

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA  
CONFIABILIDAD PARA LA MEJORA DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN  
DE MANTENIMIENTO EN LOS MOTORES MTU 20V4000C23 – EN LA  
EMPRESA MINERA - HUARAZ 2023”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**JESUS HERMINIO LEON LOZADA**

**Callao, 2023  
PERÚ**



# LEON\_LOZADA\_JESUS\_HERMINIO\_- FIME\_UNAC\_- INFORME\_DE\_TRABAJO\_DE\_SUFICIENCIA PROFESIONAL (ultimo)

**24%**  
Textos sospechosos

**24% Similitudes**  
2% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas  
0% Idiomas no reconocidos

**Nombre del documento:** LEON\_LOZADA\_JESUS\_HERMINIO\_-  
FIME\_UNAC\_-INFORME\_DE\_TRABAJO\_DE\_SUFICIENCIA\_PROFESIONAL  
(ultimo).pdf  
**ID del documento:** e30b3289bc7639442aa438c7139e5344687fb96a  
**Tamaño del documento original:** 12,31 MB

**Depositante:** FIME PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION  
**Fecha de depósito:** 18/7/2024  
**Tipo de carga:** interface  
**fecha de fin de análisis:** 18/7/2024

**Número de palabras:** 21.827  
**Número de caracteres:** 151.256

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes de similitudes

### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/20.500.12952/5582/4/CARRILLO_ESCARCENA_TITULOPROF... 84 fuentes similares	11%		Palabras idénticas: 11% (2484 palabras)
2	<a href="https://e-archivo.uc3m.es">e-archivo.uc3m.es</a> https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/22647/1/PFC_raul_mora_cespedes_2014.pdf 15 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (723 palabras)
3	<a href="https://www.detroit.pe">www.detroit.pe</a>   C&I – Detroit Power System Perú https://www.detroit.pe/sectores/ci/	3%		Palabras idénticas: 3% (679 palabras)
4	<a href="https://vsip.info">vsip.info</a>   Ejercicio Resuelto de Analisis - de - Criticidad PDF - VSIP.INFO https://vsip.info/ejercicio-resuelto-de- analisis-de-criticidad-pdf-pdf-free.html 21 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (353 palabras)
5	<a href="https://www.detroit.pe">www.detroit.pe</a>   Minería – Detroit Power System Perú https://www.detroit.pe/sectores/mineria/	2%		Palabras idénticas: 2% (336 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://1library.co">1library.co</a>   Análisis de Criticidad y Jerarquización de equipos https://1library.co/articulo/análisis-de-criticidad-y-jerarquización-de-equipos.wq24w0py	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
2	<a href="http://virtual.urbe.edu">virtual.urbe.edu</a> http://virtual.urbe.edu/tesispub/0100742/cap02.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
3	<a href="https://diremin.com">diremin.com</a>   DETROIT POWER SYSTEM PERULIMITADA S.R.L.   Diremin https://diremin.com/item/detroit-power-system-peru/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
4	<a href="http://www.enm.ucn.cl">www.enm.ucn.cl</a> http://www.enm.ucn.cl/intranet_enm_ucn/claroline1107/programas/GCMMGM89/document/1_Conc...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	<a href="https://www.detroit.pe">www.detroit.pe</a> https://www.detroit.pe/wp-content/uploads/2019/02/MODELO-DE-PREVENION-PENAL-parte-gener...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)

**Fuente ignorada** Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	LEON_LOZADA_JESUS_HERMINIO_- FIME_UNAC_- INFORME_DE_TRABAJO... #3bd084 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	100%		Palabras idénticas: 100% (21.827 palabras)

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	<a href="https://www.detroit.cl/">https://www.detroit.cl/</a>
2	<a href="https://pdmtechusa.com/criterios-evaluacion">https://pdmtechusa.com/criterios-evaluacion</a>

**LIBRO 001 FOLIO No. 211 ACTA N° 163 DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 23 días del mes diciembre, del año 2023, siendo las 12:31 horas, se reunieron, en el auditorio de Mecánica de Fluidos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, sito Av. Juan Pablo II N° 306 Bellavista – Callao, el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** para la obtención del título profesional de INGENIERO MECÁNICO, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

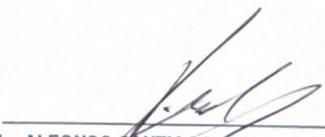
<b>Dr.</b>	<b>FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN</b>	<b>: Presidente</b>
<b>Mg.</b>	<b>ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI:</b>	<b>: Secretario</b>
<b>Mg.</b>	<b>ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA</b>	<b>: Miembro</b>

Se dio inicio al acto de la segunda sustentación del informe de trabajo de suficiencia profesional del Bachiller **LEÓN LOZADA, JESUS HERMINIO** quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, sustenta el informe titulado **"IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LA MEJORA DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LOS MOTORES MTU 20V4000C23-EN LA EMPRESA MINERA - HUARAZ 2023"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera presencial en el auditorio Mecánica de Fluidos,

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la sustentación, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó por unanimidad: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **14 (CATORCE)**, la presente sustentación, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio del 2023.

