

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Mecatrónica



APLICACIÓN DE AMFEC EN LA DISMINUCIÓN DEL RIESGO A LA FLOTA DE TRACTORES D6T DE LA EMPRESA MOTA ENGIL EN OPERACIONES QUELLAVECO

Tesis presentada por el Bachiller:

Zuñiga Calderón, Pierre Alonso

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico

Asesor:

Dr. Valencia Salas, Mario José

Arequipa – Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 05 de Febrero del 2021

Dictamen: 001443-C-EPIMMEM-2021

Visto el borrador del expediente 001443, presentado por:

2011204761 - ZUÑIGA CALDERON PIERRE ALONSO

Titulado:

**APLICACIÓN DE AMFEC EN LA DISMINUCIÓN DEL RIESGO A LA FLOTA DE TRACTORES D6T DE
LA EMPRESA MOTA ENGIL EN OPERACIONES QUELLAVECO**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

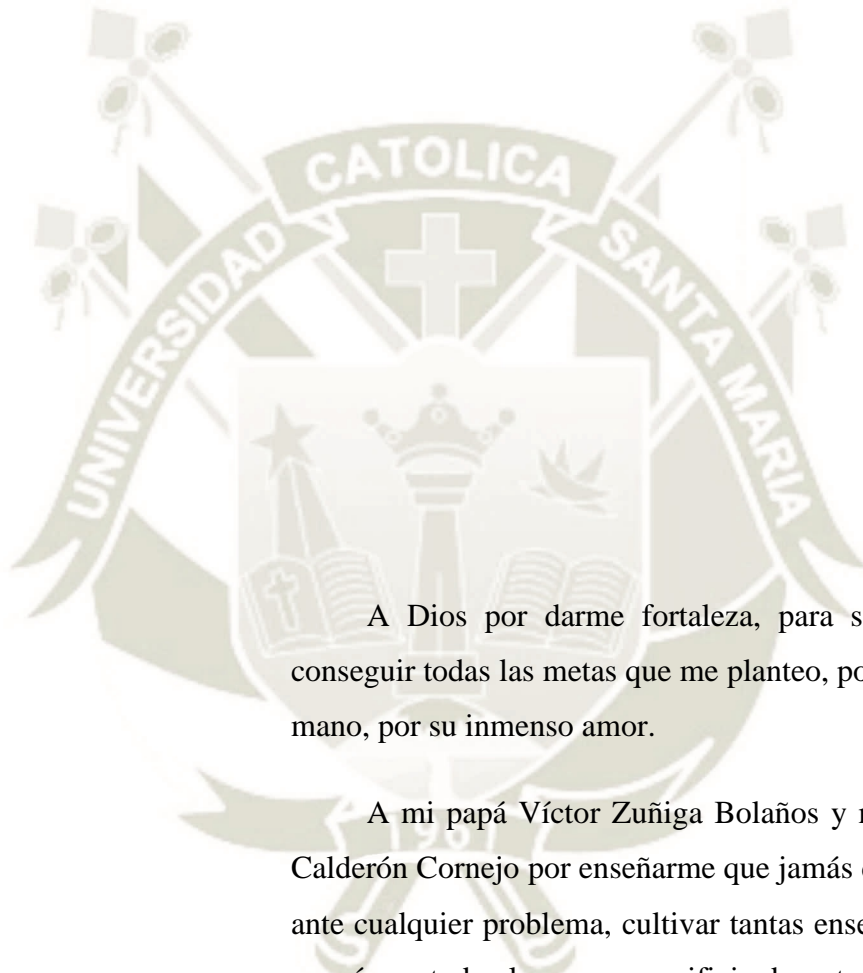
**1733 - VALENCIA SALAS MARIO JOSE
DICTAMINADOR**



**2396 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA



A Dios por darme fortaleza, para seguir adelante y conseguir todas las metas que me planteo, por nunca soltar mi mano, por su inmenso amor.

A mi papá Víctor Zuñiga Bolaños y mi mama Beatriz Calderón Cornejo por enseñarme que jamás debo de rendirme ante cualquier problema, cultivar tantas enseñanzas y valores en mí, por todo el apoyo y sacrificio durante mi formación.

A mi hermano, tíos, primos, por jamás darme la espalda y saber que puedo contar ellos en cualquier momento.

A mis amigos Francisco, Esteban, Patricio, Guillermo, Mauricio, Sergio, Pedro, Diego y Nadier por el apoyo, muestra de cariño y amistad sincera durante tantos años.

RESUMEN

Los tractores de orugas son muy requeridos por su practicidad y versatilidad en obras de gran envergadura. Las bondades que poseen los tractores los hacen equipos ideales para cualquier operación.

Después de tener y procesar la información proporcionada por la empresa Mota Engil Perú S.A. a partir del diagrama de Pareto se evidencia que los sistemas con mayor incidencia de fallas son la unidad de potencia y el sistema hidráulico, que cuentan con 193 fallas de un total de 243 fallas de la flota de tractores.

La aplicación del método NPR en ambos sistemas nos da como resultado un nivel de riesgo alto en los inyectores unitarios, turbocompresor, radiador, bomba de agua, enfriador de aceite, bomba de aceite, cigüeñal, compresor de aire acondicionado, alternador, arrancador, motor hidráulico y bomba de pistones.

La implementación del plan de mantenimiento busca reducir el riesgo en estos 12 componentes, de esta manera se busca aumentar la disponibilidad de la flota de 87.5% al 91.2% y reducir costos por paradas no planificadas enfocando la atención y los recursos en reducir el nivel de riesgo de estos sistemas. La correcta aplicación del plan de mantenimiento nos traerá beneficios notorios, aumentando la productividad de los equipos.

PALABRAS CLAVES

Análisis de modos de falla y sus efectos, criticidad, disponibilidad, evaluación de riesgos, número de prioridad del riesgo.

ABSTRACT

Crawler tractors are in high demand for their practicality and versatility on large-scale works. The benefits of tractors make them ideal equipment for any operation.

After having and processing the information provided by the company Mota Engil Perú S.A. from the Pareto diagram it is evident that the systems with the highest incidence of failures are the power unit and the hydraulic system, which have 193 failures of a total of 243 failures of the tractor fleet.

The application of the NPR method in both systems results in a high level of risk in unit injectors, turbocharger, radiator, water pump, oil cooler, oil pump, crankshaft, air conditioning compressor, alternator, starter, hydraulic motor and piston pump.

The implementation of the maintenance plan seeks to reduce the risk in these 12 components, in this way it seeks to increase the availability of the fleet from 87.5% to 93.2% and reduce inoperative costs, focusing attention and resources in reducing the level of risk of these systems. The correct application of the maintenance plan will bring us noticeable benefits, increasing the productivity of the equipment.

KEYWORDS

Analysis of failure modes and their effects, criticality, availability, risk assessment, risk priority number.

INTRODUCCIÓN

Las técnicas de análisis de riesgo son empleadas en la búsqueda y evaluación de escenarios que pueden representar un impacto significativo para cualquier equipo, instalación, planta o proceso intentando identificar escenarios con mayor riesgo y proponiendo acciones, recomendaciones que sean dirigidas a minimizar el mismo. El principio de cualquier estudio del riesgo, está basado en encontrar la respuesta a tres principales interrogantes: ¿Qué puede salir mal?, ¿Qué tan frecuente es? ¿Cuáles son sus efectos? (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008)

La empresa Mota Engil Perú S.A. se dedica a la elaboración de grandes proyectos mineros a nivel nacional, el movimiento de tierras es el fuerte de la empresa. El trabajo de investigación se realizó aplicando la metodología AMFEC en los tractores de oruga de la empresa Mota Engil Perú S.A. con la finalidad de mejorar la disponibilidad de los equipos. Además, el objetivo de esta investigación es la aplicabilidad del método AMFEC a los tractores de orugas en operación para disminuir el riesgo, el trabajo de investigación conta de 5 capítulos.

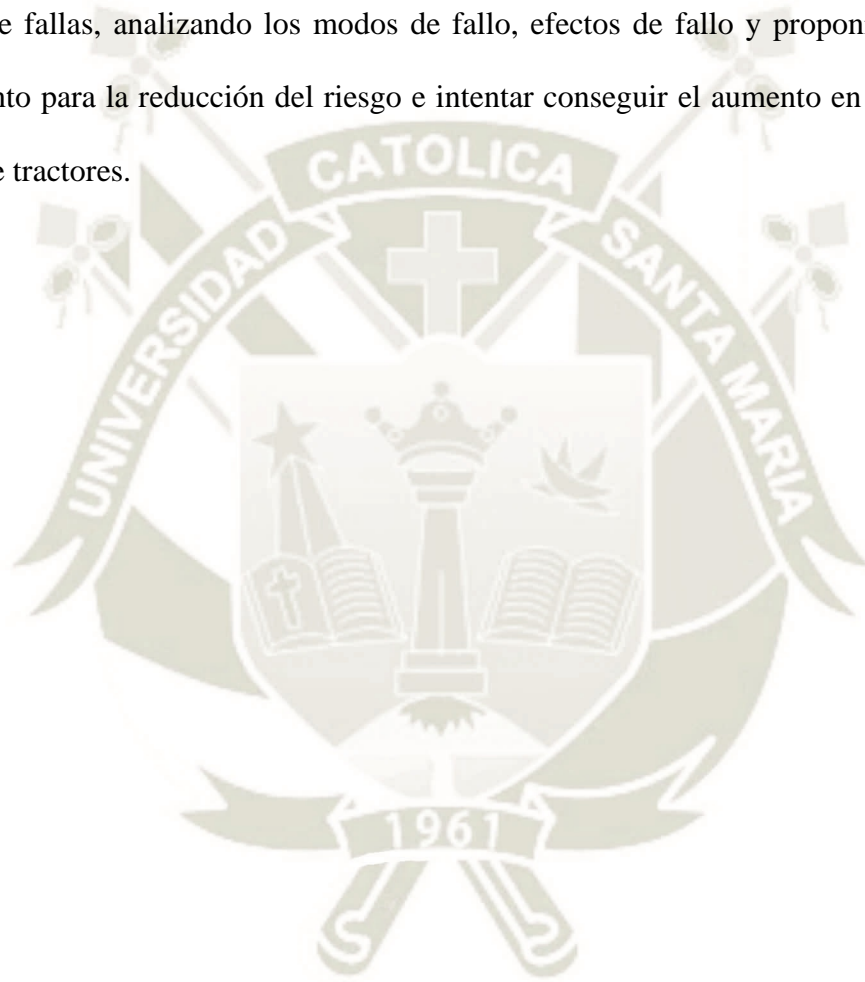
El primer capítulo plantea y justifica la elaboración del trabajo.

El segundo capítulo nos muestra las características que tiene el equipo, se realiza la jerarquización de los sistemas, subsistemas y componentes principales del equipo, esta jerarquización es realizada según manual de partes del proveedor y taxonomía del equipo.

El tercer capítulo nos presenta antecedentes y la evolución del mantenimiento durante el tiempo, nos explica en que consiste la metodología AMFEC los objetivos y beneficios que se obtienen al aplicarla.

En el capítulo cuatro se presentan las consideraciones generales, y metodología a seguir para la aplicación correcta del método AMFEC y la evaluación del número de prioridad del riesgo a los componentes considerados como críticos.

Finalmente, el capítulo cinco se muestra la aplicación de la metodología a los sistemas con mayor incidencia de fallas, analizando los modos de fallo, efectos de fallo y proponiendo un plan de mantenimiento para la reducción del riesgo e intentar conseguir el aumento en la disponibilidad de la flota de tractores.



INDICE

DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN	vi
1. GENERALIDADES.....	17
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2. ANTECEDENTES.....	17
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	18
1.5. ALCANCES	19
1.6. LIMITACIONES.....	19
2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TRACTOR DE ORUGAS CAT MODELO D6T.....	21
2.1. TRACTOR DE ORUGAS D6T.....	21
2.2. FUNCIONAMIENTO DEL TRACTOR DE ORUGAS D6T.....	22
2.3. SISTEMA DE UNIDAD DE POTENCIA	24
2.3.1. Clasificación de los subsistemas de la unidad de potencia.....	25
2.3.1.1. Subsistema de motor básico	26
2.3.1.2. Subsistema de combustible.....	30
2.3.1.3. Subsistema de admisión y escape de aire	34
2.3.1.4. Subsistema de enfriamiento y lubricación.....	37
2.3.1.5. Subsistema eléctrico y de arranque	41
2.4. SISTEMA DEL TREN DE FUERZA	43

2.4.1. Transmisiones	45
2.4.2. Convertidor de par	46
2.4.3. Mandos finales.....	47
2.4.4. Bomba de aceite del tren de fuerza.....	48
2.4.4.1. Sección de la bomba de carga del convertidor de par.	49
2.4.4.2. Sección de la bomba de carga de la transmisión.	49
2.4.4.3. Sección de barrido del convertidor de par y de la transmisión.....	49
2.4.5. Acumulador	50
2.4.6. Tren de rodamiento.....	51
2.5. SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	52
2.5.1. Válvula de control	53
2.6. SISTEMA HIDRÁULICO	56
2.6.1. Bomba de Pistones.....	57
2.6.2. Bloque de válvulas.....	59
2.6.3. Válvula de caída rápida	60
2.7. SISTEMA ELÉCTRICO	61
2.7.1. Partes del sistema eléctrico.....	61
2.7.2. Componentes del subsistema de control electrónico.....	62
3. FUNDAMENTO TEÓRICO DEL MANTENIMIENTO Y METODO AMFEC ..	63
3.1. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO	63
3.2. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	67
3.3. FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO.....	70
3.4. TIPOS DE MANTENIMIENTO	71
3.4.1. Clasificación	71
3.4.2. Mantenimiento Correctivo.....	72

3.4.3. Mantenimiento Preventivo	74
3.4.4. Mantenimiento Predictivo	75
3.4.5. Mantenimiento Productivo Total.....	78
3.5. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS	79
3.5.1. Tipos de AMFE	80
3.5.2. Objetivos del AMFE.....	81
3.5.3. Beneficios del AMFE	81
3.5.4. Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad	82
3.6. RIESGO.....	82
3.6.1. Definición Del Riesgo	82
3.6.2. Niveles de análisis según API 581	84
4. METODOLOGÍA DE APLICACIÓN METODO AMFEC AL TRACTOR D6T. 86	
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES	86
4.2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA.....	88
4.2.1. Definición de los límites del sistema para el análisis	88
4.2.2. Niveles de análisis	88
4.3. METODOLOGIA PARA SU IMPLEMENTACION	91
4.3.1. Modo de fallo.....	91
4.3.2. Efecto de falla.....	92
4.3.3. Severidad	93
4.3.4. Ocurrencia	93
4.3.5. Detección.....	94
4.3.6. Numero de prioridad del riesgo	95
5. APLICACIÓN METODO AMFEC EN LA DISMINUCIÓN DEL RIESGO FLOTA DE TRACTORES D6T.....	97
5.1. INTRODUCCIÓN	97

5.2. DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES DEL SISTEMA	99
5.3. DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA.....	105
5.4. METODOLOGIA IMPLEMENTACION AMFEC.....	107
5.4.1. Modo de falla.....	107
5.4.2. Efecto de falla.....	109
5.4.3. Severidad, ocurrencia y detección.....	110
5.4.4. Método NPR.....	111
5.4.5. Análisis de criticidad.....	114
5.4.6. Costo por paradas no planificadas.....	119
5.5. AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA.....	122
CONCLUSIONES.....	124
RECOMENDACIONES	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
ANEXOS.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tractor de orugas D6T Caterpillar	22
Figura 2: Taxonomía de los equipos	23
Figura 3: Motor Caterpillar C9 ACERT	24
Figura 4: Pistón y biela motor C9	26
Figura 5: Cigüeñal motor C9	27
Figura 6: Árbol de levas motor C9	28
Figura 7: Bloque del motor C9	29
Figura 8: Culata de motor C9.....	30
Figura 9: Bomba de transferencia combustible	32
Figura 10: Inyector unitario motor C9.....	32
Figura 11: Modulo de control electrónico	33
Figura 12: Sistema de admisión de aire y escape.	34
Figura 13: Turbocompresor motor C9	36
Figura 14: Apertura y cierre válvulas	37
Figura 15: Bomba de agua	38
Figura 16: Bomba de aceite	39
Figura 17: Alternador.....	42
Figura 18: Tren de fuerza.....	43
Figura 19: Transmisión tracto de orugas	45
Figura 20: Embrague del tractor	46
Figura 21: Convertidor de par.....	46
Figura 22: Mando final	47

Figura 23: Bomba de aceite del tren de fuerza con vistas de sección.....	48
Figura 24: Ubicación del acumulador para el tren de fuerza.....	50
Figura 25: Tren de rodamiento	52
Figura 26: Sistema de dirección tractor D6T	54
Figura 27: Válvula piloto de dirección	55
Figura 28: Válvula de control Giro a la izquierda.....	56
Figura 29: Palancas de control e interruptor de traba.....	57
Figura 30: Bomba hidráulica de desplazamiento positivo variable.....	58
Figura 31: Válvula de control de implementos.....	59
Figura 32: Diagrama de válvula de caída rápida.....	60
Figura 33: Punto de vista de los fallos de equipos.....	69
Figura 34: Probabilidad vs Consecuencia.....	83
Figura 35: Modelos para determinar probabilidad de falla.....	83
Figura 36: Optimización de las inspecciones.....	84
Figura 37: Análisis de comparación de niveles IBR.....	85
Figura 38: Diagrama de flujo AMFEC.....	87
Figura 39: Jerarquía del sistema	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Ficha técnica de motor C9	25
Cuadro 2: Jerarquización de la severidad	93
Cuadro 3: Jerarquización de la ocurrencia.....	94
Cuadro 4: Jerarquización detección	94
Cuadro 5: Clasificación de la criticidad.....	96
Cuadro 6: Ubicación y cantidad de tractores por proyecto.....	99
Cuadro 7: Fallas por sistema.....	104
Cuadro 8: Modos de falla inyector unitario	109
Cuadro 9: Efectos de falla inyector unitario	110
Cuadro 10: Severidad, consecuencia, detección	111
Cuadro 11: Número de prioridad del riesgo	113
Cuadro 12: Resultados del análisis según método NPR	115
Cuadro 13: Pre uso de equipos – operadores	116
Cuadro 14: Plan de mantenimiento propuesto	119
Cuadro 15: Costo de cambio de componentes.....	120
Cuadro 16: Costos adicionales por intervención	120
Cuadro 17: Costos mano de obra e inoperatividad	121
Cuadro 18: Costo plan de mantenimiento.....	122
Cuadro 19: Aumento de disponibilidad con reducción del MTTR y aumento MTBF...	123

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Subsistemas de la unidad de potencia.....	25
Gráfico 2: Sistemas tractor D6T	100
Gráfico 3: Jerarquización Sistema de tren de fuerza	101
Gráfico 4: Jerarquización sistema de dirección	101
Gráfico 5: Jerarquización del sistema hidráulico.....	102
Gráfico 6: Jerarquización sistema eléctrico	103
Gráfico 7: Frecuencia de fallas por sistema tractor D6T	105
Gráfico 8: Disponibilidad de la flota de tractores.....	106
Gráfico 9: Jerarquización de la unidad de potencia	108
Gráfico 10: Costo de paradas no planificadas.....	121

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Data de tractores.....	130
Anexo 2: Aplicación método NPR	134
Anexo 3: Ficha técnica de tractor 32/0029	136
Anexo 4: Ficha técnica de tractor 32/0012	137
Anexo 5: Ficha técnica de tractor 32/0013	138
Anexo 6: Ficha técnica de tractor 32/0019	139
Anexo 7: Ficha técnica de tractor 32/0020	140
Anexo 8: Ficha técnica de tractor 32/0027	141
Anexo 9: Ficha técnica de tractor 32/0028	142
Anexo 10: Ficha técnica de tractor 32/0030	143
Anexo 11: Ficha técnica de tractor 32/0014	144
Anexo 12: Ficha técnica de tractor 32/0031	145
Anexo 13: Disponibilidad real de la flota de tractores y disponibilidad esperada.....	146

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para analizar el principal problema en el plan de mantenimiento que se realiza a los tractores de marca Caterpillar de la empresa MOTA ENGIL PERU S.A. que se encuentran en operaciones en Anglo American Quellaveco, se aplicara la metodología AMFEC en la disminución del riesgo buscando aumentar la disponibilidad de la flota.

Según el análisis estadístico que se realizó a las unidades que se encuentran en operación en Anglo American Quellaveco, se encontró que aun así los equipos sean sometidos a mantenimientos preventivos frecuentes, no se cuenta con un plan de mantenimiento efectivo que pueda detener en gran medida la cantidad de paradas no planificadas.

Por lo tanto, estas unidades cuando se encuentran en operaciones fallan en cualquier momento, no garantizando una buena disponibilidad, generando costos adicionales a la empresa y tiempos muertos no considerados.

1.2. ANTECEDENTES

Según información proporcionada por la empresa MOTA ENGIL PERU S.A. no se ha implementado ningún plan de mantenimiento, para los equipos que se encuentran actualmente en la empresa, únicamente se aplica el mantenimiento preventivo donde se realiza el cambio de filtros e hidrocarburos la falta de una plan de mantenimiento enfocado en mejorar la condición e incrementar la disponibilidad, se ve reflejado en los últimos reportes de mantenimiento donde se puede observar que el 80% de actividades realizaras a la flota de tractores D6T Caterpillar son actividades correctivas y solo un 20% son actividades preventivas, lo cual no es lo más indicado, porque estas paradas no planificadas salen del presupuesto general de mantenimiento, esto se debe

a una falta de planificación en la gestión de mantenimiento de la flota de tractores D6T Caterpillar, estas paradas no planificadas repetitivas generan una falta de confianza en el área de mantenimiento y los trabajos que se realizan en los equipos, es por eso que se aplicara la metodología AMFEC para buscar el aumento en la disponibilidad del equipo.

Considerando esto, se propuso a la gerencia realizar una investigación detallada de la flota de tractores que están en operación dándoles a conocer los beneficios que se obtendrán al final del proyecto, la cual ha brindado la información suficiente para poder llevarlo a cabo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Aplicación del AMFEC en la disminución del riesgo a la flota de tractores D6T de la empresa Mota

1.3.2. Objetivos específicos

- Jerarquización del tractor orugas
- Identificar los sistemas con mayor impacto en paradas no planificadas.
- Análisis de modo de efecto y fallas a los sistemas más críticos
- Implementación de un plan de mantenimiento para reducir el riesgo en la flota de tractores.
- Realizar el análisis de los costos obtenidos por perdida en paradas no planificadas en comparativa con el plan de mantenimiento propuesto

1.4. JUSTIFICACIÓN

Actualmente los tractores D6T de la marca Caterpillar de la empresa MOTA ENGIL PERU S.A. que se encuentran en operaciones en Anglo American Quellaveco, tienen paradas no

planificadas dejando el equipo inoperativo y sin poder continuar con sus actividades ya programadas en el día, esto genera un retraso significativo del avance del proyecto, además de generar sobre costos que no se encuentran en el presupuesto de mantenimiento, por lo cual se plantea hacer una recopilación de todas las fallas, encontrando de esta manera los sistemas más críticos y con más tendencias a fallar, para así poder brindar recomendaciones y aplicar nuevas técnicas de mantenimiento a la flota de tractores que se encuentre presente en la empresa Mota Engil Perú S.A., estas nuevas recomendaciones para el plan de mantenimiento nos brindara una nueva y mejor disponibilidad de los tractores D6T marca Caterpillar de la empresa MOTA ENGIL PERU S.A. cuando se encuentren en operaciones, generando mayores beneficios económicos a causa de una mejor disponibilidad.

1.5. ALCANCES

- Revisar el manual de operaciones y mantenimiento además del manual de partes de los tractores D6T marca Caterpillar, para tener identificados todos los sistemas operativos de la unidad, así como sus componentes y funciones particulares a modo de buscar la mejor estrategia y tipo de mantenimiento que necesita.
- Toma de datos in situ de los equipos, para verificar las fallas más comunes que se presentan en cada intervención, y así poder identificar los sistemas más críticos y que necesitan mayor atención.

1.6. LIMITACIONES

En la presente investigación mencionaremos algunas limitaciones que se deberán tomar en cuenta para el desarrollo de las mismas, son las siguientes:

- Toma de datos de forma personal, creación de una base de datos a partir de fallas repetitivas y paradas no planificadas.
- Falta de documentación e información sobre el funcionamiento y especificaciones de los sistemas y sus componentes dejan una evaluación por experiencia.
- Pérdida de información en documentación mal llenada, reportes en malas condiciones durante los trabajos efectuados a los equipos.



CAPITULO II

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TRACTOR DE ORUGAS CAT MODELO D6T

2.1. TRACTOR DE ORUGAS D6T

El tractor de orugas Caterpillar es clasificado como un tractor tipo topador. La máquina es un equipo que se utiliza para diversas aplicaciones siendo la más resaltante el movimiento de tierra que se describe en la norma "ISO 6165:2006". El tractor de orugas Caterpillar D6T puede propulsar su cadena hacia delante y de igual manera puede propulsar su cadena hacia atrás, esta acción hace que el tractor D6T se mueva de una manera independiente.

El tractor de orugas D6T usa equipo para explanación del material, el material se mueve o se nivela por la acción de empujar con el avance de la máquina. Además, puede usarse un accesorio montado para ejercer fuerza de empuje o tracción como es el tipo del desgarrador o un cabrestante de remolque.

Determinar la vida útil del equipo depende de muchos factores, incluso el deseo del propietario por mantener el equipo y la operación de la unidad. Pero existen algunos elementos a tomar en cuenta para lograr una vida útil económica de esta máquina.

- Llevar a cabo los procedimientos de MP
- Efectuar las inspecciones a la máquina
- Realizar las pruebas a la máquina
- Asegurando que el peso en orden de trabajo no exceda los límites permitidos

El peso en trabajo máximo aprobado por el fabricante para este tipo de equipos es de 26200Kg (57761 lb).

Figura 1: Tractor de orugas D6T Caterpillar



Fuente: Caterpillar Inc (2014).

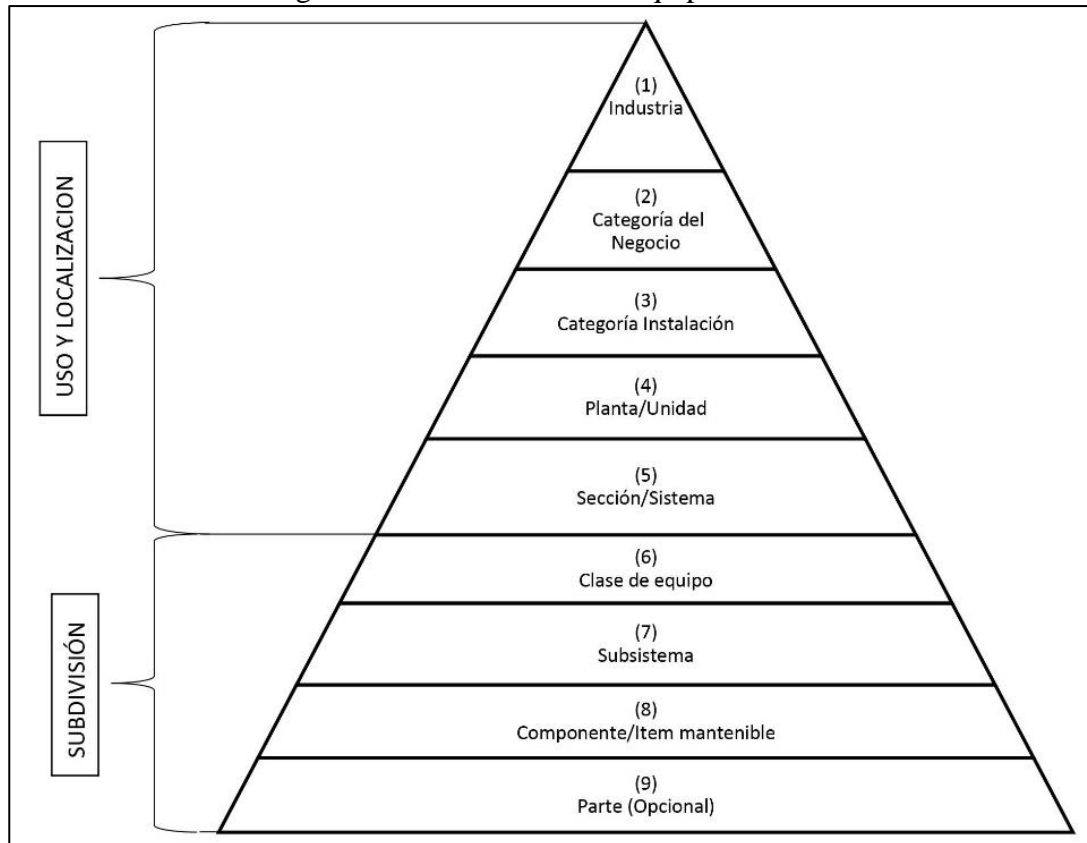
2.2. FUNCIONAMIENTO DEL TRACTOR DE ORUGAS D6T

El tractor de orugas D6T marca Caterpillar cuenta con varios sistemas y sub-sistemas, que son responsables de diferentes tareas en el equipo, cada uno con componentes diferentes, pero esto no quiere decir que trabajen independientemente porque muchos de estos componentes trabajan y cumplen funciones para más de un sistema. Según la norma 14224 Industrias de petróleo y gas natural – Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos 15-10-2016 “La taxonomía es una clasificación sistemática de ítems dentro de grupos genéricos basados en rangos comunes para varios ítems (ubicación, usos, subdivisión de equipo, etc.)” Esta representación se muestra en la figura 2, las secciones 1-5 son secciones de uso y localización, mientras que el nivel 6-9 son subdivisiones, cuando se realiza un análisis de falla el nivel 1 y 2 no son niveles relevantes. Esta norma fue realizada para la industria petrolera, pero puede ser aplicada en todas las industrias.

Al tratarse del tractor D6T de orugas y ser un equipo para el análisis de falla nuestra clasificación en la taxonomía iniciaría en el nivel 5 donde estaría ubicado el tractor de orugas D6T,

en el nivel numero 6 estaría ubicado el motor del tractor D6T, si se habla del sistema de lubricación, sistema de inyección de combustible estos estarían ubicados en el nivel 7, hasta llegar al nivel 9 que vendría a ser los anillos, sellos, tubos, etc.

Figura 2: Taxonomía de los equipos



Fuente: ISO 14224 Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (2006)

Tomando como referencia a norma ISO 14224 y el manual de partes del fabricante Caterpillar, la división de sistemas se realizará de la siguiente manera:

- Unidad de Potencia
- Sistema del tren de fuerza
- Sistema de dirección
- Sistema hidráulico
- Sistema eléctrico

A continuación, en el presente trabajo se desarrollarán cada uno de los sistemas.

2.3. SISTEMA DE UNIDAD DE POTENCIA

Figura 3: Motor Caterpillar C9 ACERT



Fuente: Caterpillar Inc (2020)

El tractor de orugas D6T cuenta con un motor de tecnología ACERT C9, es un motor de 6 cilindros en línea, que utiliza un turbocompresor. El motor tiene un calibre de 112mm y una carrera de 149mm. Con una cilindrada de 8,8 l.

El motor C9 cuenta con el sistema de inyección de combustible HEUI, el cual elimina muchos de los componentes mecánicos que se utilizan en un sistema de bomba y tuberías. El sistema HEUI proporciona un mayor control de la sincronización y mayor control de la mezcla de aire combustible. El motor posee sistemas de diagnóstico además de subsistemas que son incorporados con el fin de asegurar que todos los componentes funcionen correctamente. (Caterpillar Inc., 2014)

FICHA TECNICA MOTOR CAT C9 ACERT	
Datos generales	
Marca	CATERPILLAR
Modelo	C9 ACERT
Tipo de combustible	Diesel
Número de cilindros	6
Disposición	En línea
Diámetro	112 mm
Carrera	149 mm
Cilindrada	8,8 litros
Relación de compresión	16,3:1
Aspiración	Turboalimentado y Postenfriado aire-aire
Refrigeración	Circuito separado JW
Velocidad	2200 RPM
Potencia al volante	229 hp
Uso	
Volumen de aire de combustión	20,7 m ³ / min
Volumen de agua incluido el radiador	40 litros
Volumen de agua sin radiador	13,9 litros
Caudal de gases de escape	53,7 m ³ /min
Temperatura de gases de escape	463 °C
Capacidad de carter	32 litros
Tensión de baterías	24 Vcc
Consumo de combustible	59,7 l/h

Cuadro 1: Ficha técnica de motor C9
Fuente: Caterpillar Inc (2020)

2.3.1. Clasificación de los subsistemas de la unidad de potencia

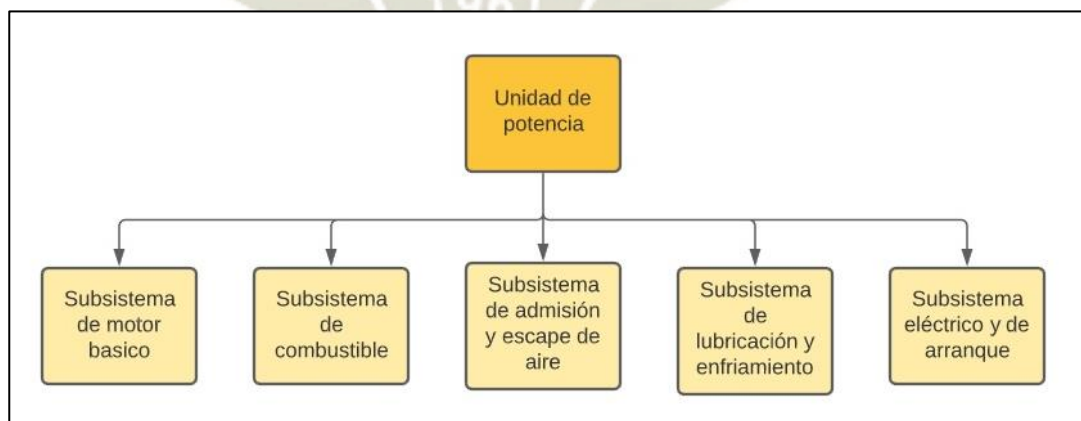
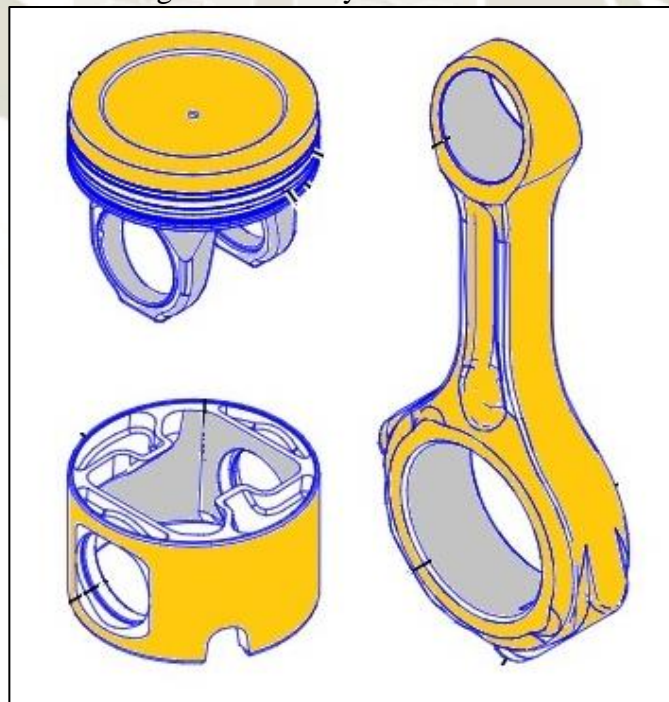


Gráfico 1: Subsistemas de la unidad de potencia
Fuente: Elaboración propia

2.3.1.1. Subsistema de motor básico

Los motores de alta potencia con altas presiones de los cilindros necesitan obligatoriamente pistones articulados de dos piezas. El pistón articulado consta de una corona forjada de acero que se conecta a un faldón de aluminio por medio de un pasador. Cuenta con 03 anillos que están ubicados arriba del pasador de la biela. Uno de los anillos es de compresión denominado anillo Keystone, su función es impedir el agarrotamiento de los anillos que puede ser causado por los depósitos de carbón, con su forma cónica el anillo Keystone ayuda a que esto no suceda. El anillo intermedio es un anillo rectangular y tiene un borde inferior afilado y por último en anillo de aceite. El aceite retorna al cárter a través de agujeros en la ranura del anillo de aceite. El aceite de los surtidores de enfriamiento de los pistones rocía el lado inferior de los pistones. El rociado lubrica y enfría los pistones mejorando la duración del pistón y el anillo. (Caterpillar Inc., 2014)

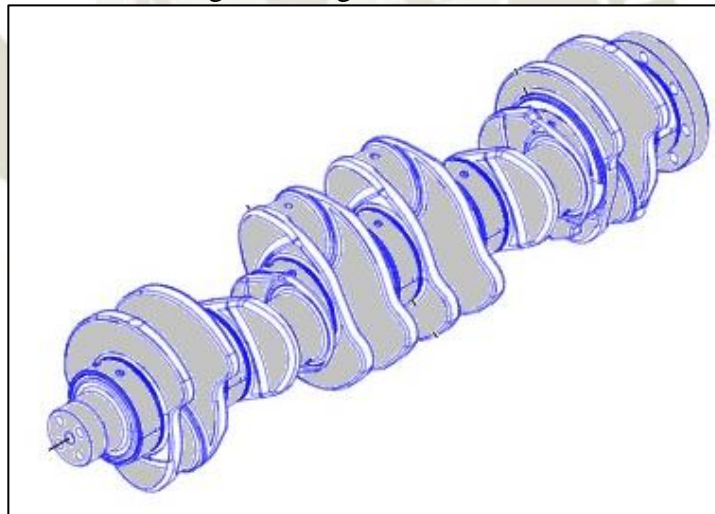
Figura 4: Pistón y biela motor C9



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

El cigüeñal del motor es el encargado de convertir el movimiento lineal de los pistones en movimiento rotacional. Mediante este movimiento impulsa un grupo de engranajes en la parte delantera del motor que estos a su vez accionan a los siguientes dispositivos: Bomba de aceite, árbol de levas, bomba de aceite hidráulico, compresor de aire, bomba de la servodirección. Además, el juego de poleas que se ubica en la parte delantera del acciona los siguientes componentes: Ventilador del radiador, bomba de agua, alternador, compresor de refrigerante. Se suministra aceite a presión a todos los cojinetes de bancada a través de agujeros perforados en las nervaduras del bloque de cilindros. El aceite fluye después a través de agujeros perforados en el cigüeñal para suministrar aceite a los cojinetes de biela. El cigüeñal se mantiene fijo en su posición por medio de siete cojinetes de bancada. (Caterpillar Inc., 2014)

Figura 5: Cigüeñal motor C9



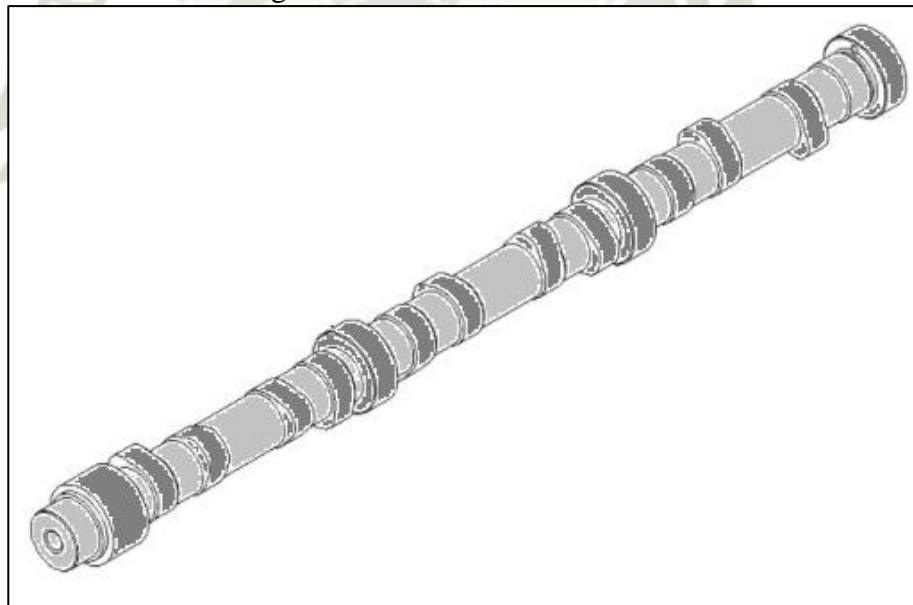
Fuente: Caterpillar Inc (2014)

El árbol de levas se encuentra en el lado izquierdo del bloque de motor. El árbol de levas es impulsado por engranajes que están ubicados en la parte delantera de motor. El árbol de levas es soportado por cuatro cojinetes que van en el bloque del motor. El árbol de levas es impulsado por engranajes locos que está impulsado a su vez por engranaje de cigüeñal. El árbol de levas gira

en el mismo sentido que el cigüeñal, existen marcas de sincronización en el engranaje del cigüeñal, el engranaje loco y el engranaje del árbol de levas para asegurar la sincronización correcta del árbol de levas con el cigüeñal a fin de que las válvulas funcionen de manera apropiada.

