUIPO Y PARO DEL EQUIPO	2.3	REALIZAR REVISION DEL SISTEMA HIDRAULICO SEGUN INSTRUCTIVO T250 CADA 250 HORAS
					SE DESACTIVA LA SOLENOIDE DE FRENO DE EMERGENCIA PERMITIENDO EL PASO DEL FLUIDO HACIA EL ACTUADOR DE FRENO DE PARQUEO BLOQUEANDO LOS MOVIMIENTOS DE TRASLACION DEL EQUIPO Y PARO DEL EQUIPO	2.4	REALIZAR MANTENIMIENTO DE VALVULA DE CARGA CADA 4000 HORAS
				PRESION DEL ACUMULADOR No. 1 ES MENOR A 5.5 MPA	SE DESACTIVA LA SOLENOIDE DE FRENO DE EMERGENCIA PERMITIENDO EL PASO DEL FLUIDO HACIA EL ACTUADOR DE FRENO DE PARQUEO BLOQUEANDO LOS MOVIMIENTOS DE TRASLACION DEL EQUIPO Y PARO DEL EQUIPO	2.3	REALIZAR REVISION DEL SISTEMA HIDRAULICO SEGUN INSTRUCTIVO T250 CADA 250 HORAS
				SENSORES DE PRESION AVERIADOS, AISLADOS O DESCONECTADOS DEL SISTEMA ELECTRICO	PRODUCEN RECALENTAMIENTO EN LOS CONDUCTORES ELECTRICOS DISMINUYENDO LA VIDA UTIL DEL MISMO Y DE OTROS COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL, ADEMAS SE DESACTIVA LA SOLENOIDE DE FRENO DE EMERGENCIA PERMITIENDO EL PASO DEL FLUIDO HACIA EL ACTUADOR DE FRENO DE PARQUEO BLOQUEANDO LOS MOVIMIENTOS DE TRASLACION DEL EQUIPO Y PARO DEL EQUIPO.	2.6	REALIZAR LIMPIEZA EXTERNA DE VALVULA DE FRENO DE PARQUEO, DESMONTAJE DE SENSORES, INTERRUPTORES DE PRESION Y SOLENOIDE DE FRENO DE PARQUEO LIMPIEZA DE TERMINALES Y CAMBIO DE CONECTORES EN CASO DE SER NECESARIO CADA 500 HORAS.
				SOLENOIDE DE FRENO DE PARQUEO AVERIADO, AISLADO O DESCONECTADO DEL SISTEMA ELECTRICO	PERMITE EL PASO DEL FLUIDO HACIA EL ACTUADOR DE FRENO DE PARQUEO BLOQUEANDO LOS MOVIMIENTOS DE TRASLACION DEL EQUIPO Y PARO DEL EQUIPO	2.6	REALIZAR LIMPIEZA EXTERNA DE VALVULA DE FRENO DE PARQUEO, DESMONTAJE DE SENSORES, INTERRUPTORES DE PRESION Y SOLENOIDE DE FRENO DE PARQUEO LIMPIEZA DE TERMINALES Y CAMBIO DE CONECTORES EN CASO DE SER NECESARIO.
	MECANISMO DE BLOQUEO AVERIADO.	BLOQUEO DEL EQUIPO, PROBABLE AVERIA DE VARIOS COMPONENTES DEL MECANISMO	2.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ACTUADOR DE FRENO DE PARQUEO Y MECANISMO DE ACCIONAMIENTO CADA 2000 HORAS			
	SISTEMA DE FRENO DE SERVICIO	DETENER O REDUCIR LA VELOCIDAD DE TRASLACION DEL EQUIPO	NO DETIENE O REDUCE LA VELOCIDAD DE TRASLACION DEL EQUIPO	PRESION DEL ACUMULADORES No. 2 Y 3 ES MENOR A 9.2 MPA	SE DESACTIVA LA SOLENOIDE DE FRENO DE EMERGENCIA PERMITIENDO EL PASO DEL FLUIDO HACIA EL ACTUADOR DE FRENO DE PARQUEO BLOQUEANDO LOS MOVIMIENTOS DE TRASLACION DEL EQUIPO Y PARO DEL EQUIPO	2.3	REALIZAR REVISION DEL SISTEMA HIDRAULICO SEGUN INSTRUCTIVO T250 CADA 250 HORAS
				DISCOS Y PLATOS EN MANDOS FINALES CON DESGASTE	REDUCEN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA, AUMENTANDO EL TIEMPO DE ACCIONAMIENTO DE FRENADO EN EL EQUIPO.	2.7	REALIZAR REVISION DE PLATOS Y DISCOS DEL SISTEMA DE FRENO DE SERVICIO CADA 4000 HORAS.
				SELLOS DEL PISTON DE FRENO DESGASTADOS	REDUCEN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA, AUMENTANDO EL TIEMPO DE ACCIONAMIENTO DE FRENADO EN EL EQUIPO. PERMITE EL PASO DE ACEITE HIDRAULICO HACIA LOS EJES, REALIZANDO LA MEZCLA DE FLUIDOS OCASIONADO PERDIDA DE LAS PROPIEDADES DEL ACEITE Y PROVOCANDO FALLAS PREMATURAS DE LOS COMPONENTES INTENOS DEL EJE.	2.8	REALIZAR CAMBIO DE SELLOS DE PISTON DE FRENO DE SERVICIO CADA 4000 HORAS
				VALVULA DE PEDAL DE FRENO AVERIADA	EL FLUIO SE DIRECCIONARA HACIA EL TANQUE HIDRAULICO, INHABILITANDO EL FRENO DE SERVICIO	2.9	REALIZAR MANTENIMIENTO DE VALVULA DE PEDAL CADA 6000 HORAS
				PRESION DEL SISTEMA MENOR QUE 4.8 MPA	LA PRESION EMITIDA HACIA LOS EJES ES MENOR A LA REQUERIDA POR LOCAL DISMINUIRA LA EFICIENCIA DE LOS MSMOS.	2.3	REALIZAR REVISION DEL SISTEMA HIDRAULICO SEGUN INSTRUCTIVO T250 CADA 250 HORAS.
				MANGUERAS, ELEMENTOS DE UNION DEL SISTEMA DEFORMADAS O CON FUGAS	LA PRESION DEL SISTEMA ESTARIA POR DEBAJO DE 4.8 MPA, LA CUAL DESACTIVA LA SOLENOIDE DE FRENO DE EMERGENCIA PERMITIENDO EL PASO DEL FLUIDO HACIA EL ACTUADOR DE FRENO DE PARQUEO BLOQUEANDO LOS MOVIMIENTOS DE TRASLACION DEL EQUIPO Y PARO DEL EQUIPO	2.11	REVISION Y AJUSTE DIARIO DE MANGUERAS, TUERCAS Y ABRASADERAS DEL SISTEMA DE FRENO DE SERVICIO DURANTE LA INSPECCION PREOPERACIONAL.
	SISTEMA DE REFRIGERACION	MANTENER LA TEMPERATURA DEL ACEITE HIDRAULICO EN UN RANGO ENTRE 60°C Y 80°C	INCAPAZ DE MANTENER LA TEMPERATURA DEL HIDRAULICO EN UN RANGO ENTRE 60°C Y 80°C	RADIADOR DE ACEITE HIDRAULICO SATURADO DE MATERIAL EXTERNO EN LAS ALETAS	TRANSFERENCIA DE CALOR INSUFICIENTE ENTRE EL RADIADOR DE ACEITE HIDRAULICO Y EL AMBIENTE PRODUCIENDO RECALENTAMIENTO EN LOS COMPONENTES DEL SISTEMA, OCASIONANDO FUGAS INTERNAS EN VALVULAS, Y CILINDROS ADEMAS DE DISMINUCION EN DE LA VELOCIDAD DE LOS ACTUADORES HIDRAULICOS.	1.8	PROGRAMAR LIMPIEZA EXTERNA DE RADIADORES CADA 50 HORAS
				FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO SATURADO	EL FLUIO DE ACEITE HIDRAULICO QUE INGRESA AL TANQUE ES MENOR, OBLIGANDO A LA APERTURA DE LA VALVULA DE ALIVIO Y ASU VEZ PERMITE EL PASO DE ACEITE SIN FILTRACION AL DEPOSITO.	2.12	REALIZAR CAMBIO DE FILTROS DE ACEITE HIDRAULICO CADA 2000 HORAS
				MANGUERAS Y DUCTOS DEL SISTEMA DEFORMADAS O CON FUGAS POR FISURAS	GENERA VARIACION EN EL FLUIO DE ACEITE ENTRE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA ELEVANDO LA TEMPERATURA DEL FLUIDO Y DISMINUYENDO EL FLUIO, LO QUE OCASIONA MOVIMIENTOS LENTOS DE LOS ACTUADORES	2.13	REVISION Y AJUSTE DIARIO DE MANGUERAS Y ABRASADERAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACION HIDRAULICO DURANTE LA INSPECCION PREOPERACIONAL.
				EL ACEITE NO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE	LA TRANFERENCIA DE CALOR ENTRE LOS COMPONENTES Y EL ACEITE ES INSUFICIENTE, OCASIONADO RECALENTAMIENTO Y FALLAS PREMATURAS EN LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.	2.14	PROGRAMAR CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO CADA 2000 HORAS, SEGUN LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE (VER RELACION DE CONSUMIBLES)

Tabla 16. Análisis AMEF Sistema de articulación de trabajo

FORMATO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA							
FOMATO AMEF No.		01-003		EQUIPO		CARGADOR FRONTAL	
PAGINA No.		1 de 1		MODELO		CLG862	
ELABORADO POR:		J. SARMIENTO - U. CARABALLO		SERIE		510336	
FECHA DE ELABORACION:		25/01/2018		SISTEMA		ARTICULACION	
SISTEMA	SUB-SISTEMA	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	CODIGO ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
FRONTAL DE TRABAJO	COMPONENTE Z	REALIZAR EL MOVIMIENTO DE VOLTEO HASTA 45 ° Y RECOGIDA HASTA 62° DE BALDE	NO REALIZAR TOTAL O PARCIALMENTE EL MOVIMIENTO DE VOLTEO HASTA 45 ° Y RECOGIDA DE BALDE HASTA 62°.	PINES DESGASTADOS O AVERIADOS	FUERTES IMPACTOS ENTRE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES OCASIONANDO RUIDO EXCESIVO Y DESGASTE PREMATURO EN LOS BUJES.	3.1	REALIZAR VERIFICACION DE TOLERANCIAS SEGÚN EL FORMATO 1500
						3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGÚN LA Rutina CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
				BUIJES DESGASTADOS O AVERIADOS	FUERTES IMPACTOS ENTRE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES OCASIONANDO RUIDO EXCESIVO Y DESGASTE PREMATURO EN LOS ALOJAMIENTOS DE LOS BUJES.	3.1	REALIZAR VERIFICACION DE TOLERANCIAS SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE
						3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGÚN LA Rutina CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
				ALOJAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA O DE LOS CILINDROS DESGASTADOS	FUERTES IMPACTOS ENTRE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES OCASIONANDO RUIDO EXCESIVO Y ALTERACION EN LOS MOVIENTOS NORMALES DE LAS ESTRUCTURA Y EL BALDE. FALLA PREMATURA DE LOS SELLOS DEL CILINDRO DE TILDEO.	3.1	REALIZAR VERIFICACION DE TOLERANCIAS SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE
						3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGÚN LA Rutina CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
	COMPONENTE H	REALIZAR EL MOVIMIENTO DE LEVANTE DE BALDE HASTA 4256 mm	INCAPAZ DE REALIZAR EL MOVIMIENTO DE LEVANTE DE BALDE HASTA 4256 mm	PINES DESGASTADOS O AVERIADOS	FUERTES IMPACTOS ENTRE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES OCASIONANDO RUIDO EXCESIVO Y DESGASTE PREMATURO EN LOS BUJES.	3.1	REALIZAR VERIFICACION DE TOLERANCIAS SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE
						3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGÚN LA Rutina CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
				BUIJES DESGASTADOS O AVERIADOS	FUERTES IMPACTOS ENTRE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES OCASIONANDO RUIDO EXCESIVO Y DESGASTE PREMATURO EN LOS ALOJAMIENTOS DE LOS BUJES.	3.1	REALIZAR VERIFICACION DE TOLERANCIAS SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE
						3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGÚN LA Rutina CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
				ALOJAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA O DE LOS CILINDROS DESGASTADOS	FUERTES IMPACTOS ENTRE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES OCASIONANDO RUIDO EXCESIVO Y ALTERACION EN LOS MOVIENTOS NORMALES DE LAS ESTRUCTURA Y EL BALDE. FALLA PREMATURA DE LOS SELLOS DE LOS CILINDROS DE BOOM O LEVANTE.	3.1	REALIZAR VERIFICACION DE TOLERANCIAS SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE
						3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGÚN LA Rutina CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)

Tabla 17. Analisis AMEF Transmisión de potencia

FORMATO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA							
FORMATO AMEF No.		01-004				EQUIPO	CARGADOR FRONTAL
PAGINA No.		1 de 1				MODELO	CL6862
ELABORADO POR:		J. SARMIENTO - L. PULIDO				SERIE	510336
FECHA DE ELABORACION:		29/01/2018				SISTEMA	TRANSMISION DE POTENCIA
SISTEMA	SUB-SISTEMA	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	CODIGO ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
CARDANES	DELANTERO	TRANSMITIR EL MOVIMIENTO DE ROTACION DESDE EL CARDAN INTERMEDIO HASTA EL DIFERENCIAL DELANTERO	NO TRANSMITIR EL MOVIMIENTO DE ROTACION DESDE EL CARDAN INTERMEDIO HASTA EL DIFERENCIAL DELANTERO	CRUCETAS AVERIADAS	GENERACION DE IMPACTOS Y RUIDOS ENTRE LOS EJES DE CARDAN , DESGASTE EN LOS ALOJAMIENTOS DE LAS CRUCETAS OCASIONANDO EL PARO DEL EQUIPO.	4.1	REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CARDAN DELANTERO CADA 4000 HORAS
						3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGUN LA RutINA CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
				ALOJAMIENTO DE CRUCETAS DEFORMADAS O FRACTURADAS	AVERIA DE CRUCETAS , GENERACION DE IMPACTOS Y RUIDOS ENTRE LOS EJES DE CARDAN, OCASIONANDO FISURA EN LA CUMACERA Y EL PARO DEL EQUIPO.	4.1	REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CARDAN DELANTERO CADA 4000 HORAS
						3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGUN LA RutINA CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
				DESAJUSTE DE PERNOS DE ACOPLER DE DIFERENCIAL DELANTERO Y CARDAN DELANTERO	VIBRACION EXCESIVA EN LOS COMPONENTES, DESGASTE PREMATURO EN CRUCETAS Y ALOJAMIENTOS. FUGA DE ACEITE POR DIFERENCIAL.	4.2	REALIZAR AJUSTE DE PERNOS DE ACOPLER ENTRE DIFERENCIAL DELANTERO Y CARDAN DELANTERO CADA 250 HORAS
				CHUMACERA FRACTURADA	AVERIA DE ELEMENTOS RODANTES DEL RODAMIENTO, OCASIONANDO EL PARO DEL EQUIPO	3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGUN LA RutINA CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
	INTERMEDIO	TRANSMITIR EL MOVIMIENTO DE ROTACION DESDE LA SALIDA FRONTAL DE LA SERVOTRANSMISION HASTA EL CARDAN DELANTERO	NO TRANSMITIR EL MOVIMIENTO DE ROTACION DESDE LA SALIDA FRONTAL DE LA SERVOTRANSMISION HASTA EL CARDAN DELANTERO	CRUCETAS AVERIADAS	GENERACION DE IMPACTOS Y RUIDOS ENTRE LOS EJES DE CARDAN , DESGASTE EN LOS ALOJAMIENTOS DE LAS CRUCETAS OCASIONANDO EL PARO DEL EQUIPO.	4.1	REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CARDAN DELANTERO CADA 4000 HORAS
						3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGUN LA RutINA CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
				ALOJAMIENTO DE CRUCETAS DEFORMADAS O FRACTURADAS	AVERIA DE CRUCETAS , GENERACION DE IMPACTOS Y RUIDOS ENTRE LOS EJES DE CARDAN, OCASIONANDO FISURA EN LA CUMACERA Y EL PARO DEL EQUIPO.	4.1	REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CARDAN DELANTERO CADA 4000 HORAS
						3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGUN LA RutINA CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
				DESAJUSTE DE PERNOS DE ACOPLER DE LA SALIDA FRONTAL DE LA SERVOTRANSMISION Y EL CARDAN INTERMEDIO	VIBRACION EXCESIVA EN LOS COMPONENTES, DESGASTE PREMATURO EN CRUCETAS Y ALOJAMIENTOS. FUGA DE ACEITE POR DIFERENCIAL.	4.3	REALIZAR AJUSTE DE PERNOS DE ACOPLER ENTRE LA SERVOTRANSMISION LADO FRONTAL Y EL CARDAN INTERMEDIO CADA 500 HORAS
				CHUMACERA FRACTURADA	AVERIA DE ELEMENTOS RODANTES DEL RODAMIENTO, OCASIONANDO EL PARO DEL EQUIPO	3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGUN LA RutINA CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)
TRASERO	TRANSMITIR EL MOVIMIENTO DE ROTACION DESDE LA SALIDA TRASERA DE LA SERVOTRANSMISION HASTA EL DIFERENCIAL TRASERO	NO TRANSMITIR EL MOVIMIENTO DE ROTACION DESDE LA SALIDA TRASERA DE LA SERVOTRANSMISION HASTA EL DIFERENCIAL TRASERO	CRUCETAS AVERIADAS	GENERACION DE IMPACTOS Y RUIDOS ENTRE LOS EJES DE CARDAN , DESGASTE EN LOS ALOJAMIENTOS DE LAS CRUCETAS OCASIONANDO EL PARO DEL EQUIPO.	4.1	REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CARDAN DELANTERO CADA 4000 HORAS	
					3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGUN LA RutINA CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)	
			ALOJAMIENTO DE CRUCETAS DEFORMADAS O FRACTURADAS	AVERIA DE CRUCETAS , GENERACION DE IMPACTOS Y RUIDOS ENTRE LOS EJES DE CARDAN, OCASIONANDO FISURA EN LA CUMACERA Y EL PARO DEL EQUIPO.	4.1	REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CARDAN DELANTERO CADA 4000 HORAS	
					3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGUN LA RutINA CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)	
			DESAJUSTE DE PERNOS DE ACOPLER DE DIFERENCIAL DELANTERO Y CARDAN DELANTERO	VIBRACION EXCESIVA EN LOS COMPONENTES, DESGASTE PREMATURO EN CRUCETAS Y ALOJAMIENTOS. FUGA DE ACEITE POR DIFERENCIAL.	4.2	REALIZAR AJUSTE DE PERNOS DE ACOPLER ENTRE DIFERENCIAL TRASERO Y CARDAN TRASERO CADA 500 HORAS	
			CHUMACERA FRACTURADA	AVERIA DE ELEMENTOS RODANTES DEL RODAMIENTO, OCASIONANDO EL PARO DEL EQUIPO	3.2	REALIZAR PROCEDIMIENTO DE ENGRASE SEGUN LA RutINA CORRESPONDIENTE TOMANDO COMO BASE EL INSTRUCTIVO DE LUBRICACION DE CARGADOR FRONTAL (L010 Y L050)	

Una vez se finalizado el analisis amef se pudo concluir que los objetivos de identificacion de los modos de falla fue exitoso debio a que se obtuvo numerosa informacion relevante de las condiciones de operacion del equipo que no se habian tenido en cuenta y eran en gran parte el origen de las fallas frecuentes presentadas, como tambien datos de otras fallas que se tenian preconcebidos pero las acciones implementadas no eran asertivas por diferentes motivos procedimientos inadecuados, frecuencia de ejecucion insuficiente entre otros.

Entre las fallas mas frecuentes y críticas se evidenció que eran ocasionadas por las condiciones ambientales de la planta, saturando los radiadores de los diferentes sistemas manifestándose en recalentamientos y fugas de los fluidos, ademas de la adherencia de abundante contaminación en los componentes principales como válvulas hidráulicas provocando aislamiento eléctrico de los sensores, interruptores viendose reflejado en bloqueos del equipo.

La falta de lubricación en los diferentes puntos según las frecuencias estipuladas por el fabricante fue otro factor de alto impacto en la disponibilidad del equipo.

Atendiendo estos modos de falla se implementaron actividades para eliminar, minimizar o prevernirlos. El equipo de trabajo basándose en su experiencia consideró que algunas tareas debian ser mas explícitas y completas, por lo cual se diseñaron procedimientos e instructivos específicos para que sirvan de guia en las ejecuciones de las actividades. En esta se detalla los pasos de la actividad, insumos, materiales, heramientas requeridos sujetos a una frecuencia que en algunas oportunidades se ejecutarán en paralelo con las rutinas de mantenimiento.

Todas las tareas producto del resultado del amef se implemetaron en las rutinas de mantenimiento que son expuestas en el próximo capítulo.

## 5. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Basándose en toda la información obtenida entre las entrevistas, estudios, análisis de las variables implicadas, presupuesto y objetivos definidos se plantea el diseño de un plan de mantenimiento preventivo del cargador frontal CLG862 Liu Gong.

Cuadro 1. *Diseño de plan de mantenimiento de un cargador frontal Liu Gong CLG862*

DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN CARGADOR FRONTAL LIU GONG MODELO CLG862			
Mision	Vision	Objetivo General	Indicadores
Garantizar la programacion y ejecucion total de las labores de mantenimiento descritas en el plan.	Para el 2019 tener una disponibilidad del equipo superior al 80%.	implementar tecnicas asertivas que permitan reducir los paros no programados del equipo	Implementacion de indicadores que permitan identificar la disponibilidad y confiabilidad mensual del equipo

### 5.1 HOJA DE VIDA

Inicialmente se requiere realizar la apertura de la hoja de vida del equipo, esta debe incluir la información más importante del equipo en la hoja de presentación. Debe ser un archivo físico que permita archivar todos los documentos e información concerniente al equipo como ordenes de trabajo, reportes de fallas, reporte de indicadores, reportes de contratistas, relación de consumibles e identificación de repuestos críticos, procedimientos, instructivos. En el anexo se presenta el formato recomendado.


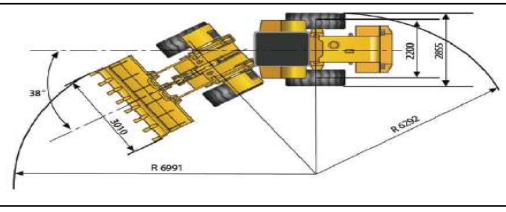
FORMATO DE HOJA DE VIDA		H010	
<b>DESCRIPCION:</b>			
<b>DESCRIPCION:</b>	CARGADOR FRONTAL		
<b>MARCA:</b>	LIU GONG		
<b>MODELO:</b>	CLG 862		
<b>NUMERO INTERNO:</b>	U1		
<b>SERIE:</b>	510336		
<b>COLOR:</b>	AMARILLO		
<b>PROVEEDOR:</b>	NEUMATICA DEL CARIBE		
<b>RESPONSABLE:</b>	DPTO. MANTENIMIENTO		
<b>COMBUSTIBLE:</b>	COMBUSTIBLE DIESEL LIVIANO Nº 0 o Nº -35		
<b>VALOR COMERCIAL:</b>	100.000 US (APROX)		
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>			
<b>MOTOR DIESEL:</b>	Cummins 6LTA A8.9	<b>CAPACIDADES DE LLENADO</b>	
<b>POTENCIA BRUTA:</b>	179 kW (240 hp) @ 2.200 rpm	<b>COMBUSTIBLE</b>	320 L
<b>PESO OPERACIONAL:</b>	20.000 kg	<b>ACEITE HIDRAULICO</b>	210 L
<b>CAPACIDAD DE BALDE:</b>	3.5 m <sup>3</sup>	<b>ACEITE MOTOR</b>	22 L
		<b>ACEITE TRANSMISION</b>	45 L
<b>FORMATOS, PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS</b>			
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	
RUTINAS DE MANTENIMIENTOS	R250, R500, R750, R1000, R1250, R1500, R1750, R2000	FRECUENCIA DE 250 HORAS EN LOS MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS	
RELACION DE MATERIALES	C250, C500, C750, C1000, C2000	RELACION DE CONSUMIBLES PARA MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS SEGUN LA RUTINA CORRESPONDIENTE	
INSTRUCTIVO DE LUBRICACION	LO50, L010	RELACION DE PROCEDIMIENTOS DE LUBRICACION SEGUN LA RUTINA CORRESPONDIENTE	
ANALISIS E IDENTIFICACION DE FALLAS			
<b>OBSERVACIONES</b>			
Ubicar, recoger y disponer los materiales necesarios para cumplir con la producción en las diferentes áreas de las instalaciones de la empresa (tolvas de plantas de concreto, vías, patios, reciclador de material, etc.)			
<b>DIMENSIONES</b>			
			

Figura 31. Formato hoja de vida

## 5.2 PLANEACIÓN

La planeación del mantenimiento preventivo del equipo es el resultado de este estudio y tiene como objetivo identificar las actividades necesarias para garantizar el funcionamiento del equipo cuando este sea requerido. Para la ejecución del

plan se requieren de la identificación, suministro y programación de recursos, procedimientos y documentos.

En los próximos párrafos se presentará los recursos requeridos y la programación de los mismos mediante formatos diseñados para la ejecución de las diferentes actividades del equipo.

5.2.1 Orden de trabajo. Este formato es vital en la ejecución de las actividades del equipo independientemente que sean preventivas o correctivas, pues contiene demasiada información que permitirá:

Fuente de información para indicadores, trazabilidad e historial del equipo y fallas, verificación de actividades y registro de recomendaciones y/o mejoras del equipo.

A continuación, se presenta el formato diseñado.

FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO				0010	
DATOS EQUIPO			ORDEN DE TRABAJO No.		
EQUIPO:			DATOS ACTIVIDAD		
SERIE:			HORA DE INICIO:		
MODELO:			HORA DE FINALIZACION:		
HORÓMETRO:			FECHA:		
UBICACIÓN:			<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO		
DATOS PERSONAL			<input type="checkbox"/> CONTRATISTA, CUAL:		
SOLICITADO POR:			<input type="checkbox"/> PREVENTIVO		
TECNICOS:	1)		<input type="checkbox"/> CORRECTIVO		
	2)		<input type="checkbox"/> INSPECCION		
MOTIVO DELSERVICIO:					
PROCEDIMIENTOS O FORMATOS ADICIONALES					
NOMBRE		CODIGO		OBSERVACIONES	
ACTIVIDADES REALIZADAS					
RECOMENDACIONES					
INFORMACION ADICIONAL:					
TECNICO:			RECIBIDO POR:		
Firma			Firma		
Nombre:			Nombre:		

Figura 32. Formato de orden de Trabajo

5.2.2 Consumibles. Se realizó la identificación de los consumibles filtros y lubricantes requeridos para realizar las rutinas de mantenimiento, a continuación, se presenta la relación:

Cuadro 2. *Relación rutinas y consumibles*

RELACION DE CODIGOS DE RUTINA VS CODIGOS DE RELACION DE COMSUMIBLES											
<b>CODIGO RUTINA</b>	R010	R050	R250	R500	R750	R1000	R1250	R1500	R1750	R2000	R4000
<b>CODIGO RELACION</b>	N/A	N/A	C250	C500	C750	C1000	C250	C500	C750	C2000	C2000

Tabla 18. *Identificación de filtros*

CANT	UNIDAD	REFERENCIA ORIGINAL	MARCA	REFERENCIA ALTERNA	MARCA	DESCRIPCION
1	Unid	53C0053	LIUGONG	LF9009	FLEETGUARD	FILTRO DE ACEITE MOTOR
1	Unid	53C0052	LIUGONG	FF42000	FLEETGUARD	FILTRO DE COMBUSTIBLE
1	Unid	53C0051	LIUGONG	FS1280	FLEETGUARD	FILTRO SEPARADOR DE COMBUSTIBLE
1	Unid	53C0436	LIUGONG	FS19816	FLEETGUARD	FILTRO DE COMBUSTIBLE
1	KIT	SP104905	LIUGONG	P55	DONALDSON	FILTRO DE AIRE PRIMARIO/SECUNDARIO
1	UNID	SP100275	LIUGONG	750131053	ZF	FILTRO PRIMARIO DE ACEITE DE TRANSMISION
1	UNID	SP100405	LIUGONG	4642331056	ZF	FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISION
2	Unid	53C0011	LIUGONG	NO APLICA	NO APLICA	FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO
1	Unid	53C0197	LIUGONG	NO APLICA	NO APLICA	FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO PILOTO
1	UNID	SP100761	LIUGONG	WF2073	FLEETGUARD	FILTRO REFRIGERANTE MOTOR
1	UNID	37C0655	LIUGONG	NO APLICA	NO APLICA	FILTRO CABINA A/A
1	UNID	46C5555	LIUGONG	NO APLICA	NO APLICA	FILTRO DE SISTEMA DE A/A

Tabla 19. *Identificación de Lubricantes*

UNIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES
GALONES	15W40	ACEITE 15W40	SAE/15W-40 SHELL 1300
GALONES	85W140	ACEITE 85W140	SAE80W-90 (API GL-5/LS)
GALONES	DTE26	ACEITE HIDRAULICO ISO 46	ACEITE HIDRAULICO ANTIDESGASTE AV68
KILOGRAMOS	51502	CARTUCHO GRASA MULTIPROPOSITO	2# MOS2 GRASA BASE LITIO
GALONES	REFRI	REFRIGERANTE	CUMMINS 14603

Tabla 20. *Identificación de Consumibles*

ITEM	UNIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES
1	UNID	10229307	LUBRICANTE PENETRANTE 336	AEROSOL 200 ml
2	UNID	10229811	LIMPIADOR DE CONTACTOS	AEROSOL 430 ml (SECADO RAPIDO)
3	GALONES	20995600	DESENGRASANTE	NO INFLAMABLE, BIODEGRADABLE
4	KG	ESTOPA	ESTOPA INDUSTRIAL	ESTOPA INDUSTRIAL

En el Anexo B (Ver pág. 132) se presentan la relación de consumibles por rutina desde las 250 horas hasta las 2000 horas.

5.2.3 Rutinas de mantenimiento. Las actividades de mantenimiento se basaron en los manuales de operación y mantenimiento del equipo, resultados de análisis AMEF, registros de fallas y la experiencia del equipo de trabajo.

La frecuencia de las actividades está en función de las horas de trabajo del equipo, estas actividades deben ser ejecutadas por operadores (solo rutina R010) y el personal de mantenimiento.

Cada rutina indica los procedimientos adicionales que requiere y la relación de consumibles que aplica según la rutina. En el Anexo C (Ver pág.135) se presentan las rutinas de mantenimiento desde las 10 horas hasta las 4000 horas.

Cuadro 3. *Relación de horas de servicio Vs Tipos de rutina*

RELACION DE HORAS DE SERVICIO VS TIPOS DE RUTINA											
CODIGO RUTINA	R010	R050	R250	R500	R750	R1000	R1250	R1500	R1750	R2000	R4000
FRECUENCIA (HORAS)	10	50	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	4000

5.2.4 Instructivos especiales. Los resultados del análisis de modos y efectos de falla y criticidad arrojaron que hay modos de fallas que impactan significativamente en el equipo y las actividades que se sugieren deben realizarse de manera correcta garantizando la eficacia de la misma.

Por tal razón se crearon 3 instructivos para los sistemas de motor diésel, hidráulico y articulación, en estos se describe la frecuencia que se deben aplicar, los requerimientos de materiales, herramientas y consumibles que se requieren.

INSTRUCTIVO DE LUBRICACION CARGADOR FRONTAL				L010
DATOS EQUIPO			DATOS ACTIVIDAD	
EQUIPO: CARGADOR FRONTAL			FRECUENCIA: CADA 10 HORAS	
MODELO: CLG 862				
SERIE: 510336				
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES	
1	51502	CARTUCHO GRASA	2# MOS2 GRASA BASE LITIO	
HERRAMIENTAS				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES	
1		ENGRASADORA MANUAL	TIPO PALANCA (400 g)	
IMAGEN				
ACTIVIDADES				
Se requiere realizar el siguiente procedimiento en cada punto:				
1) Desmontaje de la graseras,				
2) Limpieza de la graseras				
3) Instalacion de la graseras				
4) Suministro de la grasa				
Nº	ESPECIFICACION	ESTADO	OBSERVACIONES	
4	CARDAN DELANTERO			
5	CARDAN DELANTERO			
6	CARDAN DELANTERO			
9	CARDAN INTERMEDIO			
11	CARDAN INTERMEDIO			
12	CARDAN INTERMEDIO			
13	CARDAN TRASERO			
14	CARDAN TRASERO			
15	CARDAN TRASERO			
INFORMACION ADICIONAL:				

Figura 33. Instructivo de lubricación L010.

INSTRUCTIVO DE LUBRICACION CARGADOR FRONTAL				L050
EQUIPO: CARGADOR FRONTAL		FRECUECIA: DIARIA O CADA 50 HORAS		
MODELO: CLG 862				
SERIE: 510336				
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES	
3	51502	CARTUCHO GRASA	2# MOS2 GRASA BASE LITO	
HERRAMIENTAS				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES	
1		ENGRASADORA MANUAL	TIPO PALANCA (400 g)	
IMAGEN				
ACTIVIDADES				
Se requiere realizar el siguiente procedimiento en cada punto:				
1) Desmontaje de la grasera				
2) Limpieza de la grasera				
3) Instalación de la grasera				
4) Suministro de la grasa				
N°	ESPECIFICACION	ESTADO	OBSERVACIONES	
1	LATERAL BALDE IZQUIERDO			
2	LATERAL BALDE DERECHO			
3	COMPONENTE Z INFERIOR			
7	CARDAN INTERMEDIO			
8	CARDAN INTERMEDIO			
10	ARTICULACION CENTRAL INFERIOR			
16	PENDULO TRASERO (EJE TRASERO)			
17	PENDULO DELANTERO (EJE TRASERO)			
18	CILINDRO DIRECCION DERECHO (LADO POSTERIOR)			
19	CILINDRO DIRECCION IZQUIERDO (LADO POSTERIOR)			
20	ARTICULACION CENTRAL SUPERIOR			
21	CILINDRO BOOM DERECHO (LADO POSTERIOR)			
22	CILINDRO BOOM IZQUIERDO (LADO POSTERIOR)			
23	COMPONENTE H SUPERIOR LADO IZQUIERDO			
24	COMPONENTE H SUPERIOR LADO DERECHO			
25	CILINDRO DE TILDEO (LADO POSTERIOR)			
26	CILINDRO DIRECCION DERECHO (LADO FRONTAL)			
27	CILINDRO DIRECCION IZQUIERDO (LADO FRONTAL)			
28	CILINDRO BOOM DERECHO (LADO FRONTAL)			
29	CILINDRO BOOM IZQUIERDO (LADO FRONTAL)			
30	CILINDRO DE TILDEO (LADO FRONTAL)			
31	COMPONENTE Z INTERMEDIO			
32	CENTRAL BALDE DERECHO			
INFORMACION ADICIONAL:				

Figura 34. Instructivo de lubricación L050.