A medida que el árbol de levas gira, cada lóbulo mueve un conjunto de levantaválvulas, hay dos conjuntos de levantaválvulas por cilindro. Cada uno de ellos mueve una varilla de empuje. Cada varilla de empuje mueve las válvulas de admisión o las válvulas de escape. El árbol de levas tiene que estar sincronizado con el cigüeñal. La relación de los lóbulos del árbol de levas con la posición del cigüeñal hace que las válvulas de cada cilindro operen en el momento correcto. (Caterpillar Inc., 2014)

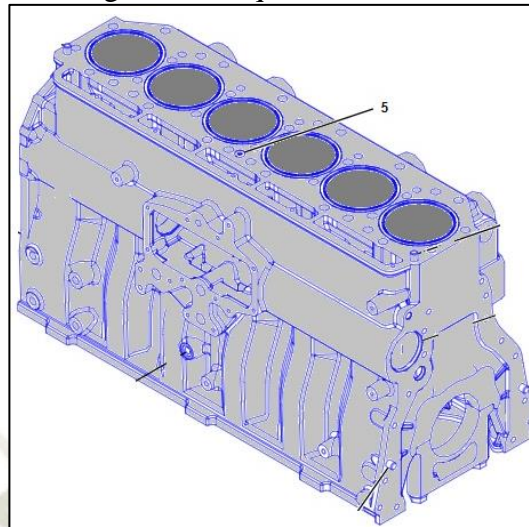
Figura 6: Árbol de levas motor C9



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

El bloque del motor está diseñado para aceptar siete cojinetes de bancada que soportaran y dejaran de manera estática al cigüeñal. La remoción del cárter del motor nos da acceso a los siguientes componentes: Cigüeñal, tapas de cojinetes de bancada, boquillas de enfriamiento del pistón, bomba de aceite. (Caterpillar Inc., 2014)

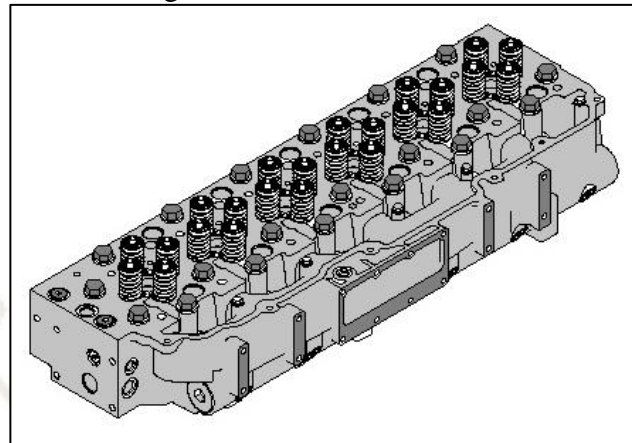
Figura 7: Bloque del motor C9



Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

La culata de cilindros está separada del bloque por medio de una empaquetadura de fibras que no contienen asbesto con refuerzo de acero. El refrigerante sale del bloque de motor por las aberturas de la empaquetadura y pasa por la culata de los cilindros. Esta empaquetadura también sella los conductos de suministro y drenaje de aceite entre el bloque de cilindros y la culata de cilindros. Los orificios de admisión de aire están de lado izquierdo de la culata, mientras que los orificios de escape están del lado derecho de la culata de cilindros. Existen dos válvulas de admisión y dos válvulas de escape para cada cilindro, el uso de un puente de válvulas acciona cada juego de válvulas de admisión y cada juego de válvulas al mismo tiempo. (Caterpillar Inc., 2014)

Figura 8: Culata de motor C9



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

2.3.1.2. Subsistema de combustible

La operación del sistema hidráulico y electrónico de combustible de los inyectores unitarios es completamente diferente a cualquier otro sistema de inyección de combustible accionado mecánicamente. El sistema de combustible HEUI no necesita de ajuste en lo absoluto. Cualquier tipo de modificación que se quiera realizar en el sistema tiene que ser por medio de la instalación de un software diferente.

El sistema de inyección de combustión consta de cuatro elementos fundamentales

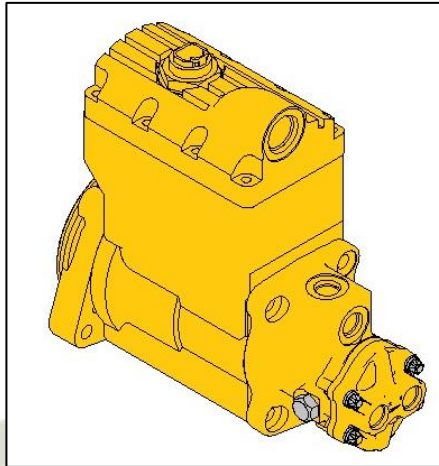
- Inyectores
- Módulo de control electrónico (ECM)
- Bomba hidráulica del inyector unitario
- Bomba de transferencia de combustible

El sistema de combustible de baja presión es el encargado de suministrar el combustible a los inyectores para la combustión, además de suministrar combustible para purgar el sistema de aire.

El combustible es extraído del tanque de combustible y fluye a través de un filtro primario, que atrapa las partículas mayores a trece micrones además de separar el agua del combustible en la parte inferior del filtro, el combustible fluye del filtro primario a la admisión de la bomba de transferencia donde se encuentra con una válvula de retención la cual se abre para dejar pasar el flujo de combustible y se cierra para evitar que el combustible se regrese y salga del orificio de admisión. El combustible es presurizado y enviado al filtro secundario el cual tiene como misión atrapar partículas extrañas en el combustible mayores a 2 micrones. El combustible fluye a través de una perforación en la culata del motor que deja pasar el combustible desde la parte delantera extendiéndose hasta la parte trasera a su vez conectando a cada uno de los inyectores por medio de perforaciones realizadas en la culata. El sistema cuenta con una válvula de retención que permite que el flujo de combustible en el sistema regrese al tanque de combustible esta válvula es regulada a 35 kPa. Cuando no existe presión en el sistema esta válvula de retención se cierra evitando que el combustible regrese al tanque.

La bomba de transferencia de combustible o bomba HEUI consta de una bomba de transferencia y una bomba de hidráulica ubicados en el mismo componente, pero con funcionamientos independientes. La bomba de transferencia de combustible saca el flujo de combustible del tanque elevándolo a una presión de 450 kPa para luego ser suministrado a los inyectores, mientras que la bomba hidráulica del inyector unitario es una bomba de pistón de entrega variable que utiliza una parte del aceite de lubricación del motor para el accionamiento de los inyectores. (Caterpillar Inc., 2014)

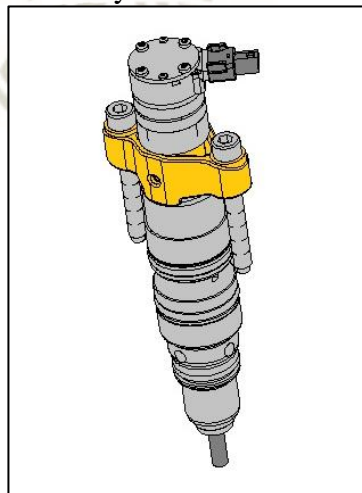
Figura 9: Bomba de transferencia combustible



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

Un componente de gran importancia en el sistema es el inyector unitario de accionamiento hidráulico el sistema de combustible del motor C9 utiliza aceite de motor a alta presión para impulsar el embolo en el inyector y bombear el combustible a la cámara. Este aceite es presurizado de 6MPa a 28MPa, este aceite es llamado aceite de accionamiento de inyección, esta presión es aplicada a un pistón y este empuja un émbolo. La presión de accionamiento es la que genera la presión de inyección que se entrega por el inyector unitario a la cámara esta es aproximadamente seis veces mayor que la presión de accionamiento del aceite. (Caterpillar Inc., 2014)

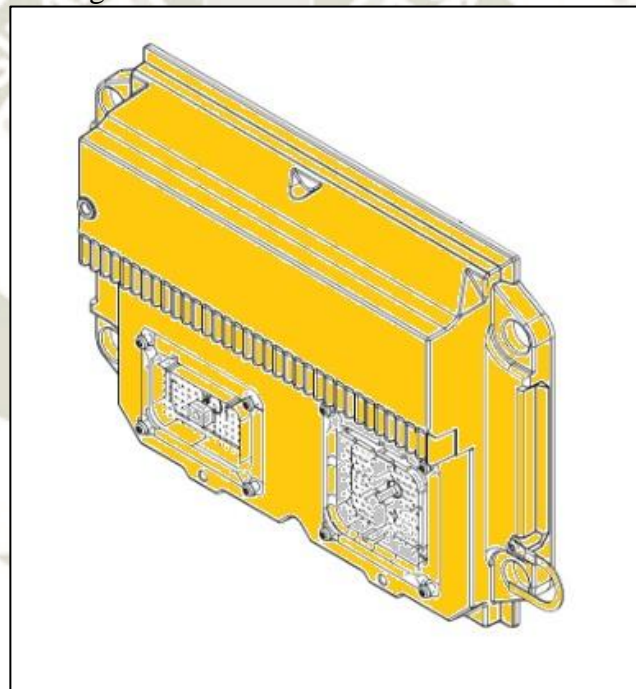
Figura 10: Inyector unitario motor C9



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

En el lado izquierdo de motor se encuentra el módulo de control electrónico (ECM), es una computadora potente que proporciona un control electrónico total del funcionamiento del motor. El ECM utiliza los datos de funcionamiento del motor reunidos por varios sensores, utiliza estos datos para hacer los ajustes a la entrega de combustible, la presión de inyección y la sincronización de la inyección. Contiene mapas de funcionamiento programados (software) para definirla potencia, las curvas de par y rpm. El ECM registra las fallas del funcionamiento del motor. (Caterpillar Inc., 2014)

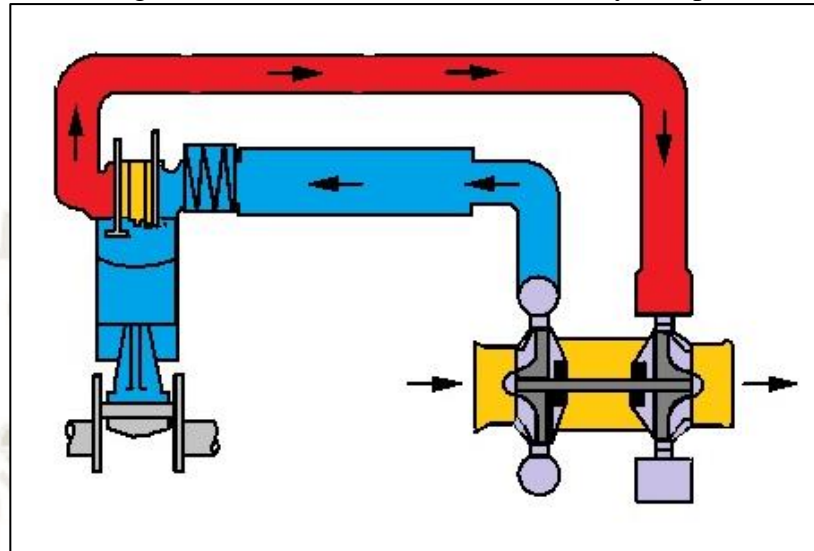
Figura 11: Módulo de control electrónico



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

2.3.1.3. Subsistema de admisión y escape de aire

Figura 12: Sistema de admisión de aire y escape.



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

Los componentes del sistema de escape y admisión controlan la cantidad y la calidad de aire disponible para la combustión. Los componentes del sistema son los siguientes:

- Turbocompresor
- Múltiple de admisión y escape
- Posenfriador
- Válvula de admisión y escape
- Culata
- Filtro de aire

La rueda del turbocompresor succiona el aire de admisión a través del filtro de aire hasta la admisión de aire. El aire es comprimido y gana temperatura aproximadamente a 150°C , luego es enviado al posenfriador descendiendo la temperatura a 43°C . El enfriamiento aumenta la eficiencia de la combustión entregando una mejor potencia y un consumo de combustible óptimo. Luego de pasar por el posenfriador el aire se dirige al múltiple de admisión. El motor cuenta con dos válvulas de admisión y dos válvulas de escape las cuales se encargan de regular el ingreso y

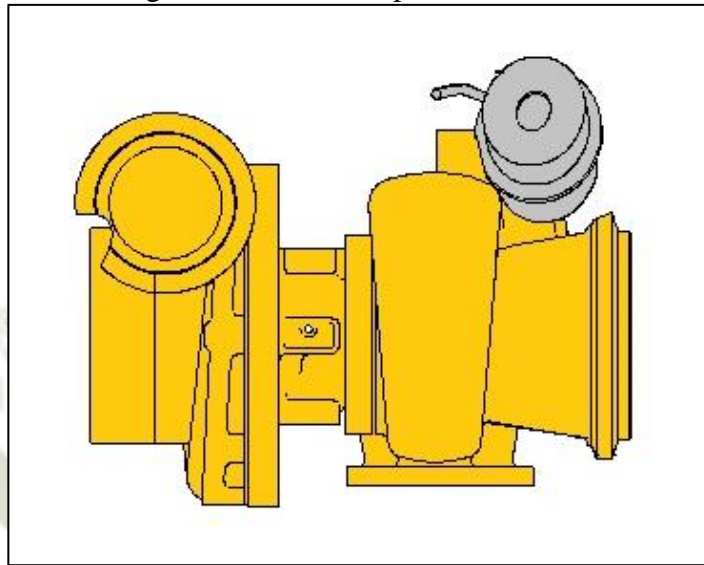
salida del aire y de los gases de escape, cuando las válvulas de admisión se abren dejan pasar el flujo de aire comprimido y frío ingresa a las cámaras de combustión donde se realizan los ciclos de combustión: Admisión, compresión, potencia y tiempo de retroalimentación.

Los gases de escape salen por el múltiple de escape, entran por el lado de la turbina del turbocompresor para hacer girar la rueda de la turbina. La rueda de la turbina está conectada al eje que impulsa la rueda del compresor. Los gases de escape del turbocompresor pasan a través de la salida del escape, un silenciador y un tubo de escape.

Cuando aumenta la carga del motor, se inyecta más combustible, este combustible quemado produce más gases de escape los cuales a su vez hacen girar más rápido la turbina y el compresor. A medida que la rueda del compresor gira con más rapidez pase más aire a los cilindros, el tener más flujo de aire agrega más potencia al motor quemando mayor cantidad de combustible eficientemente.

La presión de refuerzo controla la operación de la válvula de descarga de los gases de escape. Cuando la presión de refuerzo es alta, la válvula de descarga de los gases de escape se abre para reducir la presión de refuerzo. Cuando la presión de refuerzo es baja la válvula de descarga de gases se cierra para aumentar la presión de refuerzo. (Caterpillar Inc., 2014). A medida que la presión de refuerzo aumenta el diafragma de la válvula de descarga se abre, ocasionando el rpm del turbocompresor se limiten derivando una parte de los gases de escape que deriva en la rueda de la turbina del turbocompresor. (Caterpillar Inc., 2014)

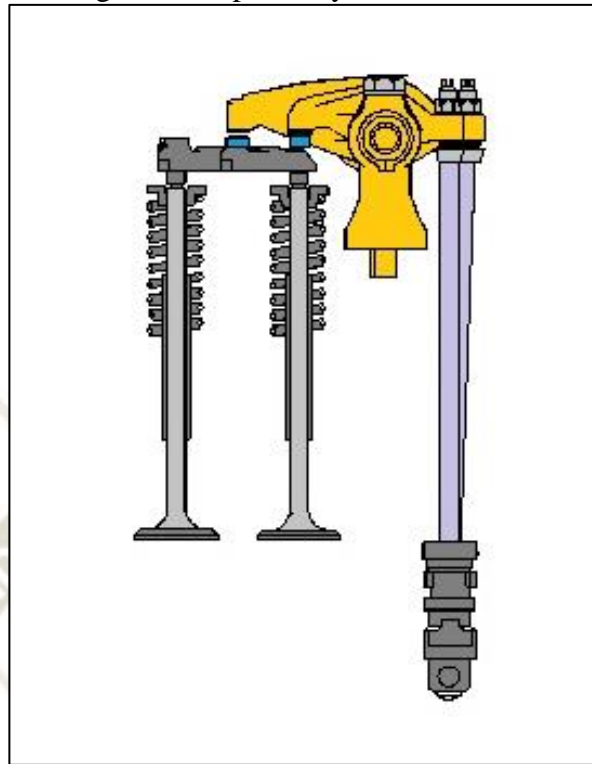
Figura 13: Turbocompresor motor C9



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

El sistema de aire tiene un conjunto de componentes que con su funcionamiento en controlan la cantidad del flujo que ingresa a las cámaras, además controlan de manera directa también la salida de los gases de escape. El engranaje del cigüeñal impulsa el engranaje del árbol de levas mediante un engranaje loco. Estos engranajes deben de estar sincronizados para obtener una buena relación en trabajo, el árbol de levas tiene dos lóbulos para cada cilindro. Estos lóbulos operan las válvulas de admisión y escape, a medida que gira el árbol de levas, los lóbulos hacen que los levantaválvulas muevan las varillas de empuje para arriba y abajo. El puente de válvulas acciona las válvulas al mismo tiempo mediante el movimiento de la varilla de empuje y del balancín. Los resortes de la válvula cierran las válvulas cuando los levantaválvulas se mueven hacia abajo. (Caterpillar Inc., 2014)

Figura 14: Apertura y cierre válvulas

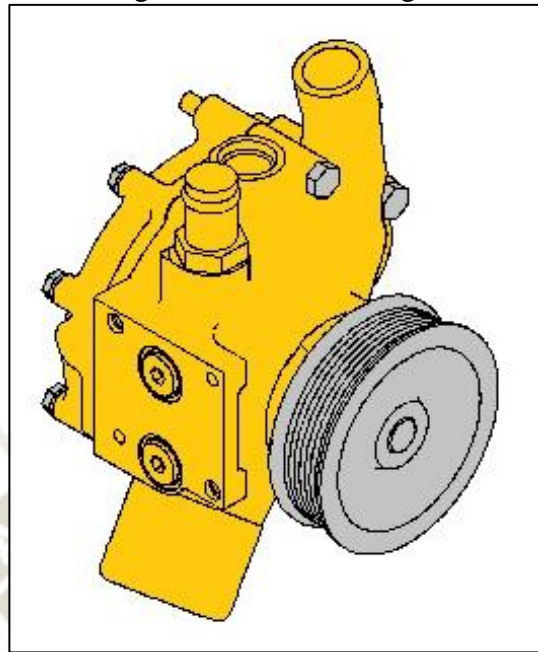


Fuente: Caterpillar Inc (2014)

2.3.1.4. Subsistema de enfriamiento y lubricación

Este motor tiene un sistema de enfriamiento a presión, que ofrece las siguientes ventajas: el sistema de enfriamiento puede operar de manera segura a una temperatura mayor que el punto de ebullición normal del agua, el sistema de enfriamiento impide la cavitación en la bomba de agua. El sistema cuenta con una tubería de derivación que proporciona flujo constante a la bomba de agua evitando la cavitación del sistema. (Caterpillar Inc., 2014)

Figura 15: Bomba de agua



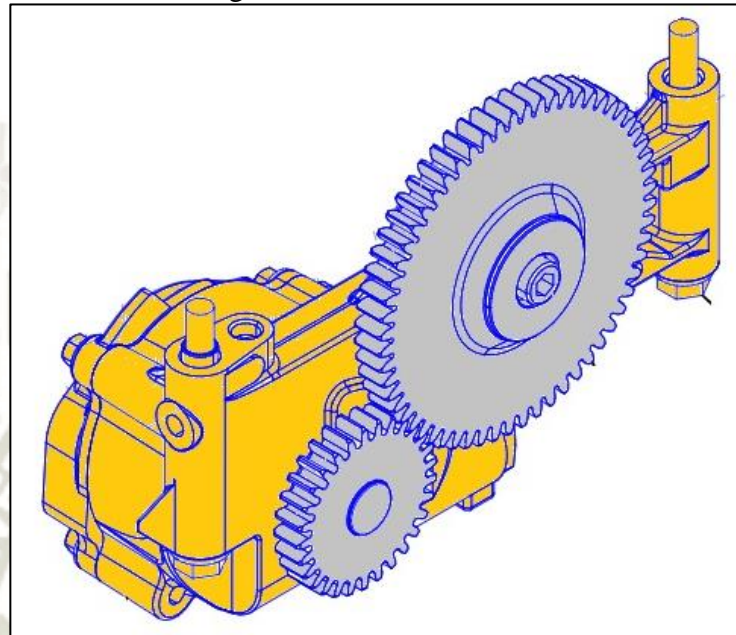
Fuente: Caterpillar Inc (2014)

La bomba de agua está en el lado izquierdo del bloque del motor, una correa movida por la polea del cigüeñal impulsa la bomba de agua, la bomba de agua tiene tres ingresos para el refrigerante, la parte inferior de la bomba de agua, la manguera de derivación ubicada en la parte superior, la tubería de derivación ubicada también en la parte superior. El refrigerante es succionado de la parte inferior del radiador por la rotación del rodete, el refrigerante sale por la parte posterior de la bomba y pasa directamente a la cavidad del enfriador de aceite del bloque.

Todo el refrigerante pasa a través del núcleo del enfriador de aceite y entra por el múltiple de agua interno del bloque de cilindros. La múltiple dispersa el refrigerante hacia las camisas de agua alrededor de las paredes de los cilindros. Luego el refrigerante circula por el termostato de agua ubicada en el lado delantero de la culata del motor. El termostato es el encargado de controlar la dirección del agua cuando la temperatura del refrigerante sea inferior a la temperatura operacional el termostato de agua se cierra, el refrigerante se dirige a través de la manguera de derivación y dentro de la entrada de la bomba de agua, pero si la temperatura alcanza la temperatura

de operación normal, el termostato se abre ocasionando que la mayor parte del refrigerante pasa al radiador para su enfriamiento. (Caterpillar Inc., 2014).

Figura 16: Bomba de aceite



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

El sistema de lubricación del motor también es un circuito cerrado cuenta con un sistema de baja presión que va desde 240 kPa y 480 kPa. El circuito de baja presión suministra el aceite que se ha filtrado a la bomba hidráulica del inyector unitario, además el circuito de baja presión proporciona el aceite de motor que se ha filtrado al sistema de lubricación del motor el aceite es extraído del carter del motor por la bomba de aceite mostrada en la figura 17, luego es suministrado al enfriador de aceite y al filtro de motor, luego pasa al motor y la bomba hidráulica de inyector unitario.

El circuito de alta presión suministra el aceite de accionamiento del inyector unitario, opera típicamente entre los 6MPa y los 25MPa. Este aceite de alta presión circula por una tubería a la culata de cilindros, la culata de cilindros almacena el aceite a la presión de accionamiento, el aceite

se descarga del inyector unitario por debajo de la tapa de válvulas de modo que no se requieran tuberías de retorno, luego de que el trabajo del aceite de lubricación y accionamiento del inyector culmina este aceite regresa al colector de aceite de motor. (Caterpillar Inc., 2014).



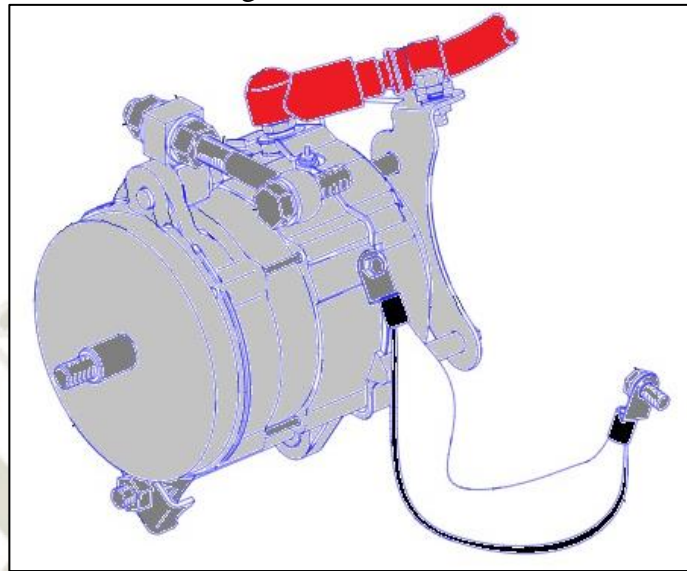
2.3.1.5. Subsistema eléctrico y de arranque

El sistema eléctrico consta de tres circuitos separados; carga, arranque y accesorios de bajo amperaje, algunos de estos componentes del sistema eléctrico se utilizan en más de un circuito. Los siguientes componentes son comunes en más de un circuito: batería, disyuntores, amperímetro, cables de batería.

El circuito de carga opera cuando el motor está en funcionamiento, el alternador genera electricidad para el circuito de carga, un regulador de voltaje en el circuito de carga controla la salida eléctrica para mantener la batería completamente cargada. El circuito de arranque funciona solo cuando se activa el interruptor de arranque. Es necesaria la conexión apropiada a tierra de los sistemas eléctricos del vehículo y del motor para obtener el rendimiento y confiabilidad apropiados del vehículo. Los recorridos de energía no controlada pueden dañar los componentes de aluminio como los cojinetes de bancada, las superficies del muñón del cojinete de bancada.

Para asegurar el funcionamiento apropiado del sistema eléctrico del motor, hay que utilizar una cinta de conexión a tierra del motor al bastidor con un recorrido directo a la batería. Esto se puede proporcionar por medio de una conexión a tierra del motor de arranque, una conexión de tierra al motor de arranque o una conexión a tierra directa del bastidor al motor. Se utiliza un cable para conectar el prisionero de conexión a tierra del motor al bastidor y al poste negativo de la batería. (Caterpillar Inc., 2014).

Figura 17: Alternador



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

Los arrancadores Caterpillar se han mejorado, los nuevos motores de arranque eléctrico incluyen un solenoide con sellado mejorado. Al ser ensamblados también son sometidos a pruebas de 100% fugas antes de ser enviados y utilizados en los equipos. (Caterpillar Inc., 2014)

2.4. SISTEMA DEL TREN DE FUERZA

Figura 18: Tren de fuerza



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

Caterpillar se ha ganado una gran reputación por fabricar algunos de los motores y transmisiones más fiables del mundo. Gracias a muchas experiencias en diferentes mercados, se desarrollaron los mejores componentes ideales para satisfacer las necesidades, requisitos de aplicación.

Los sistemas de tren de fuerza Cat se integran y se comunican eficientemente con otros componentes del tren de fuerza de esta integración nace el tren de potencia, brindando opciones de cambio de velocidad y facilidades de operación a los clientes. Esta compleja configuración y años de investigación favorecen teniendo un óptimo consumo de combustible, funcionamiento uniforme y aumenta el valor de la vida útil.

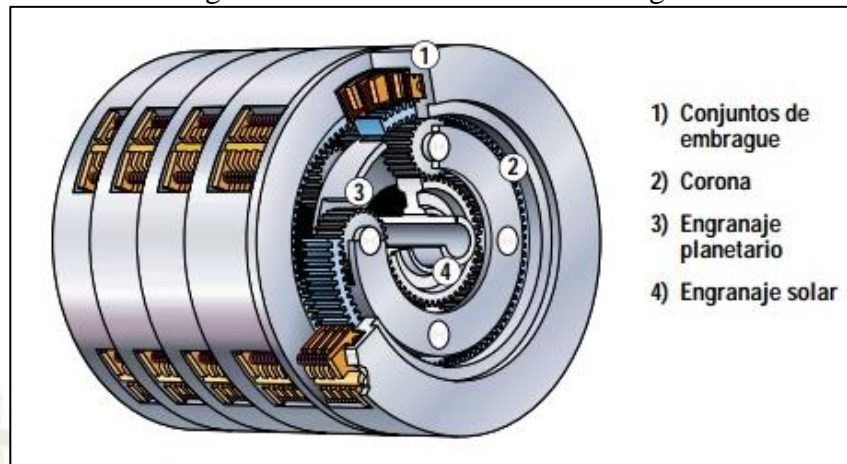
El motor es la fuente que suministra la potencia mecánica. Esta fluye del motor a las cadenas pasando por el tren de fuerza que consta de los siguientes dispositivos: convertidor de par,

eje motriz, servotransmisión, coronas cónicas y engranajes de transferencia, diferenciales de la dirección y freno, engranajes planetarios y mandos finales.

El motor transfiere potencia del volante del motor al convertidor de par, es ahí donde el convertidor de par convierte la potencia a través de los engranajes planetarios y a través de la turbina del convertidor de par del eje motriz. Los engranajes planetarios son una conexión tipo mecánica y el convertidor de par es una conexión hidráulica. El eje motriz transfiere la potencia la transmisión. La transmisión cuenta con 03 velocidades en avance y 03 velocidades en retroceso. Los embragues se conectan para transferir la potencia. La salida de potencia de la transmisión hace girar las coronas cónicas y los engranajes de transferencia. Las coronas cónicas y los engranajes de transferencia hacen girar el semieje interior, enviando la potencia al diferencial de la dirección y al freno. El diferencial de la dirección se utiliza para hacer girar la máquina. Los frenos se utilizan para detener la máquina. El diferencial de la dirección y el freno trabaja con los engranajes planetarios y freno para enviar potencia a través de los dos semiejes exteriores a los mandos finales. Los mandos finales utilizan su configuración de engranajes planetarios para reducir la velocidad. Los engranajes planetarios aumentan el par motor. Las ruedas motrices en los mandos finales transfieren la potencia mecánica a las cadenas que mueven la máquina. (Caterpillar Inc., 2014)

2.4.1. Transmisiones

Figura 19: Transmisión tracto de orugas



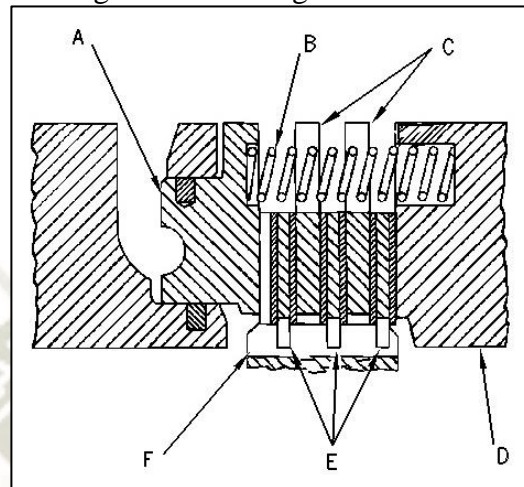
Fuente: Caterpillar Inc (2014)

La transmisión cuenta con cinco embragues que se activan hidráulicamente. Las combinaciones entre ellos permiten que la transmisión proporcione tres velocidades de avance y tres velocidades de retroceso. La velocidad y el sentido de desplazamiento son controladas electrónicamente.

Los cinco embragues de la transmisión son de discos. Estos embragues están en cajas separadas. Cada embrague tiene discos de fricción y los discos de embrague. Los dientes interiores de los discos de fricción están conectados con los dientes exteriores de la corona. Las muescas en el diámetro exterior de los discos de embrague están conectadas con pasadores en la caja de embrague. Los pasadores evitan la rotación de los discos de embrague. El resorte (B) está ubicado entre la caja del embrague (D) y el pistón (A). El resorte está en compresión. Cuando aumenta la presión en la cámara que se encuentra en la parte posterior del pistón (A), este se mueve a la derecha. El pistón se mueve contra la fuerza del resorte (B), empujando conjuntamente los discos de fricción y los discos de embrague. El embrague está ahora conectado. Los discos de fricción impiden la rotación de la corona. El embrague se desconecta cuando la presión en el área detrás del pistón (A)

disminuye y la fuerza del resorte (B) mueve el pistón hacia la izquierda. Los discos de fricción y los discos de embrague se separan ahora y el embrague no está conectado. (Caterpillar Inc., 2014)

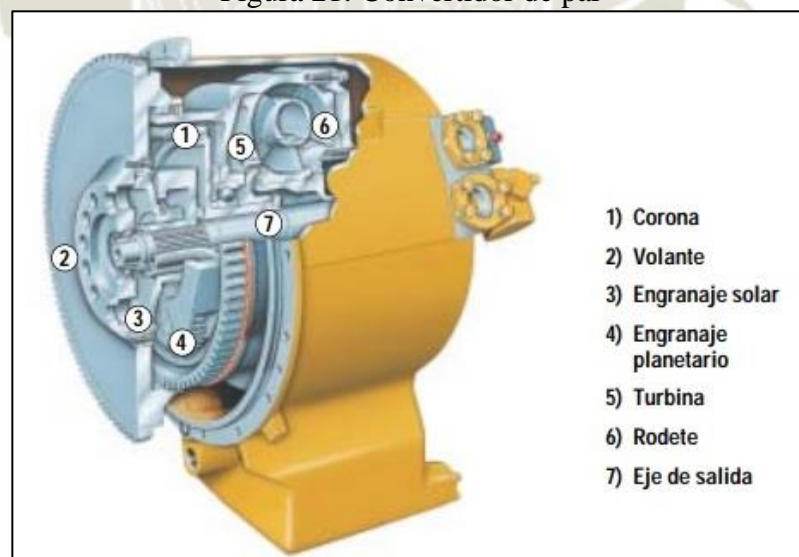
Figura 20: Embrague del tractor



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

2.4.2. Convertidor de par

Figura 21: Convertidor de par



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

Los convertidores de par adaptados a la velocidad y la potencia del motor tienen un efecto positivo muy significativo en el rendimiento del equipo. Este divisor de par envía el 75% del par

motor por el convertidor y el 25% por un eje de mando para tener una mayor eficiencia del sistema de mando y una mayor multiplicación de par. El convertidor de par protege el sistema de mando contra los impactos de par súbitos y las vibraciones, tiene una multiplicación de par elevada que permite el movimiento de cargas pesadas, proporciona unas reservas de alta tracción de la barra de tiro al calarse el convertidor. (Caterpillar Inc., 2014)

2.4.3. Mandos finales

Figura 22: Mando final



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

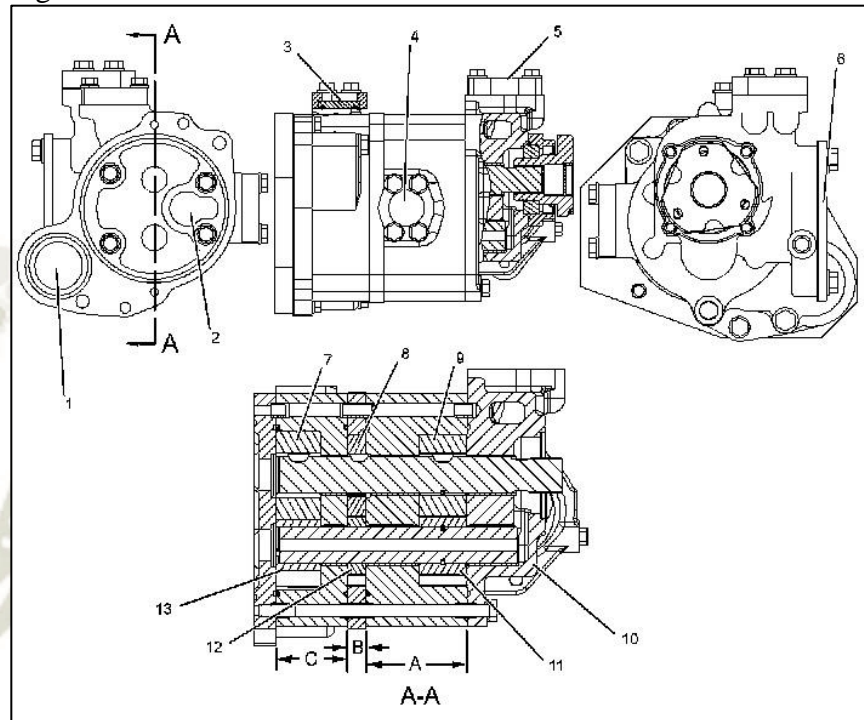
Los mandos finales se encuentran aislados del terreno y de toda carga de impacto inducida, de esta manera se prolonga enormemente la duración del tren de fuerza, los mandos finales cuentan con engranajes planetarios de doble reducción que garantizan una operación suave, silenciosa y de bajo mantenimiento, la lubricación a los engranajes de los mandos finales es llevada a cabo por salpicadura, cuenta con sellos que prolongan la duración.

El semieje exterior envía potencia al mando final, el semieje tiene un engranaje final conectado a los engranajes planetarios mediante un eje planetario, los engranajes planetarios giran en el interior del portaplanetario, el movimiento del portaplanetario en el interior de la corona

genera el movimiento en la masa del mando final que está unida a la corona, este movimiento se transfiere a los segmentos del mando final y luego a la cadena. (Caterpillar Inc., 2014).

2.4.4. Bomba de aceite del tren de fuerza

Figura 23: Bomba de aceite del tren de fuerza con vistas de sección.



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

1. Entrada de la bomba (aceite barrido de la transmisión).
2. Salida de la bomba (aceite de barrido del convertidor de par y transmisión).
3. Admisión de la bomba (aceite barrido del convertidor de par).
4. Salida de la bomba (transmisión y controles).
5. Salida de la bomba (convertidor de par y lubricación).
6. Admisión de la bomba (transmisión y sección de carga del convertidor de par).
7. Engranaje.
8. Engranaje.
9. Engranaje.
10. Tapa.
11. Engranaje.

12. Engranaje.

13. Engranaje.

La bomba del tren de fuerza está montada en la parte delantera de la caja de la corona. Un eje motriz auxiliar del motor impulsa la bomba. La bomba contiene 03 secciones y un eje auxiliar del motor impulsa las 03 secciones (Caterpillar Inc., 2014).

2.4.4.1. Sección de la bomba de carga del convertidor de par.

La sección (A) extrae aceite de la caja de la corona por medio de la rejilla y un imán. El aceite ingresa a través de la admisión de la bomba (6). Dentro de la bomba, el aceite pasa entre el engranaje (9) y el (11). Seguidamente un eje motriz auxiliar del motor impulsa el engranaje (9), y seguidamente hace girar el engranaje loco (11) y el aceite sale por la salida de la bomba (5). (Caterpillar Inc., 2014)

2.4.4.2. Sección de la bomba de carga de la transmisión.

La sección (B) extrae el aceite de la caja de la corona a través por la rejilla magnética, seguidamente el aceite entra a la bomba a través de la admisión (6).