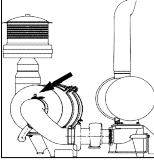
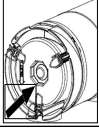
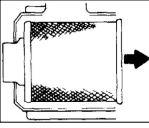
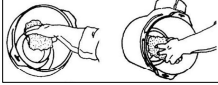
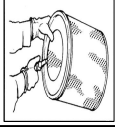

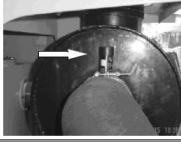
INSTRUCTIVO DE LIMPIEZA SISTEMA DE ADMISION DE AIRE MOTOR DE CARGADOR FRONTAL CLG862				A010
DATOS EQUIPO		DATOS ACTIVIDAD		
EQUIPO: CARGADOR FRONTAL		FRECUENCIA: SEGUN INDICADOR DE RESTROCCION O 50 HORAS DE SERVICIO (LO QUE OCURRA PRIMERO)		
MODELO: CLG 862				
SERIE: 510336				
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES	
1	ESTOPA	FRANELA	FRANELA DE LIMPIEZA INDUSTRIAL	
HERRAMIENTAS				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES	
1	N/A	AIRE COMPRIMIDO	LIMPIO, SECO, PRESION MAX 43 PSI	
ACTIVIDADES				
Nº	ESPECIFICACION		IMAGEN	
1	<p>Detenga el motor y abra el capo del motor. El indicador de servicio está ubicado en la Carcasa del filtro de aire. Realice el servicio del elemento del filtro de aire si el pistón amarillo del indicador de servicio se eleva al área roja.</p>			
2	<p>Retire la tapa de filtro de aire exterior</p>			
3	<p>Saque el elemento filtrante principal junto con la dirección de la carcasa, revise el elemento filtrante principal y (a) Reemplace el elemento filtrante principal si los pliegues o las juntas están dañados. (b) Limpie el elemento filtrante principal si no está dañado.</p>			
4	<p>Limpie la pared interna de la carcasa del filtro de aire.</p>			
5	<p>Limpie el elemento filtrante principal con aire comprimido (43 PSI max) de adentro hacia afuera.</p>			
6	<p>Después de limpiar el elemento filtrante principal, revise con un foco, si hay orificios pequeños o partículas, o si la arandela y el sello están dañados, reemplace por un elemento filtrante principal nuevo, retire el elemento filtrante de seguridad tapando la salida de aire y limpie la pared interior del filtro de aire.</p>			
7	<p>Abra la salida de aire y coloque un nuevo elemento filtrante de seguridad, asegúrese de que al anillo de sellado de la parte superior del elemento filtrante de seguridad contacta uniformemente. Coloque un elemento filtrante principal limpio en el filtro de aire y asegúrese de que haya un contacto uniforme con la carcasa. Presione el botón de restablecimiento debajo del indicador de servicio para restablecer el indicador.</p>			
<p><b>Pruebas:</b> Después de la limpieza del elemento filtrante principal, arranque el motor. Si el pistón amarillo del indicador de servicio todavía sigue subiendo a la zona roja o deja salir niebla negra, coloque un nuevo elemento de seguridad.</p>				
<p><b>Recomendaciones:</b> Si el elemento filtrante principal ya se ha limpiado hasta seis veces. Reemplace una vez al año incluso aunque no se haya limpiado en seis ocasiones. Cambie el elemento filtrante de seguridad al cambiar el elemento filtrante</p>				

Figura 35. Instructivo limpieza sistema de aire motor

INSTRUCTIVO DE TEST HIDRAULICO DE CARGADOR FRONTAL				T250	
DATOS EQUIPO			DATOS ACTIVIDAD		
EQUIPO: CARGADOR FRONTAL			FRECUENCIA: CADA 250 HORAS		
MODELO: CLG 862					
SERIE: 510336					
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES					
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES		
1	ESTOPA	FRANELA	FRANELA DE LIMPIEZA INDUSTRIAL		
HERRAMIENTAS					
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES		
1		KIT DE MEDICION DE PRESION	MANOMETROS, ACOPLES.		
IMAGEN					
ACTIVIDADES					
<p>Se requiere realizar la verificación de presión del sistema hidráulico en los diferentes puntos del sistema, bajo las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Rpm del motor en mínimas 1800 RPM</li> <li>2) No ubicar en pendientes (0°)</li> <li>3) Previo lavado de los componentes hidráulicos.</li> <li>4) Verificar eficiencia de radiador de aceite hidráulico</li> </ol>					
N°	VARIABLE	SET	MEDIDA	VARIACION	OBSERVACIONES
1	Presion de Trabajo	20.7 Mpa (3000 psi)			
2	Presion de Direccion	17.5 MPa (2540 psi)			
3	Presion de Pilotaje	3.5 Mpa (510 psi)			
4	Presion de válvula reductora	2.5 Mpa (360 psi)			
5	Cierre de Presion por Alta	15.9 Mpa (2300 psi)			
6	Apertura de Presion por Baja	12.8 Mpa (1850 psi)			
7	Alarma de Baja presion	9 Mpa (1300 psi)			
8	Presion de aceite de Frenos	4.8 Mpa (700 psi)			
9	Presion de Precarga Acumulador freno de Parqueo (derecha)	9 Mpa (1300psi)			
10	Presion de Precarga Acumulador de servicio (centro)	5.2 Mpa (750psi)			
11	Presion de Precarga Acumulador de servicio (izquierda)	5.2 Mpa (750psi)			
<b>INFORMACION ADICIONAL:</b> Si la variación supera el 10% se debe programar en próxima intervención una evaluación del sistema.					

Figura 36. Instructivo Test hidráulico

5.2.5 Indicadores. Con el objetivo de ser un plan exitoso y en mejora continua se deben implementar indicadores de gestión que permitan verificar y comparar nuestro proceso con un objetivo o meta de la mano con los objetivos de la compañía. Se estableció conjuntamente la implementación inicial de los siguientes indicadores:

Tiempo promedio para reparar (MTTR):

Es el tiempo promedio de paradas del equipo y el resultado es expresado en horas la planeación de las actividades y la correcta ejecución son variables que afectan directamente este indicador.

$$\text{MTTR (horas)} = \frac{\text{Total tiempo de paradas}}{\text{Número de paradas}}$$

Disponibilidad, es expresada en porcentajes y es de los indicadores más importantes pues es la relación entre el tiempo promedio de paradas y la suma de el mismo con el tiempo promedio para reparar.

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Tiempo promedio de paradas}}{\text{Tiempo promedio de paradas} + \text{Tiempo promedio para reparar}} \times 100$$

Tiempo promedio entre paradas (MTBS), es el indicador que no permite verificar la efectividad del plan de mantenimiento, siendo la relación entre el tiempo operado y el número de paradas durante ese tiempo.

$$\text{MTBS (horas)} = \frac{\text{Horas operadas}}{\text{Número de paradas}}$$

5.2.6 Costos. A continuación, se relacionan los costos por rutinas de mantenimiento discriminando los valores por consumibles y mano de obra.

Tabla 21. *Presupuesto de mantenimiento preventivo*

RUTINA	VARIABLE	VALOR
250	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$390.000
500	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$422.500
750	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$390.000
1000	REPUESTOS	\$2.881.000
	MANO OBRA	\$585.500
1250	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$390.000
1500	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$422.500
1750	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$390.000
2000	REPUESTOS	\$3.498.000
	MANO OBRA	\$780.000
4000	REPUESTOS	\$3.498.000
	MANO OBRA	\$3.950.000

Para estimar el presupuesto anual mantenimiento preventivos se calculó el número de horas en operación por año para determinar el número de mantenimientos preventivos a aplicar.

Si la operación del equipo es 14 horas diarias por 6 días a la semana, se tiene

$$\text{Horas por año} = 14 \text{ (horas)} * 6 \text{ (días)} * 4 \text{ (semanas)} * 12 \text{ (meses)}$$

$$\text{Horas por año} = 4.032$$

Esto traduce que se realizarán 2 rutinas de 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750 y una de 2000 y 4000.

Tabla 22. Presupuesto anual de mantenimiento preventivo

<b>RUTINA</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>VALOR</b>
<b>250</b>	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$390.000
<b>500</b>	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$422.500
<b>750</b>	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$390.000
<b>1000</b>	REPUESTOS	\$2.881.000
	MANO OBRA	\$585.500
<b>1250</b>	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$390.000
<b>1500</b>	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$422.500
<b>1750</b>	REPUESTOS	\$873.000
	MANO OBRA	\$390.000
<b>2000</b>	REPUESTOS	\$3.498.000
	MANO OBRA	\$780.000
<b>4000</b>	REPUESTOS	\$3.498.000
	MANO OBRA	\$3.950.000
<b>PRESUPUESTO POR AÑO</b>		
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		\$10.711.000
<b>TOTAL REPUESTOS</b>		\$23.234.000

## 6. REPUESTOS BASADOS EN CONFIABILIDAD (RCS)

El RCS es la metodología de gestión de materiales que identifica los repuestos críticos de los equipos críticos de una planta y logra importantes ahorros en los costos de adquisición en materiales de baja rotación en los inventarios.

### 6.1 METODOLOGÍA

Esta investigación para para este Proyecto de Monografía tiene una propuesta metodológica para el estudio de cao, con enfoque investigativo, la cual ha requerido la búsqueda de antecedentes de diversas técnicas para la optimización de los repuestos. Así mismo, se ha hallado datos históricos del RCM y la evolución hacia el RCS - Reliability Centred Spares (RCS - Repuestos Centrados en Confiabilidad), los cuales han fijado la estrategia metodológica basada en datos estadísticos, análisis de los activos físicos y sus modos fallas.

Se realiza un análisis previo de la situación actual planeando y programando la adquisición de las tareas, de tal forma que se alcance aplicar el RCS eficientemente aplicando el modelo de gerenciamiento de partes basados en el riesgo y confiabilidad, con la metodología Reliability Centered Spare (RCS). Se toman los principios de la Investigación-Acción desde la perspectiva del autor Molenaers (2012).

Teniendo en cuenta lo anterior, considerar la importancia del concepto de modelo aplicable RCS a nuestra investigación en el enfoque investigativo, tiene un uso en aplicabilidad para el “Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para cargador frontal de llantas. Liu Gong CGL862 de la planta de concretos de Ultracem.

Cabe destacar que la implementación del RSC requiere la recopilación de información actual de estado, tipos y frecuencias de mantenimiento del equipo en planta, solicitar y estudiar información del equipo al fabricante (Liu Gong), evaluar la implementación de técnicas de mantenimiento predictivo, lectura de la

bibliografía (textos, normas, etc.) y encuestas a personal experto en los equipos y la operación (ingenieros de mantenimiento, técnicos, operadores, etc.), realizar análisis de modos y efectos de falla de los principales sistemas del equipo, depurar la información a través de análisis de Pareto, establecer funciones y tareas específicas, plantear modelo simplificado de RCS y diseñar plan de mantenimiento basado en las recomendaciones del fabricante, recomendaciones del personal experto y los resultados del análisis de Pareto.

Clases de piezas de repuesto basadas en la criticidad, El método propuesto por Braglia et al. (2004) forma la base para el desarrollo del esquema de clasificación multicriterio. El criterio predominante de nuestro método de clasificación es la criticidad del elemento. La evaluación de la criticidad de los artículos no es una tarea fácil porque varias características pueden tener un impacto en el grado de criticidad. Para analizar con eficacia este problema multicriterio, se propone una metodología combinada. Se utilizan dos enfoques, a saber, los diagramas de decisión lógica y la técnica de múltiples atributos AHP. El modelo presenta el problema de clasificación multicriterio en un diagrama de decisión lógica donde se propone El Proceso Analítico de la Jerarquía (AHP-Analytic Hierarchy Process) para resolver los sub-problemas de decisión multicriterio en los nodos de decisión del diagrama. La idea básica es desarrollar un diagrama de decisiones, que guíe al analista hacia la mejor clase de criticidad de una pieza de repuesto. La elección de AHP radica en el hecho de que es una herramienta poderosa y flexible para integrar aspectos cualitativos y asignar ponderaciones a diferentes criterios.

## 6.2 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

El Proceso de Análisis Jerárquico, elaborado por Thomas L. Saaty (The Analytic Hierarchy Process, 1980) está elaborado para resolver problemas complejos de criterios múltiples. Requiere que quien toma las decisiones suministre las evaluaciones subjetivas respecto a la relevancia relativa de cada uno de los

criterios y que, después, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. Por otro lado, para Hurtado y Bruno (2005), el producto del AHP es una jerarquización con prioridades que evidencian la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

### 6.3 CRITERIOS DE CRITICIDAD

La criticidad del equipo se refiere a la clase de criticidad del equipo. La organización distingue entre seis clases posibles, a saber, A, B, C, D, E y F. Sobre la base de una matriz de riesgos, la categoría de riesgo del equipo involucrado (Nivel de criticidad del equipo) se evalúa como la frecuencia de una falla del equipo y las posibles consecuencias de la falla.

La probabilidad de falla es la falla de la pieza de repuesto.

Tiempo de reabastecimiento es el tiempo total transcurrido desde que se comunica una necesidad material hasta que el artículo se ha recibido, verificado, archivado y está disponible para su uso.

Número de proveedores potenciales (Fuera del sitio) que pueden entregar el repuesto específico al solicitante.

Disponibilidad de especificaciones técnicas (BOM, dibujo CAD-CAM y texto de pedido) del artículo.

Tabla 23. *Lista de criterios de criticidad*

CRITERIOS DE CRITICIDAD	DESCRIPCIÓN
La criticidad del equipo	La organización distingue entre seis clases posibles, a saber, A, B, C, D, E y F. Sobre la base de una matriz de riesgos, la categoría de riesgo del equipo involucrado (nivel de criticidad del equipo) se evalúa como la frecuencia de una falla del equipo y las posibles consecuencias
Probabilidad de falla	La probabilidad de falla es la probabilidad de falla o falla de la pieza de repuesto.
Tiempo de reabastecimiento	El tiempo total transcurrido desde que se comunica una necesidad material hasta que el artículo se ha recibido, verificado, archivado y está disponible para su uso
Cantidad de proveedores potenciales	El número de proveedores potenciales (fuera del sitio) que pueden entregar la pieza de repuesto específica al repuesto
Disponibilidad de especificaciones técnicas	La disponibilidad de las especificaciones técnicas (BOM-Bill Of Material-Listado de Materiales, dibujo CAD-CAM y texto de pedido)
Tipo de mantenimiento	El tipo de PM mantenimiento realizado en el equipo, Por Ejemplo: PM250, PM500, PM750, PM1000, PM1250, PM1500, PM1750 O PM2000

## 6.4 MANTENIMIENTO

El tipo de mantenimiento realizado en el equipo como PM-Mantenimientos Preventivos (PM-Preventive Maintenance) o RUTINA DE MANTENIMIENTO para CARGADOR FRONTAL DE LLANTAS. LIU GONG CLG862 (WHEEL LOADER LIU GONG CLG862) basados por Horas de Operación, la cual se tienen unos formatos pre-establecidos, que coadyuvan al Planeador de Mantenimiento de Flota de Maquinaria Pesada, de esta lista depende la caracterización del tipo de repuesto para el inventario y mantención en Stock con un mínimo de repuesto disponible puesto en sitio, dentro del almacén de materiales y repuestos denominado Gerenciamiento de Partes Basado v en Confiabilidad bajo la Metodología RCS para que solicite los repuestos, partiendo de esta base como Backlog, posteriormente el diligenciamiento por el/los Técnico/s que realizan la función, de cada uno de estos formatos, según el PM que le toque al Cargador, las rutinas generadas en el plan de mantenimiento son:

- R250 Mantenimiento Preventivo a las 250 Horas de Operación
- R500 Mantenimiento Preventivo a las 500 Horas de Operación
- R750Mantenimiento Preventivo a las 750 Horas de Operación
- R1000 Mantenimiento Preventivo a las 1000 Horas de Operación
- R1250 Mantenimiento Preventivo a las 1250 Horas de Operación
- R1500 Mantenimiento Preventivo a las 1500 Horas de Operación
- R1750 Mantenimiento Preventivo a las 1750 Horas de Operación
- R2000 Mantenimiento Preventivo a las 2000 Horas de Operación
- R4000 Mantenimiento Preventivo a las 2000 Horas de Operación

## 6.5 GERENCIAMIENTO DE PARTES BASADO EN CONFIABILIDAD

En esta sección se observará las definiciones de RCM y dónde se utiliza, posterior se analizará la definición de RCS y el estado del arte que enseña los temas consultados.

6.5.1 RCS (confiabilidad basada en repuestos). El RCS es la metodología de gestión de materiales que identifica los repuestos críticos de los equipos críticos de una compañía y alcanza ahorros considerables en los costos de adquisición en repuestos de poca rotación en los inventarios, no está guiado por las directrices del fabricante, sino a la conducta de los repuestos en condiciones operacionales dentro de los equipos, teniendo en cuenta los MTBF y el tiempo de abastecimiento de los materiales.

Las nuevas expectativas de aplicación, la tecnología en los sistemas de producción y la mejora continua, son procesos de investigación e implantación en la actualidad; generación de ideas innovadoras que faciliten el comportamiento racional entre las personas, el medio ambiente y las maquinas; estrategias de conversión, requerimientos y enfoques industriales basados en mantenimiento, someten a las nuevas técnicas de rendimiento exigidas por la sociedad cambiante y globalizada a la evaluación de los resultados en búsqueda de la optimización.

Optimización es la cuestión a analizar cuando se trata de la Confiabilidad basada en Repuestos, debido a que esta metodología se basa en ¿qué y cuánto tener? Siendo más eficientes en la habilitación de los equipos sin incrementar el inventario. ¿Por qué conocer cómo hacer un mantenimiento preventivo o correctivo, si en el momento de realizarlo no cuentas con los materiales? Lo que propone la filosofía RCM es definir las actividades y tareas de reparación sujetos a los modos de falla, funcionalidad y operación, pero su complemento para mejorar la cadena de suministro es la metodología RCS.

El RCS identifica la actividad de los inventarios con la aplicación de la ley de Pareto: Un pequeño número de elementos son responsables de una alta proporción del inventario y causa grandes pérdidas en la producción.

El RCS es la metodología de gestión de materiales que identifica los repuestos críticos de los equipos críticos de una compañía y alcanza ahorros considerables en los costos de adquisición en repuestos de poca rotación en los inventarios, no está guiado por las directrices del fabricante, sino a la conducta de los repuestos

en condiciones operacionales dentro de los equipos, teniendo en cuenta los MTBF y el tiempo de abastecimiento de los materiales.

Las preguntas para el proceso RCS:

1. ¿Cuáles son los requerimientos de mantenimiento y operación para el equipo? (RCM)
2. ¿Qué pasa si no hay repuestos disponibles? (RAM)
3. ¿Los repuestos requeridos se pueden predecir? (Predicción de la demanda)
4. ¿Cuál es el inventario de repuestos que se necesita? (Algoritmos o regla del dedo gordo).