En la bomba el aceite pasa por el engranaje (8) y el (12), el engranaje (8) hace girar el engranaje loco (12) y el aceite es evacuado por la salida (4). Por lo tanto, el aceite fluye a la válvula de control del freno y a los controles de la transmisión. El aceite de la sección (B) es utilizado fundamentalmente para controlar los frenos y los embragues de la transmisión. (Caterpillar Inc., 2014)

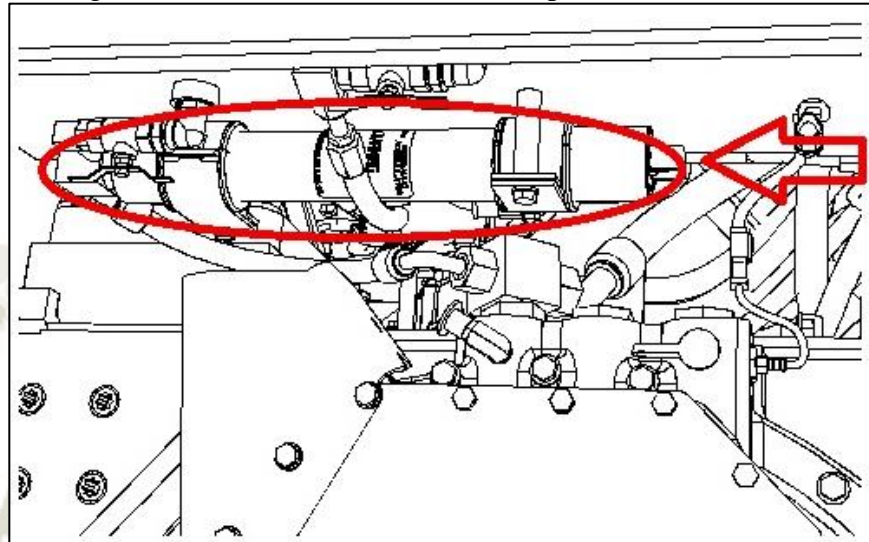
2.4.4.3. Sección de barrido del convertidor de par y de la transmisión.

La sección (C) extrae el aceite de la caja del convertidor de par y de la transmisión. El aceite de barrido entra en la bomba a través de la admisión de la bomba (1), y también entra a través de la admisión (3).

Dentro de la bomba el aceite pasa por el engranaje (7) y el engranaje loco (13), el aceite sale por la salida de la bomba (2) y retorna a la caja de la corona (Caterpillar Inc., 2014).

2.4.5. Acumulador

Figura 24: Ubicación del acumulador para el tren de fuerza.



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

La ubicación del acumulador del tren de fuerza es en la parte inferior del tanque de combustible, en la parte posterior de la máquina. El acumulador cumple con la función de almacenar la energía potencial mediante la acumulación de una cantidad de aceite presurizado del tren de fuerza. El aceite a presión se almacena en un cilindro del acumulador. Este se carga a 1.725kPa con nitrógeno seco.

El aceite presurizado que entra crea presión. La energía se almacena a medida que el aceite del tren de fuerza comprime el cilindro que está dentro del acumulador. El acumulador complementa el flujo de aceite del tren de fuerza en las condiciones de flujo bajo. (Caterpillar Inc., 2014)

2.4.6. Tren de rodamiento

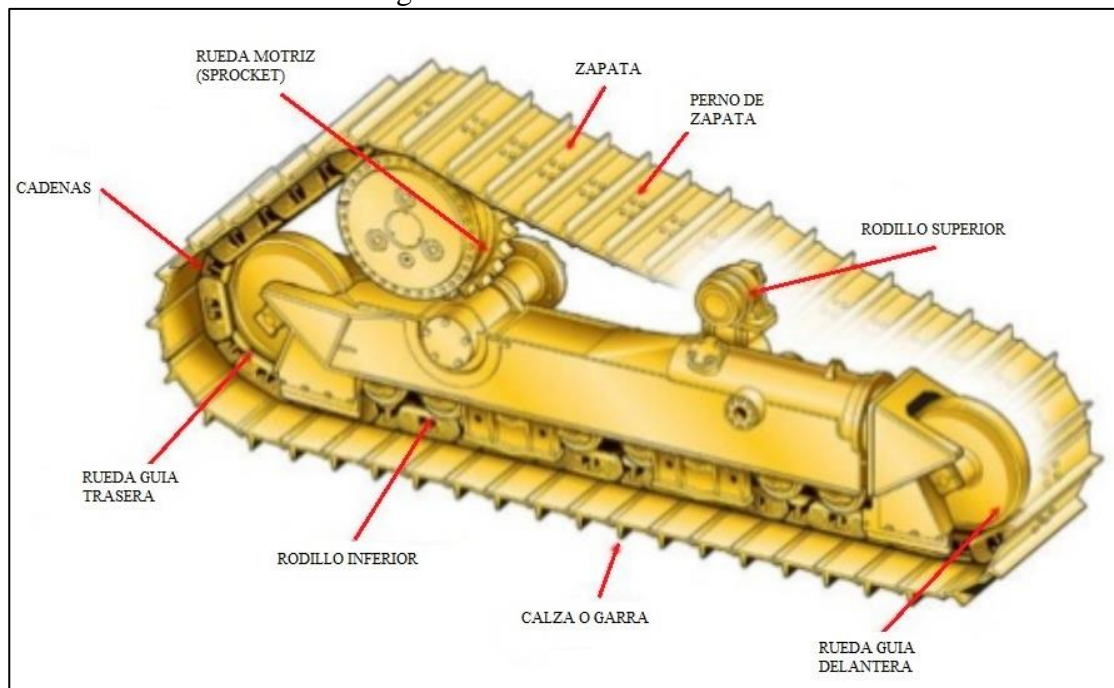
El tren de rodamiento es similar a otros modelos que están diseñados con una rueda guía motriz elevada. Los siguientes son los principales componentes del tren de rodamiento: Eje pivote, barra compensadora, bastidor de rodillos, rodillos superiores e inferiores, rueda tensora delantera, rueda tensora trasera, cadenas.

Los ejes conectan el bastidor del equipo por la parte trasera del equipo, cada bastidor puede oscilar en el eje pivote, por otro lado, la barra estabilizadora es la encargada de conectar el equipo con los bastidores por la parte media del equipo, cumple la función de controlar la oscilación.

Los rodillos superiores son los encargados en dar soporte a la cadena entre la rueda motriz y la rueda tensora delantera, los rodillos inferiores están sujetos a la parte inferior del bastidor, estos están conectados a los rieles en los eslabones. Las bridas de los rodillos inferiores evitan el movimiento lateral de los eslabones, los rodillos inferiores pueden ser de simple pestaña y de doble pestaña.

En el tren de rodamiento también encontramos las ruedas guía delanteras y posteriores, mediante la rueda guía es posible tensar la cadena del equipo. Estas ruedas son selladas y auto lubricadas. El tren de rodamiento del tractor de oruga cuenta con elementos de desgaste que tienen que ser inspeccionado en frecuencias de tiempo determinadas por el usuario, entre ellos tenemos las zapatas, sprocket, cadenas, bujes de cadenas, la cadena del tractor de orugas puede ser ensamblada mediante pin a presión o garra master, cada conjunto de cadena tiene eslabones y cartuchos, el nuevo diseño de los cartuchos contienen el aceite para las juntas de la cadena. El cartucho esta lubricado y sellado de por vida. (Caterpillar Inc., 2014)

Figura 25: Tren de rodamiento



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

2.5. SISTEMA DE DIRECCIÓN

Este sistema consta de dos sub-sistemas como se muestra en la figura 26 uno de alta presión que se encarga de suministrar el aceite a la caja de dirección y el otro de baja presión que es el encargado de la compensación de cargas en el sistema y del control del sistema. El aceite fluye de la caja del tanque a la bomba de carga, el aceite que sale de la bomba se dirige al enfriador de aceite hidráulico y al filtro del circuito hidráulico. Es ahí cuando el aceite está listo para la válvula piloto de dirección. Esta válvula es la encargada de dirigir el aceite piloto a cualquier de los dos lados de válvula de control de la bomba. El movimiento de esta válvula permite que el aceite llegue al pistón, el pistón es el encargado de regular el volumen de aceite que pasa por el circuito de alta presión, este pistón regula el plato oscilante de la bomba. El motor de dirección a su vez cambia la dirección del giro para controlar la dirección diferencial. La velocidad y la dirección del motor de giro controlan el régimen y la dirección del giro. (Caterpillar Inc., 2014)

2.5.1. Válvula de control

La válvula de control de dirección se encuentra en el lado izquierdo de la cabina del operador, el aceite de control se suministra a través de la bomba de carga de la dirección. La válvula piloto controla la dirección y el desplazamiento de la bomba de dirección. Cuando se presiona alguno de los émbolos, la presión se dirige al control de la bomba de dirección para aumentar su carrera y lograr el rendimiento deseado. El rendimiento aumenta conforme el operador aumenta y mueve más la palanca. (Caterpillar Inc., 2014)

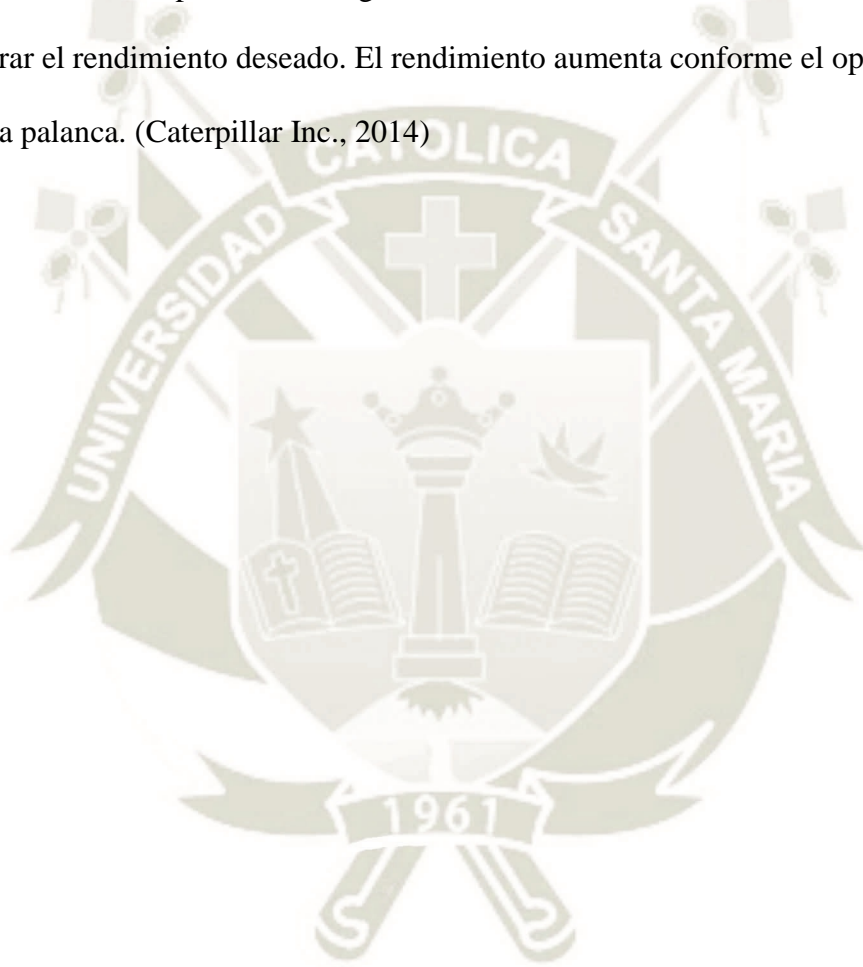
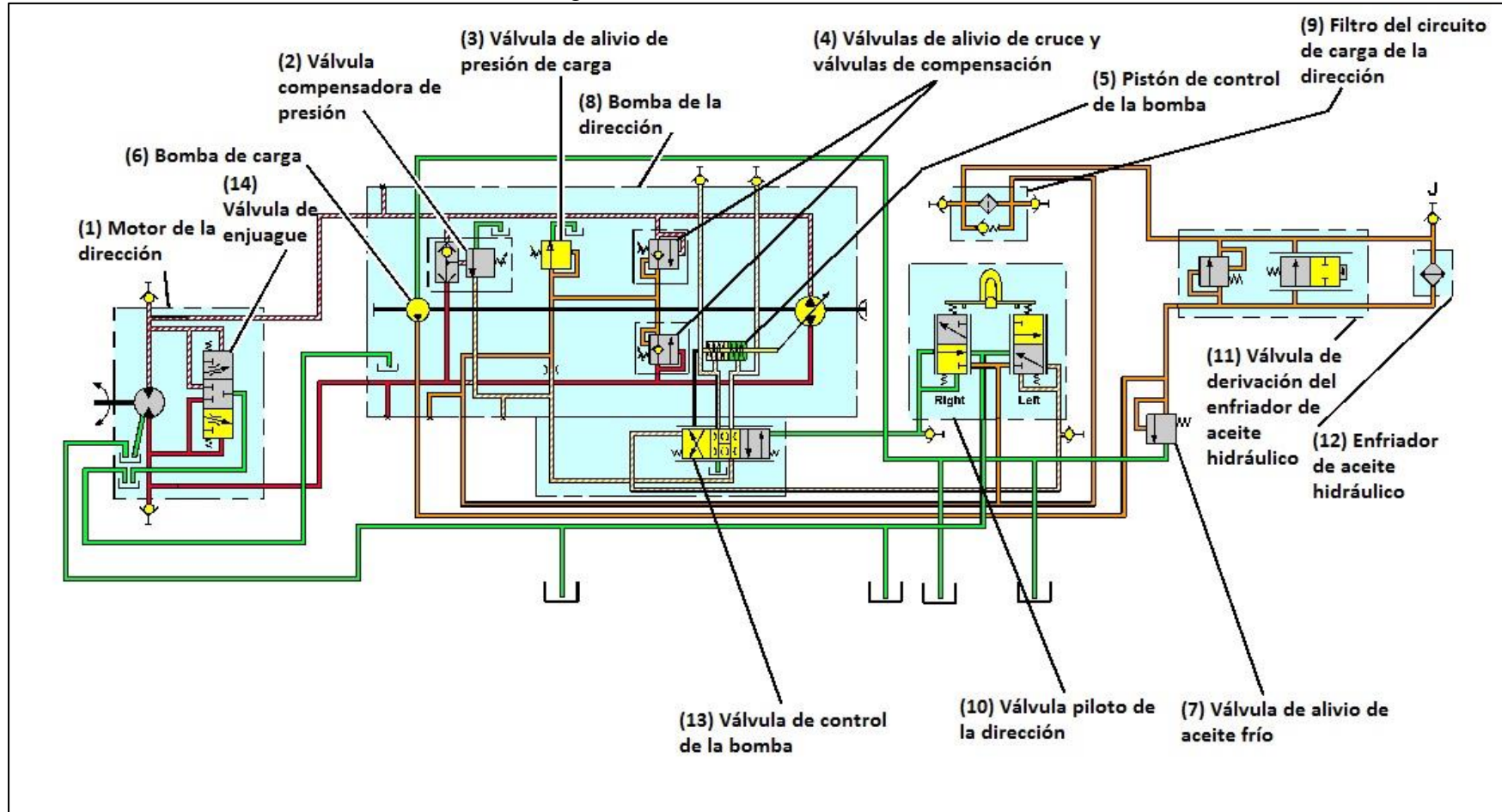
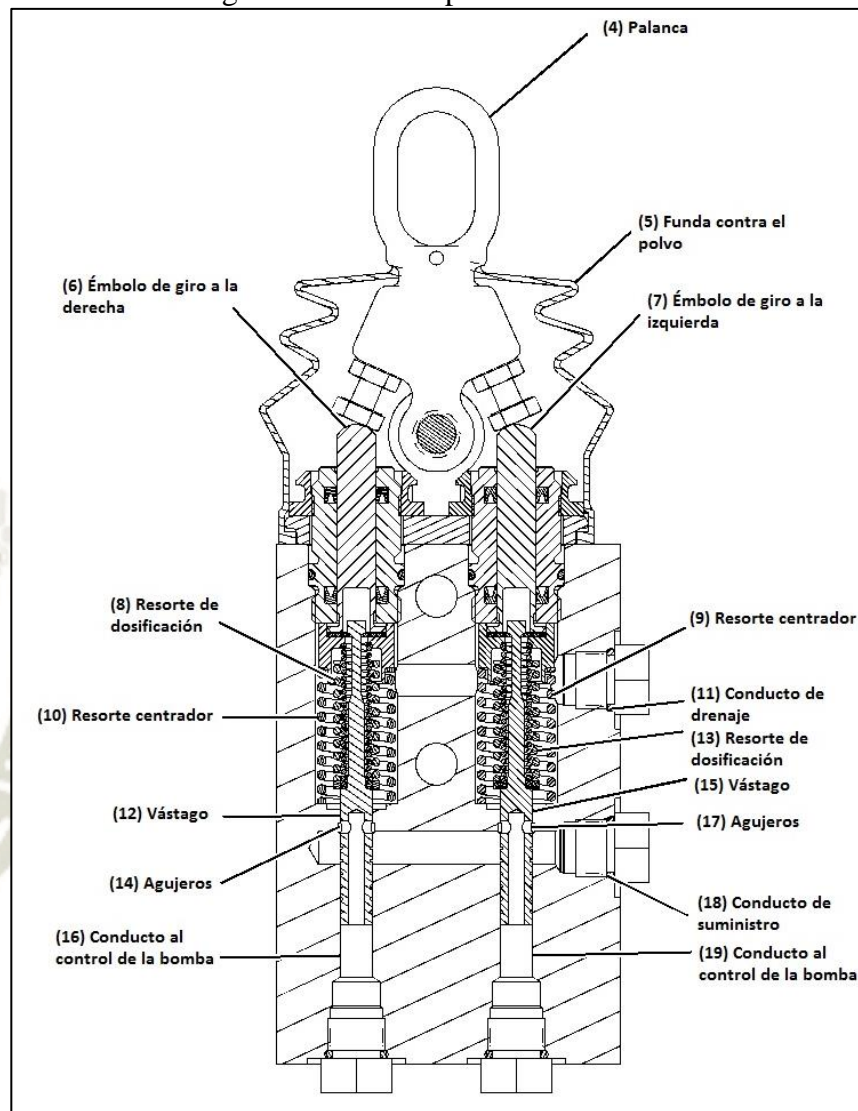


Figura 26: Sistema de dirección tractor D6T



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

Figura 27: Válvula piloto de dirección



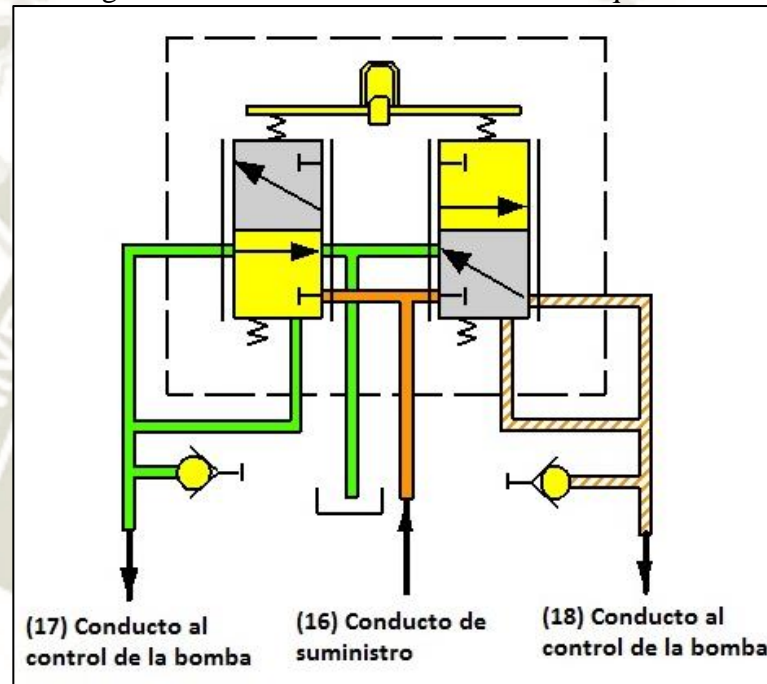
Fuente: Caterpillar Inc (2014)

Cuando el operador mueve la palanca de control a la posición girar izquierda, la palanca empuja al émbolo, ejerciendo fuerza contra el resorte, de esta forma el vástago se mueve hacia abajo con el émbolo. Por consiguiente, el aceite del circuito de carga que entra por el conducto (16), fluya por el interior de la válvula hasta el sistema de control de la bomba. La presión de control de la bomba depende directamente del movimiento de la palanca de control en la dirección que se requiere, de esta forma el tractor gira más rápido.

Cuando el operador suelta la palanca de control, el resorte empuja al embolo (6) hacia arriba, liberando todas las presiones en los ductos fluyendo a través del ducto (9) hacia el drenaje.

Cuando el operador mueve la palanca a la posición girar derecha, la secuencia del proceso es similar, excepto que se utilizan otras válvulas. (Caterpillar Inc., 2014)

Figura 28: Válvula de control Giro a la izquierda.



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

2.6. SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema hidráulico controla la hoja topadora y el desgarrador (ripper). Este sistema hidráulico es un sistema que funciona por detección de carga compensado por presión. En un sistema de detección de carga compensado por presión, el flujo de aceite no cambia de acuerdo a las condiciones de carga. Las velocidades del cilindro permanecen constantes durante todas las operaciones y diferentes condiciones de carga.

La bomba hidráulica es una bomba de desplazamiento variable con detección de carga y compensada por presión. La bomba proporciona el aceite necesario a todos los circuitos de

implementos. Para mantener el mínimo de presión en el sistema, se atrasa la carrera de la bomba. No se requiere una presión alta en la salida hasta que el operario realiza algún tipo de movimiento a las palancas de operación en la cabina

Si se activa alguna de las palancas la válvula compensadora detecta el aumento de la carga desde la red revolvente de señal. De esta manera se adelanta la carrera de la bomba. (Caterpillar Inc., 2014)

Figura 29: Palancas de control e interruptor de traba.

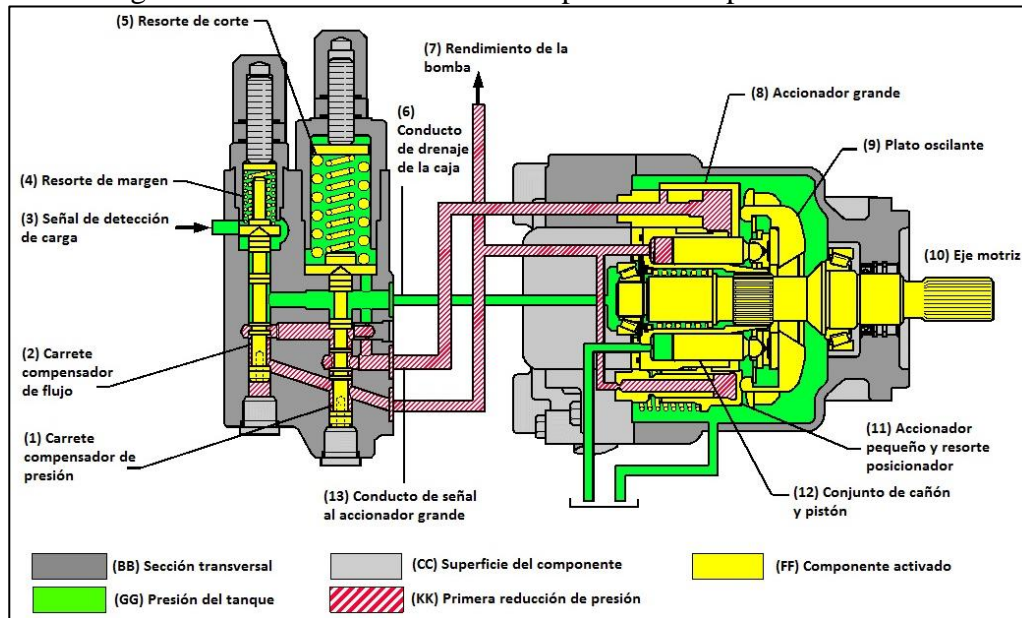


Fuente: Caterpillar Inc (2014)

2.6.1. Bomba de Pistones

La bomba de los implementos hidráulicos es una bomba de pistones axiales de desplazamiento variable, cuenta con un sistema de detección de carga y compensación de caudal. La bomba proporciona caudal para el sistema piloto y el sistema hidráulico. Este sistema se activa cuando el operador activa las palancas desde la cabina. (Caterpillar Inc., 2014)

Figura 30: Bomba hidráulica de desplazamiento positivo variable



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

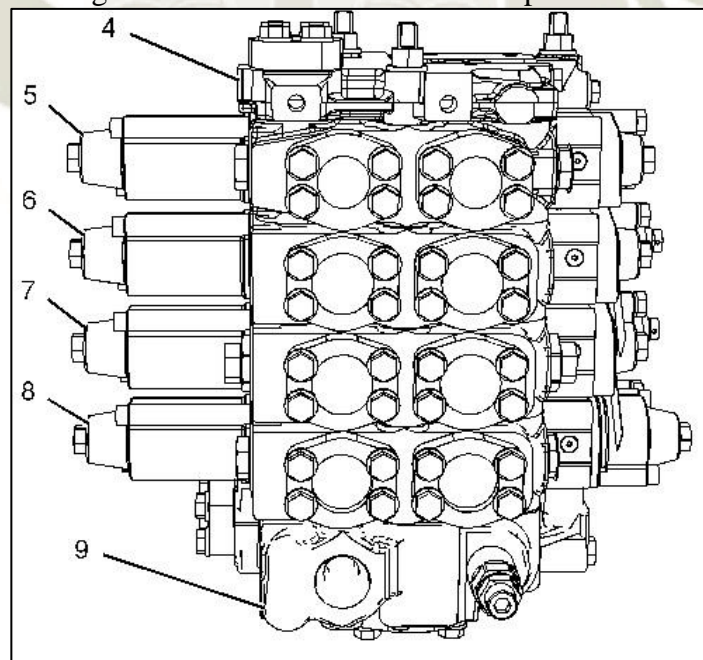
- Accionador grande (8): Cuando aumenta la presión en el accionador grande este supera la fuerza del accionador pequeño y el resorte posicionador. Generando una compensación en el plato oscilante.
- Plato oscilante (9): El desplazamiento de la bomba es controlado mediante el plato oscilante, este tiene dos posiciones ángulo máximo y mínimo, en ángulo máximo los pistones realizan recorrido completo y generan mayor presión.
- Eje motriz (10): Hace girar a la bomba.
- Accionador pequeño y resorte posicionador (11): Si no hay presión en el accionador grande el resorte posicionador del accionador pequeño se encargara de poner el plato oscilante en posición de ángulo máximo.
- Conjunto de cañón y pistón (12): El cañón con tiene nueve pistones, estos rotan cuando el motor está funcionando y el movimiento es transmitido por el eje motriz.

2.6.2. Bloque de válvulas

El bloque de válvulas del sistema hidráulico está ubicado por debajo de la plataforma, en el lado derecho de la cabina. Si la maquina está equipada con un desgarrador, se añade un bloque de válvulas adicional. El bloque de válvulas tiene un múltiple de admisión y una placa de extremo. El bloque de válvulas puede tener hasta 05 secciones que se encuentran una contra otra. (Caterpillar Inc., 2014)

1. Placa de extremo.
2. Válvula de control de levantamiento del desgarrador.
3. Válvula de control del ángulo de la hoja topadora.
4. Válvula de control de la inclinación de la hoja topadora.
5. Válvula de control del levantamiento de la hoja topadora.
6. Múltiple de admisión.

Figura 31: Válvula de control de implementos.



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

La válvula de control de la hoja topadora y desgarrador se controlan mediante una presión piloto. El cual llega a las válvulas y acciona las diferentes funciones.

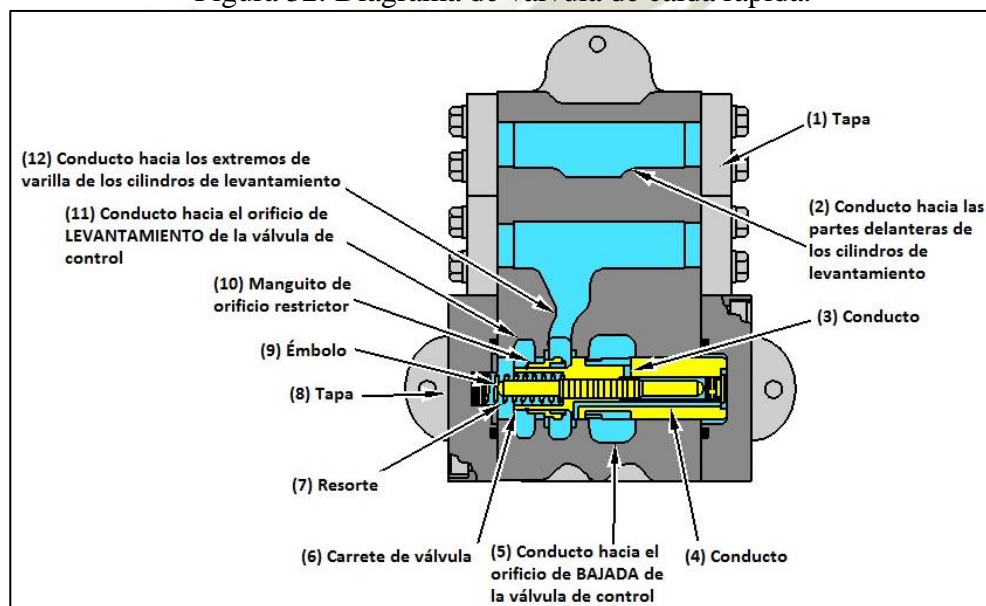
Válvula de control de levantamiento de la hoja topadora: levante, fija, bajada y libre.
 Válvula de control de inclinación de la hoja topadora: inclinación a la derecha, fija e inclinación a la izquierda. Válvula de control de ángulo de la hoja topadora: Angulo a la derecha, fija y ángulo a la izquierda. Válvula de control de levantamiento del desgarrador: levantada, fija y bajada.
 (Caterpillar Inc., 2014)

2.6.3. Válvula de caída rápida

Hay una sola válvula de caída rápida instalada en la parte superior frontal del equipo, esta válvula permite que el equipo ponga la hoja topadora en el suelo rápidamente.

Cuando el operador se dispone a bajar la hoja rápidamente, la presión de aceite en los extremos de cabeza de los cilindros disminuye. El circuito hidráulico no puede suministrar la cantidad necesaria de fluido para no perder la presión, es por eso que la válvula deja pasar aceite desde el extremo de varilla de los cilindros hasta los extremos de cabeza para compensar la necesidad de presión. (Caterpillar Inc., 2014)

Figura 32: Diagrama de válvula de caída rápida.



Fuente: Caterpillar Inc (2014)

2.7. SISTEMA ELÉCTRICO

Cuando se trata de sistemas eléctricos es necesario realizar una buena conexión a tierra de los sistemas del vehículo y del motor para obtener el rendimiento y confiabilidad apropiados del equipo. Las conexiones a tierra indebidas producirán recorridos de circuitos eléctricos no confiables y recorridos de circuitos eléctricos fuera de control.

Los recorridos del circuito eléctrico del motor no controlados pueden causar ruido eléctrico que puede degradar el funcionamiento del equipo. Para asegurar el funcionamiento apropiado del sistema, hay que utilizar una cinta de conexión a tierra del motor al bastidor con un recorrido directo a la batería. Todas las conexiones a tierra deben de estar bien apretadas y no pueden estar corroídas. (Caterpillar Inc., 2014).

2.7.1. Partes del sistema eléctrico

El sistema eléctrico consta de tres circuitos separados: Carga, arranque y accesorios de bajo amperaje. Algunos componentes del sistema eléctrico se utilizan en más de un circuito. Los siguientes componentes son comunes en más de un circuito.

- Batería
- Disyuntores
- Amperímetro
- Cables de baterías

El circuito de carga opera solo cuando el motor está en funcionamiento, el alternador genera electricidad para el circuito de carga. Un regulador de voltaje en el circuito controla la salida eléctrica para mantener la batería completamente cargada. Si el motor tiene un interruptor

general, el circuito de arranque sólo puede operar después de que el interruptor general de ponga en posición conectada. (Caterpillar Inc., 2014).

2.7.2. Componentes del subsistema de control electrónico

El sistema de control electrónico está diseñado integralmente en el sistema de combustible del motor y el sistema de admisión de aire y de escape del motor para controlar electrónicamente el suministro de combustible y la sincronización de la inyección. El sistema de control electrónico proporciona mayor control de la sincronización y de la relación de aire y combustible en comparación con los motores mecánicos convencionales.

El motor utiliza los tres tipos de componentes electrónicos que se indican a continuación: Componentes de entrada, componentes de control y componentes de salida. Un componente de entrada es aquel que envía una señal eléctrica a la computadora, en esta ocasión al ECM, esta señal se envía en forma de voltaje, frecuencia y duración de impulsos. La variación en estas señales causa una respuesta en un sistema específico del equipo. Un componente de control recibe de manera directa las señales de entrada, en ese momento estos componentes analizan las señales y envían señales eléctricas a los componentes de salida.

Y por último los componentes de salida se controlan a partir de un módulo de control electrónico. Este componente recibe la energía eléctrica, utilizando esa energía de dos formas, la primera es utilizando esta energía para realizar un trabajo y la segunda es utilizar esta energía para suministrar información. Un motor controlado electrónicamente ofrece las siguientes ventajas. (Caterpillar Inc., 2014)

- Mejora el rendimiento
- Disminución del consumo de combustible
- Reducción de los niveles de emisiones

CAPITULO III

3. FUNDAMENTO TEÓRICO DEL MANTENIMIENTO Y METODO AMFEC

3.1. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

Independientemente de cualquier tipo de consideración ya sea ética o filosófica, el objetivo principal de cualquier activo o equipo (sistema) construido por el hombre es brindar algún tipo de beneficio, mediante la realización de una cierta clase de función requerida. Por tal motivo una vez se encuentre en manos del usuario la preocupación cambia de forma repentina enfocándose en la disponibilidad y la seguridad más elevada con el menor costo.

Todos los usuarios esperan que sus equipos o sistemas estén disponibles (en funcionamiento) tanto tiempo como sea posible. Pero esto solo funcionara si se toman acciones de mantenimiento adecuadas y siguiendo las recomendaciones que algunos diseñadores o fabricantes exigen para tener una disponibilidad adecuada. Sin embargo, a pesar de utilizar y seguir al pie de la letra estas recomendaciones, los equipos pueden fallar y en ese momento se buscan otras estrategias para garantizar el tiempo de trabajo que el usuario espera.

Esto conduce a definir de manera general al mantenimiento como: todas aquellas labores que realiza el usuario durante la vida operativa de los equipos o sistemas para lograr que estén en estado de funcionamiento o para volverlos a ese estado. El conjunto de estas labores de mantenimiento es conocido como proceso de mantenimiento, en el cual la entrada está representada por el equipo o sistema cuyo funcionamiento debe ser conservado por el usuario y la salida por el equipo o sistema en estado de funcionamiento. (Milano, 2005)

La ingeniería del mantenimiento es la rama de la ingeniería que es responsable de proporcionar los servicios de carácter técnicos requeridos para lograr los siguientes objetivos.

Reducción del periodo en tiempo fuera de servicio, con lo que se logra conseguir alargar el tiempo de funcionamiento

Garantía de la confiabilidad, disponibilidad y seguridad exigidas, esto reduce la probabilidad de presencia de fallas. La rápida recuperación del funcionamiento del sistema una vez que se encuentra en modo de falla. Incrementar la relación beneficio-costos y la productividad de las operaciones. En la ingeniería de mantenimiento recae la responsabilidad de definir los procedimientos, planes, métodos, técnicas, etc. Todos estos orientados a la buena aplicación de planes de mantenimiento aprovechando las oportunidades del presente y del futuro, mediante diferentes estrategias de innovación, actualización y mejoras en todas las áreas técnicas de la organización de mantenimiento.

Uno de los parámetros claves en la gestión del mantenimiento es la disponibilidad. La mayoría de usuarios indican que necesitan la disponibilidad que ofrece el equipo tanto como la seguridad del mismo, no es posible tener un equipo por mucho tiempo de inoperatividad. Hay muchas formas de conseguir esta disponibilidad una por ejemplo es construir equipos altamente confiables que por consiguiente son equipos costosos y difíciles de adquirir.

Otro medio es suministrar equipos que sean fáciles de reparar y rápidamente (esto quiere decir que tengan una alta mantenibilidad).

Por otra parte, cualquier ejecución de cualquier labor de mantenimiento implica un costo, tanto como los recursos que son necesarios y se requieren para garantizar la disponibilidad o también los costos llamados penalizaciones (tiempo de para del equipo que no produce). El tomar en cuenta estos costos ha convertido el área de mantenimiento uno de los mayores centros de costos de las empresas.

Adicionalmente las actividades de mantenimiento generan un riesgo, tanto respecto a la realización incorrecta de una tarea de mantenimiento específica, o la consecuencia que la realización de la tarea acarrea en otro componente del sistema, la posibilidad de inducir un fallo en el sistema mientras se realiza la actividad de mantenimiento.

Los recursos necesarios para la correcta realización de las actividades de mantenimiento pueden dividirse en las siguientes categorías, recursos humanos, materiales y repuestos, herramientas diversas, recursos financieros y tecnológicos. Todos estos recursos permitirán a la organización garantizar una correcta aplicación y ejecución de las actividades de mantenimiento según especificaciones, manuales, sistemas de los equipos bajo su responsabilidad.

Los procesos del mantenimiento, como otros tienen sus propias restricciones, relacionadas con el proceso interno o relacionadas con el entorno. Las restricciones más frecuentes en los procesos de mantenimiento son: presupuesto, tiempo disponible, seguridad y medio ambiente, reglamentos de calidad.

En un proceso de mantenimiento se tiene que tener en cuenta tanto los recursos como las restricciones, a fin de conseguir un óptimo control de unas operaciones, que tienen un gran impacto en la seguridad, calidad, operatividad y disponibilidad del equipo, todas estas decisivas para la conducción competitiva de las operaciones.

El tipo de mantenimiento que se debe aplicar en determinada situación operacional debe ser establecido en función de políticas que consideren el momento en el cual se producen las fallas y el momento de ejecución de la labor de mantenimiento. De acuerdo con esto, se pueden definir las siguientes políticas.

Política basada en las fallas: según esta política, las labores de mantenimiento correctivo se realizan una vez que se genera la falla, es decir, tras la presentación de anomalías en la función o las prestaciones del activo. Por consiguiente, este meto de mantenimiento se puede describir como reparación de averías, después de la falla, o no programado. Por lo general esta política se aplica a componentes cuya falla no repercute en la seguridad y medio ambiente o en el personal.

Política basada en la vida del equipo o sistema: esta política de mantenimiento establece que se deben de realiza tareas de mantenimiento a una frecuencia determinado, en tiempos programados, durante la vida operativa del equipo o sistema. El principal objetivo es prevenir las fallas y sus consecuencias, este método es llamado también política de mantenimiento preventivo.

La razón por la que el mantenimiento se realiza en un tiempo programado es para planificar todas las actividades necesarias y proporcionar todo el apoyo necesario. Las frecuencias donde se tienen que intervenir el equipo o sistema se pueden definir incluso antes de que el equipo o sistema comiencen a trabajar, si el equipo falla antes del tiempo, el usuario debe de realizar trabajos de mantenimiento correctivo.

Esta política de mantenimiento puede aplicarse con efectividad a equipos o sistemas que cumplen algunos de los siguientes requisitos: al realizar la tarea se reduce la probabilidad de producirse fallas en el futuro; el costo de aplicar esta política es sustancialmente menor que el de la política de mantenimiento basado en fallas; la observación de la condición del elemento no es técnicamente factible o es económicamente inaceptable.

Política basada en condición: Tradicionalmente, las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo fueron las favoritas entre los líderes de las industrias, con el pasar del tiempo se dieron cuenta de las limitaciones y reconocieron los inconvenientes. Por tanto, la

necesitada de una estrategia de mantenimiento que garantice seguridad y reduzca costos de mantenimiento ha llevado a un interés creciente en el desarrollo de políticas de mantenimiento alternativas.

El método más indicado es la política basada en la condición, este procedimiento admite que la razón principal para realizar mantenimiento es el cambio en la condición y/o prestaciones, y que la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo debe estar basada en el estado real del equipo o sistema. La inspección es una tarea de mantenimiento basado en la condición, que tiene como resultado un informe sobre la condición en la que se encuentra el elemento.