La implementación del RCS se puede realizar en cualquier instancia de un proyecto, en la operación y en las paradas de producción de una planta, debido al gran volumen de repuestos a analizar soportan el esquema de la fiabilidad del inventario en la interacción entre proveedores, compras, analistas de inventarios, usuarios y consumidores finales, es decir, toda la cadena de suministro. El RCS procura optimizar el valor del inventario actual desde un 30% hasta 60% en 5 años después de iniciar el proceso de aplicación.

6.5.2 Planteamiento de modelo simplificado RCS. Técnicas de ingeniería de confiabilidad y riesgo aplicadas en el análisis de fallas humanas que afectan: La seguridad, el ambiente y las operaciones de un activo industrial (HRA-Human Reliability Analysis).

El proceso de gestión de la Confiabilidad Humana (HRA), se puede definir como "el conjunto de conocimientos y técnicas que se aplican en la predicción, análisis y reducción del error humano, enfocándose sobre el papel de las personas en las áreas de diseño, operación, procesos, mantenimiento y gestión de un activo de

producción". Analizándolo desde un punto conceptual y simplificada, la confiabilidad inherente de un sistema se relaciona con el número de fallas que ocurren en determinado tiempo, bajo condiciones específicas de operación. Por su parte, la Confiabilidad Humana se vincula con el número de errores que se realizan en un tiempo igualmente determinado y bajo específicas condiciones de trabajo. Por ello, la Confiabilidad en el contexto de operación de un sistema agrupa:

Los modos de fallas propios que suceden dentro del proceso de producción y aquellos determinados por las personas que intervienen (diseño, operación y mantenimiento) estos sistemas (modos de falla humanos o errores humanos). Al finalizar este proyecto, quedarán diseñadas estrategias para controlar los factores humanos que afectan la confiabilidad de los diferentes sistemas, considerando el concepto de confiabilidad humana y su conexión con la eficiencia de los equipos y procesos de trabajo de un esquema integral de prevención y revisión de errores y fallas entre personas, tecnología, equipos y procesos. Aspectos como la introducción al proceso de evaluación de la confiabilidad humana (HRA), puntos básicos relacionados con las fallas humanas (definición, enfoques, factores humanos, error humano), técnicas cualitativas para el análisis: Matriz Cualitativas de Riesgos, HAZOP (Hazard and Operability Analysis) y FMECA (Failures Modes and Effects and Criticality Analysis), la influencia del factor humano al interior de los procesos de producción, efectividad de los equipos de trabajo en el análisis de fallas humanas, el diagnóstico del error humano (clases de errores y proceso de diagnóstico del error humano), técnicas cualitativas para el análisis: Matriz Cualitativas de Riesgos, HAZOP (Hazard and Operability Analysis) y FMECA (Failures Modes and Effects and Criticality Analysis), técnicas cuantitativas de análisis: HEART (Human Error Assessment and reduction técnica) y FTA (Fault Tree Analysis) y la evaluación de impacto y consecuencias de los errores humanos. Estrategias técnicas y gerenciales para controlar y minimizar el impacto de los errores humanos.

Algunos índices técnicos de gestión del mantenimiento son:

Confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, costos por Indisponibilidad y modelos RAM: Reliability, Availability & Maintainability Analysis)

En la actualidad, para poder maximizar la productividad de este Cargador, se debe disponer con un proceso efectivo de registro, medición y evaluación de los índices básicos de la gestión del mantenimiento (anteriormente mencionados), mediante un programa teórico-práctico y este permitirá que se adquiera información sobre: Los conceptos relacionados con los índices de gestión del mantenimiento y la terminología usada para el cálculo de los índices básicos: Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, el cálculo y la interpretación de los índices de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, el desarrollo de los nuevos modelos de planificación, evaluación y control de los procesos de gestión del mantenimiento, análisis Costo Vs Riesgo Beneficio, análisis de modelos integrados de Confiabilidad (Metodología de simulación de bloques de Confiabilidad: configuraciones básicas: Serie-Paralelo).

Adicionalmente, con el objetivo de dar una idea para la Planta ULTRACEM clara de los beneficios que trae consigo el analizar de forma eficiente los índices básicos de gestión del mantenimiento, los planeadores deben obtener el manejo eficiente de la información dentro del proceso de medición y control de la gestión del mantenimiento, gerenciar de la información dentro del proceso de gestión del mantenimiento tales como aspectos básicos. modelos de medición y control relacionados con el AFA-I y AFA II (AFA-Análisis de Fallas), estrategias de recopilación y registro de la data y la influencia del factor humano dentro del proceso de recopilación de la información, importancia y justificación del cálculo de los índices básicos de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, cálculo e interpretación de los índices técnicos de mantenimiento: confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, tiempo promedio operativo hasta la falla (TPO), tiempo promedio para reparar (TPPR) y tiempo promedio entre fallas (TPEF), uso de las herramientas como Software para RCS.

Metodología de optimización de planes de mantenimiento denominada: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM: Reliability Centered Maintenance).

Este proyecto indica en profundidad los puntos más relevantes, algunos considerados como mitos y otros como realidades, a tomar en cuenta en los procesos de implantación de la metodología de optimización del mantenimiento, denominada: mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), el plan de mantenimiento propuesto es la base para a futuro realizar la implementación de esta metodología (RCM) en los diferentes sistemas del cargador frontal CLG862 en la planta de Ultracem.

El RCM, en términos generales, es una herramienta, que permite desarrollar un plan óptimo de mantenimiento implementando tareas en lugares y momentos específicos. Esta metodología ha sido aplicada exitosamente en diversas industrias, dando como resultado buenas prácticas de mantenimiento y propuestas a partir de las aplicaciones de RCM.

El enfoque se debe caracterizar por el análisis de casos y de las aplicaciones reales en los diferentes tipos de industrias (Cementeras-ULTRACEM, Maquinaria Pesada, Eléctrica, Petrolero, Química, Manufactura, Militar, Alimentos, entre otras). Adicionalmente, se debe obtener una mejor visión con respecto a la integración del RCM y de las metodologías de estudio de casos tales como:

RCS (Optimización de Repuestos Centrados en la Confiabilidad)

RCA (Análisis Causa Raíz)

RAM (Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad. Nivel de modos de fallas)

LCCA (Análisis de Costos de Ciclo de Vida)

CRBA (Análisis Costo Riesgo Beneficio de las frecuencias de mantenimiento e inspección)

Finalmente, el RCS, proveerá a la Compañía ULTRACEM procedimientos asertivos de implantación de esta metodología, que facilitara la toma de decisiones acerca de cuáles son las actividades de mantenimiento y niveles de repuestos más apropiadas y la frecuencia necesaria para ser ejecutadas.

Además de la capacidad de indicar de forma clara los aspectos más importantes a ser considerados a la hora de implantar el RCS en la organización con un plan de acción eficaz. Identificando las oportunidades de optimización a partir de los resultados del RCS y FMECA (Análisis de Criticidad de los Modos y Efectos de Fallas) y evaluando de forma cuantitativa el nivel de riesgo de cada modo de falla identificado, jerarquizarlo en función de su impacto y estableciendo prioridades de mantenimiento y entender la sinergia del RCS con otras metodologías como RCA, RAM, LCC, CRBA y RCM.

Identificando estas estrategias de mantenimiento a partir del árbol lógico de decisión propuesto por el RCM, entendiendo de forma clara el concepto de modos de fallas ocultos y realizar estimaciones cuantitativas que lo ayuden a determinar la frecuencia óptima de búsqueda de fallas (Norma SAE JA-1011-1012).

6.5.3 Clasificación del Inventario. Básicamente el inventario se clasifica en cinco (5) categorías, según su actividad/inactividad.

INVENTARIO ACTIVO renglones que tienen uso o se consumen dentro de un período determinado. Se considera que un ítem es activo, si se ha usado por lo menos una (1) vez en el año. Dependiendo del valor de lo que se use en un año, el Inventario Activo se divide en Tres (3) SETS conocidos como el A, B, C.

Medición categórica de los criterios de criticidad, el SET "A". El valor del uso en (1) Un Año es mayor o igual a Doce Mil Dólares Americanos

USD  $\geq$  \$12.000-Up

El SET "B". El valor del uso en (1) Un Año está entre Mil Doscientos y Doce Mil Dólares Americanos.

≥ USD \$1.200 y ≤ USD \$12.000

El SET "C". Valor uso anual menor que Mil Doscientos Dólares Americanos y Mayor que 0.1 Dólar.

≥ USD \$0.1 y USD ≤ \$1.200 y

CATEGORIAS RCS

VITAL Repuestos Set A y B

ESENCIAL Repuestos Set C y D

DESEABLE Repuestos Set E y F

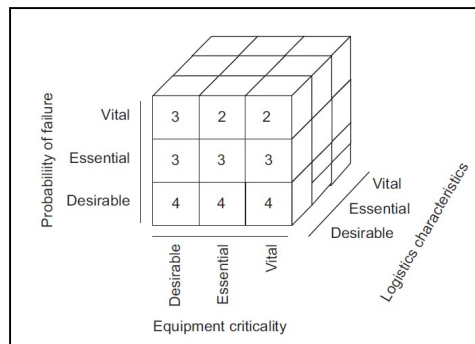


Figura 37. Categorías RSC. Fuente: Molenaes, A (2011)

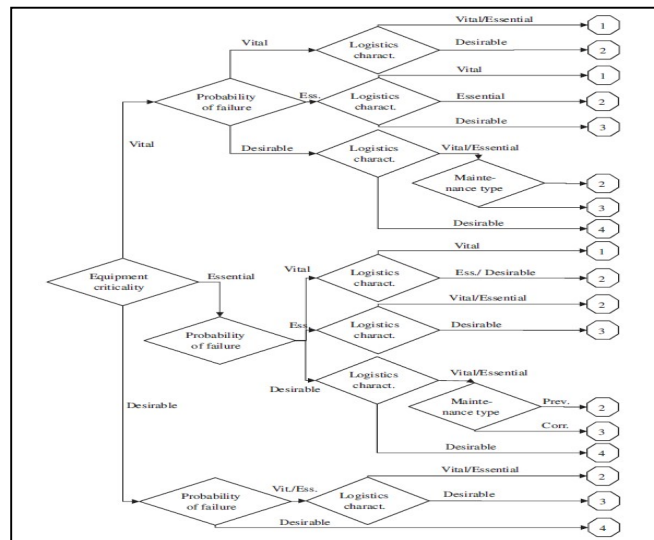


Figura 38. Diagrama de decisión de clasificación de criticidad. Fuente: Fuente: Molenaes, A (2011)

Inventario Inactivo Aquellos renglones que no han registrado uso alguno en un período de tiempo se consideran como Inactivos. Para este proyecto, los renglones que hayan permanecido un año o más en el Almacén sin haber sido usados, son Inactivos. Inventario en Exceso: se considera que un ítem tiene inventario en Exceso si las existencias en el Almacén son mayores al inventario necesario para cubrir el consumo de un año.

Categorías de Inactividad,

F / G Inactivo en 12 meses. Alguna vez usado / Nunca Usado.

H / I Inactivo en 24 meses. Alguna vez usado / Nunca Usado.

J / K Inactivo en 36 meses. Alguna vez usado / Nunca Usado.

L / P Inactivo en 48 meses. Alguna vez usado / Nunca Usado.

Q / R Inactivo en 60 meses. Alguna vez usado / Nunca Usado.

S / T Inactivo en 72 meses o más. Alguna vez usado / Nunca Usado.

Inventario de seguridad se consideran como inventario de Seguridad, aquellos renglones que son de fabricación bajo pedido, es decir que ni el fabricante ni los proveedores lo mantienen en stock. Normalmente no se usan y que de no haberlos y requerirse PARAN la Operación. En estos casos, la compañía decide hacer una inversión anticipada que le evite incurrir en altos costos operativos por la parada de la Operación.

Inventario de items nuevos los renglones que hayan sido comprados y que hayan llegado al almacén durante el último año y no se hayan usado, se consideran como items nuevos. Tampoco deben haber cumplido los 12 meses de Inactividad. Tan pronto como el renglón se use, cambia de categoría al inventario Activo y si transcurre un año y no se usa pasa al inventario Inactivo.

Inventario obsoleto, un renglón es obsoleto cuando el fabricante deja de producirlo por renovación/cambio de tecnología o porque ya no produce más el equipo donde

va instalado. En el caso de para nuestro proyecto, este concepto tiene validez y aplicación. Adicionalmente, también se consideran como Inventario obsoleto, aquellos renglones que permanecen inactivos durante varios años y que según acuerdos con las gerencias de los departamentos clientes, pueden ser puestos a disposición de la división de logística en el Dpto. de almacén y materiales.

Inventario reservado para la operación, un renglón está Reservado para la Operación cuando el cliente del mismo lo quiere mantener en inventario para evitar paradas de planta y/o equipos. El renglón debe ser de difícil fabricación o fabricación especial por el proveedor.

Rotación de inventario, la rotación es el número de veces que se usa un Ítem en un período dado con relación al número de unidades, promedio, que se tengan en existencias.

$$\text{ROTACION} = \text{USO 12} / \text{INVENTARIO PROMEDIO}$$

Planeación de inventarios, el Lead Time o tiempo de aprovisionamiento es el tiempo que transcurre desde que se genera el pedido hasta el momento en que este es recibido en el almacén Final.

El Lead Time total está conformado por 3 grandes variables, así:

Internal Lead Time	.....	3
Supplier Lead Time	.....	27
Freight Lead Time	.....	33
Total, Lead Time (Días)	.....	63

Internal: Está dividido en dos: tiempo del analista de inventarios: 0 ó 3 días más el tiempo del comprador: 0 ó 30 días.

Supplier: Tiempo que demora el proveedor para entregar la orden de compra. Normalmente es 30 día

Freight: Tiempo del transporte, nacionalización y recibo en la bodega destino del material. Para los ítems que se reciben en Miami es de 33 días.

Vales planeados (LP), herramienta con que cuenta un Planeador para asegurar la disponibilidad de partes al momento de realizar un trabajo programado.

Del buen uso de ella, dependen los niveles de disponibilidad de equipos y los niveles de inventarios requeridos. Un vale planeado colocado oportunamente siempre debe quedar Fuera del tiempo de Aprovisionamiento y la fecha requerida del material debe ser lo más acertada posible. Si la desviación entre la fecha que llega el material y la fecha en que se usa es muy grande, habremos comprado anticipadamente, con los sobrecostos de dinero conocidos.

Si el material es requerido en la Operación antes de la fecha para la cual se programó el vale, entonces los sobrecostos se verán en la pérdida de disponibilidad del equipo. El vale se debe colocar por la cantidad requerida, independientemente de lo que registra el sistema.

Reposición de inventarios Una vez las existencias en stock llegan a unos niveles previamente determinados, se hace necesario iniciar un proceso de Reposición de Inventarios.

En ULTRACEM, la mayor parte de este proceso se debe hacer en forma sistematizada a través de Software, Por Ejemplo, el Mims y la función es recomendar la compra de inventario para los ítems que han modificado su disponibilidad, la cual funciona de la siguiente manera:

Fórmula de MIMS para calcular la disponibilidad es la siguiente:

Disponibilidad:  $(SOH + TRANS + DUES\ IN + REC.\ ORDER) - DUES\ OUT$

Cuando la disponibilidad está por debajo del ROP, el sistema PIDE



$$\text{ROQ} = \text{USO}/12 \times \text{LT}/30.42$$

Stock de seguridad, este concepto está basado en la probabilidad de que existan desviaciones en el consumo y en los sobrecostos en los que se incurriría al quedar sin stock. Esta cantidad está incluida en el

ROP. La fórmula es:

$$\text{Stock de Seguridad} = K \times \text{MAD}.$$

Donde K es una variable basada en el nivel de servicio y MAD es la media de las desviaciones de los usos con respecto al uso promedio.

Reposición de Inventarios

Modelo matemático aplica cuando disponibilidad es menor que el ROP ... Pide hasta completar ROP + ROQ

Aplicables cuando se cuenta con Historia Confiable (No. Periodos) de consumo.

Disponibilidad:

$$(\text{SOH} + \text{TRANS} + \text{DUES IN} + \text{REC. ORDER}) - \text{DUES OUT}$$

$$\text{ROP} = \text{Stock de Trabajo} + \text{Stock de Seguridad}.$$

$$\text{ROQ} = \text{Stock Económico de Trabajo}.$$

$$\text{ROP} = (\text{USO}/12 \times \text{LT}/30.42) + (K \times \text{MAD})$$

$$\text{ROQ} = (\text{USO}/12 \times \text{LT}/30.42)$$

$$K = \text{Variable basada en el nivel de servicio}.$$

$$\text{MAD} = \text{Media de las desviaciones de los usos con respecto al uso promedio}.$$

Métodos Semiautomáticos permiten fijar ROP o ROQ. Aplicable a ítems de alguna criticidad y sin historia suficiente.

Métodos Manuales en donde se ignora la Historia de Consumo. Aplicable a ítems de comportamiento irregular ... Pedidos según las necesidades.

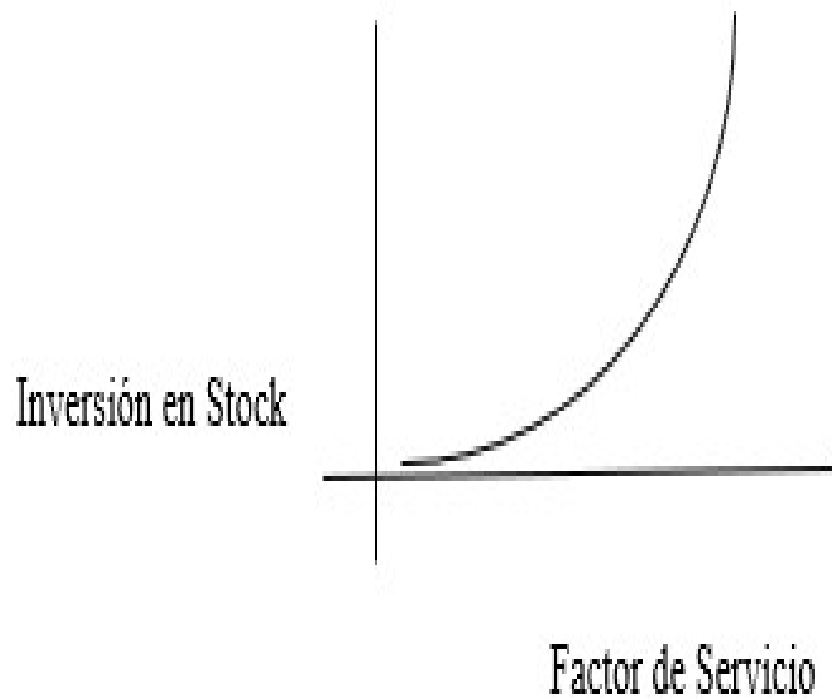
Stock de Seguridad

$K * MAD$

MAD Promedio de desviaciones en los consumos en un numero de periodos

K Factor Matemático Universal

Afecta directamente el ROP y por ende el nivel de inventarios



Consideración debe estar basada en los costos asociados a estar en Stock-Out. Nivel que intenta disminuir los eventos de Stock-Out basado en la historia de los consumos. Irregularidad de consumos produce mayores Desviaciones Estándar.

Tabla 24. *Desviaciones Estándar*

Forcas	Leadti	30,42	K-Serlev	Desdes	ROP	K-Serlev	Desdes	Efecto
100	60	30,42	1,625	10	213,49	90%	10%	
100	55	30,42	1,625	10	197,05			7,50%
100	50	30,42	1,625	10	180,62			15,40%
100	49	30,42	1,625	10	177,33			1,80%
100	60	30,42	1,250	10	209,74	85%		1,80%
100	60	30,42	1,000	10	207,24	80%		2,90%
100	60	30,42	1,625	20	229,74	90%	20%	7%
			0,125			50%		
			0,750			75%		
			1,000			80%		
			2,000			95%		
			2,250			97%		
			2,875			99%		
			3,125			99,50%		
			3,750			99,90%		
			5,000			99,99%		

Frecuencia de uso, la frecuencia de uso se mide por el número de meses que el ítem ha tenido movimiento, independiente del número de veces en el mes que el mismo ítem es despachado.

Por ejemplo:

Un ítem se despacha en un mes 20 veces, pero en el resto del año no se despacha más, su frecuencia de uso es 1.

Una frecuencia de uso de 12 quiere decir que el ítem se ha despachado los 12 meses del año.

6.5.4. Consecuencias. RCS Reconoce las Cinco Categorías de Consecuencias. Ocultas, la falla (para RCM) o faltante (para RCS) por sí solo no posee efectos directos, pero se expone a un riesgo mayor por las consecuencias de otra falla independiente.

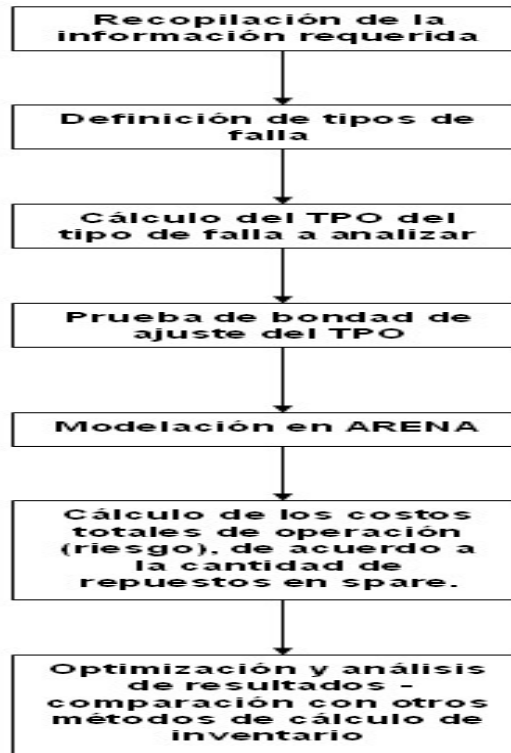
Seguridad, la falla o faltante por sí solo, tiene efectos directos graves que pueden herir o matar a alguna persona.

Medio Ambiente, la falla o faltante por sí solo tiene efectos directos que conllevan a transgredir una normativa o regulación del medio ambiente previamente estipulada (en la práctica es raro que falten repuestos en las categorías de seguridad y medio ambiente).

Operacionales, la falla o el faltante por sí solo lleva a una pérdida de producción u otras pérdidas económicas a la empresa (lucro cesante).

No operacionales, el efecto de la falla o el faltante está limitado al costo de la reparación y obtención del repuesto.

#### 6.5.5. Esquema de la metodología utilizada en la investigación.



El RCS identifico en la planta de concretos de Ultracem,

Que la empresa ULTRACEM no cuenta con un programa de mantenimiento de los equipos, que no poseen indicadores de mantenimiento, tienen paradas diarias (Down) por el cargador, debido a diferentes problemas de la maquina (Recalentamiento de motor de alta Potencia por alta temperatura de refrigerante, fugas hidráulicas. Etc), la existencia de materiales sin precio unitario; Materiales con el valor diferente a los reales (Materiales de \$1 peso). Materiales que no permiten realizar una investigación con mayor probabilidad de efectividad en la optimización de activos por sistemas del cargador.

## 6.6 ANÁLISIS Y RESULTADOS

Análisis y resultados para la categórica de los criterios de criticidad RCS Cargador frontal Liu gong

121 repuestos analizados, 80 repuestos analizados de equipos rotativos de alta criticidad sin rata de consumo, 3 repuestos con clasificación "A" de usuario con existencia en bodega mayor que cero en equipos de alta criticidad, 28 repuestos con clasificación "B" de usuario con existencia en bodega mayor que cero en equipos de alta criticidad, 90 repuestos con clasificación "C" de usuario con existencia en bodega mayor que cero en equipos de alta criticidad.

Tabla 25. Listado de repuestos RSC

SISTEMA	ELEMENTO	RCS	CANTIDAD	UNIDAD	FRECUENCIA DE CAMBIO POR HORAS
SISTEMA DE MOTOR	BLOQUE DE MOTOR	A	1	un	48.000
SISTEMA DE MOTOR	BOMBA DE INYECCION	B	1	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	MANGUERAS DE COMBUSTIBLE	C	2	un	6.000
SISTEMA DE MOTOR	BOMBA DE TRANSFERENCIA/COMBEN	B	1	un	10.000
SISTEMA DE MOTOR	TURBO	B	1	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	BOMBA DE ACEITE	B	1	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	ANILLOS	C	8	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	PISTONES	C	8	un	24.000
SISTEMA DE MOTOR	CASQUETES BANCADA	C	8	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	CASQUETES DE BIELA	C	8	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	BOMBA DE AGUA	B	1	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	INYECTORES	B	6	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	OVERHALL MOTOR	B	1	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	CONTROL DE ACELERACION / GUAYA	C	1	un	8.000
SISTEMA DE MOTOR	EXHAUSTOS	C	1	un	8.000
SISTEMA DE MOTOR	RADADOR	B	1	un	15.000
SISTEMA DE MOTOR	MANGUERAS DE RADADOR	C	3	un	10.000
SISTEMA DE MOTOR	ARRANQUE	C	1	un	8.000
SISTEMA DE MOTOR	ALTERNADOR	C	1	un	8.000
SISTEMA DE MOTOR	CORREAS	C	1	un	2.000
SISTEMA DE MOTOR	TENSOR	C	1	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	VENTILADOR	C	1	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	FILTRO DE ACEITE	C	1	un	250
SISTEMA DE MOTOR	FILTRO DE COMBUSTIBLE	C	3	un	250
SISTEMA DE MOTOR	FRE FILTRO	C	1	un	250
SISTEMA DE MOTOR	FRE FILTRO	C	1	un	250
SISTEMA DE MOTOR	FILTRO DE AIRE	C	1	un	250
SISTEMA DE MOTOR	PEDALES	C	1	un	20.000
SISTEMA DE MOTOR	SOPORTES DE MOTOR	C	4	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	ACEITE DE MOTOR	C	6	GL	250
SISTEMA DE MOTOR	REFRIGERANTE RADADOR	C	12	GL	2.000
SISTEMA DE MOTOR	BOMBA DE COMBUSTIBLE	B	1	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	BOMBA DE ACEITE	B	1	un	12.000
SISTEMA DE MOTOR	SOLENOIDE CONTROL COMBUSTIBLE	C	1	un	8.000
TRIN DE POTENCIA	EJES DELANTEROS (INTERIORES)	C	1	un	20.000
TRIN DE POTENCIA	HOUSING DELANTERO	C	1	un	50.000
TRIN DE POTENCIA	EJES TRASEROS (INTERIORES)	C	1	un	20.000
TRIN DE POTENCIA	HOUSING TRASERO	C	1	un	50.000
TRIN DE POTENCIA	CONVERTIDOR DE TORQUE	A	1	un	15.000
TRIN DE POTENCIA	CANASIA TRANSMISION	B	1	un	45.000
TRIN DE POTENCIA	PAQUETES DE TRANSMISION/RODAMIENTOS/SELLOS	C	1	un	15.000
TRIN DE POTENCIA	RINES	C	4	un	50.000
TRIN DE POTENCIA	LANTAS	B	4	un	3.000
TRIN DE POTENCIA	CARDAN DELANTERO	C	1	un	8.000
TRIN DE POTENCIA	CARDAN INTERMEDIO	C	1	un	8.000
TRIN DE POTENCIA	CARDAN TRASERO	C	1	un	8.000
TRIN DE POTENCIA	FRENO DE PARQUEO	C	1	un	10.000
TRIN DE POTENCIA	FILTRO TRANSMISION	C	1	un	1.000
TRIN DE POTENCIA	ENFRADOR DE ACEITE	C	1	un	20.000
TRIN DE POTENCIA	MANGUERAS	C	6	un	15.000
TRIN DE POTENCIA	ACEITE SERVO/TRANSMISION	C	12	un	1.000
TRIN DE POTENCIA	SOLENOIDE CONTROL SERVO	C	1	un	8.000
SISTEMA HIDRAULICO	ORBITROL	C	1	un	8.000
SISTEMA DE DIRECCION	VALVULA AMPLIFICADORA DE FLEJO	C	1	un	12.000
SISTEMA DE DIRECCION	VALV REGULADORA DE PRESION	C	1	un	12.000
SISTEMA DE DIRECCION	CILINDROS DIRECCION	C	2	un	20.000
SISTEMA DE DIRECCION	SELLOS DE CILINDROS	C	2	un	5.000
SISTEMA DE DIRECCION	BOMBA DE DIRECCION Y FRENOS	B	1	un	15.000
SISTEMA DE DIRECCION	MANGUERAS	C	3	un	6.000
SISTEMA DE DIRECCION	FILTRO DEL TANQUE ACEITE HIDRAULICO	C	1	un	2.000
SISTEMA DE DIRECCION	FILTRO PILOTO	C	1	un	2.000
SISTEMA DE DIRECCION	ACEITE HIDRAULICO	C	55	GL	2.000
SISTEMA DE TRABAJO	BOMBA DE TRABAJO	C	1	un	15.000
SISTEMA DE TRABAJO	VALVULA CONTROL PILOTAJE	C	2	un	10.000
SISTEMA DE TRABAJO	VALVULA DE DIS/TRANSMISION	C	1	un	15.000
SISTEMA DE TRABAJO	CILINDROS DE BOM	B	1	un	20.000
SISTEMA DE TRABAJO	CILINDROS DE ARM	B	1	un	20.000
SISTEMA DE TRABAJO	CILINDROS DE CUCHARON	B	1	un	20.000
SISTEMA DE TRABAJO	KIT DE SELLOS CILINDROS TRABAJO	C	1	un	5.000
SISTEMA DE TRABAJO	SENSORES DE POSICION BOOM Y CUCHARON	C	2	un	8.000
SISTEMA FRENO	DISCOS FRENO DE PARQUEO	C	1	un	15.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	PASTILLAS FRENO DE PARQUEO	C	1	un	15.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	PAQUETE DE FRENO HUMEDOS	C	2	un	15.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	PEDAL DE FRENO	C	1	un	12.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	VALVULA SOLENOIDE DE FRENO	C	1	un	5.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	VALVULA COBRANCA	C	1	un	12.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	VALVULA FRENO DE PARQUEO	C	1	un	12.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	VALVULA GOBERNADOR ACUMULADOR	C	1	un	12.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	ACUMULADORES FRENO SERVO	C	2	un	6.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	ACUMULADOR FRENO PARQUEO	C	1	un	6.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	MANGUERAS	C	1	un	6.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	ACEITES DE DIFERENCIALES Y MANDOS	C	16	GL	1.000
SISTEMA DE FRENO HUMEDOS	BOMBONA DE FRENO	C	1	un	12.000
ELEMENTOS DE TRABAJO Y DESGASTE	DIENTES	B	8	un	1.000
ELEMENTOS DE TRABAJO Y DESGASTE	PIN DIENTE	C	8	un	1.000
ELEMENTOS DE TRABAJO Y DESGASTE	CUCHARON	B	1	un	20.000
ELEMENTOS DE TRABAJO Y DESGASTE	BIJES DE ARTICULACIONES	C	2	un	5.000
ELEMENTOS DE TRABAJO Y DESGASTE	PIJES DE ARTICULACIONES	C	2	un	20.000
ACCESORIOS Y CABINA	CABINA	A	1	un	40.000
ACCESORIOS Y CABINA	SELLAS	B	1	un	12.000
ACCESORIOS Y CABINA	LIMPIAPARABRISAS	C	1	un	2.000
ACCESORIOS Y CABINA	MOTOR LIMPIAPARABRISAS	C	1	un	10.000
ACCESORIOS Y CABINA	RADIO	C	1	un	10.000
ACCESORIOS Y CABINA	PALANCA SELECTORA DE CAMBIOS	C	1	un	10.000
ACCESORIOS Y CABINA	JOYSTICK CONTROL MOVIMIENTO	B	1	un	10.000
AIRE ACONDICIONADO	COMPRESOR	B	1	un	12.000
AIRE ACONDICIONADO	EVAPORADOR	B	1	un	12.000
AIRE ACONDICIONADO	CONDENSADOR	B	1	un	12.000
AIRE ACONDICIONADO	VALVULAS	B	1	un	12.000
AIRE ACONDICIONADO	REFRIGERANTE	B	6	LB	3.000
AIRE ACONDICIONADO	FILTROS	C	1	un	3.000
AIRE ACONDICIONADO	CORREA	C	1	un	2.000
AIRE ACONDICIONADO	FILTROS DE PAPEL CABINA	C	1	un	1.000
SISTEMA ELECTRICO	BATERIA	C	1	un	5.000
SISTEMA ELECTRICO	CABLEADO	B	1	un	25.000
SISTEMA ELECTRICO	CAJA DE FUSIBLES	C	1	un	25.000
SISTEMA ELECTRICO	PANEL DE INSTRUMENTOS	B	1	un	25.000
SISTEMA ELECTRICO	DISPLAY	B	1	un	20.000
SISTEMA ELECTRICO	SENSOR TEMP. REFRIGERANTE MOTOR	C	1	un	15.000
SISTEMA ELECTRICO	SENSOR TEMP. ACEITE TRANSMISION	C	1	un	15.000
SISTEMA ELECTRICO	SENSOR TEMP. ACEITE HIDRAULICO	C	1	un	15.000
SISTEMA ELECTRICO	SENSOR PRESION MOTOR	C	1	un	15.000
SISTEMA ELECTRICO	SENSOR PRESION ACEITE HIDRAULICO	C	1	un	15.000
SISTEMA ELECTRICO	SENSOR RPM	C	1	un	15.000
SISTEMA ELECTRICO	SENSOR NIVEL DE COMBUSTIBLE	C	1	un	15.000
SISTEMA ELECTRICO	SWITCH CARGA ALTERNADOR	C	1	un	15.000
SISTEMA ELECTRICO	SWITCH PRESION DE ACEITE MOTOR	C	1	un	15.000
SISTEMA ELECTRICO	LUCES DIRECCIONALES	C	2	un	5.000
SISTEMA ELECTRICO	LUCES DE TRABAJO	C	2	un	5.000
SISTEMA ELECTRICO	ALARMA DE REVERSA	C	1	un	10.000
SISTEMA ELECTRICO	PITO	C	1	un	10.000
<b>TOTAL REPUESTOS</b>			<b>300</b>		

## **7. CONCLUSIONES**

- El plan de mantenimiento preventivo propuesto permitirá la caracterización del contexto de operación además de la identificación de los principales modos de fallas y la implementación de actividades programadas que eliminen los paro no programados y la disminuyan las perdidas por lucro cesante y reparaciones de emergencia.
- Además de la implementación de actividades e instructivos en los mantenimientos se definieron indicadores para la operación del equipo, estos permitirán revelar las condiciones operacionales del mismo además de la efectividad del plan de mantenimiento.
- El modelo simplificado de RCS de la mano con las recomendaciones del fabricante generaron un listado de repuestos críticos, basándose en el número de horas de vida útil de los componentes principales.

## BIBLIOGRAFIA

Artículos actualizados relacionados con las áreas de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad.

Cálculo y Análisis de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad, RELMANT-02 - Hoja electrónica para determinar la frecuencia de fallas a partir del método estocástico NHPP (No - Homogeneous Poisson Process)

Congreso Panamericano de Mantenimiento, 2005, DF, México

ESREL 06, European Safety and Reliability Congress, 2006, Estoril, Portugal

ESREL 08, European Safety and Reliability Congress, 2008, Valencia, España

FABRYCKY, W., 2001, "Análisis del Coste del Ciclo de Vida", ISDEFE, Madrid.

GONG. LIU. 2011. Manual de Operación y Mantenimiento (O&M). Cargador Frontal 862.

GONG. LIU. 2012. CLG862II. MAINTENANCE MANUAL.

GONG. LIU. 2012. CLG842II/856II/862II. Entrenamiento Internacional.

HURTADO, Toskano; BRUNO, Gerard. El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Trabajo de grado (Licenciado en Investigación Operativa), Universidad Nacional de San Marcos. Facultad de Ciencias Matemáticas. EAP de Investigación Operativa., Lima, 2005.

KNEZEVIC, J., 1999, "Mantenibilidad", ISDEFE, Madrid.

KNEZEVIC, J., 2000, "Mantenimiento", ISDEFE, Madrid.

MOLENARES. An, et al. Criticality classification of spare parts: A case study. International Journal of Production Economics, (Clasificación de criticidad de repuestos: Un estudio de caso. Revista Internacional de Economía de la Producción), 2012, vol. 140, no 2, p. 570-578.