Antes de que el equipo o sistema se ponga en funcionamiento se puede determinar la frecuencia más adecuada para la inspección. Así, durante la operación del equipo o sistema, las inspecciones se llevan a cabo con intervalos fijos específicos hasta que se alcanza el nivel crítico, en ese momento se realiza el mantenimiento preventivo. Si la falla ocurre entre las inspecciones entonces se realiza un mantenimiento correctivo. (Milano, 2005)

3.2. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Como se ha visto la idea general del mantenimiento está cambiando, este cambio se debe a nuevas tecnologías, mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de las organizaciones.

El mantenimiento también está reaccionando ante las nuevas expectativas. Estas incluyen una gran importancia en la seguridad y el medio ambiente, un conocimiento creciente entre la conexión del mantenimiento y la calidad el producto, generan un aumento en la presión para conseguir una alta disponibilidad de la maquina al mismo tiempo que se controlan los costos incurridos.

Los cambios están poniendo a prueba al límite las actitudes y el conocimiento del personal en todas las ramas de la industria. El personal de mantenimiento desde el técnico hasta el ingeniero genere tienen que adoptar nuevas formas de pensar.

Frente esta avalancha de cambios el personal de mantenimiento está obligado en buscar un nuevo camino, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) o Reliability Centred Maintenance (RCM) transforma la relación entre el personal involucrado, la planta en sí misma y el personal que tiene que hacerla funcionar y mantenerla.

También permite poner en funcionamiento nueva maquinaria a gran velocidad, seguridad y precisión. Los cambios pueden clasificarse bajo los títulos de nuevas expectativas, nueva investigación y nuevas técnicas. (Luis Amendola, 2006)

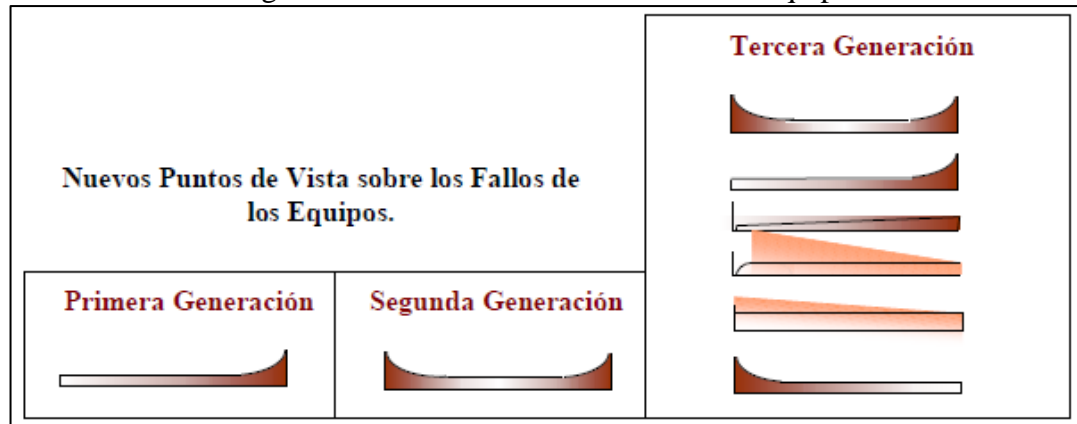
Nuevas expectativas: El crecimiento continuo de la mecanización, significa que las paradas no planificadas tienen un efecto más importante en la producción, coste total y servicio al cliente. Además, los reducidos niveles de stock hacen que pequeñas averías puedan parar toda una planta. Esta consideración está creando grandes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización implica una relación más extensa entre la maquinaria y la calidad del producto. Al mismo tiempo se elevan cada vez más los estándares de calidad

El coste del mantenimiento todavía está en aumento, en términos absolutos y en proporción a los gastos totales. En algunas industrias, es ahora el segundo gasto operativo más alto y en algunos casos incluso el primero. Como resultado de esto, en solo treinta años lo que antes no suponía casi ningún gasto se ha convertido en la prioridad de control de coste más importante

Nueva Investigación: Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva y continua investigación están cambiando nuestra forma de ver el mantenimiento en la industria. (Luis Amendola, 2016)

Figura 33: Punto de vista de los fallos de equipos



Fuente: Modelos mixtos de confiabilidad (2016)

La figura muestra como los fallos en un principio se relacionaban directamente con el envejecimiento de los componentes, en ese momento tienen más probabilidades de fallar, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso durante la Segunda Generación, llegó a la creencia general de la existencia de la “curva de la Bañera”. Sin embargo, un estudio más actualizado de la tercera generación indica que no solo existe un modelo de fallos sino son 06 modelos diferentes.

Nuevas Técnicas: Ha habido un aumento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento. Se cuentan ahora centenares de ellos y surgen cada vez. Estos incluyen

Técnica de “Condition Monitoring”

- Sistema Expertos
- Técnicas de Gestión de Riesgos

- Técnicas de Análisis de Riesgos
- Modos de fallos y Análisis de los efectos

Confiabilidad y Mantenibilidad

El problema al que se enfrenta el personal de mantenimiento en este momento no es al temor de aprender nuevas técnicas, es al decir cuál de ellas es la mejor para su industria, eligiendo la alternativa correcta no solo el mantenimiento es efectivo, también se pueden bajar mucho los costos de mantenimiento. Sin embargo, si se elige mal se crearán más problemas y se harán las grandes los ya existentes. (Luis Amendola, 2016)

3.3. FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO

En términos generales, se puede afirmar que el mantenimiento es realizar cualquier tipo de actividad para garantizar el buen funcionamiento y mantener la producción de modo que cumpla con los requisitos normales de cada proceso (Cesareo Gómez de León, 1998).

Como afirma Cesareo Gómez de León, Tecnología del mantenimiento industrial (1998) que la concreción de esta definición tan amplia dependerá de diversos factores entre los que puede mencionarse el tipo de industria, así como el tamaño, la política de la empresa, las características de la producción, e incluso su emplazamiento. Aun así, las tareas encomendadas al departamento de mantenimiento pueden diferir en diferentes empresas, de esta manera se afirma que las actividades de mantenimiento no serán siempre las mismas.

Dependiendo de estos factores, el campo de acción, las actividades del departamento de mantenimiento pueden ser las siguientes:

- Mantener los equipos e instalaciones en condiciones operativas eficaces y seguras.
- Efectuar un control del estado de los equipos, así como su disponibilidad.

- Realizar los estudios necesarios para reducir el número de averías imprevistas.
- En función de los datos históricos disponibles, efectuar una previsión de los repuestos necesarios
- Invertir en los proyectos de modificación de equipos.
- Llevar a cabo tareas que implican la reparación de los equipos.
- Realizar el seguimiento de los costos de mantenimiento
- Gestión de almacenes
- Gestión de residuos y desechos
- Proveer el adecuado equipamiento al personal de la instalación.

Cualesquiera que sean las responsabilidades asignadas al departamento de mantenimiento, es fundamental tener bien definidas las tareas que se deben de cumplir y quienes deben de cumplir esas tareas. Esto evita que determinadas tareas queden mal definidas, y esto suele llamarse “terreno de nadie”, o, por el contrario, existe superposición de responsabilidades, lo que podría causar en la mayoría de casos conflictos de autoridad. (Cesareo Gómez de León, 1998)

3.4. TIPOS DE MANTENIMIENTO

3.4.1. Clasificación

Aunque podrían establecerse diferentes clasificaciones del mantenimiento, tomando en cuenta diferentes funciones que se atribuyan, las forma en la que son desempeñadas, el mantenimiento tomando en cuenta un enfoque metodológico o filosofía de planeamientos, se enfoca en definir qué acción tomar después de ver en qué estado se encuentren los componentes de los equipos relacionados en la industria, pueden distinguirse los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento productivo total

Ninguno de estos tipos se utiliza de forma exclusiva, con forma avanza la tecnología los equipos necesitan una correcta practica y adecuada combinación de los tipos de mantenimiento mencionados anteriores, lo que se llama mantenimiento planificado. Esto consiste en definitiva en efectuar una correcta selección del tipo de mantenimiento que se aplicara dependiendo de las necesidades de la producción y de la planta. (Cesareo Gómez de León, 1998)

3.4.2. Mantenimiento Correctivo

En este tipo de mantenimiento, que también es llamado mantenimiento “a rotura” solo se realiza la intervención de los equipos después de que estos fallen. Se trata entonces de una acción pasiva, frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera de que se presenten los fallos.

A pesar de que su descripción indica una atención despreocupada de los equipos, este tipo de mantenimiento es el más utilizado en gran cantidad de las industrias, en muchas ocasiones este mantenimiento es justificado, en especial en las industrias donde se tiene un bajo costo de los componentes afectados para la reposición de los mismos, además que los equipos son únicamente de carácter auxiliar y no afectan directamente a la producción.

Cuando la falla de los componentes de los equipos no tiene que ver directamente con equipos que se encuentran en la producción, ni siquiera afectan la capacidad productiva de forma instantánea la reparación del componente se puede realizar sin perjudicar a la producción misma.

Por tal motivo los gastos que son directamente relacionados con la reparación de estos son inferiores con los gastos que son asumidos por implementar otro tipo de mantenimiento.

En este sentido, se tiene que hablar de que existen muchas empresas donde se invierte mucho en el departamento de mantenimiento y disponen de sofisticados planes de mantenimiento, pero al mismo tiempo hay equipos que son sometidos exclusivamente este tipo de mantenimiento.

Esta filosofía de mantenimiento no necesita ninguna planificación previa, por tal motivo no se requiere de una organización de tareas. En este caso puede conjugarse sistemáticamente con un entretenimiento de los equipos (limpieza y engrase generalmente) y con una cierta previsión de cambio de componentes que generalmente son cambiados y requieren ser cambiados. Sin embargo, adoptar este tipo de mantenimiento viene con asumir algunos riesgos, entre los que podemos citar:

- Las averías se presentan de forma imprevista, lo cual puede generar problemas diferentes en la industria, pérdida de tiempo, reposición del equipo o cambio de tarea, hasta la pérdida de producción, en tanto no se repare o sustituya el equipo.
- Las averías al ser imprevistas, suelen ser graves para los equipos lo que puede resultar en reparaciones muy costosas
- Las averías
- Por tratarse de averías imprevistas, estas pueden venir acompañadas de algún siniestro, que puede tener consecuencias muy negativas para la seguridad y el medio ambiente. (Cesareo Gómez de León, 1998)

3.4.3. Mantenimiento Preventivo

Como ya es de conocimiento la finalidad del mantenimiento es garantizar la disponibilidad de los equipos e instalaciones industriales, para obtener un óptimo rendimiento sobre la inversión total, ya sea de los equipos, personal y recursos involucrados en el mantenimiento de los mismos.

El mantenimiento preventivo es un paso muy importante para este fin, ya que busca disminuir o evitar en cierta medida la reparación imprevista, mediante inspecciones planeadas y cambio de componentes programados por estar deteriorados con el funcionamiento, a esto se le conoce como “las tres erres del mantenimiento”. Si la segunda y la tercera no se realizan, la primera es inevitable.

En las inspecciones se realiza el desmontaje total o parcial de la maquina con el fin de revisar el estado de los componentes, reemplazar aquellos que se considere oportuno luego del examen visual realizado. Otros elementos son sustituidos sistemáticamente en cada inspección, tomando como referencia la cantidad de ciclos de trabajo o referencia al tiempo de funcionamiento del equipo.

El éxito de este mantenimiento depende directamente de la correcta elección del periodo de inspección. Un periodo muy largo conlleva a tener posibles fallas entre dos inspecciones consecutivas, en tanto que inspecciones en un periodo muy corto tendrán efecto directo sobre la caída de producción. El equilibrio se encuentra como solución entre los costes de la inspección y los derivados de la reparación de las averías imprevistas. Si bien los primeros pueden ser fácilmente determinados, el segundo no tan fácil es por eso que los periodos de inspección son básicamente dados en base a la experiencia.

El gran inconveniente de esta aplicación es el coste que implica la inspección del equipo. El desmontaje y revisión de la maquina además de la sustitución de los elementos (grasa, aceites, rodamientos) y que no se encuentren en mal estado. De igual manera sea cual sea el periodo de inspección este no elimina por completo la posibilidad de que una falla ocurra entre dos inspecciones, elegir un periodo más corto reduce la posibilidad de una avería imprevista.

Un tipo de mantenimiento que también puede considerarse preventivo es aquel, que sin llegar al desmontaje de los equipos realiza el llamado “entretenimiento de equipos” cambio de lubricantes, limpieza, engrase y sustitución periódica de elementos vitales del equipo, etc. Aunque a todos los aspectos se les llama mantenimiento preventivo, también es conocido como mantenimiento rutinario.

3.4.4. Mantenimiento Predictivo

Es conocido como mantenimiento según estado o según condición, surge como una respuesta inmediata para reducir los costos de métodos tradicionales preventivo y correctivo de mantenimiento. La idea básica de esta filosofía de mantenimiento parte del conocimiento del estado del equipo. De esta manera es posible, de alguna manera, reemplazar los elementos cuando realmente no se encuentren en condiciones buenas y comprometan las condiciones operativas, suprimiendo de esta manera las paradas de inspección innecesarias, por otro lado, evitan las paradas imprevistas, mediante la detección de cualquier anomalía funcional y se realiza el seguimiento a su posible evolución.

La aplicación de este tipo de mantenimiento tiene base en dos pilares fundamentalmente.

- La existencia de parámetros funcionales, indicadores del estado del equipo.
- La vigilancia permanente de los equipos

La mayoría de componentes por no decir todos los componentes de máquinas avisan de alguna manera de su fallo antes de que este ocurra (Patton, 1983). Por lo tanto, si mediante el seguimiento de los parámetros funcionales adecuados es posible detectar prematuramente el fallo de algún componente de la máquina, se podrán asegurar el correcto funcionamiento de la misma, observar su evolución y predecir la vida residual de sus componentes (Martinez, 1985). El conjunto de técnicas que se encarga de la correcta evaluación y detección de fallas se llama Técnicas de Verificación Mecánica.

Según Félix Gómez de León Tecnología del mantenimiento industrial (1998), entre las ventajas más importantes de implantar este tipo de mantenimiento, se tienen las siguientes.

- Detectar e identificar anticipadamente los posibles fallos que pidieran aparecer sin necesidad de parar y desmontar nada.
- Identificar aquellos defectos que solo se manifiestan en el funcionamiento del equipo.
- Seguir la evolución del defecto hasta que se estime que es peligroso.
- Elaborar un historial de funcionamiento de la maquina a través de la evolución de sus parámetros y su relación con cualquier evento significativo.
- Programar la parada para poder corregir el defecto, haciéndola coincidir con algún tiempo muerto o parada programada del proceso de producción.
- Programar el suministro de mano de obra y repuestos.
- Reducir de manera significativa el tiempo de reparación ya que antes fue detectada la falla y la causa de la misma.
- Aislar las fallas de posibles fallos repetitivos y procurar su erradicación

- Proporcionar criterios para una selección satisfactoria de las mejores condiciones de operación de la máquina
- Aumentar la seguridad de funcionamiento de la máquina, y en general de toda la instalación.

Sin embargo, una cosa es lo que predica la filosofía del mantenimiento predictivo, y otra es como llegar a poner en práctica y obtener buenos resultados. La dificultad que se tiene para aplicar esta filosofía proviene de los mismos principios en los que se basa:

- En primer lugar, no existe ningún parámetro funcional, ni conjunto de ellos que nos indiquen exactamente el estado de la máquina, indicando de forma inmediata, mediante la aparición de signos identificadores, la presencia de un defecto y además de todos los defectos.
- En segundo lugar, no es posible una vigilancia continua de todos los parámetros de todos los parámetros funcionales significativos para todos los equipos de una instalación. En la realidad la cantidad de parámetros que se tienen que analizar deben de ser controladas al igual que la cantidad de equipos que son analizados, solo se deben de considerar los equipos más críticos o componentes de alta criticidad.

Como consecuencia de las limitaciones expuestas anteriormente pueden presentarse los siguientes inconvenientes:

- Que el defecto se produzca en el intervalo de tiempo comprendido entre las inspecciones
- Que un defecto no sea identificado con la medición de parámetros ingresados al programa
- Que aun siendo identificado un defecto, este no sea diagnosticado correctamente o en toda su gravedad.

- Que aun así se determinara el fallo correctamente, no pueda realizarse la parada oportuna, y sea preciso esperar a que ocurra el fallo. (Cesareo Gómez de León, 1998)

3.4.5. Mantenimiento Productivo Total

Su definición surge y se define en Japón con un enfoque muy cercano a lo que es la calidad del producto total, y estudios de rendimiento, lo cierto es que con el pasar del tiempo su difusión ha ido cambiando la idea original hasta el punto donde no se tiene clara una definición precisa para este tipo de mantenimiento.

En cualquier caso, con el Mantenimiento Productivo Total (MPT), se intenta recoger y aplicar todas las tendencias más recientes en cuanto a planificación se trata de todas las tareas de mantenimiento, incluyendo las diferentes técnicas utilizadas y su gestión, la correcta administración del mantenimiento, el control de los distintos índices asociados al funcionamiento de los equipos e instalaciones, la calidad de producción y finalmente, su recuperación o repercusión en la economía de la empresa. Por tal motivo esta filosofía de mantenimiento incluye de manera integra a todos los niveles de producción, con una estructura que parte desde el gerente hasta el operador y a las actuaciones específicas de cada máquina y componente de las instalaciones.

Mediante el MPT se intenta, pues, abarcar una visión más amplia del mantenimiento, que puedan ayudar en todos los aspectos de utilización de los equipos e instalaciones y de esta manera tener una mejor capacidad de producción.

3.5. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

La historia del AMFE fue aplicada por primera vez en la industria aéreo espacial en la década de los 60 en Estados Unidos.

Inclusive adoptó una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 denominada “Métodos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad”. En los 70 lo empezó a utilizar Ford, difundiéndose más tarde al resto de productores de automóviles. En la actualidad es una metodología básica de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado apropiadamente a otros sectores. Esta metodología también puede limitarse con la denominación de Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad (AMFEC), al incluir de manera destacable y más precisa la gravedad de las consecuencias de los fallos.

No obstante, AMFE se adapta fundamentalmente para analizar un producto o proceso en fase de diseño, este método es útil para cualquier tipo de situación o proceso.

El objetivo del AMFE consiste en regular el estudio de un producto o proceso, determinar los puntos de fallo potenciales, y fabricar planes de acción para batallar los perjuicios, el procedimiento como se observa, es dirigido a otros métodos resumidos empleados en precaución de riesgos laborales. Esta metodología dispone criterios de clasificación tales como: criticidad o severidad, probabilidad ocurrencia y no detectabilidad que también son propios de la seguridad en el trabajo, como la posibilidad de ocurrencia de los fallos o hechos indeseados detectados, la gravedad o la criticidad de sus consecuencias. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2004).

Doménech Roldan dice que el AMFE es: una metodología de prevención conducida hacia la obtención del aseguramiento de la Calidad, que permite determinar mediante un análisis sistemático, desde la fase de diseño de un servicio, proceso o producto, la probabilidad de ocurrencia de fallos, la posibilidad de la detección y la severidad del mismo, el método AMFE es uno de los más empleados para estructurar la experiencia y el conocimiento colectivo, asimismo del cuidado del área de diseño, con objeto de garantizar que los nuevos diseños se elaboran bien, desde el inicio, o al menos con respecto a la generación anterior, mejoran. (José Domenech, 2014).

3.5.1. Tipos de AMFE

La metodología AMFE considera dos tipos:

- AMFEC de Diseño: “Se basa en el análisis preventivo de los diseños, buscando anticiparse a los problemas y necesidades de los mismos, es el pasado previo lógico del AMFEC de proceso porque se procura mejorar el diseño, para evitar fallos posteriores en la producción”.
- AMFEC de proceso: Es el “Análisis de modos de fallos y efectos potenciales de un proceso de producción, para garantizar su calidad de funcionamiento, en cuanto dependa de él, la confiabilidad de las funciones del producto demandados por el cliente.

Además, se indica que entre el AMFE de proceso y diseño existe una correlación: los AMFE de diseño y proceso siguen uno al otro en una sucesión lógica. Mientras que el AMFE de diseño puede haber determinado una imperfección del proceso, la causa de un modo de fallo particular de un componente o equipo, este defecto es agrupado por el AMFE de proceso como modo de fallo de proceso, siendo analizada minuciosamente con el fin de encontrar por qué puede fallar el proceso. (Libería Hor Dago, 2010).

3.5.2. Objetivos del AMFE

- Satisfacer al cliente
 - Incluir en las empresas la filosofía de la prevención
 - Reconocer los modos de fallo que tienen como importantes consecuencias distintos criterios: seguridad, disponibilidad, etc.
 - Requerir los modos de fallo, los medios y procedimientos de detección.
 - Aprobar acciones correctoras recomendadas y/o preventivas, de forma que se eliminen las causas de fallo del producto, en proceso o diseño.
 - Valorar la eficacia de las acciones tomadas y ayudar a documentar el proceso.
- (Libería Hor Dago, 2010)

3.5.3. Beneficios del AMFE

Según Kenneth un AMFE bien desarrollado logra los siguientes benéficos:

- Mejora de la confiabilidad.
- Mejora en la calidad del servicio o producto.
- Aumento en la satisfacción del cliente.
- Utilización del conocimiento humano para mejorar.
- Énfasis en la prevención de problemas
- Minimización de cambios de última hora.
- Reducción de costos.

3.5.4. Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad

Además de establecer una relación entre sistemas de la maquina o partes y los diferentes modos de fallos AMFEC añade a su evaluación la criticidad de cada fallo, es decir indica una estructura las consecuencias de los fallos y de la importancia de cada uno.

El AMFE podría ampliarse introduciendo una investigación sobre el grado de importancia de las consecuencias de los fallos, la posibilidad de detectabilidad y ocurrencia, transformándose entonces en un análisis de modos de fallos, efectos y criticidad (AMFEC). Para este tipo de análisis pueda llevarse a cabo, deben establecerse las especificaciones del producto o proceso. El AMFEC identifica los puntos en que la adaptación de las acciones preventivas adicionales resulta adecuada para reducir el riesgo. (Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad, 2008)

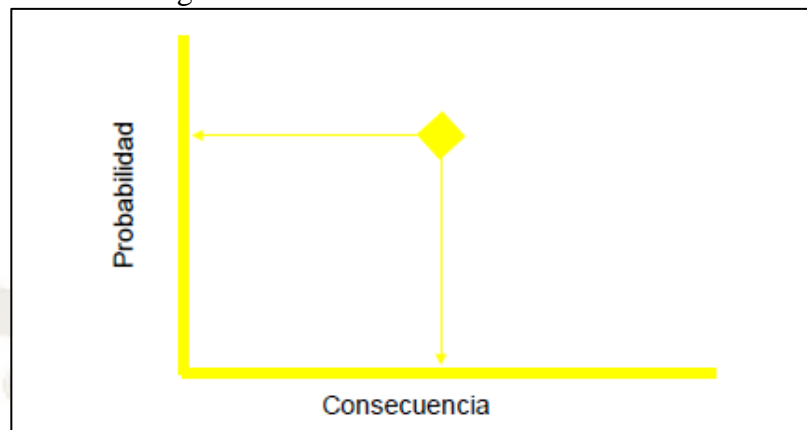
3.6. RIESGO

3.6.1. Definición Del Riesgo

Según Edgar Meneses Inspeccion basada en el riesgo IBR-API 580 (2010) El riesgo es definido como el producto entre dos factores:

- La probabilidad de que ocurra una falla, que generalmente es expresada como frecuencia, numero de eventos que ocurren en un determinado tiempo
- La consecuencia de una falla

Figura 34: Probabilidad vs Consecuencia

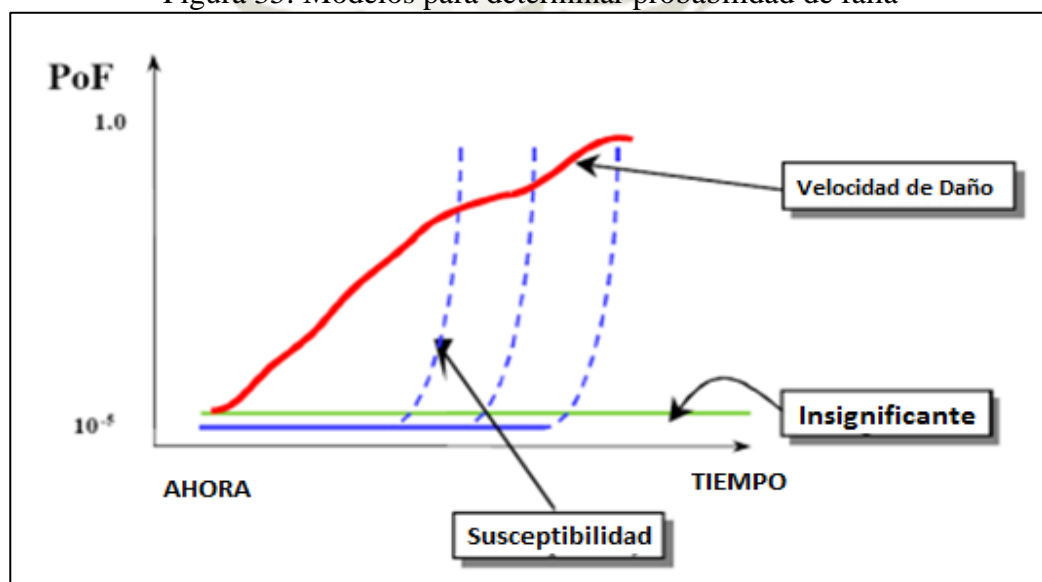


Fuente: Gestión de Proyectos de Activos Industriales (2006)

Probabilidad de una Falla (PoF): La PoF está definida por la degradación del componente y su resistencia a cumplir con su requerimiento de diseño. También es conocido comúnmente como probabilidad anual

La probabilidad de fallo cuenta con los siguientes modelos para ser determinado: Modelos basados en velocidad de daño, modelos basados en susceptibilidad de daño, modelos basados en daño insignificante (Edgar Meneses, 2010).

Figura 35: Modelos para determinar probabilidad de falla

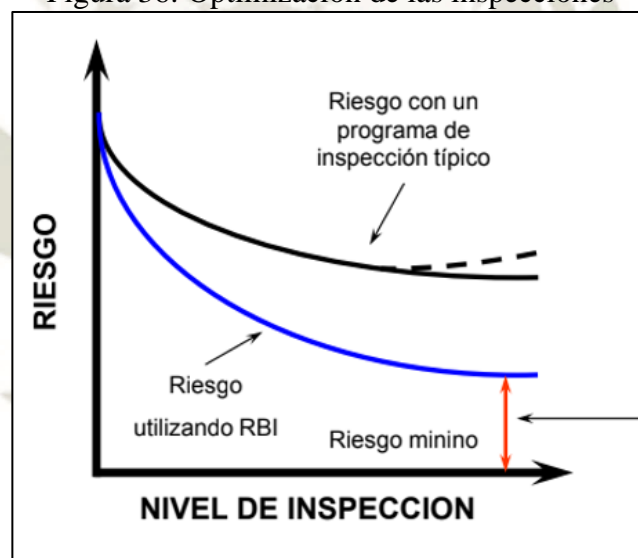


Fuente: API RP 581 Inspección Basada en el Riesgo (2008)

Consecuencias de una falla (CoF): El IBR considera principalmente las fallas que llevan una pérdida de contención. La falla puede provocar las siguientes consecuencias en la seguridad, medio ambiente, rentabilidad y confiabilidad

El riesgo no puede ser reducido a cero, aun así, se tenga una estrategia de inspección bien definida, redoblando esfuerzos en la inspección y mitigación. Existe un riesgo mínimo el cual contiene: Errores humanos, desastres naturales, eventos extremos, efectos secundarios de unidades cercanas, sabotaje, limitaciones de los métodos, errores en el diseño ,mecanismos que se degradan y son desconocidos y un abuso de la inspección puede incrementar el riesgo.

Figura 36: Optimización de las inspecciones



Fuente: API 581 Inspección Basada en el Riesgo (2008)

3.6.2. Niveles de análisis según API 581

- Nivel I: Son herramientas de monitoreo que rápidamente identifican y resaltan un equipo de alto riesgo y que los usuarios requieren evaluar con mayor detenimiento y detalle.

- Nivel II: Es el punto medio entre el nivel I y el nivel III proporciona la mayoría de insumos para realizar un análisis de nivel III, pero tiene menos elementos (datos) de entrada que los que se necesitan en el nivel III.
- Nivel III: Es el acercamiento cuantitativo al IBR (Edgar Meneses, 2010).

Figura 37: Análisis de comparación de niveles IBR

	I	II	III
Nivel de definición	Cualitativo	Cuantitativo	Cuantitativo
Entradas de proceso	Rangos	Número actual	Número actual
Mecanismo de daño	Susceptibilidad alta, media y baja	Factor de daño rango 1 - 5000	Factor de daño Rango 1 -5000
Riesgo de seguridad	Matriz de localizacion 5x5	Área de consecuencia, Factor de daño, Matriz de 5x5	Área de consecuencia, Frecuencia de fallo, Riesgo cuantificado
Riesgo financiero	Solo interrupcion del negocio	N/A	Seguridad, producción, ambiental

Fuente: Gestión de Proyectos de Activos Industriales (2006)

CAPITULO IV

4. METODOLOGÍA DE APLICACIÓN METODO AMFEC AL TRACTOR D6T

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

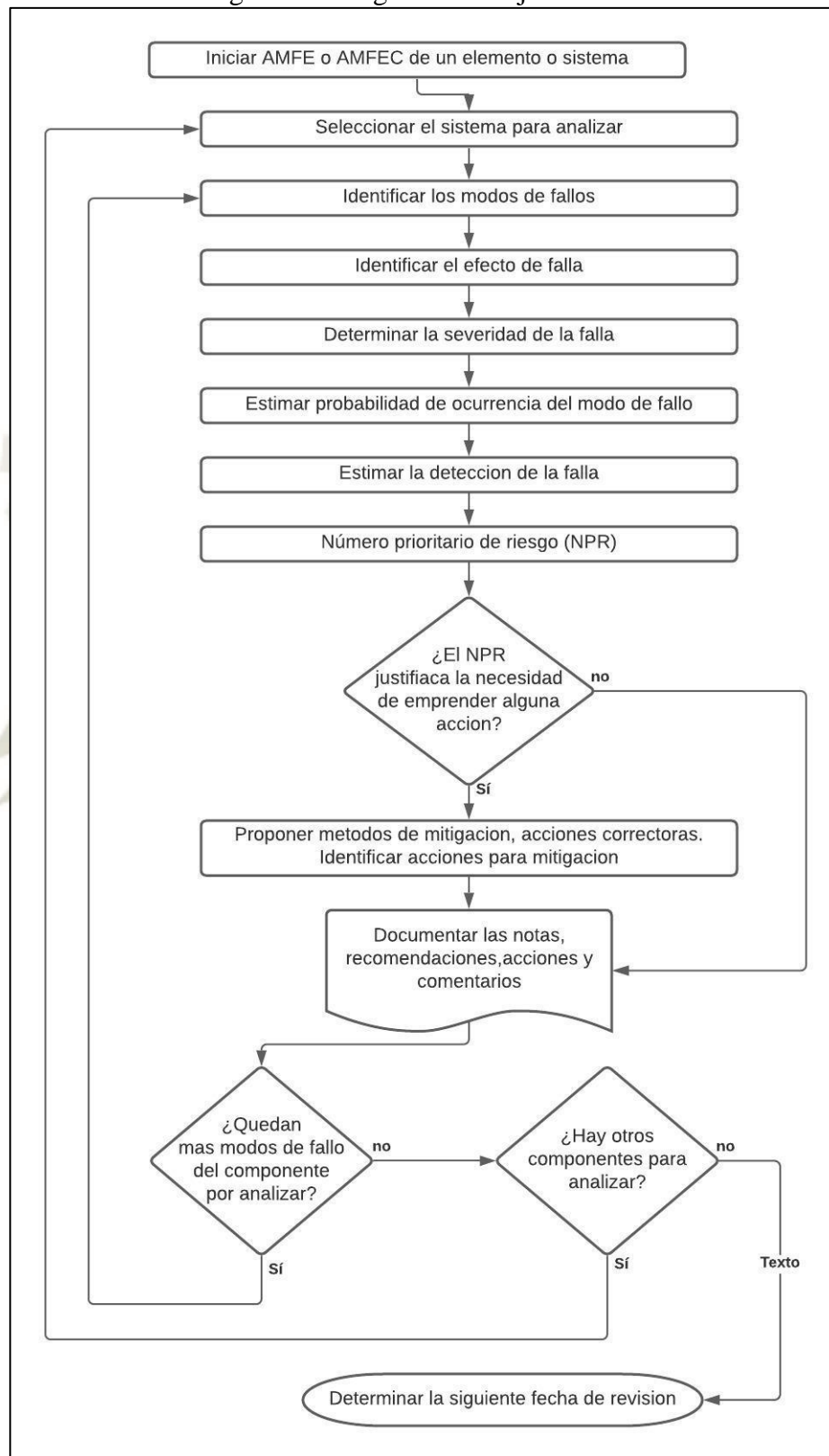
Tradicionalmente ha habido muchas variaciones sobre la forma en la que se realiza y se presenta el AMFE. El análisis se realiza normalmente identificando los modos de fallo, sus respectivas causas y los efectos inmediatos y finales. Todo resultado analítico puede presentarse en una hoja de trabajo que contenga un núcleo de información esencial para el sistema completo. Se muestra las formas en la que el sistema podría llegar a fallar potencialmente, los componentes y sus modos de fallo, que podría ser el causante del fallo y las causas de ocurrencia de cada modo de fallo individual.

Una vez que se crea un AMFE detallado para un diseño, puede actualizarse y mejorarse para las sucesivas generaciones de ese diseño, lo que constituye un esfuerzo significativamente menor que el de realizar un análisis completamente nuevo. (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008)

Se considera el AMFE como un método para identificar la severidad de modos de fallo potenciales y proporcionar información para tomar medidas que reduzcan el riesgo. Sin embargo, en algunas aplicaciones, el AMFE incluye también una estimación de la probabilidad de ocurrencia de los modos de fallo. Esto mejora el análisis proporcionando una medida de la probabilidad del modo de fallo.

El diagrama de flujo dado en la figura 38 muestra cómo se lleva el análisis.

Figura 38: Diagrama de flujo AMFEC



Fuente: Procedimiento de análisis de los modos de fallo y sus efectos (2008)

4.2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

4.2.1. Definición de los límites del sistema para el análisis

Al hablar del límite del sistema nos referimos a la interfaz física y funcional entre el sistema y su entorno, esto incluye otros sistemas con los que interactúan. La definición del límite del sistema para el análisis debería corresponder con el límite definido para el diseño y el mantenimiento. Esto debería aplicarse a cualquier nivel en un sistema. Deberían definirse explícitamente los sistemas o los componentes que están fuera de los límites para su exclusión.

La definición de límite del sistema estará, probablemente, más influenciada por el diseño, el uso previsto, el origen del suministro, o criterios comerciales. Sin embargo, cuando sea posible, es preferible definir los límites para facilitar el AMFE del sistema y su integración con otros estudios relacionados en el programa. Especialmente si el sistema es funcionalmente complejo con múltiples interconexiones entre elementos dentro de los límites y múltiples salidas que atraviesan el límite. En estos casos podría resultar ventajoso definir un límite de estudio desde el punto de vista funcional en lugar de hacerlo desde el punto de vista del hardware y del software para limitar el número de conexiones de entrada y salida con otros sistemas. (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008).

4.2.2. Niveles de análisis

Es importante determinar el nivel de subdivisión del sistema que se usará para el análisis. Por ejemplo, los sistemas pueden descomponerse por funciones o en subsistemas, unidades reemplazables, o componentes individuales como se muestra en la figura 39. Las reglas básicas para seleccionar niveles de subdivisión del sistema para el análisis dependen de los resultados deseados y de la disponibilidad de información de diseño.

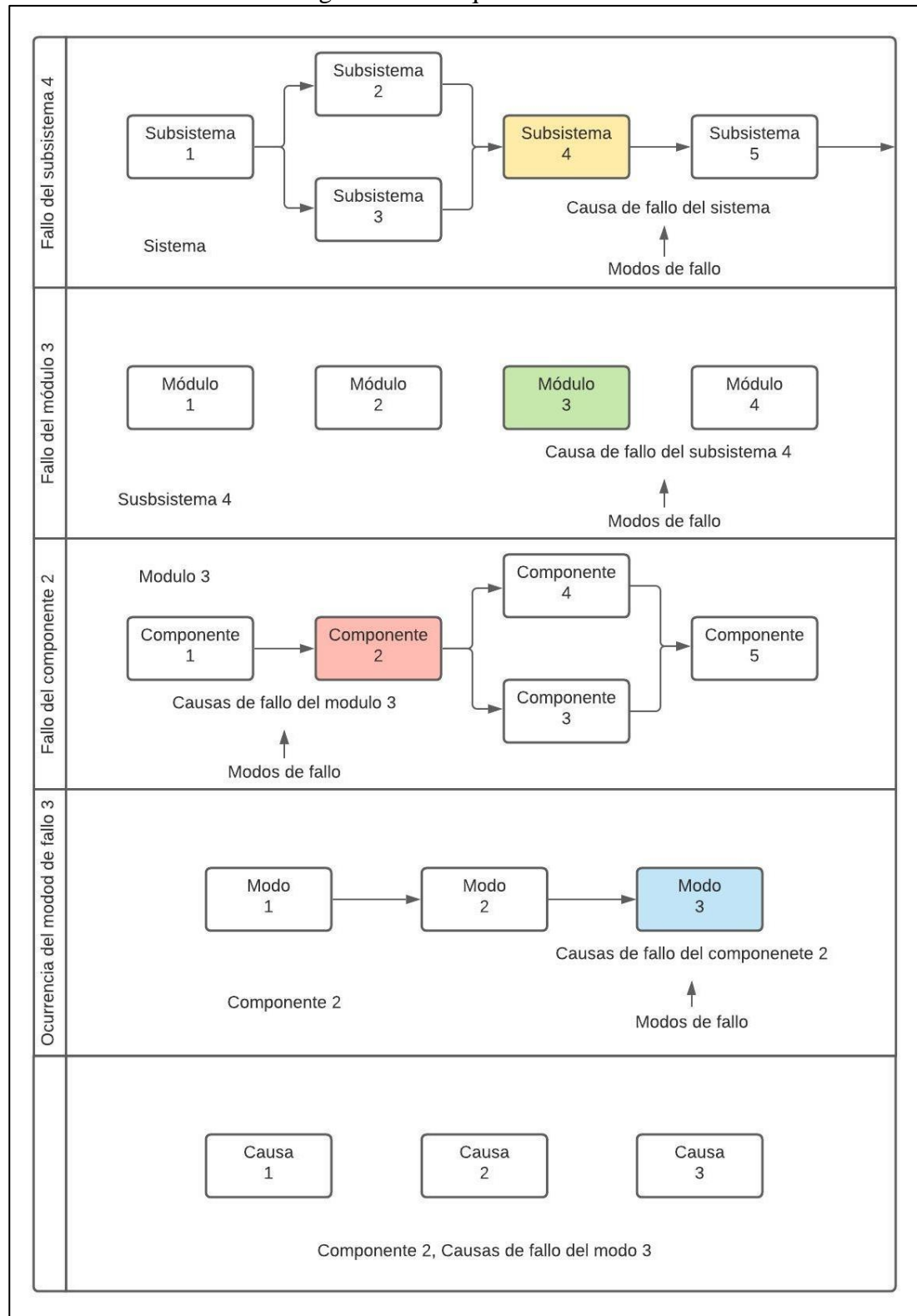
Considerar las siguientes pautas que son muy útiles.

- Seleccionar el nivel más alto dentro del sistema a partir de la concepción del diseño y de los requisitos de salida especificados.
- El nivel más bajo dentro del sistema en el que el análisis es eficaz, es aquel para el que se dispone de información para establecer la definición y la descripción de funciones. Puede justificarse un análisis menos detallado para un sistema basado en un diseño maduro.
- El mantenimiento especificado o previsto y el nivel de reparación pueden ser una valiosa guía para determinar los niveles más bajos del sistema.

En el AMFE, las definiciones de modos de fallo, causas de fallo y los efectos de los fallos dependen del nivel de análisis y de los criterios de fallo del sistema. A medida que avanza el análisis, los efectos de los fallos identificados en un nivel inferior pueden convertirse en modos de fallo de un nivel superior. Los modos de fallo de un nivel inferior pueden convertirse en las causas de fallo de un nivel superior y así sucesivamente. (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008).

Cuando se dispone un sistema a nivel de sus elementos, los efectos de una o más de las causas de los modos de falla constituyen a un modo de fallo que a su vez es una causa del efecto a nivel superior. El fallo de un componente es entonces la causa de un fallo del módulo, que en sí mismo es una causa de un fallo del subsistema. El efecto de una causa a un nivel del sistema se convierte en una causa de otro efecto a un nivel superior. El razonamiento anterior se muestra en la figura 39.

Figura 39: Jerarquía del sistema



Fuente: Procedimiento de análisis de los modos de fallo y sus efectos (2008)

4.3. METODOLOGIA PARA SU IMPLEMENTACION

4.3.1. Modo de fallo

Un modo de fallo es la capacidad que pierde un activo para desempeñar su función, usando otras palabras es la forma en la que un activo falla. A cada uno de los modos de falla se le asigna una acción de prevención o mitigación, dentro del proceso de la identificación y administración del riesgo estos procesos pueden ser orientados a fallas por factor humano, desviación en los procesos, falla del material. O como en este caso la tarea del AMFEC es identificar los modos de fallos y asignarles tareas de mantenimiento.

El funcionamiento correcto bajo sus parámetros de diseño está involucrado directamente con el desempeño óptimo y correcto funcionamiento de cada una de las partes. La clave de esta metodología para tener una excelente evaluación del sistema o equipo es identificar los elementos críticos. Se puede mejorar enormemente los procedimientos, para identificar los modos de falla teniendo en cuenta los siguientes fallos anticipados: El uso del sistema, elemento concreto de uso, modo de funcionamiento, especificaciones de diseño, restricciones temporales, esfuerzos, condiciones ambientales, esfuerzos de operación.

Es importante que se aborde la evaluación de todos y cada uno de los elementos del activo o sistema desde el nivel más bajo, para identificar todas las posibles causas del fallo y de esta manera también identificar sus efectos en la función del activo o sistema. Los proveedores deberían de dar un listado de sus modos de fallo referentes a sus elementos. Para ayudar a esta función puede buscarse datos de modos de fallo típicos en las siguientes áreas:

- Para nuevos elementos, se puede buscar elementos parecidos que cumplan con funciones similares en otros sistemas.

- Para nuevos elementos, el análisis del diseño y funcional dan como resultado los modos de fallo potenciales y sus causas. Es preferible utilizar este método que el descrito anteriormente porque aun así se traten de sistemas similares los esfuerzos y el propio funcionamiento podrían ser diferentes aun con elementos similares.
- Para elementos en uso, pueden consultarte historiales de registro y datas de fallo.
- Pueden deducirse los probables modos de fallo partiendo de los parámetros funcionales propios de cada elemento.

Es importante que no se omitan modos de fallo por carecer de información, falta de datos y que se mejoren las estimaciones iniciales mediante resultados de las pruebas. El AMFE tiene que recoger esas estimaciones.

Es primordial identificar los modos de fallo y, cuando se necesario, determinar las acciones preventivas de garantía de calidad o las acciones de mantenimiento preventivo. Es más importante identificar y, si es posible, atenuar los efectos de los modos de fallo mediante medidas de diseño, que conocer su probabilidad de ocurrencia. Puede ser necesario un análisis de criticidad cuando sea difícil asignar prioridades (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008)

4.3.2. Efecto de falla

Los efectos de falla describen lo que sucedería si no se hace ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detallar la falla. Se trata de describir las consecuencias no deseadas de la falla que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto, proceso o sistema.

Si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves (Bestratén, Orriols, & Mata, 2004)

4.3.3. Severidad

La severidad indica cuan grave es la falla que se identifica en el sistema lo cual es subjetivo dependiendo de la persona que clasifique el daño.

En el cuadro 2 se muestra la jerarquización de la severidad de los modos de falla.

Severidad	Criterio	Valor
Muy bajas repercusiones “No perceptibles”	No es probable que el fallo origine un defecto sobre el sistema.	1
Bajas repercusiones “Apenas perceptibles”	El fallo originaría un pequeño inconveniente al sistema. Es fácilmente subsanable.	2 – 3
Moderada “defectos de relativa importancia”	El fallo causa problemas al sistema.	4 – 6
Alta	El fallo puede ser crítico e inutilizar el sistema.	7 – 8
Muy alta	Fallo muy crítico, que afecta a la seguridad del sistema y funcionamiento del mismo.	9 – 10

Cuadro 2: Jerarquización de la severidad
Fuente: Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto (2012)

4.3.4. Ocurrencia

La ocurrencia muestra con qué frecuencia se da la falla en el sistema el termino puede tomarse como posibilidad de que ocurra o no una falla. Es por tanto la probabilidad de que una causa de falla se produzca y de lugar al modo de falla. En el cuadro 3 se muestra la jerarquización de ocurrencia de los modos de falla.

Ocurrencia	Criterio	Valor
Muy baja o improbable	El fallo tiene una baja probabilidad de que suceda.	1
Baja	El fallo es poco probable que suceda.	2 – 3
Moderada	El fallo aparece de forma ocasional.	4 – 5
Alta	El fallo se presenta con cierta frecuencia.	6 – 8
Muy alta	El fallo es casi inevitable. Es muy probable que el fallo se produzca con mucha frecuencia.	9 – 10

Cuadro 3: Jerarquización de la ocurrencia

Fuente: Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto 2012

4.3.5. Detección

La detección indica qué tan probable es que sea localizada la falla en el sistema, en caso no pueda ser detectada, es muy probable que esta causa un daño mucho mayor al sistema y en el peor de los casos la detección del mismo. Cuanto más difícil sea detectar, identificar una falla mayores consecuencias puede tener el sistema. En el cuadro 4 se muestra la jerarquización de detección de los modos de falla.

Detección	Criterio	Valor
Muy alta	El defecto es probable que se detecte por medidas de ensayo control previsto.	1
Alta	El defecto es fácilmente detectable.	2 – 3
Mediana	El defecto es detectable.	4 – 6
Pequeña	El defecto es difícil detectarlo con medidas de ensayo y control previstas.	7 – 8
Improbable	El defecto no puede detectarse y casi seguro que el fallo cause inconvenientes en el sistema.	9 – 10

Cuadro 4: Jerarquización detección

Fuente: Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto (2012)

4.3.6. Numero de prioridad del riesgo

En este caso utilizaremos el método Número de Prioridad del Riesgo, NPR es una metodología cuantitativa de la criticidad. El riesgo se evalúa mediante una medida subjetiva de la severidad del efecto y una estimación de la probabilidad de que pueda ocurrir durante un periodo determinado de tiempo. En algunos casos, cuando no se dispone de estas medidas es necesario referirse a una forma más sencilla de un AMFE no numérico.

Algunas aplicaciones de AMFE o AMFEC distinguen el nivel de detección del fallo al sistema. En estas aplicaciones se tiene que utilizar una aplicación adicional a la detección del fallo D, para formar el número de prioridad de riesgo NPR.

$$NPR = S * O * D$$

Donde

- S: Es aquel número no dimensional encargado de simbolizar la severidad, es decir es solo una estimación de la cantidad de veces que aparece un modo de fallo en el sistema o equipo.
- O: se refiere a la probabilidad de que un modo de fallo ocurra en un determinado tiempo
- D: Indica la posibilidad de identificar, detectar un modo de fallo y eliminarlo antes de que este ocurra.

El número de prioridad de riesgo puede utilizarse para priorizar las actividades que requieren se mitigadas de los modos de fallo. Además de la magnitud del número de prioridad de riesgo la decisión para la mitigación tiene que ver directamente con la severidad del modo de fallo,

lo que significa que si existen NPR con modos de fallos iguales se consideran en primer lugar los que tenga alto valor de severidad. Los modos de fallo se orden entonces tomando como referencia el NPR. Diferentes tipos de AMFEC asignan diferentes escalas para los valores de S, O Y D. Algunos van de 1 a 4 o, otros como el AMFEC utiliza del 1 al 10 para los tres atributos. (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008)

Las características de análisis del NPR (Número de prioridad del riesgo).

RPN	
$NPR > 100$	ALTO
$200 > NPR > 25$	MEDIO
$25 > NPR$	BAJO

Cuadro 5: Clasificación de la criticidad

Fuente: UNE 60812 Procedimiento de análisis de los modos de fallo y sus efectos (2008)

CAPITULO V

5. APLICACIÓN METODO AMFEC EN LA DISMINUCIÓN DEL RIESGO FLOTA DE TRACTORES D6T

5.1. INTRODUCCIÓN

La constructora en la que se realizó el estudio Mota Engil Perú S.A. es una empresa de servicios al sector minero y regional, con presencia en países de América Latina y Europa. Esta compañía ha experimentado en nuestro país un rápido incremento en los últimos 10 años debido a la alta demanda en el sector minero y público en sus diferentes cadenas de servicios: Construcción de puertos, presas, represas, puentes, tareas de recrecimiento en presas de relaves, construcción de carreteras, asfalto de carreteras, innovación de métodos constructivos, etc.

Este crecimiento se ve reflejado directamente en la flota de equipos que se va adquiriendo para el año 2020 Mota Engil cuenta con una flota de equipos mayor a las 150 unidades, entre las cuales destacan los tractores, excavadoras, cargadores frontales, rodillos, retroexcavadoras, volquetes, además de tener variedad en plantas como plantas de asfalto, plantas de concreto, plantas de chancado, entre otros.

La compañía soporto su operación con un grupo excepcional de personas las cuales forman parte del departamento de mantenimiento, basando su estrategia en el mantenimiento preventivo y correctivo, pero debido a la multiplicación de la flota y su variedad de equipos, los esfuerzos comenzaron a tornarse sobrehumanos lo que nos lleva a pensar en alternativas diferentes para apoyar a la compañía y que el departamento de mantenimiento pueda soportar la operación con los más altos niveles de disponibilidad y confiabilidad. (Carlos Parra, 2021).

El plan de mantenimiento es el cimiento sobre el cual se construye la disponibilidad y la confiabilidad en todas las plantas de la industria a nivel mundial, definiendo los equipos como

plantas autónomas que se utilizan para realizar un trabajo y/o brindar un servicio. Dentro del proceso de gestión del mantenimiento, específicamente en la etapa de planeación del mantenimiento surge un factor de alto impacto relacionado con el uso de los recursos por lo que se tienen que tomar decisiones que permitan orientar los recursos financieros, humanos y tecnológicos, con el fin de poder desarrollar planes de mantenimiento óptimos. (Carlos Parra, 2021).

Esta situación no se define de manera arbitraria, ya que existen una gran cantidad de factores involucrados que generan una gran cantidad de incertidumbre, por tal motivo, aplicaremos el análisis de los modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) a los tractores de oruga D6T debido a que son los equipos más críticos en la operación Quellaveco, ya que estos equipos están distribuidos en todos los frentes de trabajo participando directamente con actividades críticas como el control de stock piles, corte de terreno para ingreso de unidades, tendido de material CCR para crecimiento de presa. La flota total de la compañía son 24 tractores D6T los cuales están distribuidos en diferentes unidades mineras a nivel nacional, el proyecto Quellaveco cuenta con 10 unidades lo cual representa el 42% de la población, lo que justifica el presente de aplicación del método AMFEC en la disminución del riesgo obteniendo como resultado el plan de mantenimiento para tractores de orugas D6T.

El detalle de los equipos se muestra en la tabla 6.

ITEM	Nombre del Centro Minero	Ubicación	Proyecto	Modelo	Marca	Cantidad
1	Las Bambas	Region Apurimac	Crecimiento de presa de relaves Etapa 5	D6T	CAT	6
2	Antamina	Region Ancash	Construccion de canal C y plataformas	D6T	CAT	2
3	Quellaveo	Reguion Moquegua	Construccion de presa vizcachas y bocatoma titire	D6T	CAT	10
4	Toquepala	Region Tacna	Reparacion de diques 01-02-03 y construccion del dique 04	DT6	CAT	6

Cuadro 6: Ubicación y cantidad de tractores por proyecto
Fuente: Elaboración propia

5.2. DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES DEL SISTEMA

Definir los límites de estudio, tener bien identificado cada uno de los sistemas, subsistemas y componentes que se analizarán es el punto de partida. La definición del límite del sistema estará, probablemente, más influenciada por el diseño, el uso previsto, el origen del suministro, o criterios comerciales, pero en esta ocasión se tomará como referencia los criterios de taxonomía del equipo y el manual de operaciones y mantenimiento para definir y delimitar correctamente los sistemas y subsistemas del tractor. En el gráfico 2 se muestra la división según taxonomía y manual de operaciones realizada para el tractor de orugas D6T.

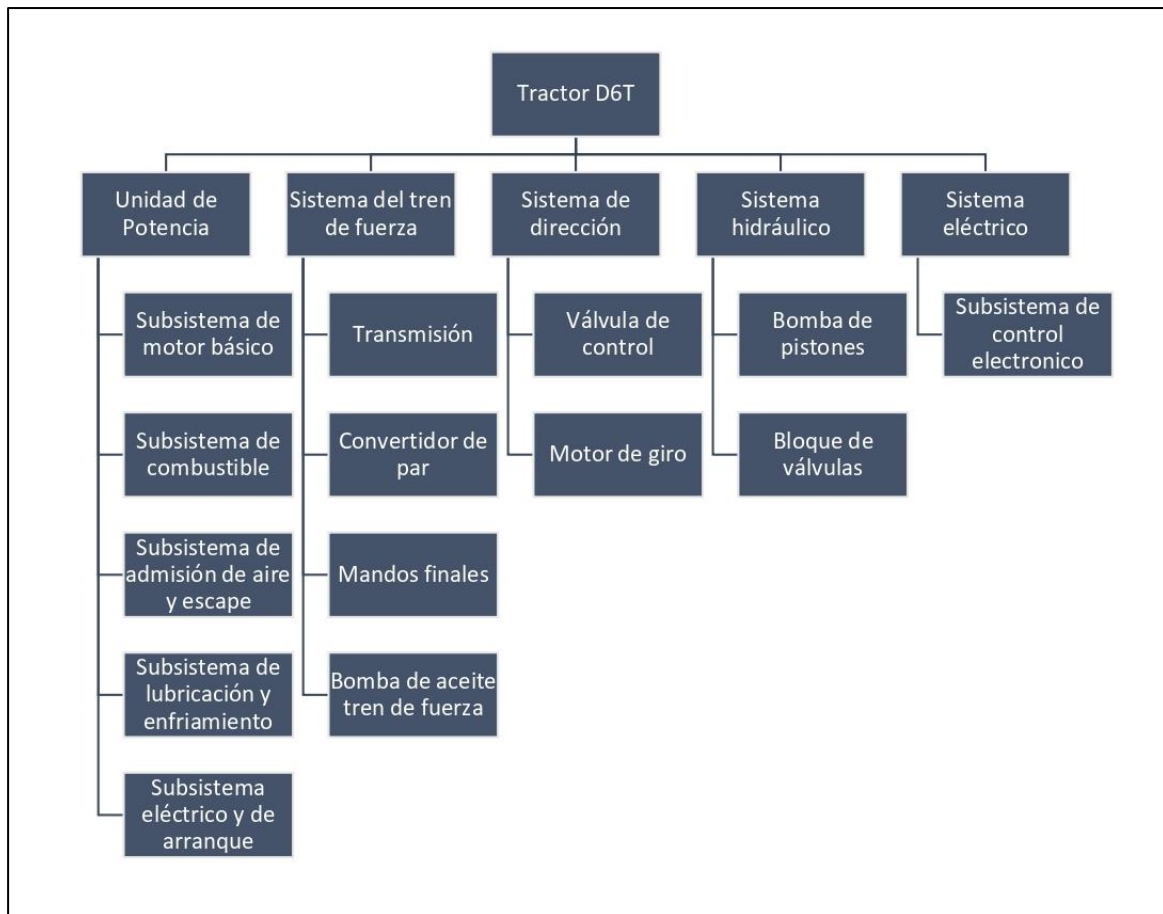


Gráfico 2: Sistemas tractor D6T
Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos los sistemas del equipo, se realiza la división jerárquica de los sistemas para identificar todos los subsistemas, componentes, de esta manera la evaluación es más profunda a continuación se muestran las divisiones jerárquicas de los sistemas en los gráficos 3,4,5,6 y 8.

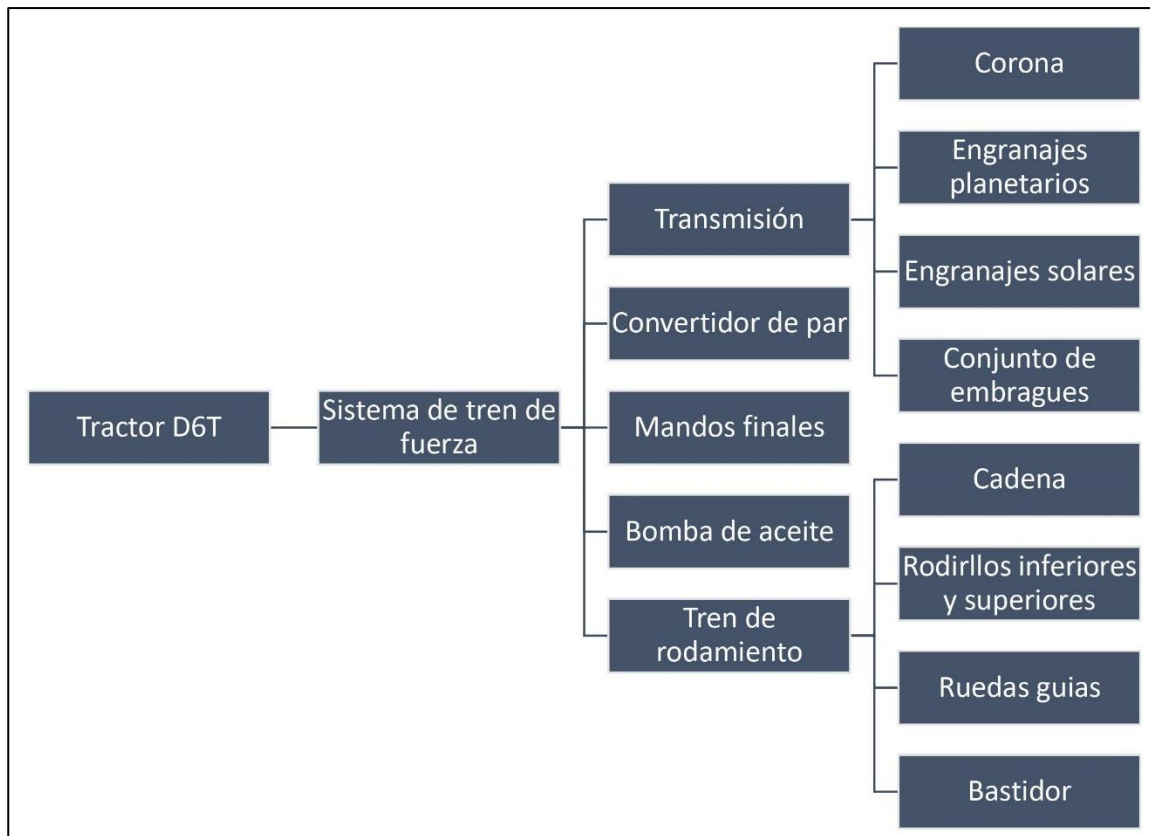


Gráfico 3: Jerarquización Sistema de tren de fuerza
Fuente: Elaboración propia

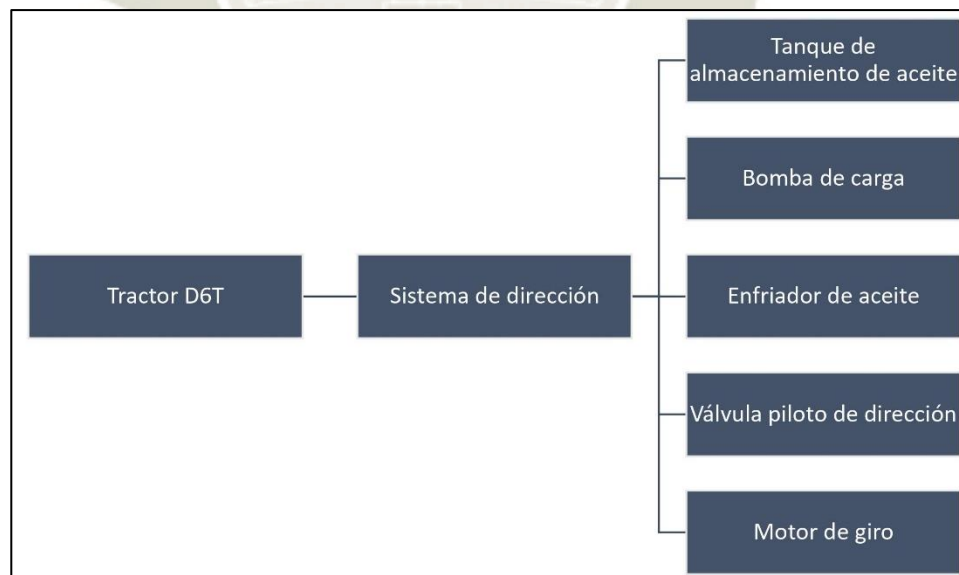


Gráfico 4: Jerarquización sistema de dirección
Fuente: Elaboración propia

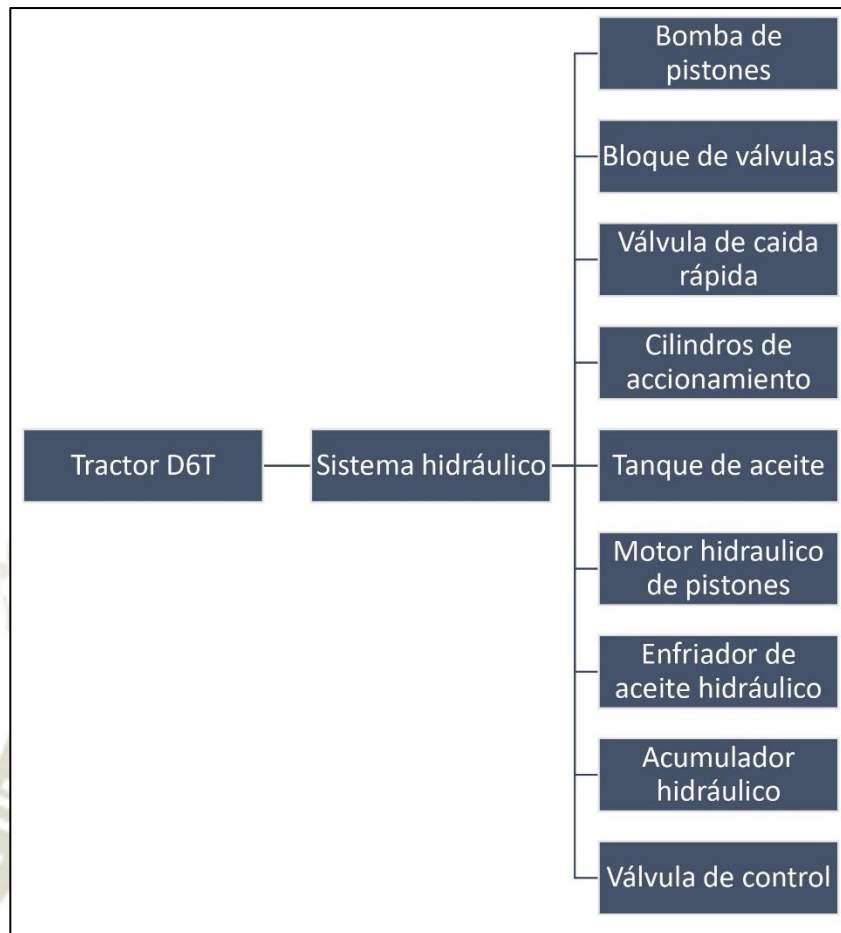


Gráfico 5: Jerarquización del sistema hidráulico
Fuente: Elaboración propia

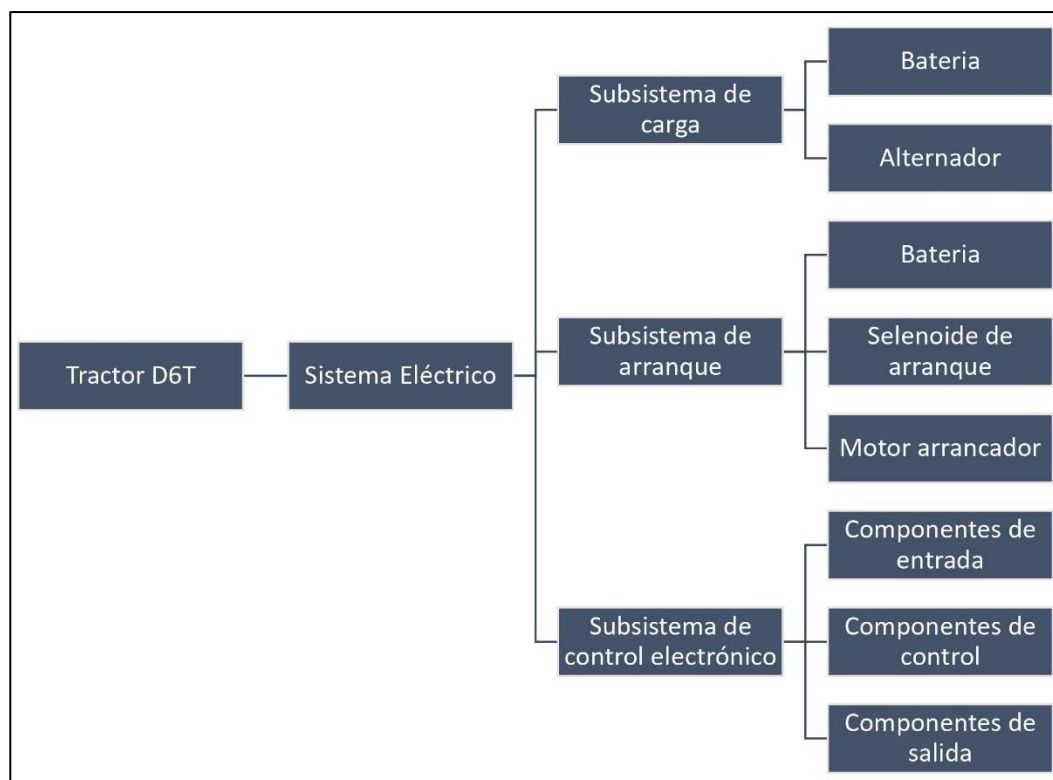


Gráfico 6: Jerarquización sistema eléctrico
Fuente: Elaboración propia

Después de la jerarquización de los sistemas, se realiza el levantamiento de información con todas las fallas de los equipos, esta información es recopilada del historial del equipo, partes diarios de personal de mantenimiento, creación de órdenes de trabajo en sistema SAP y apertura de pedidos de intervención en sistema SIGRE. Gran parte de la información es obtenida del sistema integrado de gestión, pero también se tiene conocimiento que una parte de la información no es reportada por personal de mantenimiento, está perdida no es ocasionada por falta de conocimiento en el trabajo, sino que la falta de capacitación y la falta de un plan de mantenimiento efectivo para la disminución del riesgo ocasionan esta pérdida de información.

Luego del levantamiento y procesamiento de información, se encuentra que en la flota de equipos durante el periodo de 1 año en operación, se lograron identificar 243 intervenciones entre pequeñas, medianas y grandes, enfocarse en todos los sistemas y tratar de resolver los modos de

fallas de todos los sistemas no es más que una pérdida de tiempo y realizar un esfuerzo innecesario, si bien es cierto las 243 fallas representan el 100% de todas las fallas, gracias a la aplicación del método de Pareto nos enfocaremos en lo que realmente es la prioridad dirigiendo toda nuestra atención a los sistemas, subsistemas y componentes que representen la mayor parte de las paradas no planificadas, el método de Pareto se basa en la aplicación del 20% de esfuerzo para conseguir el 80% de resultados, para nuestro caso se da de la siguiente manera.

En el cuadro 7 se muestran la frecuencia de fallas por sistemas evaluados, donde las 243 fallas son el 100% de las paradas, aplicando la regla del 80/20 la unidad de potencia y el sistema hidráulico tienen 120 y 73 intervenciones respectivamente lo que representa el 80% de las intervenciones, realizando el desglose funcional a ambos sistemas, y diseñando un plan de mantenimiento efectivo para prevenir las fallas, se buscara reducir el riesgo de la flota de equipos esto es gracias a que todos los esfuerzos serán enfocados en las prioridades, para de esta manera obtener grandes beneficios.

Sistemas del tractor de orugas caterpillar D6T	Frecuencia de fallas	% Individual de fallas	% Acumulado de fallas	Clasificación	Acumulado de fallas
Unidad de potencia	120	49.38%	49%	A	120
Sistema hidráulico	73	30.04%	79%	A	193
Sistema eléctrico	25	10.29%	90%	B	218
Sistema de tren de fuerza	20	8.23%	98%	B	238
Sistema de dirección	5	2.06%	100%	C	243

Cuadro 7: Fallas por sistema
Fuente: Elaboración propia

Una vez que tenemos claro que sistemas serán analizados aplicaremos la metodología AMFEC, todos los datos que se muestran en el gráfico 7 están registradas en las ordenes de trabajo, pedidos de intervención de la máquina ver anexo 1.

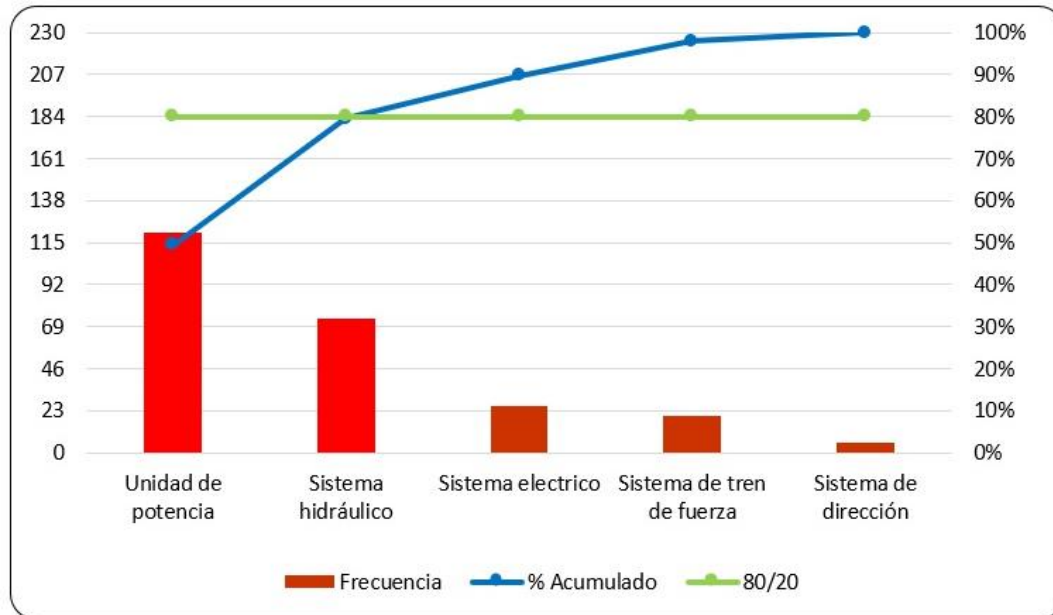


Gráfico 7: Frecuencia de fallas por sistema tractor D6T
Fuente: Elaboración propia

5.3. DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA

La flota de tractores para este proyecto es 10 unidades por lo tanto se buscará aumentar esta disponibilidad, se sabe que la disponibilidad es un numero representado por el porcentaje en el que el ISED quedo disponible para realizar su actividad una expresión muy usada en el calculo de disponibilidad de equipos que son únicamente sometidos a la reparación de fallas es obtenida por la siguiente formula.

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde:

MTBF = Tiempo medio entre fallas; es el tiempo en promedio que se espera que un equipo falle, en otras palabras, se podría decir que es le tiempo entre una falla y la otra.

MTTR = Mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una ve que el equipo quedo inoperativo por una falla.

Considerando la fórmula de disponibilidad en el grafico 8 se muestra el cálculo de disponibilidad de la flota de tractores D6T.

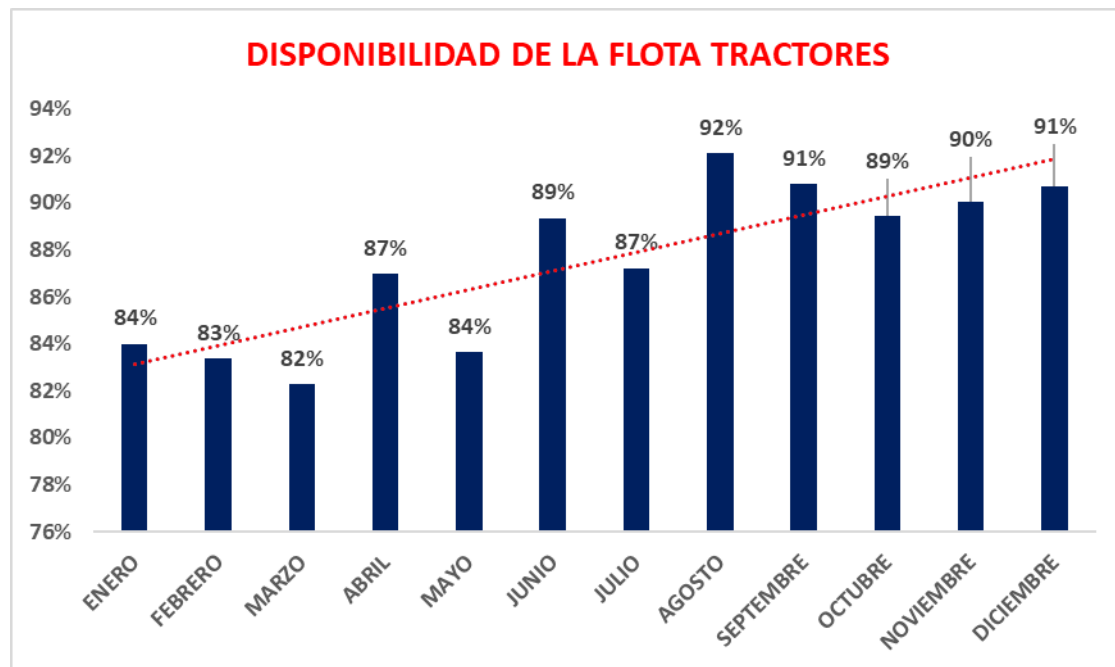


Gráfico 8: Disponibilidad de la flota de tractores
Fuente: Elaboración propia

Obteniendo luego del análisis que la disponibilidad de la flota de tractores es del 87.5% se buscara aumentar dicha disponibilidad aplicando directamente el plan de mantenimiento. El aumentar la disponibilidad de la flota de tractores garantizara que los equipos puedan desempeñar sus actividades sin interrupciones, lo que no retrasara la producción ni el avance del proyecto de esta manera las perdidas de dinero por paradas no planificadas disminuirán notablemente, además de reforzar la confianza en los trabajos del área de mantenimiento de equipos.

5.4. METODOLOGIA IMPLEMENTACION AMFEC

5.4.1. Modo de falla

Para iniciar con la metodología AMFEC es necesario identificar el sistema, subsistemas y componentes en el grafico 8 se muestra la descomposición jerárquica de la unidad de potencia, se tomará como ejemplo el subsistema de combustible.

Es necesario que se describa la función de cada uno de los componentes a identificar, se tomara como ejemplo el inyector unitario, componente que es parte del subsistema de inyección y tiene como función la inyección de combustible en la cámara entre 36MPa y 150MPa. Si la función principal del componente no está bien definida pues entonces no se podrán identificar correctamente los modos de falla, y el análisis será errado.

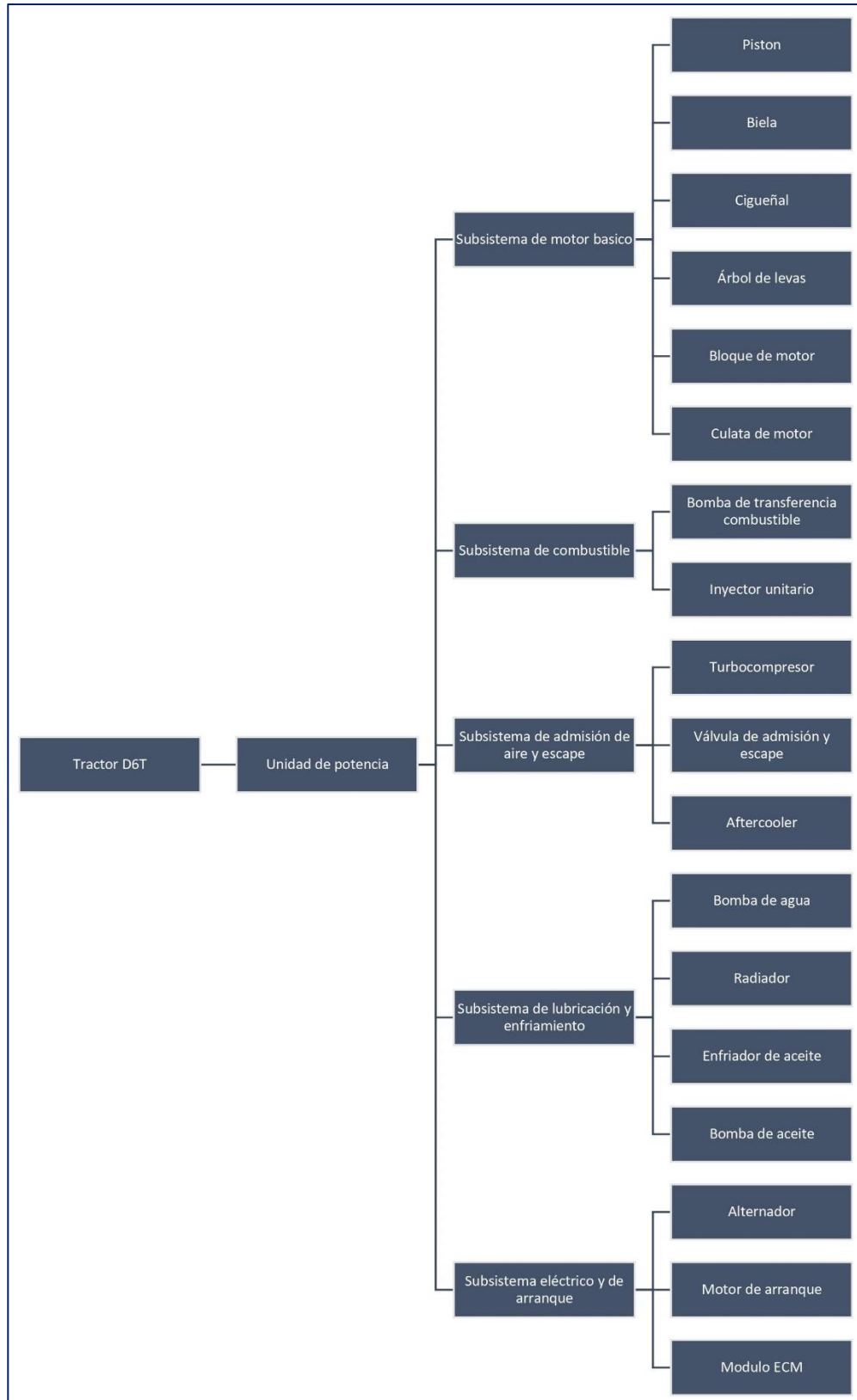


Gráfico 9: Jerarquización de la unidad de potencia

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 8 se muestra la función principal del inyector unitario de combustible, para esa función principal fueron identificados cuatro modos de falla que afectan directamente al funcionamiento, y son los responsables de que esta función no pueda ser cumplidas según las expectativas del cliente o propietario y los estándares de calidad de los proveedores o dealer.