NACHLAS, J., 2001, "Fiabilidad", ISDEFE, Madrid.

NASA. Reliability Centered Maintenance for Facilities, USA.

Neil, B. 2007. RCM. Made Simple. McGraw-Hill, USA

Norma SAE JA1011-1012

PARRA, C., 2006. "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Metodología de optimización del proceso de Gestión del Mantenimiento". Editado por el Grupo de investigación del Doctorado en Ingeniería de Organización Industrial, Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Universidad de Sevilla, España

RCM Handbook, 2003. Edited by Department of Defense (ARMY), USA

### Referencias Softwares

Referencias WEBS. Libros y artículos en formato electrónico

Reliability Handbook, 2002, Plant Engineering and Maintenance, PEM Journal, USA.

Reportes sobre técnicas cualitativas para el análisis de fallas humanas: Matriz Cualitativas de Riesgos, HAZOP (Hazard and Operability Analysis) y FMECA (Failures Modes and Effects and Criticality Analysis)

Reportes sobre técnicas cuantitativas de análisis de fallas humanas: HEART (Human Error Assessment and reduction técnico) y FTA (Fault Tree Analysis)

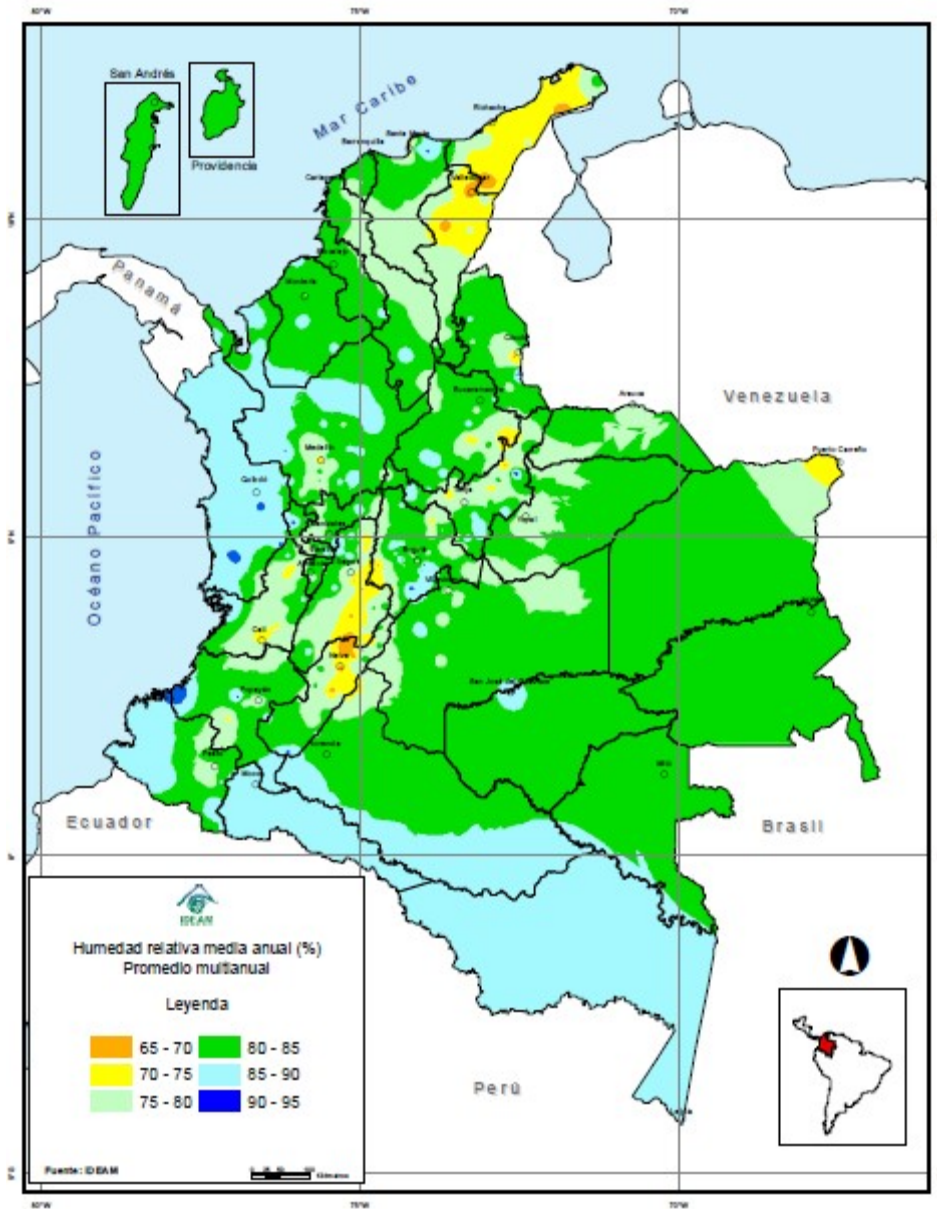
Smith, A. 2004. RCM. Reliability Centered Maintenance, McGraw-Hill, USA

SMRP 03 /Society of Maintenance and Reliability Professionals, 2003, USA

The Asset Management Handbook, 2001, Pen. State University, USA.

# ANEXOS

## Anexo A. Humedad relativa media anual



**Anexo B. Relación de consumibles por rutina desde la C250 hasta la C2000**

<b>RELACION DE MATERIALES Y/O CONSUMIBLES PARA CARGADOR FRONTAL CLG862</b>						<b>C250</b>
<b>MATERIALES Y/O CONSUMIBLES</b>						
<b>ITEM</b>	<b>UNID</b>	<b>CANT</b>	<b>REF</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO UNIT</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Unid	1	53C0053	FILTRO DE ACEITE MOTOR	\$101.000	\$101.000
2	Unid	1	53C0052	FILTRO DE COMBUSTIBLE	\$27.000	\$27.000
3	Unid	1	53C0051	FILTRO SEPARADOR DE COMBUSTIBLE	\$19.000	\$19.000
4	Unid	1	53C0436	FILTRO DE COMBUSTIBLE	\$110.000	\$110.000
5	KIT	1	SP104905	FILTRO DE AIRE MOTOR	\$240.000	\$240.000
6	Unid	3	51502	CARTUCHO GRASA MULTIPROPOSITO	\$6.000	\$18.000
7	Gal	6	15W40	ACEITE 15W40	\$52.000	\$312.000
8	Unid	1	10229307	LUBRICANTE PENETRANTE 336	\$21.000	\$21.000
9	Unid	1	10229811	LIMPIADOR DE CONTACTOS	\$19.000	\$19.000
10	Gal	1	20995600	DESENGRASANTE	\$6.000	\$6.000
					<b>TOTAL</b>	<b>\$873.000</b>

<b>RELACION DE MATERIALES Y/O CONSUMIBLES PARA CARGADOR FRONTAL CLG862</b>						<b>C500</b>
<b>MATERIALES Y/O CONSUMIBLES</b>						
<b>ITEM</b>	<b>UNID</b>	<b>CANT</b>	<b>REF</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO UNIT</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Unid	1	53C0053	FILTRO DE ACEITE MOTOR	\$101.000	\$101.000
2	Unid	1	53C0052	FILTRO DE COMBUSTIBLE	\$27.000	\$27.000
3	Unid	1	53C0051	FILTRO SEPARADOR DE COMBUSTIBLE	\$19.000	\$19.000
4	Unid	1	53C0436	FILTRO DE COMBUSTIBLE	\$110.000	\$110.000
5	KIT	1	SP104905	FILTRO DE AIRE MOTOR	\$240.000	\$240.000
6	Unid	3	51502	CARTUCHO GRASA MULTIPROPOSITO	\$6.000	\$18.000
7	Gal	6	15W40	ACEITE 15W40	\$52.000	\$312.000
8	Unid	1	10229307	LUBRICANTE PENETRANTE 336	\$21.000	\$21.000
9	Unid	1	10229811	LIMPIADOR DE CONTACTOS	\$19.000	\$19.000
10	Gal	1	20995600	DESENGRASANTE	\$6.000	\$6.000
					<b>TOTAL</b>	<b>\$873.000</b>

RELACION DE MATERIALES Y/O CONSUMIBLES PARA CARGADOR FRONTAL CLG862						C750
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES						
ITEM	UNID	CANT	REF	DESCRIPCION	COSTO UNIT	COSTO TOTAL
1	Unid	1	53C0053	FILTRO DE ACEITE MOTOR	\$101.000	\$101.000
2	Unid	1	53C0052	FILTRO DE COMBUSTIBLE	\$27.000	\$27.000
3	Unid	1	53C0051	FILTRO SEPARADOR DE COMBUSTIBLE	\$19.000	\$19.000
4	Unid	1	53C0436	FILTRO DE COMBUSTIBLE	\$110.000	\$110.000
5	KIT	1	SP104905	FILTRO DE AIRE MOTOR	\$240.000	\$240.000
6	Unid	3	51502	CARTUCHO GRASA MULTIPROPOSITO	\$6.000	\$18.000
7	Gal	6	15W40	ACEITE 15W40	\$52.000	\$312.000
8	Unid	1	10229307	LUBRICANTE PENETRANTE 336	\$21.000	\$21.000
9	Unid	1	10229811	LIMPIADOR DE CONTACTOS	\$19.000	\$19.000
10	Gal	1	20995600	DESENGRASANTE	\$6.000	\$6.000
					<b>TOTAL</b>	<b>\$873.000</b>

RELACION DE MATERIALES Y/O CONSUMIBLES PARA CARGADOR FRONTAL CLG862						C1000
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES						
ITEM	UNID	CANT	REF	DESCRIPCION	COSTO UNIT	COSTO TOTAL
1	Unid	1	53C0053	FILTRO DE ACEITE MOTOR	\$101.000	\$101.000
2	Unid	1	53C0052	FILTRO DE COMBUSTIBLE	\$27.000	\$27.000
3	Unid	1	53C0051	FILTRO SEPARADOR DE COMBUSTIBLE	\$19.000	\$19.000
4	Unid	1	53C0436	FILTRO DE COMBUSTIBLE	\$110.000	\$110.000
5	KIT	1	SP104905	FILTRO DE AIRE MOTOR	\$240.000	\$240.000
6	Unid	1	SP100275	FILTRO PRIMARIO DE ACEITE DE TRANSMISION	\$260.000	\$260.000
7	Unid	1	SP100405	FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISION	\$28.000	\$28.000
8	Unid	1	SP100761	FILTRO DE REFRIGERANTE MOTOR	\$19.000	\$19.000
9	Unid	3	51502	CARTUCHO GRASA MULTIPROPOSITO	\$6.000	\$18.000
10	Gal	25	85W140	ACEITE 85W140	\$42.000	\$1.050.000
11	Gal	18	15W40	ACEITE 15W40	\$52.000	\$936.000
12	Unid	2	10229307	LUBRICANTE PENETRANTE 336	\$21.000	\$42.000
13	Unid	1	10229811	LIMPIADOR DE CONTACTOS	\$19.000	\$19.000
14	Gal	2	20995600	DESENGRASANTE	\$6.000	\$12.000
					<b>TOTAL</b>	<b>\$2.881.000</b>

RELACION DE MATERIALES Y/O CONSUMIBLES PARA CARGADOR FRONTAL CLG862						C2000
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES						
ITEM	UNID	CANT	REF	DESCRIPCION	COSTO UNIT	COSTO TOTAL
1	Unid	1	53C0053	FILTRO DE ACEITE MOTOR	\$101.000	\$101.000
2	Unid	1	53C0052	FILTRO DE COMBUSTIBLE	\$27.000	\$27.000
3	Unid	1	53C0051	FILTRO SEPARADOR DE COMBUSTIBLE	\$19.000	\$19.000
4	Unid	1	53C0436	FILTRO DE COMBUSTIBLE	\$110.000	\$110.000
5	KIT	1	SP104905	FILTRO DE AIRE MOTOR	\$240.000	\$240.000
6	Unid	1	SP100275	FILTRO PRIMARIO DE ACEITE DE TRANSMISION	\$260.000	\$260.000
7	Unid	1	SP100405	FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISION	\$28.000	\$28.000
8	Unid	1	SP100761	FILTRO DE REFRIGERANTE MOTOR	\$19.000	\$19.000
9	Unid	1	53C0011	FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO	\$196.000	\$196.000
10	Unid	1	53C0197	FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO PILOTO	\$38.000	\$38.000
11	Unid	1	37C0655	FILTRO CABINA A/A	\$23.000	\$23.000
12	Unid	1	46C5555	FILTRO DE SISTEMA DE A/A	\$168.000	\$168.000
13	Unid	1	SP109999	EMPAQUE TAPA VALVULA MOTOR DIESEL	\$126.000	\$126.000
14	Unid	3	51502	CARTUCHO GRASA MULTIPROPOSITO	\$6.000	\$18.000
15	Gal	25	85W140	ACEITE 85W140	\$36.000	\$900.000
16	Gal	18	15W40	ACEITE 15W40	\$52.000	\$936.000
17	Gal	14	REFRI	REFRIGERANTE	\$15.000	\$210.000
18	Unid	2	10229307	LUBRICANTE PENETRANTE 336	\$21.000	\$42.000
19	Unid	1	10229811	LIMPIADOR DE CONTACTOS	\$19.000	\$19.000
20	Gal	3	20995600	DESENGRASANTE	\$6.000	\$18.000
					<b>TOTAL</b>	<b>\$3.498.000</b>

## Anexo C. Rutinas de mantenimiento

RUTINA DE MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CLG862				R010
DATOS EQUIPO		DATOS ACTIVIDAD		
FECHA:		HORA DE INICIO:		
PLANTA:		HORA DE FINALIZACION:		
SOLICITADO POR:		REALIZADO POR:		
TÉCNICO:		<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA		
HORÓMETRO:		CUAL:		
SERIE DEL EQUIPO:		No. ORDEN DE TRABAJO:		
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES		PROCEDIMIENTOS ADICIONALES		
REQUIERE MATERIALES:	RELACION C250	DOCUMENTO ANEXO: INSTRUCTIVO DE LUBRICACION L050		
EN CASO DE REQUERIR MATERIAL, REPUESTOS O ALGUN COMPONENTE ADICIONAL POR FAVOR RELACIONAR A CONTINUACION				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACTIVIDADES				
Nº	ACTIVIDAD		ESTADO	OBSERVACIONES
1	Limpiar los Terminales de la Batería y Coloque Vaselina para Prevenir la Corrosión			
2	Revisar las Luces			
3	Revisar Indicadores de Cabina			
4	Revisar Alarma de Reversa			
5	Revisar Nivel de Aceite Motor			
6	Revisar Nivel de Refrigerante			Codigo actividad 1.10 (Amef)
7	Revisar Nivel de Combustible			
8	Revisar Nivel de Aceite Hidráulico			
9	Revisar la Correa del Ventilador			
10	Revisar Presión de Inflado de Llantas			
11	Drenar Agua del Filtro Separador de Combustible			
12	Realizar rutina de engrase L250			
13	Revisar Nivel de Aceite de la Transmisión			
14	Revisar el Ajuste de los Tornillos de los Ejes Cardan			
15	Revisar la tensión de la Correa del Compresor del Aire Acondicionado			
16	Revisar el estado del Condensador y Limpie si es Necesario			
17	Revisar la Tolerancia entre la zapata y el Tambor de Freno, Ajuste si es Necesario			
18	Revisar el Ajuste de las Tuercas de los Rines, Ajuste si es necesario			
19	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de Motor			
20	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de la Transmisión			
21	Revisar los Implementos y Chasis Frontal y Trasero en Busca de Grietas o Fisuras			
22	Revisar el Ajuste de la Tornillería en General			
23	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes			
24	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos			
25	Resetear el Indicador de Restricción del Filtro de Aire			
26	Revisar el Nivel de Refrigerante del Sistema de Aire Acondicionado			
27	Revisar la Calibración de los frenos de Servicio y de Parqueo (estacionamiento en Pendiente)			
28	Revisar el Estado de Las Mangueras del sistema de combustible en Busca de Desgaste por Roce			Codigo actividad 1.3 (Amef)
29	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor durante la inspección preoperacional.			
30	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor.			Codigo actividad 1.5 (Amef)
31	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de refrigeración de motor diesel.			Codigo actividad 1.12 (Amef)
32	Revisión y ajuste diario de mangueras, tuercas y abrazaderas del sistema hidráulico.			Codigo actividad 2.11 (Amef)
INFORMACION ADICIONAL:				

RUTINA DE MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CLG862				R250
DATOS EQUIPO		DATOS ACTIVIDAD		
FECHA:		HORA DE INICIO:		
PLANTA:		HORA DE FINALIZACION:		
SOLICITADO POR:		REALIZADO POR:		
TÉCNICO:		<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA		
HORÓMETRO:		CUAL:		
SERIE DEL EQUIPO:		No. ORDEN DE TRABAJO:		
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES		PROCEDIMIENTOS ADICIONALES		
REQUIERE MATERIALES: RELACION C250		DOCUMENTO ANEXO: INSTRUCTIVO DE LUBRICACION L050		
EN CASO DE REQUERIR MATERIAL, REPUESTOS O ALGUN COMPONENTE ADICIONAL POR FAVOR RELACIONAR A CONTINUACION				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACTIVIDADES				
Nº	ACTIVIDAD	ESTADO	OBSERVACIONES	
1	Limpiar los Terminales de la Bateria y Coloque Vaselina para Prevenir la Corrosión			
2	Revisar las Luces			
3	Revisar Indicadores de Cabina			
4	Revisar Alarma de Reversa			
5	Revisar Nivel de Aceite Motor			
6	Revisar Nivel de Refrigerante		Codigo actividad 1.10 (Amef)	
7	Revisar Nivel de Combustible			
8	Revisar Nivel de Aceite Hidráulico			
9	Revisar la Correa del Ventilador			
10	Revisar Presión de Inflado de Llantas			
11	Drenar Agua del Filtro Separador de Combustible			
12	Realizar rutina de engrase L250			
13	Revisar Nivel de Aceite de la Transmisión			
14	Revisar el Ajuste de los Tornillos de los Ejes Cardan		Codigo actividad 4.2 (Amef)	
15	Revisar la tensión de la Correa del Compresor del Aire Acondicionado			
16	Revisar el estado del Condensador y Limpie si es Necesario			
17	Revisar la Tolerancia entre la zapata y el Tambor de Freno, Ajuste si es Necesario			
18	Revisar el Ajuste de las Tuercas de los Rines, Ajuste si es necesario			
19	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de Motor			
20	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de la Transmisión			
21	Revisar los Implementos y Chasis Frontal y Trasero en Busca de Grietas o Fisuras			
22	Revisar el Ajuste de la Tornillería en General			
23	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes			
24	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos			
25	Resetear el Indicador de Restricción del Filtro de Aire			
26	Revisar el Nivel de Refrigerante del Sistema de Aire Acondicionado			
27	Revisar la Calibración de los frenos de Servicio y de Parqueo (estacionamiento en Pendiente)			
28	Revisar el Estado de Las Mangueras del sistema de combustible en Busca de Desgaste por Roce		Codigo actividad 1.3 (Amef)	
29	Reemplazar el Filtro de Aceite y el Aceite de Motor			
30	Reemplazar el Filtro Primario y Secundario de Aire Motor			
31	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor.		Codigo actividad 1.5 (Amef)	
32	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de refrigeración de motor diesel.		Codigo actividad 1.12 (Amef)	
33	Programar Limpieza Externa De Radiadores		Codigo actividad 1.8 (Amef)	
34	Revisión y ajuste diario de mangueras, tuercas y abrazaderas del sistema hidráulico.		Codigo actividad 2.11 (Amef)	
35	Reemplazar el Prefiltro, Filtro Primario y Secundario de Combustible			
36	Realizar revisión del sistema hidráulico según instructivo T250 cada 250 horas.		Codigo actividad 2.3 (Amef)	
<b>INFORMACION ADICIONAL:</b>				