UNIDAD DE POTENCIA			
Subsistemas	Componente	Función que desempeña	Modo de fallo
Sistema de Combustible	Inyector unitario electrónico de accionamiento hidráulico	Utiliza Presión de aceite de motor para inyectar combustible a la cámara entre 36MPa y 150MPa	Inyección menor a 36MPa
			Inyección mayor a 150MPa
			Solenoides no cierran contacto
			Inyección deficiente

Cuadro 8: Modos de falla inyector unitario
Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Efecto de falla

Los efectos de las fallas definidos también como los efectos no deseados de los modos de falla tienen que ser identificados de manera adecuada, este estudio de los efectos de falla fue realizado gracias a la data proporcionada por la empresa Mota Engil Perú S.A. y la experiencia en operación de la flota de tractores, cada modo de falla puede contener más de un efecto de falla y a su vez el mismo efecto de falla puede repetirse en más de un modo de falla. En el cuadro 9 se muestran los efectos de falla para los modos de falla identificados previamente, es de suma importancia que sean identificados todos los efectos de falla la clave de la metodología NPR se basa en llegar hasta la causa raíz de los problemas, si un efecto de falla no es identificado

correctamente no podrá realizarse la evaluación de riesgo y tomarse acciones para reducir este riesgo.

UNIDAD DE POTENCIA				
Subsistema	Componente	Función que desempeña	Modo de fallo	Efectos de los fallos
Subsistema de Combustible	Inyector unitario electrónico de accionamiento hidráulico	Utiliza Presión de aceite de motor para inyectar combustible a la cámara entre 36MPa y 150MPa	Inyección menor a 36MPa	Corto circuito
				Circuito abierto
				Falta de presión de aceite
				Fuga de aceite
				Sellos desgastados
			Inyección mayor a 150MPa	Golpeteo de motor
				Señal errónea del ECM
			Solenoides no cierra contacto	Corto circuito
				Circuito abierto
				Falla a tierra
			Inyección deficiente	Circuito abierto
				Sellos desgastados
Falla en señal del ECM				
Corrosión de tobera				

Cuadro 9: Efectos de falla inyector unitario
Fuente: Elaboración propia

5.4.3. Severidad, ocurrencia y detección

El método de número de prioridad del riesgo (NPR), consta de dar un valor numérico a los criterios de severidad, ocurrencia y detección, este valor numérico otorgado se tomara de los cuadros 2, 3 y 4 donde se describe cada uno de los criterios y que valor número tiene cada uno de ellos, para nuestro caso toda calificación que se otorgó en los 3 criterios (severidad, ocurrencia y detección) está basado en la información proporcionada por la empresa, toda la data fue evaluada y procesada con el fin de obtener una valoración más exacta, además también se recurrió a los partes diarios de mecánicos donde se detallan las experiencias vividas en operación de la flota de tractores. Se puede observar en el cuadro 10 la valoración que se proporcionó a las causas de las

fallas, muchos de ellos pueden tener una severidad elevada por los daños que pueden causar y el impacto que este llegaría a tener en el sistema, pero también cuentan con una ocurrencia baja debido a que estos equipos están altamente protegidos y cuentan con una detección y sistemas de protección sofisticados, esto no quiere decir que estos modos de falla casi nunca aparezcan por el contrario, al estar configurados de esta manera son más propensos a desgaste ya sea por horas de trabajo, mala operación o factores externos lo que justifica una vez más la aplicación del método para prevenir y evitar paradas no planificadas.

UNIDAD DE POTENCIA						Severidad	Ocurrencia	Detección
Subsistema	Componente	Función que desempeña	Modo de fallo	Efectos de los fallos	Causas de los fallos			
Subsistema de combustible	Inyector unitario electrónico de accionamiento hidráulico	Utiliza Presión de aceite de motor para inyectar combustible a la cámara entre 36MPa y 150MPa	Inyección menor a 36MPa	Corto circuito	Cables rotos	7	3	4
				Falso contacto	Falso contacto	5	2	7
				Circuito abierto	Cables rotos	7	2	4
				Falta de presión de aceite	Desgaste de inyectores	8	3	7
			Inyección mayor a 150MPa	Fuga de aceite	Falta de angulamiento del plato	8	3	7
				Sellos desgastados	Contaminación	7	2	4
				Golpeteo de motor	Contaminación en la línea	7	3	5
			Solenoides no cierra contacto	Señal errónea del ECM	Falso contacto	8	3	6
				Corto circuito	Cables rotos (pelados)	7	2	6
				Circuito abierto	Cable roto	8	2	6
			Inyección deficiente	Falla a tierra	Circuito abierto	7	3	4
				Circuito abierto	Cables rotos	8	3	4
				Sellos desgastados	Contaminación	8	2	8
				Falla en señal del ECM	Cables rotos	7	2	5
Corrosión de tobera	Contaminación	7	2	8				

Cuadro 10: Severidad, consecuencia, detección
Fuente: Elaboración propia

5.4.4. Método NPR

La metodología NPR nos ayuda a identificar fácilmente los modos de falla con riesgos altos, luego de realizar la evaluación de cada uno de los criterios como severidad, ocurrencia y detección, se realiza la multiplicación de los factores, usando la fórmula de la metodología NPR y seguidamente usando el cuadro 5 se puede categorizar en tres niveles el riesgo. A continuación, se realiza el reemplazo para el primer modo de falla:

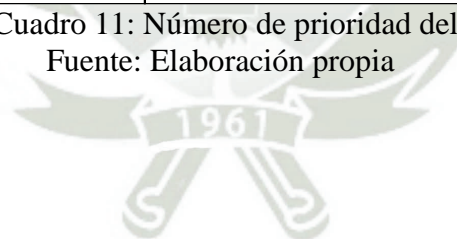
En el cuadro 11 se muestra el desarrollo donde cada efecto de falla tendrá el valor de NPR que le corresponde luego de realizar la multiplicación, luego de obtener todos los NPR se tomara se utilizara el cuadro 5 y se procederá a realizar la clasificación del riesgo, esta clasificación nos ayudara a enfocar nuestra atención en los modos de falla con NPR elevados, donde realmente se tenga que invertir tiempo y recursos para intentar reducir los tiempos de inoperatividad por paradas no planificadas y así de esta manera afectar directamente en el incremento de la disponibilidad y reducción de costos por equipos inoperativo y mano de obra de reparación.



UNIDAD DE POTENCIA							Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Riesgo
Subsistema	Componente	Función que desempeña	Modo de fallo	Efectos de los fallos	Causas de los fallos						
Subsistema de combustible	Inyector unitario electrónico de accionamiento hidráulico	Utiliza Presión de aceite de motor para inyectar combustible a la cámara entre 36MPa y 150MPa	Inyección menor a 36MPa	Corto circuito	Cables rotos	7	3	4	84	MEDIO	
					Falso contacto	5	2	7	70	MEDIO	
				Circuito abierto	Cables rotos	7	2	4	56	MEDIO	
				Falta de presión de aceite	Desgaste de inyectores	8	3	7	168	ALTO	
				Fuga de aceite	Falta de angulamiento del plato	8	3	7	168	ALTO	
				Sellos desgastados	Contaminación	7	2	4	56	MEDIO	
			Inyección mayor a 150MPa	Golpeteo de motor	Contaminación en la línea	7	3	5	105	ALTO	
				Señal errónea del ECM	Falso contacto	8	3	6	144	ALTO	
			Solenoides no cierra contacto	Corto circuito	Cables rotos (pelados)	7	2	6	84	MEDIO	
				Circuito abierto	Cable roto	8	2	6	96	MEDIO	
				Falla a tierra	Circuito abierto	7	3	4	84	MEDIO	
			Inyección deficiente	Circuito abierto	Cables rotos	8	3	4	96	MEDIO	
				Sellos desgastados	Contaminación	8	2	8	128	ALTO	
				Falla en señal del ECM	Cables rotos	7	2	5	70	MEDIO	
				Corrosión de tobera	Contaminación	7	2	8	112	ALTO	

Cuadro 11: Número de prioridad del riesgo

Fuente: Elaboración propia



5.4.5. Análisis de criticidad

En esta etapa después de analizar la unidad de potencia y el sistema hidráulico en los tres criterios establecidos previamente, se prestará atención al riesgo evaluado como altos, de esta manera se podrá proponer un plan de mantenimiento para reducir este riesgo y garantizar una disponibilidad más elevada de la flota de tractores, en el cuadro 12 se muestran los componentes, modo de falla, efecto de falla y numero de prioridad de riesgo de mayor importancia para el análisis.

Siguiendo el diagrama de flujo de la figura 38, luego del análisis bajo el método NPR se tiene como resultado 12 componentes con riesgo alto, a los cuales tienen que ser dirigidos la mayor cantidad de recursos y tiempo, realizando una inspección enfocada en estos componentes detectados como críticos la disponibilidad de la flota se incrementara notablemente, para lo cual se propone utilizar el siguiente plan de mantenimiento, este plan de mantenimiento se desarrolló tomando como base recomendaciones del dealer y experiencia vivida en operación, uno de los temas a considerar para la implementación del plan de mantenimiento es la sensibilización del personal para la correcta ejecución del plan.

El plan de mantenimiento está dividido en 7 partes donde se presentan tareas diferentes las cuales tienen que ser efectuadas según la frecuencia de inspección que también esta detallada en el plan de mantenimiento, la cantidad de personas que intervienen en la inspección es como mínimo 2 técnicos mecánicos, pero puede ser mayor para reducir tiempos, esto depende la disponibilidad de personal en el momento de la intervención. En el cuadro 14 se observa el plan de mantenimiento propuesto para los tractores de orugas D6T.

Componentes	Funcion que desempeñan	Modo de fallo	Efectos de los fallos	Causas de los fallos	NPR
Inyector unitario electrónico de accionamiento hidráulico	Utiliza Presión de aceite de motor para inyectar combustible a la cámara entre 36MPa y 150MPa	Inyección menor a 36MPa	Falta de presión de aceite	Sellos desgastados	168
			Presión de inyección baja	Falta de angulamiento del plato	168
		Alta Presión de inyección	Golpeteo de motor	Obstrucción de la línea	105
			Señal errónea del ECM	Falso contacto	144
		Inyección deficiente	Sellos desgastados	Contaminación	128
			Corrosión de tobera	Contaminación	112
Turbocompresor	Comprime el aire del exterior, enviándolo a la cámara de combustión generando más potencia del motor	Sonido anormal	Desgaste de turbina	Contaminación	108
			Pase de aceite a admisión	Tiempo de uso	189
		Fuga de gases de escape	Desgaste de empaques	Empaque soplado	120
				Mal montaje	108
			Pernos sueltos	Pernos robados	194
				Mal ajuste	144
Radiador	Enfriar líquido refrigerante que circula internamente por conductos del motor para mantener el motor en temperatura de trabajo	Fugas externas	Hose dañados	Tiempo de uso	108
			Daños por impacto	Elementos sueltos	144
			Picadura de tinas	Corrosión	126
		Temperatura elevada	Obstrucción del núcleo	Contaminación	112
			Picadura del núcleo	Tiempo de uso	180
			Aletas dañadas	Impacto agente externo	112
Rendimiento deficiente	Despresurización	Tapa radiador dañado	128		
Bomba de agua	Llevar líquido refrigerante por los conductos del bloque y culata del motor entre 100kPa hasta 125 kPa	Corrosión	Daños a las aletas del impulsor	Refrigerante fuera de especificación	108
		Fuga externa	Empaques desgastados	Burbujas de aire	105
		Atascamiento de bomba	Rotura de polea	Tiempo de uso	108
			Rodamientos amarrados	Faja desalineada	105
Enfriador de aceite	Enfriar el aceite de motor	Pase de aceite	Contaminación del refrigerante	Tiempo de uso	120
			Picadura del enfriador	100	
Bomba de aceite	Genera energía para impulsar el flujo del cárter hacia los componentes del sistema de lubricación	Carga de succión deficiente	Bloqueo de rejilla colador	Contaminación	120
			Fisura tubo de aspiración	Vibración	105
			Elementos sueltos	Vibración	112
Cigüeñal	Transforma la energía liberada en energía mecánica	Asiento de cigüeñal desgastado	Lubricación deficiente	Aceite fuera de especificación	112
			Perdida de potencia	Contaminación	108
Compresor de aire acondicionado	Comprime el gas (fluido refrigerante) que permite en un ciclo producir transferencia de calor	Compresor no desactiva	Sobrecalentamiento	Exceso de gas refrigerante	112
		Atascamiento de compresor	No comprime refrigerante	Rodamientos fatigados	120
			Rotura de faja motor	Temperatura elevada	105
			Polea loca trabada	Rodamiento fatigado	112
Alternador	Transforma la energía mecánica en energía eléctrica	No regula voltaje	Regulador dañado	Tiempo de uso	120
			Bobinado quemado	Tiempo de uso	108
		Atascamiento	Rotura de faja motor	Mala regulación	112
			Polea rota	Fatiga, tiempo de uso	105
Motor de arranque	Es el encargado de vencer la resistencia inicial de los componentes cinemáticos del motor al arrancar	Selenoide se queda pegado	Sobreesfuerzo	Arranque largo	120
		Falla en funcionamiento	Rele de arranque desgastado	Arranque largo	126
Motor Hidráulico	Desarrollan torque y movimiento conjunto de rotación a partir de ser impulsados por aceite hidráulico	Fugas externas	Elementos sueltos	Mal ajuste	108
		Eje desequilibrado	Desgaste de rodamientos	Tiempo de uso	120
		Dientes gastados de engranaje	Dientes gastados de engranaje	Falta de lubricación	112
Aceite fuera de especificación	105				
Bomba hidráulica de pistones	Suministra un caudal de aceite a una determinada presión	Presión de descarga alta	Conductos obstruidos	Contaminación	112
			Calibración errónea de válvula compensadora de flujo	Calibración errada	112

Cuadro 12: Resultados del análisis según método NPR
Fuente: Elaboración propia

El plan de mantenimiento será efectuado pero personal calificado para cada una de las tareas, técnicos mecánicos, técnicos electricistas y técnicos soldadores según se requiera, pero el cuidado del equipo no solo depende del personal de mantenimiento para una buena aplicación de este plan y un correcto cuidado del equipo es necesario la cooperación de todas las áreas involucradas en la operación del equipo, garantizar una disponibilidad mayor al 90% es una dura tarea en la que la integración de áreas es el arma más importante, por tal motivo en el cuadro 13, se muestra un formato de inspección donde los operadores de los equipos son los encargados de dar alertas básicas de posibles fallos, con estos formatos de pre uso se busca que el equipo de mantenimiento tome decisiones sobre adelantar o mantener la frecuencia de mantenimiento que se indica en el plan.

PRE USO DE EQUIPOS			
OBRA:		FRENTE ASIGNADO:	
FECHA:	HORA:	TURNO:	
EQUIPO:		HOROMETRO:	
OPERADOR:		SUPERVISOR DE CAMPO:	
REFERENCIA DEL LLENADO	CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>	
	CAMBIAR	X	
TRACTOR DE ORUGAS			
Estructura de rodamiento (bastidor)			<input type="checkbox"/>
Rodillos superiores			<input type="checkbox"/>
Rodillos inferiores			<input type="checkbox"/>
Cadenas, pines y bocinas			<input type="checkbox"/>
Zapatas			<input type="checkbox"/>
Rueda guía o libre			<input type="checkbox"/>
Tensado de oruga			<input type="checkbox"/>
Trunio			<input type="checkbox"/>
Soporte de hoja topadora (brazo)			<input type="checkbox"/>
Cilindros de levante			<input type="checkbox"/>
Vastado de cilindros de levante			<input type="checkbox"/>
Acoples y mangueras hidráulicas			<input type="checkbox"/>
Hoja topadora			<input type="checkbox"/>
Cuchillas y cantoneras			<input type="checkbox"/>
Cilindros de inclinación			<input type="checkbox"/>
Vastado de cilindros de inclinación			<input type="checkbox"/>
Rendija de ventilación refrigerante			<input type="checkbox"/>
Ripper, escarificador (espada)			<input type="checkbox"/>
Acoples y mangueras hidráulicas			<input type="checkbox"/>
Corazas			<input type="checkbox"/>
Rueda libre posterior			<input type="checkbox"/>
Rueda motriz			<input type="checkbox"/>
Otros			<input type="checkbox"/>

Cuadro 13: Pre uso de equipos – operadores
Fuente: Elaboración Propia

Plan de mantenimiento de los Tractores de orugas D6T			
Tareas propuestas	Frecuencia (Hr de trabajo)	N° de personas (Personal Mantenimiento)	Tiempo (Duración de tarea)
Sistema: Unidad de potencia			
Calibración de válvulas de motor	4000	2 Tec. Mecánicos	2 hr
Drenar el agua y sedimentos del tanque de combustible	500	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Extraer muestra de aceite y enviar a laboratorio	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Inspección de soporte de gomas de motor	2000	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Inspeccionar los rotadores de válvulas del motor	2000	2 Tec. Mecánicos	2 hr
Inspección de levantaválvulas de motor	4000	2 Tec. Mecánicos	2 hr
Limpieza del radiador y del condensador externamente	250	2 Tec. Mecánicos	1 hr
Cambiar respiradero del carter	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Limpieza o cambio según condición el filtro de aire primario y	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Inspeccionar abrazaderas de ductos de admisión y escape	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Limpieza la tapa y rejilla del tanque de combustible	500	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Realizar mantenimiento bomba de agua	4000	2 Tec. Mecánicos	4 hr
Realizar mantenimiento bomba de combustible	6000	2 Tec. Mecánicos	4 hr
Realizar mantenimiento turbo	4000	2 Tec. Mecánicos	6 hr
Reemplazar aceite de motor	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Reemplazar elemento racor (opcional)	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Reemplazar filtro de aceite de motor	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Reemplazar filtro de combustible	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Reemplazar filtro separador de agua	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Reemplazar refrigerante de motor	2000	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Reemplazar termostato motor	6000	2 Tec. Mecánicos	2 hr
Revisar las líneas sistema de refrigeración	250	2 Tec. Mecánicos	1.3 hr
Verificar ajuste apropiado de las correas en V de las poleas del motor, reemplazar de ser necesario.	250	2 Tec. Mecánicos	1 hr
Verificar el amortiguador de vibraciones del cigüeñal	2000	2 Tec. Mecánicos	1 hr
Verificar el nivel del tanque de refrigerante, rellenar de ser necesario.	250	2 Tec. Mecánicos	0.15
Verificar estado de la bomba de cebado de combustible	500	2 Tec. Mecánicos	0.15
Verificar funcionamiento, sonido, vibración y humos del motor.	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Verificar las líneas sistema de refrigeración	4000	2 Tec. Mecánicos	2 hr
Verificar tapa de radiador	500	2 Tec. Mecánicos	0.15
Verifique estado de la correa del alternador - compresor.	250	2 Tec. Mecánicos	0.15

Sistema: Hidráulico			
Extraer muestra de aceite y enviar a laboratorio	500	2 Tec. Mecánicos	0.15
Reemplazar aceite del sistema hidraulico	2000	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Reemplazar filtros hidráulico	500	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Toma de medidas en puntos de sistema hidráulico	2000	2 Tec. Mecánicos	1 hr
Inspeccion y cambio de respiraderos	500	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Revisar estado del tanque hidráulico, inspeccionar fugas o rajaduras y nivel de aceite.	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Verificar el estado de mangueras hidráulicas, acoples y bridas. Reemplazar si es necesario	250	2 Tec. Mecánicos	1.45 hr
Verificar nivel de aceite del sistema hidráulico	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Verificar rejilla tapa de tanque hidráulico	2000	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Evaluación de bloque de válvulas inspeccion de fugas/ cambiar sellos de ser necesario	2000	2 Tec. Mecánicos	0.5 hr
Sistema: Transmisión			
Extraer muestra de aceite y enviar a laboratorio	500	2 Tec. Mecánicos	0.45 hr
Limpia o reemplazar el sello de impulsor final.	2000	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Limpie / cambie el respiradero de la transmisión	500	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Limpie / observe la rejilla de succión de la transmisión	500	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Limpie la rejilla de barrido del convertidor	2000	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Limpie residuos acumulados de los protectores inferiores	2000	2 Tec. Mecánicos	0.45 hr
Reemplazar aceite de mando final derecho	2000	2 Tec. Mecánicos	0.45 hr
Reemplazar aceite de mando final izquierdo	2000	2 Tec. Mecánicos	0.45 hr
Reemplazar aceite de transmisión	2000	2 Tec. Mecánicos	0.45 hr
Reemplazar filtro de aceite de transmision	500	2 Tec. Mecánicos	1.15 hr
Reemplzar aceite del eje pivot	4000	2 Tec. Mecánicos	0.45 hr
Verificar nivel de aceite de los mandos finales	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Verificar nivel de aceite del convertidor	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Verificar nivel de aceite del eje pivote	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Sistema: Electrico			
Realizar mantenimiento alternador	4000	2 Tec. Mecánicos	2.3 hr
Realizar mantenimiento arrancador	4000	2 Tec. Mecánicos	2.3 hr
Revisar el estado de las baterias (bornes, cables y nivel de electrolito)	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Verificar cables eléctricos y conexiones, reemplazar de ser necesario	6000	2 Tec. Mecánicos	1.15 hr
Verificar estado alarma de retroceso y claxon	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Verificar estado de fusibles	250	2 Tec. Mecánicos	0.25 hr
Verificar funcionamiento de los disyuntores	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Verificar funcionamiento de luces	250	2 Tec. Mecánicos	0.2 hr
Verificar los parámetros del alternador	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Verificar los parámetros del arrancador	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Verificar operación de baliza	250	2 Tec. Mecánicos	0.1 hr
Verificar operación de medidores e indicadores.	250	2 Tec. Mecánicos	0.1 hr

Sistema: Superestructura			
Holgura de pasador protector Radiado	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Inspecciones estructura ROPS de cabina	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Mida el juego pasador barra equalizadora	250	2 Tec. Mecánicos	0.45 hr
Mida juego pasador extremo barra equalizadora	250	2 Tec. Mecánicos	0.45 hr
Revisar los bastidores por fisuras	250	2 Tec. Mecánicos	0.45 hr
Verificar lubricante de los pines extremos barra equalizadora	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Sistema: Material rodante			
Inspeccione los pines de cadena	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Inspeccione por desgaste las ruedas guía	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Inspeccione por desgaste los sprocket	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Reemplazar aceite tensor de cadena	4000	2 Tec. Mecánicos	0.45 hr
Revise / Ajuste las cadenas	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Revise los rodillos por fugas y desgaste	250	2 Tec. Mecánicos	0.3 hr
Verificar nivel de aceite de resorte tensor	250	2 Tec. Mecánicos	0.1 hr
Sistema: Material desgaste / Implementos			
Inspecc. por desgaste protector y punta ripper	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr
Inspeccione / cambie cuchillas y cantoneras de la hoja	250	2 Tec. Mecánicos	2 hr
Lubricar cojinetes de Ripper	250	2 Tec. Mecánicos	0.15 hr

Cuadro 14: Plan de mantenimiento propuesto
Fuente: Elaboración propia

5.4.6. Costo por paradas no planificadas

El plan de mantenimiento está diseñado para inspeccionar en frecuencias determinadas componentes considerados como críticos después de la aplicación de la metodología NPR, en estos componentes las fallas se presentan de manera repetitiva, o sin ningún tipo de aviso, lo que acompaña gran pérdida de tiempo, gran cantidad de recursos y un costo de reparación elevado que no está considerado dentro del presupuesto en la licitación, estas paradas no planificadas no solo afecta de manera económica al área de mantenimiento, sino que también afectan en las ganancias e incumplimiento de las tareas programadas para la semana. A continuación, se muestra en el cuadro 15 los costos del cambio de los componentes, pérdida de dinero por equipo parado y costo de reparación.

CODIGO DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD EN EL EQUIPO	PRECIO UND	TOTAL
387-9434	GRUPO DE INYECTOR	6	\$ 1,082.56	\$ 6,495.36
252-5165	GRUPO DE TURBOCOMPRESOR	1	\$ 4,153.80	\$ 4,153.80
371-2443	CONJUNTO DE CORE AS (RADIADOR)	2	\$ 3,278.22	\$ 6,556.44
350-2536	BOMBA DE AGUA	1	\$ 1,050.07	\$ 1,050.07
293-9367	ENFRIADOR DE ACEITE	1	\$ 1,436.67	\$ 1,436.67
331-8905	BOMBA DE ACEITE	1	\$ 1,713.65	\$ 1,713.65
261-1544	CONJUNTO DE CIGÜEÑAL	1	\$ 9,896.96	\$ 9,896.96
151-2939	COJINETE DE BANCADA	7	\$ 57.07	\$ 399.49
106-5122	COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO	1	\$ 1,196.13	\$ 1,196.13
566-9549	ALTERNADOR	1	\$ 2,143.27	\$ 2,143.27
207-1556	ARRANCADOR	1	\$ 2,035.02	\$ 2,035.02
397-3967	BOMBA HIDRÁULICA DE PISTONES	1	\$ 6,184.86	\$ 6,184.86
269-4749	GRUPO DE MOTOR HIDRÁULICO	1	\$ 7,401.78	\$ 7,401.78
				\$ 50,663.50

Cuadro 15: Costo de cambio de componentes

Fuente: (Cat, 2020)

Además de gastar en la compra del repuesto, también se tiene que tomar en consideración que el equipo al estar parado también tiene un costo ya que este equipo se encuentra inoperativo por ende no genera ganancias al área de equipos y tampoco en producción en el cuadro 7 se detallan los costos por intervención y por equipo parado.

DESCRIPCIÓN	TARIFA	FRECUENCIA
MANO DE OBRA TECNICO	\$ 16.67	Hora
ALQUILE INTERNO POR HORA	\$ 46.00	Hora
VEHICULO CAMIONETA 4X4	\$ 41.00	Día

Cuadro 16: Costos adicionales por intervención

Fuente: Elaboración propia

La finalidad del plan de mantenimiento no solo es alargar la vida del activo, sino también evitar las paradas no planificadas, si bien es cierto las paradas no planificadas significan un costo en reparación, estas paradas también afectan de manera económica ya que el equipo al estar

inoperativo no genera ganancias, pero si genera gastos ya que el equipo está bajo una tarifa interna de alquiler. Y al no poder realizar sus actividades normalmente genera un retraso a producción, y al final del mes esto es cobrado al área de mantenimiento como una penalidad.

COSTO MANO DE OBRA PERSONAL MECÁNICO	\$ 135,013.66
COSTO POR EQUIPO PARADO, ALQUILER INTERNO	\$ 372,563.20
	\$ 507,576.86

Cuadro 17: Costos mano de obra e inoperatividad
Fuente: Elaboración propia

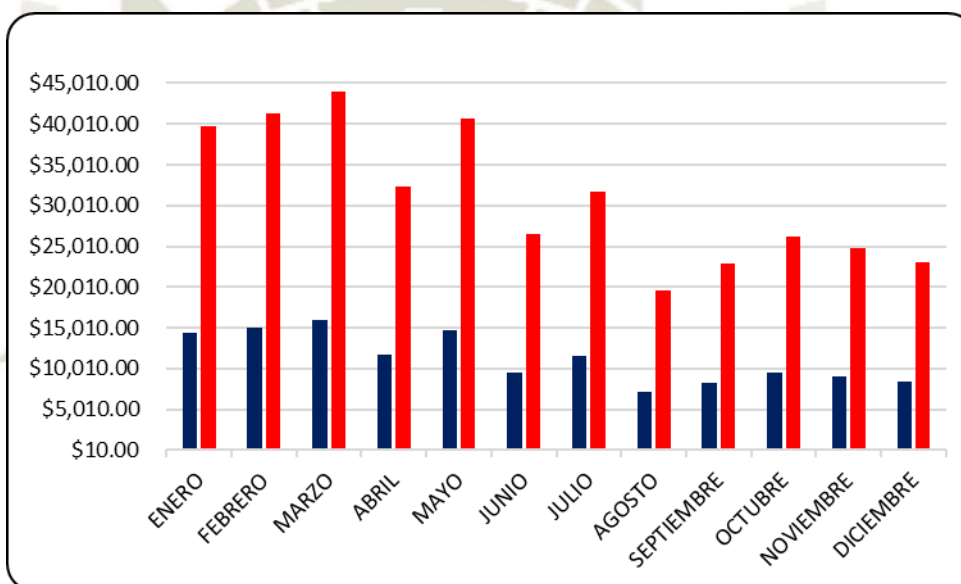


Gráfico 10: Costo de paradas no planificadas
Fuente: Elaboración propia

En el grafico 9 se muestran los costos de mano de obra por reparación de color azul y el costo por equipo parado de color rojo, con un total de 8099.2 horas de reparación y un total de \$507576.86 en dólares de perdida por paradas no planificadas hablando solo de mano de obra e inoperatividad. Es posible que con el plan de mantenimiento enfocado en el NPR estos costos reduzcan drásticamente. A continuación, se mostrarán los costos aproximados del plan de mantenimiento.

	Costo de mano de obra \$	Duración del trabajo estimado (hr)	Tarifa de alquiler interno \$	Costo equipo parado \$	Costo total del manto \$	Horas de trabajo estimadas al año (Hr)	N° mant. Estimados al año	Costo anual probable de mant. \$
MANT. 250 Hr	535.11	4	46.00	184.00	719.11	6480	25.92	18639.33
MANT. 500 Hr	653.46	6	46.00	276.00	929.46	6480	12.96	12045.80
MANT. 2000 Hr	908.51	8	46.00	368.00	1276.51	6480	3.24	4135.89
MANT. 4000 Hr	1625.33	20	46.00	920.00	2545.33	6480	1.62	4123.43
MANT. 6000 Hr	1863.71	30	46.00	1380.00	3243.71	6480	1.08	3503.21
				TOTAL	8714.12		TOTAL	42447.67

Cuadro 18: Costo plan de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 18 se detalla el costo de mano de obra, duración, tarifa de alquiler, horas trabajadas en promedio de la flota de tractores, número de mantenimientos correspondientes para cada una de las frecuencias del plan de mantenimiento propuesto, el costo anual del mantenimiento según el plan propuesto es de 42447.67 dólares, el costo de la implementación del plan de mantenimiento basándonos en mano de obra especializada y tiempo de intervención del equipo es bajo lo cual permite se pueda aplicar a los equipos, la aplicación del plan de mantenimiento a partir del FMECA, podrá ayudarnos a mejorar en términos generales tanto la confiabilidad como los costos de las paradas no planificadas.

5.5. AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA

Al tener identificados tanto los sistemas con mayor cantidad de paradas, y a su vez los componentes considerados como críticos, la aplicación del plan de mantenimiento busca reducir el nivel de riesgo, aumentando de esta manera directamente la disponibilidad de la flota, garantizando una disponibilidad mayor al 90%, la disponibilidad actual de la flota de tractores es de 87.5%, aplicando el plan de mantenimiento se busca aumentar el tiempo medio entre fallas (MTBF) y disminuir el tiempo medio para reparar (MTTR) de esta manera como se muestra en la fórmula se aumentaría la disponibilidad de la flota de tractores.

$$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF} \uparrow}{\text{MTBF} + \text{MTTR} \downarrow} \end{array}$$

De acuerdo a la formula para encontrar la disponibilidad se puede deducir que si nosotros mantenemos el MTBF (Tiempo medio para fallar) porque mientras mas alto tengamos el este numero significa que nuestro equipo no esta fallando, pero por el contrario el MTTR (Tiempo promedio para reparar) tiene que ser bajo, esto nos quiere decir que si se repara la falla en un tiempo mas corto las estrategias de mantenimiento utilizadas son buenas. Con la aplicación del plan de mantenimiento se busca aumentar esta disponibilidad en el siguiente grafico se muestra de manera experimental cuales serian los resultados de disponibilidad disminuyendo en un 30% el MTTR, esto quiere decir que nuestro equipo es más fácil de reparar, y falla con menor frecuencia porque el MTBF también aumenta con referencia a la disponibilidad anterior.

AÑO	MES	HORAS BASE AL MES	FU	MTBF	REDUCCION EN UN 20% TIEMPO DE REPARACION	TIEMPO DE REPARACION REDUCIDO	MTTR2	DISPO2
2020	ENERO	5400	4795.55	191.8	259.05	604.45	24.2	89%
2020	FEBRERO	5400	4771.68	144.6	269.28	628.32	19.0	88%
2020	MARZO	5400	4730.38	168.9	286.98	669.62	23.9	88%
2020	ABRIL	5400	4907.69	213.4	210.99	492.31	21.4	91%
2020	MAYO	5400	4781.69	191.3	264.99	618.31	24.7	89%
2020	JUNIO	5400	4997.64	312.4	172.44	402.36	25.1	93%
2020	JULIO	5400	4917.28	213.8	206.88	482.72	21.0	91%
2019	AGOSTO	5400	5102.08	566.9	127.68	297.92	33.1	94%
2019	SEPTIEMBRE	5400	5052.59	336.8	148.89	347.41	23.2	94%
2019	OCTUBRE	5400	5001.7	333.4	170.7	398.3	26.6	93%
2019	NOVIEMBRE	5400	5023.68	295.5	161.28	376.32	22.1	93%
2019	DICIEMBRE	5400	5048.6	360.6	150.6	351.4	25.1	93%
								91.25%

Cuadro 19: Aumento de disponibilidad con reducción del MTTR y aumento MTBF
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Luego de tener fundamentado el motivo por el cual se quiere realizar el plan de mantenimiento al tractor de orugas D6T, se realiza la jerarquización de los sistemas utilizando como referencia la norma ISO 14224 y el manual de partes del equipo se divide al tracto de orugas en cinco sistemas: unidad de potencia, sistema del tren de fuerza, sistema de dirección, sistema hidráulico y sistema eléctrico.
- Luego de procesar la información proporcionada por la empresa Mota Engil Perú S.A. se realizó el análisis de Pareto con el fin de identificar los sistemas con mayor cantidad de paradas no planificadas, identificando de esta manera a la unidad de potencia y el sistema hidráulico, ambos sistemas con los culpables del 80% de las paradas no planificadas, al realizar el análisis centraremos nuestra atención en estos sistemas dirigiendo la mayor cantidad de esfuerzos y recursos.
- Una vez identificados mediante el método de Pareto los sistemas con mayor frecuencia de paradas se realiza el análisis de modo de efecto y fallas, al realizar el análisis de manera jerarquiza tomando como punto de partida el nivel inferior se puede observar que un efecto de un modo de fallo en un nivel inferior puede convertirse en causa de fallo de un modo de fallo de un elemento en el nivel superior.
- Al culminar con la aplicación de la metodología NPR se observa que tanto en la unidad de potencia como en el sistema hidráulico hay componentes con nivel de criticidad alto, estos son los componentes que deben de tomarse con mayor seriedad y son los pilares del plan de mantenimiento, el plan de mantenimiento fue elaborado con el fin de reducir el riesgo en la flota de tractores, todo esto afectara de manera directa en el aumento de disponibilidad.

- Luego de realizar el análisis del costo de mano de obra para reparación y el costo del tiempo perdido por inoperatividad, se concluye que el costo aproximando de la aplicación del plan de mantenimiento es menor a los 50mil dólares americanos que es una cifra por mucho menor al costo de paradas no planificadas de los tractores de orugas D6T, de esta manera se busca aumentar la disponibilidad del equipo aumentando el tiempo medio entre fallas y disminuyendo el tiempo de reparación para así tener un aumento porcentual de al menos 3 puntos.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar capacitaciones al personal de mantenimiento para el correcto llenado del sistema de gestión de mantenimiento y no perder la información.
- Se recomienda que, para la implementación del plan de mantenimiento para disminución del riesgo, la empresa Mota Engil Perú garantice el presupuesto anual de mantenimiento, personal, recursos económicos y otros para darle el cumplimiento de este plan desde el inicio hasta la gestión de los indicadores.
- Se recomienda implementar un formato de backlog para poder planificar, los trabajos pendientes y hacerlos coincidir con las paradas planificadas y no tener más horas de taller de las necesarias.
- Se recomienda elaborar el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para garantizar la disponibilidad de los tractores de orugas D6T
- Se recomienda realizar un seguimiento exhaustivo del cumplimiento de los planes de mantenimiento de la flota de tractores.
- Se recomienda contar con todos los suministros necesarios para realizar un buen mantenimiento preventivo y todos los componentes tengan la misma cantidad de horas.
- Se recomienda agilizar el proceso de compra de repuestos, suministros e insumos para no afectar la planificación de los trabajos en el área de mantenimiento y de esta forma tampoco retrasar las operaciones por falta de equipos y repuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Española de Normalización y Certificación. (Diciembre de 2008). Técnicas de análisis de la fiabilidad de sistemas. *Procedimiento de analisis de los modos de fallo y sus efectos*. Madrid, España: AENOR.
- Bestratén, Orriols, & Mata. (2004). Análisis modal de fallos y efectos AMFE.
- Carlos Parra. (2021). Aplicación de la técnica AMFEC. *Technical Report*.
- Cat, F. (2020). *SIS CAT 2020*. Obtenido de <https://sis.cat.com/sisweb/servlet/cat.cis.sis.PController.CSSISTechDocServlet>
- Caterpillar Inc. (2014). *Service Information System*. Obtenido de Caterpillar Inc.: <https://sis.cat.com/sisweb/servlet/cat.cis.sis.PController.CSSISConfigServlet>
- Cesareo Gómez de León, F. (1998). *Tecnología del Mantenimiento Industrial*. Murcia, España: EDITUM.
- Edgar Meneses, R. (2010). Inspección Basada en el Riesgo IBR-API 580. *Revista UNMSM*.
- FERREYROS, S. I. (2020). *SISTEMA HIDRAULICO*. Obtenido de <https://sis.cat.com/sisweb/servlet/cat.cis.sis.PController.CSSISTechDocServlet>
- FERREYROS, S. I. (2020). *TREN DE FUERZA*. Obtenido de <https://sis.cat.com/sisweb/servlet/cat.cis.sis.PController.CSSISTechDocServlet>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2004). *NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE*. Obtenido de Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo: https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_679.pdf/3f2a81e3-531c-4daa-bfc2-2abd3aaba4ba

José Domenech, R. (10 de Julio de 2014). *jomaneliga*. Obtenido de Análisis modal de fallos y efectos: <http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/AMFE.pdf>

Libería Hor Dago. (8 de Junio de 2010). *Slideshare*. Obtenido de AMFE: Análisis modal de fallos y efectos: <http://es.slideshare.net/miriammilan/cfakepathamfec-far-cotxe>

Luis Amendola. (2016). *Modelos Mixtos de Confiabilidad*. Editorial PMM Institute For Learning.

Luis Amendola, J. (2006). *Gestión de proyectos de activos industriales*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.

Milano, T. (2005). *Planificación y Gestión del Mantenimiento Industrial*. Panapo C.A.

Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad. (2008). *Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios*. Obtenido de http://www.aemps.gob.es/industria/inspeccionNCF/guiaNCF/docs/a_nexos/33_anexo-20.pdf



Anexo 1: Data de tractores

SAP	MODELO	EQUIPO	MES	SEMANA	FECHA ACTUAL	TURNO	SISTEMA	TIPO DE PM	ESTADO	DESCRIPCION
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	31	01-ago-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	PERDIDA DE FUERZA DE EQUIPO
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	32	05-ago-19	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	ENGRASE GENERAL, REVISION DE NIVELES, RELLENO DE ACEITE MOTOR 15W40 (0.5 GAL), LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE.
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	32	05-ago-19	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	ENGRASE GENERAL, REVISION DE NIVELES, LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	32	06-ago-19	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	REVISION DE NIVELES, RELLENO DE REFRIGERANTE (0.5 G) ACEITE SAE 10 (1 GLN)/ CEBADO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE, ARRANQUE DE EQUIPO
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	32	06-ago-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	LAVADO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE, ARRANQUE DE EQUIPO
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	32	06-ago-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	LAVADO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE, ARRANQUE DE EQUIPO
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	32	08-ago-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE CLAXON ELECTRICO
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	32	09-ago-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE, REEMPLAZO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	33	12-ago-19	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	REEMPLAZO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE Y SEPARADOR POR SATURACION
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	33	13-ago-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	AJUSTE DE MANGUERA HIDRAULICA Y AJUSTE DE PERNOS DE LIMPIAPARABRISAS
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	33	14-ago-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	ELIMINACION DE FUGA DE COMBUSTIBLE, REAJUSTE DE MANGUERAS
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	33	16-ago-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	LIMPIEZA DE FILTROS DE COMBUSTIBLE, TRANSFERENCIA DE ENERGIA
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	33	17-ago-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	TRANSFERENCIA DE CORRIENTE
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	35	28-ago-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	PASE DE CORRIENTE Y EVALUACION
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	35	29-ago-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	REVISION DE EQUIPO POR PRESENCIA DE FUGAS HIDRAULICAS EN CILINDRO DE INCLINACION LH
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	36	03-sep-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	ARRANQUE DE EQUIPO E INSPECCION POR HOMOLOGACION
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	36	04-sep-19	1	Sistema electrico	MP	OPERATIVO	TRANSFERENCIA DE CORRIENTE E INSPECCION POR CONFIGURACION DE VISION LINK DE FERREYROS
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	36	04-sep-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	ARRANQUE DE EQUIPO, PASE DE CORRIENTE
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	36	06-sep-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	TRANSFERENCIA DE CORRIENTE
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	09-sep-19	1	Tren de rodaje	MP	OPERATIVO	TENSADO DE CADENA DE RODAMIENTO
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	10-sep-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	ELIMINACION DE FUGAS HYD POR MANGUERAS Y FILTROS
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	10-sep-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	TEMPLADO DE CADENA
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	11-sep-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	LIMPIEZA DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE, TEMPLADO DE CADENA LADO IZQUIERDO
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	12-sep-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	TEMPLADO DE CADENA
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	13-sep-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	TRANSFERENCIA DE CORRIENTE
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	13-sep-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	DESMONTAJE DE GUARDAS PARA RETIRAR TEMPLADOR ROTO DEL EQUIPO, INSPECCION DE TEMPLADORES
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	14-sep-19	1	Material de desgaste/Implementos	MC	OPERATIVO	DESMONTAJE DE RIPPER Y ACONDICIONAMIENTO DE CANTONERAS
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	14-sep-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	ROTURA DE TEMPLADOR /DESMONTAJE DE TEMPLADOR PARA SOLDEO
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	15-sep-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	ROTURA DE TEMPLADOR /EN PROCESO DE INSTALACION DE TEMPLADOR SOLDADO
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	16-sep-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	ROTURA DE TEMPLADOR /INSTALACION DE TEMPLADOR DE CADENA RH, SOLDEO DE TEMPLADOR LH
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	17-sep-19	1	Tren de rodaje	MP	OPERATIVO	EVALUACION DE CARRILERIA, PRESENTA ESLABONES ROTOS
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	17-sep-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	ROTURA DE TEMPLADOR /INSTALACION DE TEMPLADOR DE CADENA RH, SOLDEO DE TEMPLADOR LH
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	20-sep-19	1	Material de desgaste/Implementos	MP	OPERATIVO	DESMONTAJE Y MONTAJE DE CUCHILLAS PARA LIMPIEZA DE BASE
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	20-sep-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	RAJADURA DE TEMPLADOR DE CADENA RH (SE HABIA SOLDADO)
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	21-sep-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	INSPECCION DE EQUIPO, FALTA RABADOR DE PUERTA LH
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	22-sep-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	REUBICACION DE RADIO DE COMUNICACION
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	22-sep-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	AJUSTE DE PERNOS DE BASE DE ASIENTO
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	39	24-sep-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	ACONDICIONAMIENTO DE CABLEADO ELECTRICO HARNESS ASS MOTOR
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	39	24-sep-19	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	EXTRACCION DE ROCA INCRUSTADA EN EL EQUIPO/ ROTURA DE TAPA DE TRANSMISION
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	39	25-sep-19	1	Sistema de direccion	MC	OPERATIVO	INSTALACION DE TAPA DE TRANSMISION, REEMPLAZO DE PERNOS
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	39	27-sep-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	INSPECCION DE CADENA POR RAJADURA DE ESLABON
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	39	27-sep-19	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	41	08-oct-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE FUGA DE ACEITE POR CILINDRO DE INCLINACION, TEMPLADO DE ORUGAS
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	41	09-oct-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	INSPECCION DE EQUIPO POR RAJADURA DE ESLABON DE CADENA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	41	09-oct-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	INSTALACION DE PERNO DE ZAPATA/ EVALUACION DE EQUIPO POR FUGA DE ACEITE POR BOMBA HELI
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	41	10-oct-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	INSTALACION DE PERNO DE ZAPATA/ EVALUACION DE EQUIPO POR FUGA DE ACEITE POR BOMBA HELI
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	41	12-oct-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	REVISION DE BATERIAS POR ALARMA EN PANEL DE CABINA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	41	13-oct-19	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE FUGA DE ACEITE POR TRANSMISION
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	42	14-oct-19	1	Sistema Electrico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE 01 CIRCUJINA NUEVA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	42	14-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	AJUSTE DE TUBERIA DE ACEITE DE MOTOR
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	42	17-oct-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	REVISION DE SISTEMA LIMPIA PARABRISAS ELECTRICO
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	42	18-oct-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	SOLDEO DE NIPLA DE MANGUERA HIDRAULICA DE LEVANTE DE BULLDOZER RH
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	42	19-oct-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	REVISION DE FALSO CONTACTO DE CABLEADO DE RADIO BASE, ACONDICIONAMIENTO DE CABLE DE ANTENA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	42	19-oct-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	SOLDEO DE MANGUERA DE INCLINACION RH
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	42	20-oct-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	RAJADURA DE TEMPLADOR DE CADENA RH (SE HABIA SOLDADO) /INSTALACION DE TEMPLADOR RH Y LH
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	43	21-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REEMPLAZO DE INYECTOR POR PERDIDA DE FUERZA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	43	23-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REFORZAMIENTO DE BASE DE CUCHILLA Y CANTONERAS
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	43	23-oct-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	PASO DE CORRIENTE /SE ACONDICIONA SEGURO DE PUNTA DE RIPPER
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	43	24-oct-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	INSPECCION DEL SISTEMA ELECTRICO, REEMPLAZO DE FARO POSTERIOR
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	43	24-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REFORZAMIENTO DE BASE DE CUCHILLA Y CANTONERAS/ MANTENIMIENTO PREVENTIVO 250 HROAS
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	43	25-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CULMINACION DE REFROZAMIENTO DE BULLDOZER, REPARACION DE CABLEADO DE SENSOR DE ADMISION DE AIRE
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	44	30-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE EQUIPO, NO ARRANCA (PARECE BOMBA HELI)
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	44	31-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	DESMONTAJE DE BOMBA HELI PARA EVALUACION, TRANSFERENCIA DE CORRIENTE, MEDICION DE PRESIONES DE COMBUSTIBLE Y ACEITE
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	44	31-oct-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	INSPECCION DE EQUIPO POR FUGA DE ACEITE POR CILINDRO DE INCLINACION DE BULLDOZER
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	44	01-nov-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REEMPLAZO DE BOMBA HELI USADA (SE UTILIZO DE LA PE32/0012)
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	44	02-nov-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	PURGADO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE, TRANSFERENCIA DE CORRIENTE
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	44	03-nov-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	AJUSTE DE MANGUERAS HIDRAULICAS POR RESUMEN DE ACEITE
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	45	05-nov-19	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	ROTURA DE PERNOS DE TAPA DE TRANSMISION
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	45	06-nov-19	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	ROTURA DE PERNOS DE TAPA DE TRANSMISION
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	45	07-nov-19	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	ROTURA DE PERNOS DE TAPA DE TRANSMISION
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	45	08-nov-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REAJUSTE DE PERNOS DE TAPA DE MOTOR, AJUSTE DE PINES DE RIPPER
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	46	12-nov-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	TRANSFERENCIA DE CORRIENTE, ARRANQUE DEL EQUIPO
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	46	13-nov-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	BOMBA HELI INOPERATIVA
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	46	13-nov-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	MONTAJE DE BOTELLA DE INCLINACION DE HOJA
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	47	22-nov-19	1	Sistema electrico	MC	OPERATIVO	ARRANQUE DE EQUIPO
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	47	24-nov-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	ELIMINACION DE FUGA DE ACEITE HIDRAULICO (NIPLA SUELTO)
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	48	26-nov-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	DEVOLUCION DE BOMBA HELI PRESTADO A PE32/0014, INSTALACION DE BATERIAS USADAS, INSTALACION DE ESTRUCTURA DE RIPPER
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	48	26-nov-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	INSTALACION DE BOMBA HELI (NUEVA) Y SOLDEO DE BULLDOZER
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	48	27-nov-19	1	Material de desgaste/Implementos	MP	OPERATIVO	INSTALACION DE PERNOS DE RIPPER, TRANSFERENCIA DE ENERGIA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	48	28-nov-19	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	49	06-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	MONTAJE DE MANGUERA HYD MOTOR DE FAN
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	51	16-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	FUGA DE ACEITE POR CILINDRO DE INCLINACION DE BULLDOZER

PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	51	17-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	FUGA DE ACEITE POR CILINDRO DE INCLINACION DE BULLDOZER
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	51	18-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	REEMPLAZO DE CILINDRO DE INCLINACION DE BULLDOZER
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	51	20-dic-19	1	Sistema eléctrico	MP	OPERATIVO	TRANSFERENCIA DE ENERGIA, INVENTARIO DE EQUIPO
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	51	21-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	REEMPLAZO DE CILINDRO DE INCLINACION DE BULLDOZER
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	51	22-dic-19	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	RELLENO DE ACEITE DE MOTOR Y REVISION DE NIVELES
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	3	15-ene-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE CARRILERA POR SONIDO, LIMPIEZA DE TODA LA CARRILERA AMBOS LADOS
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	4	20-ene-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	ELIMINACION DE FUGA DE ACEITE HIDRAULICO POR MANGUERA DE RIPPER
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	8	21-feb-20	1	Tren de rodaje	MP	OPERATIVO	INSPECCION Y REAJUSTE DE LOS PERNOS DE LAS ZAPATAS
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	8	23-feb-20	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	INSPECCION DE NIVELES Y DE ACEITE.
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	05-mar-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION POR ALTA TEMPERATURA DE REFRIGERANTE
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	07-mar-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE SISTEMA DE IMPLEMENTOS
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	11	10-mar-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE TURBO
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	11	11-mar-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA HIDRAULICO DE CILINDRO DE RIPPER
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	12	17-mar-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE INYECTOR NUMERO 03
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	12	17-mar-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	SELLOS RESECOS DE INYECTORES
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	12	20-mar-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA DE CILINDRO LH DE LEVANTE DE HOJA
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	13	25-mar-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	REPRACION DE ENRIADOR DE ACEITE HIDRAULICO
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	14	30-mar-20	1	Sistema eléctrico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE ARRANCADOR
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	18	01-mayo-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	FALLA EN EL IMPLEMENTO, FILTRO HYD EN MAL ESTADO
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	18	01-mayo-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	RELLENO DE REFRIGERANTE
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	18	01-mayo-20	1	Motor termico	MC	INOPERATIVO	FUGA DE REFRIGERANTE, RADIAADOR
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	18	01-mayo-20	1	Sistema hidráulico	MC	INOPERATIVO	FUGA DE HYD POR CILINDRO DE LEVANTE TOLVA
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	19	04-mayo-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	TEMPLADO DE CADENA RH
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	19	05-mayo-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA HYD DE CILINDRO INCLINACION LADO RH
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	19	05-mayo-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	AJUSTE DE PERNOS RUEDA GUIA
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	19	05-mayo-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	PERDIDA DE POTENCIA, LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	19	05-mayo-20	1	Superestructura	MC	INOPERATIVO	FISURA DEL BRAZO DE HOJA
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	19	06-mayo-20	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	19	06-mayo-20	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	20	14-mayo-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	TEMPLADO DE CADENA
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	20	15-mayo-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE SELLO A VALVULA DE CONTROL DEL IMPLEMENTO
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	21	20-mayo-20	1	Material de desgaste/Implemento	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE CUCHILLAS Y CANTONERAS
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	21	21-mayo-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	AJUSTE DE ARRANCADOR DEL EQUIPO PROVOCA FALSO CONTACTO
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	21	21-mayo-20	1	Tren de rodaje	MC	INOPERATIVO	TREN DE RODAMIENTO EN MAL ESTADO
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	21	22-mayo-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	RELLENO DE ACEITE 10W
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	21	22-mayo-20	1	Tren de rodaje	MC	INOPERATIVO	CAMBIO DE CARRILERA
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	21	23-mayo-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE CARRILERA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	22	25-mayo-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	ACONDICIONAMIENTO DE ARRANCADOR, MONTAJE Y PRUEBAS
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	22	25-mayo-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	AJUSTE DE PROTECTOR DE MANGUERA HYD CILINDRO DE INCLINACION
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	22	30-mayo-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	AJUSTE DE PERNOS, TAPAS HOJA TOPADORA
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	23	01-jun-20	1	Material de desgaste/Implemento	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE UÑA DE RIPPER
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	23	03-jun-20	1	Sistema eléctrico	MC	OPERATIVO	REPARACION DE CABLEADO DE SENSOR DE FUJO
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	23	03-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	FUGA DE ACEITE HYD MANGUERA RIPPER
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	23	04-jun-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	TRABAJO DE SOLDADURA A GUARDA DE CILINDRO DE INCLINACION
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	23	04-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	RELLENO DE ACEITE POR ROTURA DE MANGUERA
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	23	05-jun-20	1	Motor termico	MC	INOPERATIVO	FUGA DE REFRIGERANTE, RADIAADOR
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	23	06-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	INOPERATIVO	FUGA DE HYD POR CILINDRO DE LEVANTE TOLVA
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	24	08-jun-20	1	Motor termico	MC	INOPERATIVO	FUGA DE REFRIGERANTE, RADIAADOR
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	24	09-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	INOPERATIVO	FUGA DE HYD POR CILINDRO DE LEVANTE TOLVA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	24	10-jun-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE SENSOR DE TEMPERATURA
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	24	10-jun-20	1	Motor termico	MC	INOPERATIVO	FUGA DE REFRIGERANTE, RADIAADOR
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	24	11-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	ELIMINACION DE FUGA ACEITE HYD POR TAPA DE TANQUE
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	24	11-jun-20	1	Sistema eléctrico	MC	OPERATIVO	INSPECCION DE TESTIGOS
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	24	13-jun-20	1	Motor termico	MC	INOPERATIVO	FUGA DE REFRIGERANTE, RADIAADOR
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	15-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	INOPERATIVO	INSPECCION DEL MANDO FINAL LH
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	15-jun-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	TEMPLADO DE CADENA LH
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	15-jun-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	MONTAJE DE COREAS
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	16-jun-20	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	INSPECCION DE MANDO FINAL POR PERDIDA DE ACEITE
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	16-jun-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	LAVADO DE FILTRO DE MOTOR
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	16-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	INOPERATIVO	DESMONTAJE DE CORAZAS, PARA CAMBIO DE EQUALIZER
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	16-jun-20	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	INSPECCION DE MANDO FINAL
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	16-jun-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	AJUSTE DE PERNOS DE COMPUERTA DE MOTOR, INSPECCION DE NIVELES
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	17-jun-20	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	18-jun-20	1	Sistema de transmisión	MC	INOPERATIVO	DESMONTAJE DE MANGUERA DE CONVERTIDOR DE PAR
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	19-jun-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	19-jun-20	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	DESMONTAJE DE MANGUERA DE CONVERTIDOR DE PAR
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	19-jun-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	ACONDICIONAMIENTO DE BATERIA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	22-jun-20	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	22-jun-20	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	FUGA DE ACEITE HYD POR TRANSMISION
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	24-jun-20	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	24-jun-20	1	Tren de rodaje	MC	INOPERATIVO	DESCARRILAMIENTO, ROTURA DE PERNOS GARRA
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	25-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	INOPERATIVO	DESMONTAJE DE CORAZAS, PARA CAMBIO DE EQUALIZER
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	25-jun-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	DESCARRILAMIENTO, ROTURA DE PERNOS GARRA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	26-jun-20	1	Sistema de freno	MC	OPERATIVO	ALERTA DE FRENO SERVICIO ACTIVADO
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	26-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	INOPERATIVO	DESMONTAJE DE BARRA EQUALIZADORA
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	27-jun-20	1	Motor termico	MP	OPERATIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	27-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	INOPERATIVO	MONTAJE DE BARRA EQUALIZADORA
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	27	30-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	MONTAJE DE BARRA EQUALIZADORA
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	27	02-jul-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	AJUSTE DE PERNOS ZAPATAS
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	27	03-jul-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REPARACION DE VISAGRAS DE COMPUERTA MOTOR
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	27	03-jul-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	COLOCACION Y AJUSTE DE PERNOS DE ZAPATA
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	28	06-jul-20	1	Sistema eléctrico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE MOTOR DE EXTRACCION DE SISTEMA A/C
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	28	08-jul-20	1	Sistema eléctrico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE FOCOS DELANTEROS, EVALUACION POR CORTO CIRCUITO
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	28	08-jul-20	1	Sistema eléctrico	MC	OPERATIVO	REPARACION DE MOTOR ELECTRICO A/C

PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	28	09-jul-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	28	09-jul-20	1	Materia de desgaste/Implementos	MC	OPERATIVO	VOLTEO DE CUCHILLAS Y CAMBIO DE CANTONERAS
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	28	11-jul-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	RELLENO DE ACEITE A MANDO FINAL POR FUGA INTERNA
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	29	14-jul-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CILINDRO DE RIPPER TORCIDO
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	1	03-ene-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION SISTEMA DE IMPLEMENTOS
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	52	23-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION SISTEMA DE IMPLEMENTOS
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	51	18-dic-19	1	Sistema eléctrico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE JE PIVOT LH, CAMBIO DE FOCOS
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	48	28-nov-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	TRANSFERENCIA DE ENERGIA PARA ENCENDIDO
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	39	26-sep-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	TRANSFERENCIA DE ENERGIA PARA ENCENDIDO
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	20-sep-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION POR ELEVADA TEMPERATURA DE REFRIGERANTE, FUGA ACEITE POR TRANSMISION, REVISION DE CARGA DE ALTERNADOR
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	35	27-ago-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	RUPTURA DE PIN DE SOPORTE DE MOTOR DIESEL
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	27	01-jul-19	1	Materia de desgaste/Implementos	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE CUCHILLAS Y CANTONERAS, TRABAJOS DE SOLDADURA
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	25-jun-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION POR DIFICULTAD EN EL ARRANQUE
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	23	09-jun-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	TRABAJOS DE SOLDADURA EN BASE DE RODILLO SUPERIOR LADO DERECHO
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	22	27-mayo-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE TURBO USADO
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	18	29-abr-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA HIDRAULICA DE HOJA TOPADORA
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	16	20-abr-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	REQUIERE CAMBIO DE CADENAS, SPROCKET, RODILLOS, TRABAJOS DE SOLDADURA, CAMBIO DE BATERIAS NUEVAS MARCA BOSCH
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	12	18-mar-19	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE CODIGO DE ERROR DE SENSOR DE TRANSMISION
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	11	16-mar-19	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA DE TRANSMISION
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	07-mar-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	MONTAJE DE RUEDA GUIA SUPERIOR LADO DERECHO
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	8	24-feb-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE INYECTOR USADO, CONTAMINO ACIETE DE MOTOR
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	7	17-feb-19	1	Materia de desgaste/Implementos	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE CANTONERAS Y VOLTEO DE CUCHILLAS
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	7	14-feb-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE MOTOR DIESEL POR CODIGO DE ERROR
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	4	26-ene-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	RUPTURA BASE DE RODILLO SUPERIOR
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	2	07-ene-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE SENSOR DE COMBUSTIBLE Y REVISIO DE INYECTORES
PE32/0027	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	1	06-ene-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REPARACION DE SENSOR DE MOTOR Y EVALUACION CON ET
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	28	09-jul-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE TRUNNION RH
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	27-jun-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	RUPTURA DE BASE DE RODILLO LADO DERECHO
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	11	14-mar-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE CILINDRO HIDRAULICO DE INCLINACION USADO
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	7	13-feb-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	FISURA EN EL BASTIDOR RH
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	7	13-feb-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA HYD DE ENFRIADOR DE ACEITE
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	5	31-ene-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	REVISION DE TEMPLADO DE ORUGAS, REVISION DE LUCES
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	4	23-ene-20	1	Materia de desgaste/Implementos	MC	OPERATIVO	VOLTEO DE CUCHILLAS Y CAMBIO DE CANTONERAS, TRABAJOS DE SOLDADURA
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	3	19-ene-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE FUGA DE ACEITE HYD POR CILINDRO DE LEVANTE DE HOJA DE TOPADORA
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	3	14-ene-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	RUPTURA DE BRIDA DE CRUCETA, REVISION DE MANGUERAS HIDRAULICAS
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	1	05-ene-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	RESCATE DE EQUIPO ENFANGADO
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	33	15-ago-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	EVALUACION GENERAL DEL EQUIPO, TRABAJOS DE SOLDADURA
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	30	22-jul-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	REVISION Y REPARACION DE PUERTA LH, CAMBIO DE FOCOS, REVISION SISTEMA ELECTRICO
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	27	06-jul-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	MONTAJE DE PROTECTOR DE FILTRO DE ACEITE HYD
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	28-jun-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE BATERIA USADA BOSCH
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	22-jun-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	RUPTURA DE TEMPLADOR DE AIRE ACONDICIONADO
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	25	20-jun-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA HIDRAULICA POR FUGA DE ACEITE
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	21	21-mayo-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	COLOCACION DE PERNOS DE ZAPATA
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	19	09-mayo-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	MONTAJE DE ZAPATAS Y AJUSTE DE PERNOS
PE32/0028	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	18	01-mayo-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA DE CILINDRO DE INCLINACION
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	23-jun-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REVISION GENERAL
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	07-mar-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Cambio de alternador, bomba y pernos
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	9	01-mar-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	No carga la batería
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	9	24-feb-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	Cambio de pernos de Sprocket
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	7	14-feb-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Arranque de equipo con ayuda de baterias
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	7	11-feb-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Instalación de modulo indicadores de niveles
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	6	09-feb-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Revisión de baterias
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	6	09-feb-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Problemas de encendido de motor
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	6	07-feb-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	Pernos de cantonera caídos.
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	6	05-feb-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	Cambio de rodillo inferior
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	2	12-ene-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	Ajuste de pernos del sprocket
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	1	30-dic-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Baja presión de aceite de motor.
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	46	12-nov-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	PERDIDA DE PERNO
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	43	25-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	BAJA PRESION EN MOTOR
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	40	05-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	ROTURA DE SILENCIADOR DE ESCAPE
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	39	26-sep-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	PERNO ROTO DE CORAZA
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	39	24-sep-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	PUERTA DE MOTOR
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	12-sep-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA HIDRAULICA
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	30	24-jul-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REVISION GENERAL
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	28	08-jul-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REVISION GENERAL DEL EQUIPO
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	27-jun-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE SENSOR DE COMBUSTIBLE
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	23	04-jun-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Rotura de faja de alternador y fuga de refrigerante
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	18	05-mayo-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Fuga de refrigerante
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	17	24-abr-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	BATERIA 17
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	15	08-abr-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Problema de arranque y de aire acondicionado
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	13	29-mar-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	ROTURA DE PERNOS MASTER DE CADENA
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	11	15-mar-19	1	Materia de desgaste/Implementos	MC	OPERATIVO	VOLTEO DE CUCHILLAS Y CAMBIO DE CANTONERAS
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	7	15-feb-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	FUGA DE REFRIGERANTE
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	6	10-feb-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	RADIADOR PRESENTA FUGA DE REFRIGERANTE
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	6	09-feb-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	RADIADOR PRESENTA FUGA DE REFRIGERANTE
PE32/0009	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	1	04-ene-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	FUGA DE REFRIGERANTE
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	35	29-ago-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Rotura de la faja del alternador
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	31	27-jul-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	Rotura de los pernos de las corazas inferiores
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	28	07-jul-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Resume aceite por la tapa de balancines
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	52	27-dic-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REVISION GENERAL
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	46	11-nov-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	BOMBA HEUJ
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	33	14-ago-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	PERDIDA DE POTENCIA
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	11	13-mar-19	1	Sistema de transmisión	MC	OPERATIVO	EVALUAR SISTEMA DE TRANSMISION
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	07-mar-19	1	Sistema de direccion	MC	OPERATIVO	FALLA DE DIFERENCIALES



PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	07-mar-19	1	Sistema de direccion	MC	OPERATIVO	FALLA DE MANDO FINAL
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	5	29-ene-19	1	Sistema de transmision	MC	OPERATIVO	FALLA EN SISTEMA DE TRANSMISION POR MALA OPERACION
PE32/0012	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	4	24-ene-19	1	Sistema de transmision	MC	OPERATIVO	Evaluacion del sistema de transmision
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	23-jun-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REVISION GENERAL
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	13	26-mar-20	1	Sistema de direccion	MC	OPERATIVO	Enrollado de cable en rueda guia
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	7	15-feb-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	Cambio de trunnion y correctivos al equipo.
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	7	15-feb-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	Cambio del Trunnion
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	3	16-ene-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	Cambio de pernos de barra ecualizadora
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	3	15-ene-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	Ajuste de perno de barra
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	3	13-ene-20	1	Sistema de transmision	MC	OPERATIVO	Códigos de error del sistema de transmision.
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	51	19-dic-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	Problemas de arranque
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	50	11-dic-19	1	Material de desgaste/Implemento	MC	OPERATIVO	Cambio de pernos de cantonera izquierda.
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	48	29-nov-19	1	Sistema de transmision	MC	OPERATIVO	Instalación de tapas de rueda guia.
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	46	16-nov-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE 02 BATERIAS NUEVAS
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	44	31-oct-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	TRABAJOS DE SOLDADURA EN PARRILLA Y BULLDOZER
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	44	01-nov-19	1	Material de desgaste/Implemento	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE CANTONERAS
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	44	28-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	PRESENCIA DE CODIGOS ACTIVOS
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	42	20-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	ROTURA DE SILENCIADOR DE ESCAPE
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	30	28-jul-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	SENSOR DE NIVEL DE COMBUSTIBLE
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	29	21-jul-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	BASE DE CILINDRO DE INCLINACIÓN
PE32/0013	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	15	12-abr-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REVISION GENERAL DEL EQUIPO
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	17	21-abr-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE INYECTORES - AVERIA DE RODILLO INFERIOR LH
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	7	11-feb-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	ROTURA DE FAN FUGA DE REFRIGERANTE
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	6	07-feb-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	FRACTURA DE ESTRUCTURA DE HOJA TOPADORA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	45	07-nov-19	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	ROTURA DE PERNOS DE TAPA DEL SEDASO
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	44	31-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	FUNCIONAMIENTO ERRADO DE BOMBA HEUI
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	43	21-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EQUIPO PRESENTA PERDIDA DE FUERZA
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	41	10-oct-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	FUGA DE ACEITE POR BOMBA HEUI
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	39	25-sep-19	1	Sistema de transmision	MC	OPERATIVO	ROTURA DE TAPA DE TRANSMISION POR IMPACTO
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	28	13-jul-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	RUPTURA DE BATERIAS
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	13	28-mar-19	1	Material de desgaste/Implemento	MC	OPERATIVO	Cambio de cuchillas y cantoneras
PE32/0014	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	04-mar-19	1	Sistema de transmision	MC	OPERATIVO	Falla el conjunto de transmision de combustible (bolla) y guidor de carril
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	23-jun-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION Y MANTENIMIENTO
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	04-mar-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	MANTENIMIENTO GENERAL
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	9	27-feb-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	REVISAR SISTEMA DE ARRANQUE
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	4	23-ene-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	PERNOS DE VOLANTE ROTOS
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	3	14-ene-19	1	Material de desgaste/Implemento	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE UNA RIPPER
PE32/0019	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	2	12-ene-19	1	Material de desgaste/Implemento	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE UNA RIPPER
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	36	03-sep-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION POR BLOQUEO DE MANDOS DEL SISTEMA HYD
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	33	16-ago-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DEL SISTEMA ELECTRICO DEL ALTERNADOR
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	27	04-jul-20	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE RUEDA GUIA DELANTERA RH (USADA)
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	27	29-jun-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION POR PERDIDA DE FUERZA, CAMBIO DE FILTRO RACOR
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	26-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE FILTRO HYD
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	17	26-abr-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE FUGA ACEITE HYD
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	15	06-abr-20	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	RECALENTAMIENTO DE MOTOR DIESEL
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	02-mar-20	1	Material de desgaste/Implemento	MC	OPERATIVO	ELIMINACION DE FUGA DE ACEITE DE TRANSMISION, CAMBIO DE CANTONERAS Y CUCHILLAS, REVISION DE A/C
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	6	03-feb-20	1	Superestructura	MC	OPERATIVO	TRABAJOS DE SOLDADURA EN ESTRIBO DERECHO
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	4	26-ene-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	PERDIDA DE PONTENCIA EN HOJA
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	4	22-ene-20	1	Sistema de transmision	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA DE TRANSMISION
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	52	24-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE FUGA DE ACEITE HYD POR CILINDRO DE LEVANTE DE HOJA DE TOPADORA
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	51	20-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	ELIMINACION DE FUGA HYD DE RIPPER
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	16-sep-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA DE SISTEMA DE CALEFACCION
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	35	29-ago-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE BASE DE VENTILADOR USADO
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	34	21-ago-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION POR PERDIDA DE POTENCIA DE MOTOR
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	33	16-ago-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	FALLA EN LOS IMPLEMENTOS
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	32	07-ago-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE SELLOS DE GRUPO DE VALVULAS
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	julio	30	27-jul-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	SOLDADURA DE TANQUE HYD
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	mayo	20	13-mayo-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE MANGUERA DE CILINDRO DE INCLINACION HOJA
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	17	28-abr-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE DOS BATERIAS NUEVAS
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	17	27-abr-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE FILTRO HYD
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	abril	16	18-abr-19	1	Material de desgaste/Implemento	MC	OPERATIVO	VOLTEO DE CUCHILLAS Y CAMBIO CANTONERAS, SOLDEO SOPORTE RODILLO SUPERIOR RH, REVISION DE TAPAS DE MANDO FINAL
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	06-mar-19	1	Motor termico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE MOTOR DIESEL POR PERDIDA FUERZA Y RECALENTAMIENTO
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	9	25-feb-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	LIMPIEZA DE TANQUE HYD
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	febrero	8	22-feb-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE BOMBA DE IMPLEMENTOS
PE32/0020	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	enero	2	09-ene-19	1	Tren de rodaje	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE 01 RODILLO SUPERIOR IZQUIERDO
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	junio	26	23-jun-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION Y MANTENIMIENTO
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	03-mar-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION Y MANTENIMIENTO GENERAL
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	51	19-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	FUGA ACEITE POR EJE PIVOT, CAMBIO DE CADENAS, SELLOS BARRA ECUALIZADORA, RUEDA GUIAS Y RODILLOS
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	50	14-dic-19	1	Material de desgaste/Implemento	MC	OPERATIVO	Cambio cuchillas y cantoneras
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	50	09-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	ROTURA DE MANGUERA HYD DE MOTOR VENTILADOR
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	diciembre	49	05-dic-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	BAJA PRESION PILOTO
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	noviembre	44	01-nov-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	CAMBIO DE ACUMULADOR
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	octubre	42	18-oct-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	ACUMULADOR DE ACEITE HYD CON FUGA
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	38	22-sep-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	EVALUACION DE GRUPO DE VALVULAS
PE32/0030	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	agosto	34	20-ago-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	REVISION GENERAL DEL EQUIPO
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	marzo	10	08-mar-20	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	PERDIDA DE PRESION EN BOMBA
PE32/0031	D6T	TRACTOR DE ORUGAS	septiembre	37	10-sep-19	1	Sistema hidráulico	MC	OPERATIVO	REPARACION GENERAL

Anexo 2: Aplicación método NPR

Subsistemas	Componente	Función que desempeña	UNIDAD DE POTENCIA									
			Modo de fallo	Efectos de los fallos	Causas de los fallos	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Riesgo		
Sistema de Combustible	Inyector unitario electrónico de accionamiento hidráulico	Utiliza Presión de aceite de motor para inyectar combustible a la cámara entre 36MPa y 150MPa	Inyección menor a 36MPa	Corto circuito	Cables rotos	7	3	4	84	MEDIO		
				Falso contacto	5	2	7	70	MEDIO			
				Circuito abierto	Cables rotos	7	2	4	56	MEDIO		
				Falta de presión de aceite	Desgaste de inyectores	8	3	7	168	ALTO		
				Fuga de aceite	Falta de angulamiento del plato	8	3	7	168	ALTO		
			Alta Presión de inyección	Sellos desgastados	Contaminación	7	2	4	56	MEDIO		
				Golpeo de motor	Contaminación en la línea	7	3	5	105	ALTO		
				Señal errónea del ECM	Falso contacto	8	3	6	144	ALTO		
				Corto circuito	Cables rotos (pelados)	7	2	6	84	MEDIO		
				Circuito abierto	Cable roto	8	2	6	96	MEDIO		
Solenóide no cierra contacto	Falla a tierra	Circuito abierto	7	3	4	84	MEDIO					
	Circuito abierto	Cables rotos	8	3	4	96	MEDIO					
	Sellos desgastados	Contaminación	8	2	8	128	ALTO					
	Falla en señal del ECM	Cables rotos	7	2	5	70	MEDIO					
	Corrosión de tobera	Contaminación	7	2	8	112	ALTO					
Bomba hidráulica del inyector unitario	Presuriza el aceite de motor entre 6MPa y 25MPa para la inyección	Baja presión en salida de bomba	Valvula de retención parcialmente abierta	Contaminación, obstrucción de valvula	7	2	7	98	MEDIO			
			Desgaste camisas de pistones	Contaminación	7	3	4	84	MEDIO			
			Atascamiento de rodamiento	Tiempo de uso	7	3	4	84	MEDIO			
			Ralladura de piston actuador	Contaminación por agentes extraños	8	2	4	64	MEDIO			
			Falla en la señal del ECM	Cables rotos	7	2	3	42	MEDIO			
		Fuga externa	Desgaste de empaquetadura	Falso contacto	6	2	5	60	MEDIO			
			Elementos sueltos	Tiempo de uso	6	2	3	36	MEDIO			
				Vibración	7	2	6	84	MEDIO			
				Mal ajuste	8	2	5	80	MEDIO			
				Desgaste de asientos de eje	9	2	5	90	MEDIO			
Ruido	Rodamiento fatigado	Tiempo de uso	7	3	3	63	MEDIO					
	Desgaste dientes de engranaje principal	Mal montaje	8	2	6	96	MEDIO					
		Contaminación del aceite	6	2	4	48	MEDIO					
	Temperatura elevada	Fluido contaminado	Contaminación	6	3	3	54	MEDIO				
	Válvula IAP no cierra	Circuito abierto	Cables rotos	7	2	3	42	MEDIO				
Bomba de transferencia combustible	Suministra el combustible para la combustión a los inyectores	Presión de descarga muy baja	Falla en señal del ECM	Falso contacto	6	2	5	60	MEDIO			
			Bloqueo de resorte	Agentes extraños al sistema	6	3	3	54	MEDIO			
			Circuito abierto	Cables rotos	7	3	3	63	MEDIO			
			Falla en señal del ECM	Falso contacto	6	2	6	72	MEDIO			
			Bloqueo de resorte	Agentes extraños al sistema	5	2	3	30	MEDIO			
		Ruido	Falla de alineación	Mal montaje	7	2	5	70	MEDIO			
			Desgaste dientes de engranajes	Contaminación	5	3	3	45	MEDIO			
			Rotura dientes del engranaje	Fatiga	6	2	6	72	MEDIO			
			Desalineamiento del eje	Desgaste de asientos de eje	9	2	7	126	ALTO			
			Atascamiento de rodamiento	Contaminación	5	3	3	45	MEDIO			
Corrosión del componente	Falta de fijación de seguros	Vibración, pernos sueltos	8	2	3	48	MEDIO					
	Sobrecalentamiento	Desalineamiento	7	2	5	70	MEDIO					
	Fluido contaminado	Contaminación	6	3	3	54	MEDIO					
	Saturación del filtro separador	Falta de mantenimiento	5	3	4	60	MEDIO					
	Fuga externa	Falla en los sellos	Contaminación	6	3	3	54	MEDIO				
Regulador de Presión de combustible	Permite que el combustible regrese al tanque de almacenamiento a una Presión de 5 PSI	Cuerpo de valvula rajado	Avería (rotura)	Fatiga del componente	7	2	6	84	MEDIO			
				Vibración	6	2	5	60	MEDIO			
				Desgaste interno	Contaminación	5	3	3	45	MEDIO		
				Rajadura en el asiento	Contaminación	5	3	3	45	MEDIO		
				Sellos desgastados	Contaminación	5	2	3	30	MEDIO		
		Fuga externa	Partes flojas	Pernos flojos	5	3	4	60	MEDIO			
			Desgaste de cojinetes radiales	Temperatura elevada	7	2	3	42	MEDIO			
			Desgaste de turbina	Contaminación	9	3	4	108	ALTO			
			Falta de aceite de lubricación	Picadura de cañería	6	2	5	60	MEDIO			
			Ralladura de los cojinetes	Contaminación	7	2	3	42	MEDIO			
Turbocompresor	Comprime el aire del exterior, enviándolo a la cámara de combustión generando más potencia del motor	Fuga de gases de escape	Pase de aceite a admisión	Tiempo de uso	9	3	7	189	ALTO			
			Desgaste de empaquetes	Empaque soplado	8	3	5	120	ALTO			
				Mal montaje	9	2	6	108	ALTO			
				Pernos robados	8	4	6	192	ALTO			
				Pernos sueltos	Mal ajuste	8	3	6	144	ALTO		
		Eje desequilibrado	Desgaste de alojamientos	Rodamientos desgastados	8	2	5	80	MEDIO			
			Ralladura de cojinetes	Falta de lubricación	6	2	3	36	MEDIO			
			Sobrecalentamiento valvula	Aceite fuera de parámetros	7	2	3	42	MEDIO			
			Contaminación cámara admisión	Fisura de tapa de balancines	8	2	6	96	MEDIO			
			Rotura de la valvula	Mala calibración	9	2	5	90	MEDIO			
Sistema de admisión de aire y escape	Valvulas de admisión y escape	Ajuste incorrecto	Carbonización en la guía de la valvula	Desgaste de materiales	7	2	4	56	MEDIO			
			Dificultad de movimiento	Contaminación	6	2	3	36	MEDIO			
			Sobrecalentamiento asiento de la valvula	Mala lubricación	7	2	4	56	MEDIO			
			Falta de lubricación	Aceite fuera de especificación	6	2	3	36	MEDIO			
			Dificultad de movimiento	Contaminación	6	1	3	18	MEDIO			
		Juego para la guía de la valvula demasiado grande	Sobrecalentamiento del platillo de la valvula	Mala lubricación	7	2	3	42	MEDIO			
			Desgaste del vastago de la valvula	Fricción por falta de lubricación	8	1	4	32	MEDIO			
			Temperatura excesiva en la cámara	Aceite fuera de especificación	6	3	3	54	MEDIO			
			Fisura del platillo de valvula	Mala calibración	10	2	4	80	MEDIO			
			Abrazaderas sueltas	Pernos rotos, vibración	7	2	4	56	MEDIO			
Aftercooler	Enfría el aire comprimido que viene del turbocompresor, para introducir más moléculas de oxígeno a la cámara de combustión y ganar potencia	Fugas	Hose dañados	Tiempo de uso	6	3	6	108	ALTO			
			Daños por impacto	Elementos sueltos	6	3	8	144	ALTO			
			Picadura de tinas	Corrosión	7	3	6	126	ALTO			
			Obstrucción del núcleo	Contaminación	7	4	4	112	ALTO			
			Picadura del núcleo	Tiempo de uso	6	6	5	180	ALTO			
		Temperatura elevada	Aletas dañadas	Golpes externos	7	4	4	112	ALTO			
			Contaminación por aceite	Enfriador de aceite averiado	7	2	5	70	MEDIO			
			Despresurización	Tapa radiador dañado	8	2	8	128	ALTO			
			Abrazaderas sueltas	Falta de ajuste	7	3	4	84	MEDIO			
			Sistema de enfriamiento y lubricación	Radiador	Cavitación de la bomba	Reducción en la carga de aspiración	Empaque de bomba desgastado	8	2	5	80	MEDIO
	Línea de succión muy larga	Tubería sobredimensionada				6	2	3	36	MEDIO		
	Daños a las aletas del impulsor	Refrigerante fuera de especificación				6	3	6	108	ALTO		
	Alabes de rodete desgastados	Burbujas de aire				7	3	5	105	ALTO		
	Sellos desgastados	Contaminación				6	2	2	24	MEDIO		
Carga de succión deficiente	Vibración torcional	Rodamientos desgastados			9	2	4	56	MEDIO			
	Desgaste en asientos del eje	Desequilibrio			7	2	5	70	MEDIO			
	Empaques desgastados	Tiempo de uso			9	3	4	108	ALTO			
	Pernos sueltos	Falta de ajuste			7	2	6	84	MEDIO			
	Rotura de polea	Faja desalineada			7	3	5	105	ALTO			
Atascamiento de bomba	Rodamientos amarrados	Tiempo de uso	8	3	5	120	ALTO					
	Hose dañados	Picaduras por desgaste	6	3	6	108	ALTO					
	Sellos mordidos	Mal montaje	6	3	4	72	MEDIO					
	Tinas picadas	Corrosión	7	3	6	126	ALTO					
	Daños por impacto	Elementos sueltos	6	3	8	144	ALTO					
Temperatura elevada	Obstrucción del núcleo	Contaminación	7	4	4	112	ALTO					
	Picadura del núcleo	Tiempo de uso	7	2	4	56	MEDIO					
	Aletas dañadas	Golpes externos	7	4	4	112	ALTO					
	Contaminación por aceite	Enfriador de aceite averiado	7	2	3	42	MEDIO					
	Despresurización	Tapa radiador dañado	8	2	8	128	ALTO					
Rendimiento deficiente	Abrazaderas sueltas	Falta de ajuste	7	3	4	84	MEDIO					
	Desgaste de empaquetadura	Tiempo de uso	7	4	3	84	MEDIO					
	Elementos sueltos	Mal montaje	6	2	5	60	MEDIO					
	Contaminación del refrigerante	Pernos sueltos	5	4	4	80	MEDIO					
	Diente de engranajes desgastados	Picadura del enfriador	5	4	5	100	ALTO					
Enfriador de aceite	Su función es enfriar el aceite para que no pierda sus propiedades y pueda lubricar evitar el precalentamiento del motor	Fuga externa	Bloqueo de rejilla colador	Contaminación	8	3	5	120	ALTO			
			Fisura tubo de aspiración	Vibración	7	3	5	105	ALTO			
			Elementos sueltos	Vibración	7	4	4	112	ALTO			
			Bomba de aceite	Genera energía para impulsar el flujo del cárter hacia los componentes del sistema de lubricación	Carga de succión deficiente	Reducción en la carga de aspiración	Empaque de bomba desgastado	8	2	5	80	MEDIO
				Línea de succión muy larga	Tubería sobredimensionada	6	2	3	36	MEDIO		
	Daños a las aletas del impulsor	Refrigerante fuera de especificación	6	3	6	108	ALTO					
	Alabes de rodete desgastados	Burbujas de aire	7	3	5	105	ALTO					
	Sellos desgastados	Contaminación	6	2	2	24	MEDIO					
	Vibración torcional	Rodamientos desgastados	9	2	4	56	MEDIO					
	Desgaste en asientos del eje	Desequilibrio	7	2	5	70	MEDIO					
	Empaques desgastados	Tiempo de uso	9	3	4	108	ALTO					
	Pernos sueltos	Falta de ajuste	7	2	6	84	MEDIO					
	Rotura de polea	Faja desalineada	7	3	5	105	ALTO					
	Rodamientos amarrados	Tiempo de uso	8	3	5	120	ALTO					
	Hose dañados	Picaduras por desgaste	6	3	6	108	ALTO					
	Sellos mordidos	Mal montaje	6	3	4	72	MEDIO					
	Tinas picadas	Corrosión	7	3	6	126	ALTO					
	Daños por impacto	Elementos sueltos	6	3	8	144	ALTO					
	Obstrucción del núcleo	Contaminación	7	4	4	112	ALTO					
	Picadura del núcleo	Tiempo de uso	7	2	4	56	MEDIO					
	Aletas dañadas	Golpes externos	7	4	4	112	ALTO					
	Contaminación por aceite	Enfriador de aceite averiado	7	2	3	42	MEDIO					
	Despresurización	Tapa radiador dañado	8	2	8	128	ALTO					
	Abrazaderas sueltas	Falta de ajuste	7	3	4	84	MEDIO					
	Desgaste de empaquetadura	Tiempo de uso	7	4	3	84	MEDIO					
	Elementos sueltos	Mal montaje	6	2	5	60	MEDIO					
	Contaminación del refrigerante	Pernos sueltos	5	4	4	80	MEDIO					
	Diente de engranajes desgastados	Picadura del enfriador	5	4	5	100	ALTO					
	Bloqueo de rejilla colador	Contaminación	8	3	5	120	ALTO					
	Fisura tubo de aspiración	Vibración	7	3	5	105	ALTO					
	Elementos sueltos	Vibración	7	4	4	112	ALTO					