RUTINA DE MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CLG862		R500	
<b>DATOS EQUIPO</b>		<b>DATOS ACTIVIDAD</b>	
FECHA:		HORA DE INICIO:	
PLANTA:		HORA DE FINALIZACION:	
SOLICITADO POR:		REALIZADO POR:	
TÉCNICO:		<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA	
HORÓMETRO:		CUAL:	
SERIE DEL EQUIPO:		No. ORDEN DE TRABAJO:	
<b>MATERIALES Y/O CONSUMIBLES</b>		<b>PROCEDIMIENTOS ADICIONALES</b>	
REQUIERE MATERIALES:	RELACION C500	DOCUMENTO ANEXO: INSTRUCTIVO DE LUBRICACION L050	
EN CASO DE REQUERIR MATERIAL, REPUESTOS O ALGUN COMPONENTE ADICIONAL POR FAVOR RELACIONAR A CONTINUACION			
<b>CANT / UNID</b>	<b>REF</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>ACTIVIDADES</b>			
<b>N°</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ESTADO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	Limpiar los Terminales de la Batería y Coloque Vaselina para Prevenir la Corrosión		
2	Revisar las Luces		
3	Revisar Indicadores de Cabina		
4	Revisar Alarma de Reversa		
5	Revisar Nivel de Aceite Motor		
6	Revisar Nivel de Refrigerante		Codigo actividad 1.10 (Amef)
7	Revisar Nivel de Combustible		
8	Revisar Nivel de Aceite Hidráulico		
9	Revisar la Correa del Ventilador		
10	Revisar Presión de Inflado de Llantas		
11	Drenar Agua del Filtro Separador de Combustible		
12	Realizar rutina de engrase L500		
13	Revisar Nivel de Aceite de la Transmisión		
14	Revisar el Ajuste de los Tornillos de los Ejes Cardan		Codigo actividad 4.2 (Amef)
15	Revisar la tensión de la Correa del Compresor del Aire Acondicionado		
16	Revisar el estado del Condensador y Limpie si es Necesario		
17	Revisar la Tolerancia entre la zapata y el Tambor de Freno, Ajuste si es Necesario		
18	Revisar el Ajuste de las Tuercas de los Rines, Ajuste si es necesario		
19	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de Motor		
20	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de la Transmisión		
21	Revisar los Implementos y Chasis Frontal y Trasero en Busca de Grietas o Fisuras		
22	Revisar el Ajuste de la Tornillería en General		
23	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes		
24	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos		
25	Resetear el Indicador de Restricción del Filtro de Aire		
26	Revisar el Nivel de Refrigerante del Sistema de Aire Acondicionado		
27	Revisar la Calibración de los frenos de Servicio y de Parqueo (estacionamiento en Pendiente)		
28	Revisar el Estado de Las Mangueras del sistema de combustible en Busca de Desgaste por Roce		Codigo actividad 1.3 (Amef)
29	Reemplazar el Filtro de Aceite y el Aceite de Motor		
30	Reemplazar el Filtro Primario y Secundario de Aire Motor		
31	Reemplazar el Prefiltro, Filtro Primario y Secundario de Combustible		
32	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes (2)		
33	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos (4)		
34	Revisar el Ajuste de los Tornillos de La Articulación Central superior		
35	Realizar revisión y mantenimiento preventivo al interruptor de freno de parqueo		Codigo actividad 2.2 (Amef)
36	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor.		Codigo actividad 1.5 (Amef)
37	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de refrigeración de motor diesel.		Codigo actividad 1.12 (Amef)
38	Programar Limpieza Externa De Radiadores		Codigo actividad 1.8 (Amef)
39	Revisión y ajuste diario de mangueras, tuercas y abrazaderas del sistema hidráulico.		Codigo actividad 2.11 (Amef)
40	Revisar el Ajuste de los Tornillos de La Articulación Central inferior		
41	Realizar revisión del sistema hidráulico según instructivo T250 cada 250 horas.		Codigo actividad 2.3 (Amef)
<b>INFORMACION ADICIONAL:</b>			

RUTINA DE MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CLG862				R750
DATOS EQUIPO		DATOS ACTIVIDAD		
FECHA:		HORA DE INICIO:		
PLANTA:		HORA DE FINALIZACION:		
SOLICITADO POR:		REALIZADO POR:		
TÉCNICO:		<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA		
HORÓMETRO:		CUAL:		
SERIE DEL EQUIPO:		No. ORDEN DE TRABAJO:		
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES		PROCEDIMIENTOS ADICIONALES		
REQUIERE MATERIALES: RELACION C750		DOCUMENTO ANEXO: INSTRUCTIVO DE LUBRICA CON L050		
EN CASO DE REQUERIR MATERIAL, REPUESTOS O ALGUN COMPONENTE ADICIONAL POR FAVOR RELACIONAR A CONTINUACION				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACTIVIDADES				
N°	ACTIVIDAD	ESTADO	OBSERVACIONES	
1	Limpiar los Terminales de la Batería y Coloque Vaseline para Prevenir la Corrosión			
2	Revisar las Luces			
3	Revisar Indicadores de Cabina			
4	Revisar Alarma de Reversa			
5	Revisar Nivel de Aceite Motor			
6	Revisar Nivel de Refrigerante		Codigo actividad 1.10(Amef)	
7	Revisar Nivel de Combustible			
8	Revisar Nivel de Aceite Hidráulico			
9	Revisar la Correa del Ventilador			
10	Revisar Presión de Inflado de Llantas			
11	Drenar Agua del Filtro Separador de Combustible			
12	Realizar rutina de engrase L750			
13	Revisar Nivel de Aceite de la Transmisión			
14	Revisar el Ajuste de los Tornillos de los Ejes Cardan		Codigo actividad 4.2 (Amef)	
15	Revisar la tensión de la Correa del Compresor del Aire Acondicionado			
16	Revisar el estado del Condensador y Limpie si es Necesario			
17	Revisar la Tolerancia entre la zapata y el Tambor de Freno, Ajuste si es Necesario			
18	Revisar el Ajuste de las Tuercas de los Rines, Ajuste si es necesario			
19	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de Motor			
20	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de la Transmisión			
21	Revisar los Implementos y Chasis Frontal y Trasero en Busca de Grietas o Fisuras			
22	Revisar el Ajuste de la Tornillería en General			
23	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes			
24	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos			
25	Resetear el Indicador de Restricción del Filtro de Aire			
26	Revisar el Nivel de Refrigerante del Sistema de Aire Acondicionado			
27	Revisar la Calibración de los frenos de Servicio y de Parqueo (estacionamiento en Pendiente)			
28	Revisar el Estado de Las Mangueras del sistema de combustible en Busca de Desgaste por Roce		Codigo actividad 1.3 (Amef)	
29	Reemplazar el Filtro de Aceite y el Aceite de Motor			
30	Reemplazar el Filtro Primario y Secundario de Aire Motor			
31	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor.		Codigo actividad 1.5 (Amef)	
32	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de refrigeración de motor diesel.		Codigo actividad 1.12 (Amef)	
33	Programar Limpieza Externa De Radiadores		Codigo actividad 1.8 (Amef)	
34	Revisión y ajuste diario de mangueras, tuercas y abrazaderas del sistema hidráulico.		Codigo actividad 2.11 (Amef)	
35	Realizar revisión del sistema hidráulico según instructivo T250 cada 250 horas.		Codigo actividad 2.3 (Amef)	
36	Reemplazar el Prefiltro, Filtro Primario y Secundario de Combustible			
<b>INFORMACION ADICIONAL:</b>				

RUTINA DE MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CLG862				R1000
DATOS EQUIPO		DATOS ACTIVIDAD		
FECHA:		HORA DE INICIO:		
PLANTA:		HORA DE FINALIZACION:		
SOLICITADO POR:		REALIZADO POR:		
TÉCNICO:		<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA		
HOROMETRO:		CUAL:		
SERIE DEL EQUIPO:		No. ORDEN DE TRABAJO:		
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES		PROCEDIMIENTOS ADICIONALES		
REQUIERE MATERIALES:	RELACION C1000	DOCUMENTO ANEXO: INSTRUCTIVO DE LUBRICACION L050		
EN CASO DE REQUERIR MATERIAL, REPUESTOS O ALGUN COMPONENTE ADICIONAL POR FAVOR RELACIONAR A CONTINUACION				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACTIVIDADES				
N°	ACTIVIDAD	ESTADO	OBSERVACIONES	
1	Limpiar los Terminales de la Batería y Coloque Vaselina para Prevenir la Corrosión			
2	Revisar las Luces			
3	Revisar Indicadores de Cabina			
4	Revisar Alarma de Reversa			
5	Revisar Nivel de Aceite Motor			
6	Revisar Nivel de Refrigerante		Codigo actividad 1.10(Amef)	
7	Revisar Nivel de Combustible			
8	Revisar Nivel de Aceite Hidráulico			
9	Revisar la Correa del Ventilador			
10	Revisar Presión de Inflado de Llantas			
11	Drenar Agual del Filtro Separador de Combustible			
12	Realizar rutina de engrase L1000			
13	Revisar Nivel de Aceite de la Transmisión			
14	Revisar el Ajuste de los Tornillos de los Ejes Cardan		Codigo actividad 4.2 (Amef)	
15	Revisar la tensión de la Correa del Compresor del Aire Acondicionado			
16	Revisar el estado del Condensador y Limpie si es Necesario			
17	Revisar la Tolerancia entre la zapata y el Tambor de Freno, Ajuste si es Necesario			
18	Revisar el Ajuste de las Tuercas de los Rines, Ajuste si es necesario			
19	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de Motor			
20	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de la Transmisión			
21	Revisar los Implementos y Chasis Frontal y Trasero en Busca de Grietas o Fisuras			
22	Revisar el Ajuste de la Tornillería en General			
23	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes			
24	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos			
25	Reseteo el Indicador de Restricción del Filtro de Aire			
26	Revisar el Nivel de Refrigerante del Sistema de Aire Acondicionado			
27	Revisar la Calibración de los frenos de Servicio y de Parqueo (estacionamiento en Pendiente)			
28	Revisar el Estado de Las Mangueras del sistema de combustible en Busca de Desgaste por Roco		Codigo actividad 1.3 (Amef)	
29	Reemplace el Filtro de Aceite y el Aceite de Motor			
30	Reemplace el Filtro Primario y Secundario de Aire Motor			
31	Reemplace el Prefiltro, Filtro Primario y Secundario de Combustible			
32	Reemplazar el Aceite de Los Ejes (2)			
33	Reemplazar el Aceite de Los Mandos (4)			
34	Revisar el Ajuste de los Tornillos de La Articulación Central superior			
35	Revisar el Ajuste de los Tornillos de La Articulación Central inferior			
36	Realizar Calibración de Válvulas e Inyectores			
37	Reemplace el Aceite de la servotrasmission			
38	Reemplace el Filtro de Aceite de la servotrasmission			
39	Realizar limpieza externa de válvula de freno de parqueo, desmontaje de sensores, interruptores de presión y solenoide de freno de parqueo limpieza de terminales y cambio de conectores en caso de ser necesario.		Codigo actividad 2.6 (Amef)	
40	Realizar revisión y mantenimiento preventivo al interruptor de freno de parqueo		Codigo actividad 2.2 (Amef)	
41	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor.		Codigo actividad 1.5 (Amef)	
42	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de refrigeración de motor diesel.		Codigo actividad 1.12 (Amef)	
43	Programar Limpieza Externa De Radiadores		Codigo actividad 1.8 (Amef)	
44	Revisión y ajuste diario de mangueras, tuercas y abrazaderas del sistema hidráulico.		Codigo actividad 2.11 (Amef)	
45	Realizar revisión del sistema hidráulico según instructivo T250 cada 250 horas.		Codigo actividad 2.3 (Amef)	
46	Limpiar el filtro de succión de la servotrasmission			
47	Reemplace el Filtro de Refrigerante			
<b>INFORMACION ADICIONAL:</b>				

RUTINA DE MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CLG862		R1250	
DATOS EQUIPO		DATOS ACTIVIDAD	
FECHA:		HORA DE INICIO:	
PLANTA:		HORA DE FINALIZACION:	
SOLICITADO POR:		REALIZADO POR:	
TÉCNICO:		<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA	
HORÓMETRO:		CUAL:	
SERIE DEL EQUIPO:		No. ORDEN DE TRABAJO:	
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES		PROCEDIMIENTOS ADICIONALES	
REQUIERE MATERIALES:	RELACION C250	DOCUMENTO ANEXO: INSTRUCTIVO DE LUBRICACION L050	
EN CASO DE REQUERIR MATERIAL, REPUESTOS O ALGUN COMPONENTE ADICIONAL POR FAVOR RELACIONAR A CONTINUACION			
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
ACTIVIDADES			
Nº	ACTIVIDAD	ESTADO	OBSERVACIONES
1	Limpiar los Terminales de la Bateria y Coloque Vaselina para Prevenir la Corrosión		
2	Revisar las Luces		
3	Revisar Indicadores de Cabina		
4	Revisar Alarma de Reversa		
5	Revisar Nivel de Aceite Motor		
6	Revisar Nivel de Refrigerante		Codigo actividad 1.10(Amef)
7	Revisar Nivel de Combustible		
8	Revisar Nivel de Aceite Hidráulico		
9	Revisar la Correa del Ventilador		
10	Revisar Presión de Inflado de Llantas		
11	Drenar Agua del Filtro Separador de Combustible		
12	Realizar rutina de engrase L250		
13	Revisar Nivel de Aceite de la Transmisión		
14	Revisar el Ajuste de los Tornillos de los Ejes Cardan		Codigo actividad 4.2 (Amef)
15	Revisar la tensión de la Correa del Compresor del Aire Acondicionado		
16	Revisar el estado del Condensador y Limpie si es Necesario		
17	Revisar la Tolerancia entre la zapata y el Tambor de Freno, Ajuste si es Necesario		
18	Revisar el Ajuste de las Tuercas de los Rines, Ajuste si es necesario		
19	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de Motor		
20	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de la Transmisión		
21	Revisar los Implementos y Chasis Frontal y Trasero en Busca de Grietas o Fisuras		
22	Revisar el Ajuste de la Tornillería en General		
23	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes		
24	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos		
25	Resetear el Indicador de Restricción del Filtro de Aire		
26	Revisar el Nivel de Refrigerante del Sistema de Aire Acondicionado		
27	Revisar la Calibración de los frenos de Servicio y de Parqueo (estacionamiento en Pendiente)		
28	Revisar el Estado de Las Mangueras del sistema de combustible en Busca de Desgaste por Roce		Codigo actividad 1.3 (Amef)
29	Reemplazar el Filtro de Aceite y el Aceite de Motor		
30	Reemplazar el Filtro Primario y Secundario de Aire Motor		
31	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor.		Codigo actividad 1.5 (Amef)
32	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de refrigeración de motor diesel.		Codigo actividad 1.12 (Amef)
33	Programar Limpieza Externa De Radiadores		Codigo actividad 1.8 (Amef)
34	Revisión y ajuste diario de mangueras, tuercas y abrazaderas del sistema hidráulico.		Codigo actividad 2.11 (Amef)
35	Realizar revisión del sistema hidráulico según instructivo T250 cada 250 horas.		Codigo actividad 2.3 (Amef)
36	Reemplazar el Prefiltro, Filtro Primario y Secundario de Combustible		
<b>INFORMACION ADICIONAL:</b>			

RUTINA DE MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CLG862		R1500	
<b>DATOS EQUIPO</b>		<b>DATOS ACTIVIDAD</b>	
FECHA:		HORA DE INICIO:	
PLANTA:		HORA DE FINALIZACION:	
SOLICITADO POR:		REALIZADO POR:	
TÉCNICO:		<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA	
HORÓMETRO:		CUAL:	
SERIE DEL EQUIPO:		No. ORDEN DE TRABAJO:	
<b>MATERIALES Y/O CONSUMIBLES</b>		<b>PROCEDIMIENTOS ADICIONALES</b>	
REQUIERE MATERIALES:	RELACION C500	DOCUMENTO ANEXO: INSTRUCTIVO DE LUBRICACION L050	
EN CASO DE REQUERIR MATERIAL, REPUESTOS O ALGUN COMPONENTE ADICIONAL POR FAVOR RELACIONAR A CONTINUACION			
<b>CANT / UNID</b>	<b>REF</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>ACTIVIDADES</b>			
<b>Nº</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ESTADO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	Limpiar los Terminales de la Bateria y Coloque Vaselina para Prevenir la Corrosión		
2	Revisar las Luces		
3	Revisar Indicadores de Cabina		
4	Revisar Alarma de Reversa		
5	Revisar Nivel de Aceite Motor		
6	Revisar Nivel de Refrigerante		Codigo actividad 1.10(Amef)
7	Revisar Nivel de Combustible		
8	Revisar Nivel de Aceite Hidráulico		
9	Revisar la Correa del Ventilador		
10	Revisar Presión de Inflado de Llantas		
11	Drenar Agua del Filtro Separador de Combustible		
12	Realizar rutina de engrase L500		
13	Revisar Nivel de Aceite de la Transmisión		
14	Revisar el Ajuste de los Tornillos de los Ejes Cardan		Codigo actividad 4.2 (Amef)
15	Revisar la tensión de la Correa del Compresor del Aire Acondicionado		
16	Revisar el estado del Condensador y Limpie si es Necesario		
17	Revisar la Tolerancia entre la zapata y el Tambor de Freno, Ajuste si es Necesario		
18	Revisar el Ajuste de las Tuercas de los Rines, Ajuste si es necesario		
19	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de Motor		
20	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de la Transmisión		
21	Revisar los Implementos y Chasis Frontal y Trasero en Busca de Grietas o Fisuras		
22	Revisar el Ajuste de la Tornillería en General		
23	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes		
24	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos		
25	Resetear el Indicador de Restricción del Filtro de Aire		
26	Revisar el Nivel de Refrigerante del Sistema de Aire Acondicionado		
27	Revisar la Calibración de los frenos de Servicio y de Parqueo (estacionamiento en Pendiente)		
28	Revisar el Estado de Las Mangueras del sistema de combustible en Busca de Desgaste por Roce		Codigo actividad 1.3 (Amef)
29	Reemplazar el Filtro de Aceite y el Aceite de Motor		
30	Reemplazar el Filtro Primario y Secundario de Aire Motor		
31	Reemplazar el Prefiltro, Filtro Primario y Secundario de Combustible		
32	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes (2)		
33	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos (4)		
34	Revisar el Ajuste de los Tornillos de La Articulación Central superior		
35	Realizar revisión y mantenimiento preventivo al interruptor de freno de parqueo		Codigo actividad 2.2 (Amef)
36	Revisar el Ajuste de los Tornillos de La Articulación Central inferior		
37	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor.		Codigo actividad 1.5 (Amef)
38	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de refrigeración de motor diesel.		Codigo actividad 1.12 (Amef)
39	Programar Limpieza Externa De Radiadores		Codigo actividad 1.8 (Amef)
40	Realizar revisión del sistema hidráulico según instructivo T250 cada 250 horas.		Codigo actividad 2.3 (Amef)
41	Revisión y ajuste diario de mangueras, tuercas y abrazaderas del sistema hidraulico.		Codigo actividad 2.11 (Amef)
<b>INFORMACION ADICIONAL:</b>			

RUTINA DE MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CLG862				R1750
DATOS EQUIPO		DATOS ACTIVIDAD		
FECHA:		HORA DE INICIO:		
PLANTA:		HORA DE FINALIZACION:		
SOLICITADO POR:		REALIZADO POR:		
TÉCNICO:		<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA		
HORÓMETRO:		CUAL:		
SERIE DEL EQUIPO:		No. ORDEN DE TRABAJO:		
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES		PROCEDIMIENTOS ADICIONALES		
REQUIERE MATERIALES:		DOCUMENTO ANEXO: INSTRUCTIVO DE LUBRICACION L050		
EN CASO DE REQUERIR MATERIAL, REPUESTOS O ALGUN COMPONENTE ADICIONAL POR FAVOR RELACIONAR A CONTINUACION				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACTIVIDADES				
Nº	ACTIVIDAD	ESTADO	OBSERVACIONES	
1	Limpiar los Terminales de la Batería y Coloque Vaselina para Prevenir la Corrosión			
2	Revisar las Luces			
3	Revisar Indicadores de Cabina			
4	Revisar Alarma de Reversa			
5	Revisar Nivel de Aceite Motor			
6	Revisar Nivel de Refrigerante		Codigo actividad 1.10(Amef)	
7	Revisar Nivel de Combustible			
8	Revisar Nivel de Aceite Hidráulico			
9	Revisar la Correa del Ventilador			
10	Revisar Presión de Inflado de Llantas			
11	Drenar Agua del Filtro Separador de Combustible			
12	Realizar rutina de engrase L750			
13	Revisar Nivel de Aceite de la Transmisión			
14	Revisar el Ajuste de los Tornillos de los Ejes Cardan		Codigo actividad 4.2 (Amef)	
15	Revisar la tensión de la Correa del Compresor del Aire Acondicionado			
16	Revisar el estado del Condensador y Limpie si es Necesario			
17	Revisar la Tolerancia entre la zapata y el Tambor de Freno, Ajuste si es Necesario			
18	Revisar el Ajuste de las Tuercas de los Rines, Ajuste si es necesario			
19	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de Motor			
20	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de la Transmisión			
21	Revisar los Implementos y Chasis Frontal y Trasero en Busca de Grietas o Fisuras			
22	Revisar el Ajuste de la Tornillería en General			
23	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes			
24	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos			
25	Resetear el Indicador de Restricción del Filtro de Aire			
26	Revisar el Nivel de Refrigerante del Sistema de Aire Acondicionado			
27	Revisar la Calibración de los frenos de Servicio y de Parqueo (estacionamiento en Pendiente)			
28	Revisar el Estado de Las Mangueras del sistema de combustible en Busca de Desgaste por Roce		Codigo actividad 1.3 (Amef)	
29	Reemplazar el Filtro de Aceite y el Aceite de Motor			
30	Reemplazar el Filtro Primario y Secundario de Aire Motor			
31	Reemplazar el Prefiltro, Filtro Primario y Secundario de Combustible			
32	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor.		Codigo actividad 1.5 (Amef)	
33	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de refrigeración de motor diesel.		Codigo actividad 1.12 (Amef)	
34	Programar Limpieza Externa De Radiadores		Codigo actividad 1.8 (Amef)	
35	Realizar revisión del sistema hidráulico según instructivo T250 cada 250 horas.		Codigo actividad 2.3 (Amef)	
36	Revisión y ajuste diario de mangueras, tuercas y abrazaderas del sistema hidraulico.		Codigo actividad 2.11 (Amef)	
INFORMACION ADICIONAL:				

RUTINA DE MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CLG862				R2000
DATOS EQUIPO			DATOS ACTIVIDAD	
FECHA:			HORA DE INICIO:	
PLANTA:			HORA DE FINALIZACION:	
SOLICITADO POR:			REALIZADO POR:	
TÉCNICO:			<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA	
HORÓMETRO:			CUAL:	
SERIE DEL EQUIPO:			No. ORDEN DE TRABAJO:	
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES			PROCEDIMIENTOS ADICIONALES	
REQUIERE MATERIALES: RELACION C2000			DOCUMENTO ANEXO: INSTRUCTIVO DE LUBRICACION L050	
EN CASO DE REQUERIR MATERIAL, REPUESTOS O ALGUN COMPONENTE ADICIONAL POR FAVOR RELACIONAR A CONTINUACION				
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACTIVIDADES				
N°	ACTIVIDAD	ESTADO	OBSERVACIONES	
1	Limpilar los Terminales de la Bateria y Coloque Vaselina para Prevenir la Corrosión			
2	Revisar las Luces			
3	Revisar Indicadores de Cabina			
4	Revisar Alarma de Reversa			
5	Revisar Nivel de Aceite Motor			
6	Revisar Nivel de Refrigerante		Codigo actividad 1.10(Amef)	
7	Revisar Nivel de Combustible			
8	Revisar Nivel de Aceite Hidráulico			
9	Revisar la Correa del Ventilador			
10	Revisar Presión de Inflado de Llantas			
11	Drenar Agua del Filtro Separador de Combustible			
12	Realizar rutina de engrase L2000			
13	Revisar Nivel de Aceite de la Transmisión			
14	Revisar el Ajuste de los Tornillos de los Ejes Cardan		Codigo actividad 4.2 (Amef)	
15	Revisar la tensión de la Correa del Compresor del Aire Acondicionado			
16	Revisar el estado del Condensador y Limpie si es Necesario			
17	Revisar la Tolerancia entre la zapata y el Tambor de Freno, Ajuste si es Necesario			
18	Revisar el Ajuste de las Tuercas de los Rines, Ajuste si es necesario			
19	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de Motor			
20	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de la Transmisión			
21	Revisar los Implementos y Chasis Frontal y Trasero en Busca de Grietas o Fisuras			
22	Revisar el Ajuste de la Tornillería en General			
23	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes			
24	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos			
25	Resetea el Indicador de Restricción del Filtro de Aire			
26	Revisar el Nivel de Refrigerante del Sistema de Aire Acondicionado			
27	Revisar la Calibración de los frenos de Servicio y de Parqueo (estacionamiento en Pendiente)			
28	Revisar el Estado de Las Mangueras del sistema de combustible en Busca de Desgaste por Roce		Codigo actividad 1.3 (Amef)	
29	Reemplazar el Filtro de Aceite y el Aceite de Motor			
30	Reemplazar el Filtro Primario y Secundario de Aire Motor			
31	Reemplazar el Prefiltro, Filtro Primario y Secundario de Combustible			
32	Reemplazar el Aceite de Los Ejes (2)			
33	Reemplazar el Aceite de Los Mandos (4)			
34	Revisar el Ajuste de los Tornillos de La Articulación Central superior			
35	Revisar el Ajuste de los Tornillos de La Articulación Central inferior			
36	Realizar Calibración de Válvulas e Inyectores de motor diesel			
37	Reemplazar el Aceite de la servotransmisión			
38	Reemplazar el Filtro de Aceite de la servotransmisión			
39	Limpilar el filtro de succión de la servotransmisión			
40	Reemplazar el Filtro de Refrigerante			
41	Reemplazar el Refrigerante del motor diesel		Codigo actividad 1.14 (Amef)	
42	Limpilar el sistema de Refrigeración de motor diesel			
43	Revisar el estado de la rueda tensora del motor diesel			
44	Reemplazar el aceite hidráulico			
45	Reemplazar el filtro de aceite hidráulico			
46	Reemplazar el filtro de pilotaje de aceite hidráulico			
47	Limpilar el tanque de aceite hidráulico			
48	Revisión externa de cilindros hidráulicos (5)			
49	Revisar las Mangueras del Sistema del Aire Acondicionado en Busca de Grietas y Desgaste			
50	Reemplazar el Filtro de Aire de Recirculación de Cabina			
51	Revisar las Presiones de Precarga de los Acumuladores			
52	Realizar limpieza externa de válvula de freno de parqueo, desmontaje de sensores, interruptores de presión y solenoide de freno de parqueo limpieza de terminales y cambio de conectores en caso de ser necesario.		Codigo actividad 2.6 (Amef)	
53	Realizar revisión y mantenimiento preventivo al interruptor de freno de parqueo		Codigo actividad 2.2 (Amef)	
54	Programar mantenimiento de radiadores incluya lavado externo y limpieza interna.		Codigo actividad 1.9 (Amef)	
55	Mantenimiento Preventivo De Actuador De Freno De Parqueo Y Mecanismo De Accionamiento		Codigo actividad 2.1 (Amef)	
56	Realizar lavado deposito combustible		Codigo actividad 1.1 (Amef)	
57	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor.		Codigo actividad 1.5 (Amef)	
58	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de refrigeración de motor diesel.		Codigo actividad 1.12 (Amef)	
59	Programar Limpieza Externa De Radiadores		Codigo actividad 1.8 (Amef)	
60	Realizar revisión del sistema hidráulico según instructivo T250 cada 250 horas.		Codigo actividad 2.3 (Amef)	
61	Revisión y ajuste diario de mangueras, tuercas y abrazaderas del sistema hidráulico.		Codigo actividad 2.11 (Amef)	
INFORMACION ADICIONAL:				

RUTINA DE MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CLG862		R4000	
DATOS EQUIPO		DATOS ACTIVIDAD	
FECHA:		HORA DE INICIO:	
PLANTA:		HORA DE FINALIZACION:	
SOLICITADO POR:		REALIZADO POR:	
TÉCNICO:		<input type="checkbox"/> PERSONAL INTERNO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA	
HORÓMETRO:		CUAL:	
SERIE DEL EQUIPO:		No. ORDEN DE TRABAJO:	
MATERIALES Y/O CONSUMIBLES		PROCEDIMIENTOS ADICIONALES	
REQUIERE MATERIALES:	RELACION C2000	DOCUMENTO ANEXO: INSTRUCTIVO DE LUBRICACION L050	
EN CASO DE REQUERIR MATERIAL, REPUESTOS O ALGUN COMPONENTE ADICIONAL POR FAVOR RELACIONAR A CONTINUACION			
CANT / UNID	REF	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
ACTIVIDADES			
Nº	ACTIVIDAD	ESTADO	OBSERVACIONES
1	Limpier los Terminales de la Batería y Coloque Vaselina para Prevenir la Corrosión		
2	Revisar las Luces		
3	Revisar Indicadores de Cabina		
4	Revisar Alarma de Reversa		
5	Revisar Nivel de Aceite Motor		
6	Revisar Nivel de Refrigerante		Codigo actividad 1.10(Amef)
7	Revisar Nivel de Combustible		
8	Revisar Nivel de Aceite Hidráulico		
9	Revisar la Correa del Ventilador		
10	Revisar Presión de Inflado de Llantas		
11	Drenar Aguila del Filtro Separador de Combustible		
12	Realizar rutina de engrase L2000		
13	Revisar Nivel de Aceite de la Transmisión		
14	Revisar el Ajuste de los Tornillos de los Ejes Cardan		Codigo actividad 4.2 (Amef)
15	Revisar la tensión de la Correa del Compresor del Aire Acondicionado		
16	Revisar el estado del Condensador y Limpie si es Necesario		
17	Revisar la Tolerancia entre la zapata y el Tambor de Freno, Ajuste si es Necesario		
18	Revisar el Ajuste de las Tuercas de los Rines, Ajuste si es necesario		
19	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de Motor		
20	Revisar el Ajuste de los Tornillos de las Bases de la Transmisión		
21	Revisar los Implementos y Chasis Frontal y Trasero en Busca de Grietas o Fisuras		
22	Revisar el Ajuste de la Tornillería en General		
23	Revisar el Nivel de Aceite de Los Ejes		
24	Revisar el Nivel de Aceite de Los Mandos		
25	Resetear el Indicador de Restricción del Filtro de Aire		
26	Revisar el Nivel de Refrigerante del Sistema de Aire Acondicionado		
27	Revisar la Calibración de los frenos de Servicio y de Parqueo (estacionamiento en Pendiente)		
28	Revisar el Estado de Las Mangueras del sistema de combustible en Busca de Desgaste por Roco		Codigo actividad 1.3 (Amef)
29	Reemplazar el Filtro de Aceite y el Aceite de Motor		
30	Reemplazar el Filtro Primario y Secundario de Aire Motor		
31	Reemplazar el Prefiltro, Filtro Primario y Secundario de Combustible		
32	Reemplazar el Aceite de Los Ejes (2)		
33	Reemplazar el Aceite de Los Mandos (4)		
34	Revisar el Ajuste de los Tornillos de La Articulación Central superior		
35	Revisar el Ajuste de los Tornillos de La Articulación Central inferior		
36	Realizar Calibración de Válvulas e Inyectores de motor diesel		
37	Reemplazar el Aceite de la servotransmisión		
38	Reemplazar el Filtro de Aceite de la servotransmisión		
39	Limpier el filtro de succión de la servotransmisión		
40	Reemplazar el Filtro de Refrigerante		
41	Reemplazar el Refrigerante del motor diesel		Codigo actividad 1.14 (Amef)
42	Limpier el sistema de Refrigeración de motor diesel		
43	Revisar el estado de la rueda tensora del motor diesel		
44	Reemplazar el aceite hidráulico		
45	Reemplazar el filtro de aceite hidráulico		
46	Reemplazar el filtro de pilotaje de aceite hidráulico		
47	Limpier el tanque de aceite hidráulico		
48	Revisión externa de cilindros hidráulicos (5)		
49	Revisar las Mangueras del Sistema del Aire Acondicionado en Busca de Grietas y Desgaste		
50	Reemplazar el Filtro de Aire de Recirculación de Cabina		
51	Revisar las Presiones de Precarga de los Acumuladores		
52	Realizar lavado depósito combustible		Codigo actividad 1.1 (Amef)
53	Realizar desmontaje y mantenimiento preventivo a los inyectores		Codigo actividad 1.2 (Amef)
54	Programar mantenimiento de radiadores incluya lavado externo y limpieza interna.		Codigo actividad 1.9 (Amef)
55	Mantenimiento Preventivo De Actuador De Freno De Parqueo Y Mecanismo De Accionamiento		Codigo actividad 2.1 (Amef)
56	Realizar revisión y mantenimiento preventivo al interruptor de freno de parqueo		Codigo actividad 2.2 (Amef)
57	Realizar mantenimiento de válvula de carga cada 4000 horas		Codigo actividad 2.4 (Amef)
58	Realizar limpieza externa de válvula de freno de parqueo, desmontaje de sensores, interruptores de presión y solenoide de freno de parqueo Limpieza de terminales y cambio de conectores en caso de ser necesario.		Codigo actividad 2.6 (Amef)
59	Realizar revisión de platos y discos del sistema de freno de servicio		Codigo actividad 2.7 (Amef)
60	Realizar cambio de sellos de pistón de freno de servicio		Codigo actividad 2.8 (Amef)
61	Realizar mantenimiento preventivo de cardán delantero		Codigo actividad 4.1 (Amef)
62	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de admisión de aire motor.		Codigo actividad 1.5 (Amef)
63	Revisión y ajuste diario de ductos y abrazaderas del sistema de refrigeración de motor diesel.		Codigo actividad 1.12 (Amef)
64	Programar Limpieza Externa De Radiadores		Codigo actividad 1.8 (Amef)
65	Revisión y ajuste diario de mangueras, tuercas y abrazaderas del sistema hidráulico.		Codigo actividad 2.11 (Amef)
66	Realizar revisión del sistema hidráulico según instructivo T250 cada 250 horas.		Codigo actividad 2.3 (Amef)
<b>INFORMACION ADICIONAL:</b>			