Motor Basico	Bloque de cilindros	Su función es alojar los componentes del tren alternativo (cigüeñal, bielas y pistones), además de diferentes partes móviles y así generar combustión para el funcionamiento del equipo	Fugas externas	Fugas de aceite	Fisura del bloque	10	2	3	60	MEDIO			
				Fugas de refrigerante	Fisura del bloque	8	2	3	48	MEDIO			
				Empaques desgastados	Tiempo de uso	7	3	4	84	MEDIO			
			Cilindros desgastados	Elementos sueltos (pernos, espárragos)	Mal montaje	7	3	3	63	MEDIO			
					Fricción entre pistones y cámaras de cilindros	Falta de lubricación	8	2	3	48	MEDIO		
					Lubricación deficiente	Baja presión de aceite	9	2	3	54	MEDIO		
					Alta temperatura de funcionamiento	Falta de lubricación	9	2	3	54	MEDIO		
					Contaminación del aceite	Aceite fuera de especificación	7	3	3	63	MEDIO		
					Falta del filtro de aire	Contaminación	8	2	4	64	MEDIO		
			Falla en funcionamiento	Avería (rotura)	Vibración	7	2	3	42	MEDIO			
	Porosidad del bloque	Mala fabricación			8	2	5	80	MEDIO				
	Desgaste de bloque	Contaminación del aceite			7	2	3	42	MEDIO				
	Desgaste de empaques	Tiempo de uso			8	3	4	96	MEDIO				
	Empaques desgastados	Tiempo de uso			8	2	5	80	MEDIO				
	Elementos sueltos (pernos, espárragos)	Alojamientos robados			6	2	3	36	MEDIO				
	Culata de cilindros	Su función es cerrar las cámaras de combustión	Fugas externas	Avería	Picadura en la culata	7	2	6	84	MEDIO			
				Desgaste excesivo (fricción)	Falta de lubricación	9	2	3	54	MEDIO			
				Falta de lubricación	Presión de aceite baja	9	2	3	54	MEDIO			
				Avería (rotura)	Temperatura elevada	10	1	2	20				
				Contaminación	Aceite frito de mantenimiento	7	4	3	84	MEDIO			
				Fricción	Falta de lubricación	9	4	2	72	MEDIO			
				Eje desequilibrado	Vibración torsional	Desgaste de asientos de eje	9	2	4	72	MEDIO		
						Desgaste de cojinetes	Rodamientos desgastados	10	1	8	80	MEDIO	
				Cojinete de árbol dañado	Avería (rotura)	Contaminación	8	1	3	24			
						Falta de lubricación	Nivel de aceite bajo	10	2	2	40	MEDIO	
	Cigüeñal	Transforma la energía liberada en energía mecánica	Falla en funcionamiento	Contaminación	Aceite fuera de especificación	7	3	3	63	MEDIO			
				Alta vibración	Falta de montaje	9	1	8	72	MEDIO			
				Desgaste de cojinetes	Falta de lubricación	9	1	8	72	MEDIO			
				Sobrecarga mecánica	Calibración errónea	8	2	3	48	MEDIO			
				Lubricación deficiente	Falta de aceite	7	3	2	42	MEDIO			
				Aprietes incorrectos en cojinetes de bielas	Ajuste incorrecto	10	1	8	80	MEDIO			
				Asiento de cigüeñal desgastado	Lubricación deficiente	Aceite fuera de especificación	8	2	7	112	ALTO		
				Perdida de potencia	Contaminación	9	2	6	108	ALTO			
				Piston	Genera la compresión y asegura la estanqueidad con las paredes del cilindro	Piston desgastado	Perdida de compresión	Contaminación	8	4	4	128	ALTO
							Exceso de combustible	Mezcla inadecuada	7	2	5	70	MEDIO
	Presión de combustión incorrecta	Mala calibración	10				1	5	50	MEDIO			
	Injector defectuoso	Contaminación de combustible	8				2	6	96	MEDIO			
	Montaje incorrecto de inyección	Mal montaje	10				1	5	50	MEDIO			
	Caudal incorrecto de inyección	Mala calibración	9				2	4	72	MEDIO			
	Compresión insuficiente	Desgaste de cámaras	9				2	4	72	MEDIO			
	Refrigeración insuficiente	Obstrucción de las líneas	8				2	3	48	MEDIO			
	Montajes erróneos	Falta de calibración	9				3	3	81	MEDIO			
	Reducción de holgura	Mala sincronización	10				2	4	80	MEDIO			
	Daños en falda del piston	Saliendo del piston excesiva (golpes en la cabeza del piston)	Calibración errónea	10	1	4	40	MEDIO					
				Sedimentos de aceite carbonizados	Pase de aceite	8	2	5	80	MEDIO			
				Tiempos de mando de válvulas incorrectos	Mala calibración	10	2	3	60	MEDIO			
				Bielas dobladas	Mala calibración	9	2	3	54	MEDIO			
				Montaje inadecuado	Pernos flojos	8	1	3	24				
				Cojinetes de bielas muy grandes	Mala selección	7	1	5	35	MEDIO			
				Ajuste estrecho	Mal ajuste	9	1	6	54	MEDIO			
				Falta de lubricación	Desgaste de dientes de bomba de aceite	8	2	5	80	MEDIO			
				Desgaste por exceso de combustible	Inyectores dañados	10	2	3	60	MEDIO			
				Biela	Se utilizan para cambiar el movimiento lineal del piston en movimiento de rotación	Biela doblada	Golpes hidráulicos	Ingreso de agua al motor	10	1	1	10	
	Fuerzas externas	Contaminación	8				2	3	48	MEDIO			
	Atascamiento de piston	Contaminación	8				1	3	24				
	Falta de luz entre cilindros y anillos de piston	Mala calibración	10				1	4	40	MEDIO			
	Elementos sueltos (Pernos de tapas de bielas)	Mal ajuste	9				2	2	36	MEDIO			
	Falta de lubricación	Baja presión de aceite	9				2	2	36	MEDIO			
	Balanines	Tiene como función empujar los puentes de válvulas de admisión y escape para que estas se abran en el momento adecuado	Asiento de balancín desgastado	Contaminación del aceite	Aceite fuera de especificación	7	1	3	21				
				Balancín fojo	Mal ajuste	8	1	3	24				
				Ajuste excesivo de balancín	Mal ajuste	8	1	3	24				
				Falta de lubricación	Baja presión de aceite	9	1	3	27	MEDIO			
				Sobrepresión	Obstrucción de las líneas	7	1	2	14				
				Calibración errada de válvulas	Mala calibración	8	2	2	32	MEDIO			
	Puente de válvulas	Sirven para abrir o cerrar las válvulas de admisión y escape	Falla en funcionamiento	Exceso de ajuste de balancín	Mala calibración	8	1	2	16				
				Falta de ajuste de balancín	Mala calibración	6	2	3	36	MEDIO			
				Mal montaje	Error de montaje	7	1	2	14				
				Circuito abierto	Cables rotos	6	2	3	36	MEDIO			
	Compresor de aire acondicionado	Comprime el gas (fluido refrigerante) que permite en un ciclo producir transferencia de calor	Compresor no activa	Bobina quemada	Corriente elevada	7	2	4	56	MEDIO			
				Sobrecalentamiento	Exceso de gas refrigerante	7	4	4	112	ALTO			
				No comprime refrigerante	Rodamientos fatigados	8	3	5	120	ALTO			
				Atascamiento de compresor	Rotura de faja motor	7	3	5	105	ALTO			
				Polea loca trabada	Rodamiento fatigado	7	4	4	112	ALTO			
				Baterías no cargan	Regulador de voltaje dañado	8	3	3	72	MEDIO			
	Alternador	Transforma la energía mecánica en energía eléctrica	No genera carga	Motor no arranca	Tiempo de uso	7	3	4	84	MEDIO			
				Regulador dañado	Tiempo de uso	8	3	5	120	ALTO			
				Bobinado quemado	Tiempo de uso	9	3	4	108	ALTO			
				Rotura de faja motor	Mala regulación	7	4	4	112	ALTO			
				Polea rota	Fatiga, tiempo de uso	7	3	5	105	ALTO			
				Corto circuito	Cables rotos	6	2	4	48	MEDIO			
				Elementos sueltos	Falta de ajuste	7	3	4	84	MEDIO			
				Cableado incorrecto	Mal montaje	8	2	2	32	MEDIO			
				Arranque largo	Temperatura elevada	8	3	5	120	ALTO			
				Desgaste de resorte	Tiempo de uso	8	2	4	64	MEDIO			
	Motor de arranque	Es el encargado de vencer la resistencia inicial de los componentes cinemáticos del motor al arrancar	Falla en funcionamiento	Atasco de inducido deslizante	Tiempo de uso	8	2	4	64	MEDIO			
				Escobillas desgastadas	Tiempo de uso	7	3	4	84	MEDIO			
				Rele de arranque desgastado	Arranque largo	7	3	8	126	ALTO			
				Bendix roto	Alineamiento deficiente	7	1	3	21				
				Falso contacto	Pin deteriorado	9	2	4	72	MEDIO			
				Corto circuito	Fuga a tierra	8	1	3	24				
	Modulo de control electronico (ECM)	Computadora que proporciona la información para el funcionamiento del motor	Fallo en funcionamiento	Desconfiguración de Software	Mala configuración	10	1	5	50	MEDIO			
				Falla en la señal	Cables deteriorados	9	2	3	54	MEDIO			
				ECM no se comunica con otros sistemas	Cables o conectores averiados	8	2	2	32	MEDIO			
				Enlace de datos erróneo	Mala configuración	10	2	2	40	MEDIO			
				Pines averiados	Mal montaje	8	2	4	64	MEDIO			

Anexo 3: Ficha técnica de tractor 32/0029

		FICHA TECNICA DE TRACTORES D6T CATERPILLAR		
	Equipo:	PE32/0009		
	Denominación:	CATERPILLAR D6T (S)		
	Modelo de motor	CAT C9 ACERT		
	Emisiones	Fase III de la UE		
	Potencia Bruta	229HP		
	Potencia Neta	205HP		
	Calibre: 115mm	Capacidad:	5.31 m ³	
	Carrera: 149mm	Anchura:	3260 mm	
	CC:	9 L		
	<u>Sistema hidráulico</u>			
Rendimiento de la bomba: implemento	49.9 gal/min			
Rendimiento de la bomba: dirección	47.3 gal/min			
Flujo del cilindro de levantamiento	49.9 gal/min			
Flujo del cilindro de inclinación	21.1 gal/min			
Flujo del cilindro del desgarrador	49.9 gal/min			
<u>Controles hidráulico</u>				
Tractor topador: levantamiento	19300 kPa			
Tractor topador: inclinación	19300 kPa			
Desgarrador	19300 kPa			
<u>Dimensiones</u>		<u>Tranmisión</u>		
Anchura del tractor	2440 mm	Tipo:	Mecánica	
Altura de la maquina	3169 mm	Marchas adelante:	5	
Longitud del tractor	3860 mm	Marchas atrás:	5	
Peso del tractor	19.429 a 19.969 kg			
<u>Datos generales</u>				
Clase:	EP_04_0321_002	Tractores de Orugas 20 T		
Cl. Vehículo:	I10000_ACT	S/IMOB - Actividad		
Grupo autorizado:	PE01	Peru Geral		
Deposito de combustible:	112.0 gal			
Sistema de refrigeración:	17.0 gal			
Carter del motor:	6.5 gal			
Tren de potencia:	39.1 gal			
<u>Datos de fabricacion</u>				
Fabricante:	CATERPILLAR			
Denominación tipo:	D6T			
Fabricante N° Serie:	PEZ00662			
Año de fabricación:	2011			
Numero de chasis:	THX34327			
<u>Imputación</u>				
Sociedad:	3781	Mota-Engil Perú S.A.		
Activo Fijo:	4330000151	TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6T 0030-2016		
Centro de coste:	30000	GESTION DE EQUIPOS		
Orden permanente:	OCPE32/0009			



Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

Anexo 4: Ficha técnica de tractor 32/0012

		FICHA TECNICA DE TRACTORES D6T CATERPILLAR		
	Equipo:	PE32/0012		
	Denominacion:	CATERPILLAR D6T (S)		
	Modelo de motor	CAT C9 ACERT		
	Emisiones	Fase III de la UE		
	Potencia Bruta	229HP		
	Potencia Neta	205HP		
	Calibre: 115mm	Capacidad:	5.31 m ³	
	Carrera: 149mm	Anchura:	3260 mm	
	CC:	9 L		
	<u>Sistema hidráulico</u>			
Rendimiento de la bomba: implemento	49.9 gal/min			
Rendimiento de la bomba: dirección	47.3 gal/min			
Flujo del cilindro de levantamiento	49.9 gal/min			
Flujo del cilindro de inclinación	21.1 gal/min			
Flujo del cilindro del desgarrador	49.9 gal/min			
<u>Controles hidraulico</u>				
Tractor topador: levantamiento	19300 kPa			
Tractor topador: inclinación	19300 kPa			
Desgarrador	19300 kPa			
<u>Dimensiones</u>		<u>Tranmisión</u>		
Anchura del tractor	2440 mm	Tipo:	Mecánica	
Altura de la maquina	3169 mm	Marchas adelante:	5	
Longitud del tractor	3860 mm	Marchas atrás:	5	
Peso del tractor	19.429 a 19.969 kg			
<u>Datos generales</u>				
Clase:	EP_04_0321_002	Tractores de Orugas 20 T		
Cl. Vehiculo:	I10000_ACT	S/IMOB - Actividad		
Grupo autorizado:	PE01	Peru Geral		
Deposito de combustible:	112.0 gal			
Sistema de refrigeración:	17.0 gal			
Carter del motor:	6.5 gal			
Tren de potencia:	39.1 gal			
<u>Datos de fabricacion</u>				
Fabricante:	CATERPILLAR			
Denominacion tipo:	D6T			
Fabricante N° Serie:	PEZ00681			
Año de fabricacion:	2011			
Numero de chasis:	THX35088			
<u>Imputación</u>				
Sociedad:	3781	Mota-Engil Perú S.A.		
Activo Fijo:	4330000130	TRACTOR CAT 0034-2016		
Centro de coste:	30000	GESTION DE EQUIPOS		
Orden permanente:	OCPE32/0012			



Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

Anexo 5: Ficha técnica de tractor 32/0013

		FICHA TECNICA DE TRACTORES D6T CATERPILLAR	
	Equipo:	PE32/0013	
	Denominacion:	CATERPILLAR D6T (S)	
	Modelo de motor	CAT C9 ACERT	
	Emisiones	Fase III de la UE	
	Potencia Bruta	229HP	
	Potencia Neta	205HP	
	Calibre: 115mm	Capacidad:	5.31 m ³
	Carrera: 149mm	Anchura:	3260 mm
	CC: 9 L		
Sistema hidráulico			
Rendimiento de la bomba: implemento		49.9 gal/min	
Rendimiento de la bomba: dirección		47.3 gal/min	
Flujo del cilindro de levantamiento		49.9 gal/min	
Flujo del cilindro de inclinación		21.1 gal/min	
Flujo del cilindro del desgarrador		49.9 gal/min	
Controles hidraulico			
Tractor topador: levantamiento		19300 kPa	
Tractor topador: inclinación		19300 kPa	
Desgarrador		19300 kPa	
Dimensiones		Tranmisión	
Anchura del tractor	2440 mm	Tipo:	Mecánica
Altura de la maquina	3169 mm	Marchas adelante:	5
Longitud del tractor	3860 mm	Marchas atrás:	5
Peso del tractor	19.429 a 19.969 kg		
Datos generales			
Clase:	EP_04_0321_002	Tractores de Orugas 20 T	
Cl. Vehiculo:	I10000_ACT	S/IMOB - Actividad	
Grupo autorizado:	PE01	Peru Geral	
Deposito de combustible:	112.0 gal		
Sistema de refrigeración:	17.0 gal		
Carter del motor:	6.5 gal		
Tren de potencia:	39.1 gal		
Datos de fabricacion			
Fabricante:	CATERPILLAR		
Denominacion tipo:	D6T		
Fabricante N° Serie:	PEZ00683		
Año de fabricacion:	2011		
Numero de chasis:	THX35096		
Imputación			
Sociedad:	3781	Mota-Engil Perú S.A.	
Activo Fijo:	4330000131	TRACTOR CAT 0034-2016	
Centro de coste:	30000	GESTION DE EQUIPOS	
Orden permanente:	OCPE32/0013		

Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

Anexo 6: Ficha técnica de tractor 32/0019

		FICHA TECNICA DE TRACTORES D6T CATERPILLAR	
		Equipo:	PE32/0019
		Denominación:	CATERPILLAR D6T (S)
		Modelo de motor	CAT C9 ACERT
		Emisiones	Fase III de la UE
		Potencia Bruta	229HP
		Potencia Neta	205HP
		Calibre: 115mm	Capacidad: 5.31 m ³
		Carrera: 149mm	Anchura: 3260 mm
		CC: 9 L	
<u>Sistema hidráulico</u>			
Rendimiento de la bomba: implemento		49.9 gal/min	
Rendimiento de la bomba: dirección		47.3 gal/min	
Flujo del cilindro de levantamiento		49.9 gal/min	
Flujo del cilindro de inclinación		21.1 gal/min	
Flujo del cilindro del desgarrador		49.9 gal/min	
<u>Controles hidraulico</u>			
Tractor topador: levantamiento		19300 kPa	
Tractor topador: inclinación		19300 kPa	
Desgarrador		19300 kPa	
<u>Dimensiones</u>		<u>Tranmisión</u>	
Anchura del tractor	2440 mm	Tipo:	Mecánica
Altura de la maquina	3169 mm	Marchas adelante:	5
Longitud del tractor	3860 mm	Marchas atrás:	5
Peso del tractor	19.429 a 19.969 kg		
<u>Datos generales</u>			
Clase:	EP_04_0321_002	Tractores de Orugas 20 T	
Cl. Vehiculo:	I10000_ACT	S/IMOB - Actividad	
Grupo autorizado:	PE01	Peru Geral	
Deposito de combustible:	112.0 gal		
Sistema de refrigeración:	17.0 gal		
Carter del motor:	6.5 gal		
Tren de potencia:	39.1 gal		
<u>Datos de fabricacion</u>			
Fabricante:	CATERPILLAR		
Denominacion tipo:	D6T		
Fabricante N° Serie:	PEZ00725		
Año de fabricacion:	2012		
Numero de chasis:	PEZ00725		
<u>Imputación</u>			
Sociedad:	3781	Mota-Engil Perú S.A.	
Activo Fijo:	4330000116	TRACTOR D6T SERIE PEZ00725 MODELO D6T	
Centro de coste:	30000	GESTION DE EQUIPOS	
Orden permanente:	OCPE32/0019		



Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

Anexo 7: Ficha técnica de tractor 32/0020

		FICHA TECNICA DE TRACTORES D6T CATERPILLAR		
	Equipo:	PE32/0020		
	Denominacion:	CATERPILLAR D6TXL (S)		
	Modelo de motor	CAT C9 ACERT		
	Emisiones	Fase III de la UE		
	Potencia Bruta	229HP		
	Potencia Neta	205HP		
	Calibre: 115mm	Capacidad:	5.31 m ³	
	Carrera: 149mm	Anchura:	3260 mm	
	CC: 9 L			
	Sistema hidráulico			
Rendimiento de la bomba: implemento		49.9 gal/min		
Rendimiento de la bomba: dirección		47.3 gal/min		
Flujo del cilindro de levantamiento		49.9 gal/min		
Flujo del cilindro de inclinacion		21.1 gal/min		
Flujo del cilindro del desgarrador		49.9 gal/min		
Controles hidraulico				
Tractor topador: levantamiento		19300 kPa		
Tractor topador: inclinación		19300 kPa		
Desgarrador		19300 kPa		
Dimensiones		Tranmisión		
Anchura del tractor	2440 mm	Tipo:	Mecánica	
Altura de la maquina	3169 mm	Marchas adelante:	5	
Longitud del tractor	3860 mm	Marchas atrás:	5	
Peso del tractor	19.429 a 19.969 kg			
Datos generales				
Clase:	EP_04_0321_002	Tractores de Orugas 20 T		
Cl. Vehiculo:	I10000_ACT	S/IMOB - Actividad		
Grupo autorizado:	PE01	Peru Geral		
Deposito de combustible:	112.0 gal			
Sistema de refrigeración:	17.0 gal			
Carter del motor:	6.5 gal			
Tren de potencia:	39.1 gal			
Datos de fabricacion				
Fabricante:	CATERPILLAR			
Denominacion tipo:	D6T			
Fabricante N° Serie:	LAE00633			
Año de fabricacion:	2011			
Numero de chasis:	THX38642			
Imputación				
Sociedad:	3781	Mota-Engil Perú S.A.		
Activo Fijo:	4330000117	TRACTOR D6T SERIE LAE00633 MODELO D6T		
Centro de coste:	30000	GESTION DE EQUIPOS		
Orden permanente:	OCPE32/0020			



Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

Anexo 8: Ficha técnica de tractor 32/0027

		FICHA TECNICA DE TRACTORES D6T CATERPILLAR		
	Equipo:	PE32/0027		
	Denominación:	CATERPILLAR D6TXL (S)		
	Modelo de motor	CAT C9 ACERT		
	Emisiones	Fase III de la UE		
	Potencia Bruta	229HP		
	Potencia Neta	205HP		
	Calibre: 115mm	Capacidad:	5.31 m ³	
	Carrera: 149mm	Anchura:	3260 mm	
	CC:	9 L		
	<u>Sistema hidráulico</u>			
Rendimiento de la bomba: implemento		49.9 gal/min		
Rendimiento de la bomba: dirección		47.3 gal/min		
Flujo del cilindro de levantamiento		49.9 gal/min		
Flujo del cilindro de inclinación		21.1 gal/min		
Flujo del cilindro del desgarrador		49.9 gal/min		
<u>Controles hidráulico</u>				
Tractor topador: levantamiento		19300 kPa		
Tractor topador: inclinación		19300 kPa		
Desgarrador		19300 kPa		
<u>Dimensiones</u>		<u>Tranmisión</u>		
Anchura del tractor	2440 mm	Tipo:	Mecánica	
Altura de la maquina	3169 mm	Marchas adelante:	5	
Longitud del tractor	3860 mm	Marchas atrás:	5	
Peso del tractor	19.429 a 19.969 kg			
<u>Datos generales</u>				
Clase:	EP_04_0321_002	Tractores de Orugas 20 T		
Cl. Vehículo:	I10000_ACT	S/IMOB - Actividad		
Grupo autorizado:	PE01	Peru Geral		
Deposito de combustible:	112.0 gal			
Sistema de refrigeración:	17.0 gal			
Carter del motor:	6.5 gal			
Tren de potencia:	39.1 gal			
<u>Datos de fabricacion</u>				
Fabricante:	CATERPILLAR			
Denominación tipo:	D6T			
Fabricante N° Serie:	GCT02214			
Año de fabricacion:	2013			
Numero de chasis:	TXD03435			
<u>Imputación</u>				
Sociedad:	3781	Mota-Engil Perú S.A.		
Activo Fijo:	4330000245	CATERPILLAR D6TXL		
Centro de coste:	30000	GESTION DE EQUIPOS		
Orden permanente:	OCPE32/0027			



Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

Anexo 9: Ficha técnica de tractor 32/0028

		FICHA TECNICA DE TRACTORES D6T CATERPILLAR		
	Equipo:	PE32/0028		
	Denominación:	CATERPILLAR D6T (S)		
	Modelo de motor	CAT C9 ACERT		
	Emisiones	Fase III de la UE		
	Potencia Bruta	229HP		
	Potencia Neta	205HP		
	Calibre: 115mm	Capacidad:	5.31 m ³	
	Carrera: 149mm	Anchura:	3260 mm	
	CC:	9 L		
	<u>Sistema hidráulico</u>			
Rendimiento de la bomba: implemento		49.9 gal/min		
Rendimiento de la bomba: dirección		47.3 gal/min		
Flujo del cilindro de levantamiento		49.9 gal/min		
Flujo del cilindro de inclinación		21.1 gal/min		
Flujo del cilindro del desgarrador		49.9 gal/min		
<u>Controles hidráulico</u>				
Tractor topador: levantamiento		19300 kPa		
Tractor topador: inclinación		19300 kPa		
Desgarrador		19300 kPa		
<u>Dimensiones</u>		<u>Tranmisión</u>		
Anchura del tractor	2440 mm	Tipo:	Mecánica	
Altura de la maquina	3169 mm	Marchas adelante:	5	
Longitud del tractor	3860 mm	Marchas atrás:	5	
Peso del tractor	19.429 a 19.969 kg			
<u>Datos generales</u>				
Clase:	EP_04_0321_002	Tractores de Orugas 20 T		
Cl. Vehículo:	I10000_ACT	S/IMOB - Actividad		
Grupo autorizado:	PE01	Peru Geral		
Deposito de combustible:	112.0 gal			
Sistema de refrigeración:	17.0 gal			
Carter del motor:	6.5 gal			
Tren de potencia:	39.1 gal			
<u>Datos de fabricacion</u>				
Fabricante:	CATERPILLAR			
Denominacion tipo:	D6T			
Fabricante N° Serie:	GCT02216			
Año de fabricacion:	2013			
Numero de chasis:	TXD03603			
<u>Imputación</u>				
Sociedad:	3781	Mota-Engil Perú S.A.		
Activo Fijo:	4330000246	TRACTOR CAT 0034-2016		
Centro de coste:	30000	GESTION DE EQUIPOS		
Orden permanente:	OCPE32/0028			



Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

Anexo 10: Ficha técnica de tractor 32/0030

		FICHA TECNICA DE TRACTORES D6T CATERPILLAR		
	Equipo:	PE32/0030		
	Denominación:	CATERPILLAR D6T (S)		
	Modelo de motor	CAT C9 ACERT		
	Emisiones	Fase III de la UE		
	Potencia Bruta	229HP		
	Potencia Neta	205HP		
	Calibre: 115mm	Capacidad:	5.31 m ³	
	Carrera: 149mm	Anchura:	3260 mm	
	CC:	9 L		
	Sistema hidráulico			
Rendimiento de la bomba: implemento	49.9 gal/min			
Rendimiento de la bomba: dirección	47.3 gal/min			
Flujo del cilindro de levantamiento	49.9 gal/min			
Flujo del cilindro de inclinación	21.1 gal/min			
Flujo del cilindro del desgarrador	49.9 gal/min			
Controles hidráulico				
Tractor topador: levantamiento	19300 kPa			
Tractor topador: inclinación	19300 kPa			
Desgarrador	19300 kPa			
Dimensiones		Tranmisión		
Anchura del tractor	2440 mm	Tipo:	Mecánica	
Altura de la maquina	3169 mm	Marchas adelante:	5	
Longitud del tractor	3860 mm	Marchas atrás:	5	
Peso del tractor	19.429 a 19.969 kg			
Datos generales				
Clase:	EP_04_0321_002	Tractores de Orugas 20 T		
Cl. Vehículo:	I10000_ACT	S/IMOB - Actividad		
Grupo autorizado:	PE01	Peru Geral		
Deposito de combustible:	112.0 gal			
Sistema de refrigeración:	17.0 gal			
Carter del motor:	6.5 gal			
Tren de potencia:	39.1 gal			
Datos de fabricacion				
Fabricante:	CATERPILLAR			
Denominación tipo:	D6T			
Fabricante N° Serie:	JSMC00448			
Año de fabricacion:	2011			
Numero de chasis:	JSMC00448			
Imputación				
Sociedad:	3781	Mota-Engil Perú S.A.		
Activo Fijo:	4330000056	CATERPILLAR D6T 0013-2017		
Centro de coste:	30000	GESTION DE EQUIPOS		
Orden permanente:	OCPE32/0030			



Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

Anexo 11: Ficha técnica de tractor 32/0014

		FICHA TECNICA DE TRACTORES D6T CATERPILLAR	
		Equipo:	PE32/0014
		Denominación:	CATERPILLAR D6T (S)
		Modelo de motor	CAT C9 ACERT
		Emisiones	Fase III de la UE
		Potencia Bruta	229HP
		Potencia Neta	205HP
		Calibre: 115mm	Capacidad: 5.31 m ³
		Carrera: 149mm	Anchura: 3260 mm
		CC: 9 L	
<u>Sistema hidráulico</u>			
Rendimiento de la bomba: implemento		49.9 gal/min	
Rendimiento de la bomba: dirección		47.3 gal/min	
Flujo del cilindro de levantamiento		49.9 gal/min	
Flujo del cilindro de inclinación		21.1 gal/min	
Flujo del cilindro del desgarrador		49.9 gal/min	
<u>Controles hidráulico</u>			
Tractor topador: levantamiento		19300 kPa	
Tractor topador: inclinación		19300 kPa	
Desgarrador		19300 kPa	
<u>Dimensiones</u>		<u>Tranmisión</u>	
Anchura del tractor	2440 mm	Tipo:	Mecánica
Altura de la maquina	3169 mm	Marchas adelante:	5
Longitud del tractor	3860 mm	Marchas atrás:	5
Peso del tractor	19.429 a 19.969 kg		
<u>Datos generales</u>			
Clase:	EP_04_0321_002	Tractores de Orugas 20 T	
Cl. Vehículo:	I10000_ACT	S/IMOB - Actividad	
Grupo autorizado:	PE01	Peru Geral	
Deposito de combustible:	112.0 gal		
Sistema de refrigeración:	17.0 gal		
Carter del motor:	6.5 gal		
Tren de potencia:	39.1 gal		
<u>Datos de fabricacion</u>			
Fabricante:	CATERPILLAR		
Denominación tipo:	D6T		
Fabricante N° Serie:	PEZ00684		
Año de fabricacion:	2011		
Numero de chasis:	THX35099		
<u>Imputación</u>			
Sociedad:	3781	Mota-Engil Perú S.A.	
Activo Fijo:	4330000033	TRACTOR CAT 0034-2016	
Centro de coste:	30000	GESTION DE EQUIPOS	
Orden permanente:	OCPE32/0014		

Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

Anexo 12: Ficha técnica de tractor 32/0031

		FICHA TECNICA DE TRACTORES D6T CATERPILLAR		
	Equipo:	PE32/0031		
	Denominación:	CATERPILLAR D6T (S)		
	Modelo de motor	CAT C9 ACERT		
	Emisiones	Fase III de la UE		
	Potencia Bruta	229HP		
	Potencia Neta	205HP		
	Calibre: 115mm	Capacidad:	5.31 m ³	
	Carrera: 149mm	Anchura:	3260 mm	
	CC: 9 L			
	Sistema hidráulico			
Rendimiento de la bomba: implemento	49.9 gal/min			
Rendimiento de la bomba: dirección	47.3 gal/min			
Flujo del cilindro de levantamiento	49.9 gal/min			
Flujo del cilindro de inclinación	21.1 gal/min			
Flujo del cilindro del desgarrador	49.9 gal/min			
Controles hidráulico				
Tractor topador: levantamiento	19300 kPa			
Tractor topador: inclinación	19300 kPa			
Desgarrador	19300 kPa			
Dimensiones		Tranmisión		
Anchura del tractor	2440 mm	Tipo:	Mecánica	
Altura de la maquina	3169 mm	Marchas adelante:	5	
Longitud del tractor	3860 mm	Marchas atrás:	5	
Peso del tractor	19.429 a 19.969 kg			
Datos generales				
Clase:	EP_04_0321_002	Tractores de Orugas 20 T		
Cl. Vehículo:	I10000_ACT	S/IMOB - Actividad		
Grupo autorizado:	PE01	Peru Geral		
Deposito de combustible:	112.0 gal			
Sistema de refrigeración:	17.0 gal			
Carter del motor:	6.5 gal			
Tren de potencia:	39.1 gal			
Datos de fabricacion				
Fabricante:	CATERPILLAR			
Denominación tipo:	D6T			
Fabricante N° Serie:	GCT02036			
Año de fabricacion:	2013			
Numero de chasis:	GCT02036			
Imputación				
Sociedad:	3781	Mota-Engil Perú S.A.		
Activo Fijo:	4330000132	TRACTOR CAT 0034-2016		
Centro de coste:	30000	GESTION DE EQUIPOS		
Orden permanente:	OCPE32/0031			

Fuente: (Caterpillar Inc., 2014)

Anexo 13: Disponibilidad real de la flota de tractores y disponibilidad esperada

AÑO	MES	HORAS BASE AL MES	FU	PARADAS POR EQUIPO	TIEMPO DE REPARACION	MTTR	MTBF	DISPO	REDUCCION EN UN 20% TIEMPO DE REPARACION	TIEMPO DE REPARACION REDUCIDO	MTTR2	DISPO2
2020	ENERO	5400	4795.55	25	863.5	34.5	191.8	85%	259.05	604.45	24.2	89%
2020	FEBRERO	5400	4771.68	33	897.6	27.2	144.6	84%	269.28	628.32	19.0	88%
2020	MARZO	5400	4730.38	28	956.6	34.2	168.9	83%	286.98	669.62	23.9	88%
2020	ABRIL	5400	4907.69	23	703.3	30.6	213.4	87%	210.99	492.31	21.4	91%
2020	MAYO	5400	4781.69	25	883.3	35.3	191.3	84%	264.99	618.31	24.7	89%
2020	JUNIO	5400	4997.64	16	574.8	35.9	312.4	90%	172.44	402.36	25.1	93%
2020	JULIO	5400	4917.28	23	689.6	30.0	213.8	88%	206.88	482.72	21.0	91%
2019	AGOSTO	5400	5102.08	9	425.6	47.3	566.9	92%	127.68	297.92	33.1	94%
2019	SEPTEMBRE	5400	5052.59	15	496.3	33.1	336.8	91%	148.89	347.41	23.2	94%
2019	OCTUBRE	5400	5001.7	15	569	37.9	333.4	90%	170.7	398.3	26.6	93%
2019	NOVIEMBRE	5400	5023.68	17	537.6	31.6	295.5	90%	161.28	376.32	22.1	93%
2019	DICIEMBRE	5400	5048.6	14	502	35.9	360.6	91%	150.6	351.4	25.1	93%
								87.98%			91.25%	

Fuente: Elaboración propia