Se dio por cerrada la Sesión a las 13:00 horas del día 23 diciembre de 2023.

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN**  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
**Mg. ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI**  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
**Mg. ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA**  
Miembro



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y DE ENERGÍA  
I CICLO TALLER DE TITULACIÓN PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE  
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2023  
JURADO DE SUSTENTACIÓN



**INFORME Nº 015-2023-JS-I-CT-TSP-23**

Visto el informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LA MEJORA DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LOS MOTORES MTU 20V4000C23-EN LA EMPRESA MINERA - HUARAZ 2023**, presentado por el Bachiller en Ingeniería Mecánica: **LEÓN LOZADA, JESUS HERMINIO**.

**A QUIEN CORRESPONDA:**

El presidente del Jurado de Sustentación del I ciclo taller de titulación por la modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional 2023, manifiesta que la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LA MEJORA DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LOS MOTORES MTU 20V4000C23-EN LA EMPRESA MINERA - HUARAZ 2023"**, se realizó el día 23 de diciembre 2023 en el horario de 12:31 hrs. en forma presencial, encontrándose algunas observaciones en el Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

Posteriormente el bachiller **LEÓN LOZADA, JESUS HERMINIO**, presentó el levantamiento de las observaciones; luego de la respectiva revisión minuciosa, el jurado da por aprobado el Trabajo Suficiencia Profesional.

Se emite el presente informe para los fines pertinentes.

Callao, 23 de diciembre 2023.

Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldan  
Presidente de Jurado de Sustentación  
I-CT-TSP-23

## **DEDICATORIA**

A mi familia, Madre Rosa Lozada Moreno, Padre Vicente León Huerta, Hermanos Cinthia León Lozada y Vicente León Lozada, los cuales siempre estuvieron allí apoyando desde un inicio en esta hermosa carrera Ingeniería Mecánica, les agradezco por sus enseñanzas para enfrentarme la vida, sigue persistiendo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater Universidad Nacional del Callao por darme la oportunidad de ser parte de ella y poder estudiar mi carrera. Mi facultad la cual cuenta con profesores de alto grado de conocimiento, los cuales me compartieron enseñanzas de vida para aplicar en mi camino profesional.

A mi asesor el Dr. Manuel Palomino Correa por el apoyo brindado en el proceso para desarrollar el informe de suficiencia profesional.

A mi mentor Javier Monzón, el cual es mi padre laboral quien estuvo presente en el crecimiento laboral en la empresa Detroit Perú.

## INDICE

INTRODUCCIÓN .....	6
I. ASPECTOS GENERALES .....	7
1.1. Objetivos .....	7
1.1.1. Objetivo general .....	7
1.1.2. Objetivos específicos.....	7
1.2. Organización de la empresa .....	8
1.2.1. Reseña historia.....	8
1.2.2. Declaraciones Estratégicas .....	10
1.2.3. Estructura organizacional de la empresa .....	12
1.2.4. Funciones y responsabilidades: .....	13
1.2.5. Cargo y funciones desempeñadas: .....	21
1.2.6. Actividades post egreso .....	22
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL .....	24
2.1. Marco Teórico .....	24
2.1.1. Antecedentes .....	24
2.1.2. Marco Conceptual .....	29
2.1.3. Marco Normativo .....	32
2.1.4. Definiciones de términos básicos .....	50
2.1.5. Descripción del motor MTU 20V4000C23 .....	50
III. APORTES REALIZADOS .....	58
3.1 Descripción de las actividades desarrolladas .....	58
3.1.1 Evaluación inicial .....	58
3.1.2 Identificación de la causa crítica .....	60
3.1.3 Determinación de la estrategia .....	72
3.2 Pruebas y resultados: .....	72

IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES:.....	81
V. RECOMENDACIONES .....	84
VI. BIBLIOGRAFIA .....	85
Anexos .....	88
Anexos 1 Guía de equipos.....	88
Anexos 2 Procedimiento de Montaje de Inyectores .....	89
Anexo 4 Panel fotográfico.....	98
Anexo 5 Plan de mantenimiento del fabricante MTU .....	109
Anexo 6 Disponibilidad del año 2022.....	117
Anexo 7 disponibilidad de los equipos en el año 2023 .....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Filiales del corporativo en el país de Chile.....	8
Figura 1.2 Filiales del corporativo en el país de Brazil. ....	9
Figura 1.3 Filiales del corporativo en el país de Argentina.....	9
Figura 1.4 Filial del corporativo en el país de Perú. ....	9
Figura 1.5 Estructura de Detroit Power System Perú Limitada S.R.L. ....	12
Figura 1.6 Ubicación de Detroit Power System Perú Limitada S.R.L.....	21
Figura 2.1 Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad.....	33
Figura 2.2 Evolución del mantenimiento siglo XX .....	36
Figura 2.3 Costo anual vs disponibilidad.....	37
Figura 2.4 Identificación de las consecuencias de los modos de falla .....	49
Figura 2.5 Flujograma de selección de actividades de mantenimiento .....	49
Figura 2.6 Motor MTU - completo .....	51
Figura 2.7 Sistema aire - escape .....	52
Figura 2.8 Sistema lubricación .....	53
Figura 2.9 Sistema de combustible .....	54
Figura 2.10 Sistema de refrigeración .....	56
Figura 2.11 Sistema electrónico (ECU).....	57
Figura 3.1 Disponibilidad mensual de la flota MTU – 2022 .....	58
Figura 3.2 MTTR mensual de la flota MTU – 2022 .....	58
Figura 3.3 MTBF mensual de la flota MTU – 2022.....	59
Figura 3.4 Confiabilidad mensual de la flota MTU – 2022.....	59
Figura 3.2 Pareto horas de correctivo por componentes, flota MTU .....	60
Figura 3.3 Control de sistemas del motor MTU.....	61
Figura 3.4 Top 10 – componentes con mayores fallas, para la flota MTU. ....	61

Figura 3.5 Jack knife horas de correctivo flota MTU. ....	62
Figura 3.6 Criticidades totales por componentes. ....	66
Figura 3.7 Registro de mantenimiento electrónico y electricidad de motor MTU(Actual).....	74
Figura 3.8 Registro de mantenimiento mecánico de motor MTU (Actual).....	75
Figura 3.9 Registro de Mantenimiento Mecánico de motor MTU ( Actual ).....	76
Figura 3.10 Disponibilidad promedio por equipo 2023.....	77
Figura 3.11 MTBF promedio por equipo .....	77
Figura 3.12 MTTR promedio por equipo .....	78
Figura 3.13 Reporte de mantenimiento de motores 20V4000 ( Anterior ).....	79
Figura 3.14 Reporte estructural y sistema eléctrico ( Anterior ) .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Factores ponderados a ser evaluados .....	47
Tabla 2.2 Matriz de criticidad .....	48
Tabla 3.1 Impacto en seguridad.....	63
Tabla 3.2 Impacto ambiental .....	63
Tabla 3.3 Impacto operacional .....	63
Tabla 3.4 Flexibilidad operacional.....	64
Tabla 3.5 Frecuencia de fallas .....	64
Tabla 3.6 Criterio opcional para la frecuencia de fallas.....	64
Tabla 3.7 Impacto costos de mantenimiento.....	64
Tabla 3.8Tiempo promedio para reparar.....	64
Tabla 3.9 Criticidad de componentes en los equipos Komatsu K930 – 4SE.....	65
Tabla 3.10 Análisis de función principal de componentes.....	66
Tabla 3.11 Fallas funcionales de los componentes.....	68
Tabla 3.12 Efectos y causa en los modos de falla .....	69
Tabla 3.13 Cartilla de mantenimiento.....	73

## INTRODUCCIÓN

En el Perú, uno de los principales ingresos de rentabilidad es la minería, centrándonos especialmente en la minería de tajo abierto es muy importante, recalcar que toda labor realizada en el interior de la mina se realiza en espacios vacíos, con inestabilidades, producto de la extracción del mineral; para lograr que se mantenga la extracción y cumplir la proyección, se debe tener en cuenta la operatividad de la flota de volquetes, los cuales se encargan en el traslado de los minerales. Debido a las condiciones de trabajo, las empresas mineras condicionan que los equipos para minería tajo abierto mantengan un mínimo de 98% de disponibilidad física, si esta condición no se cumple, entonces se pierde la confianza a la marca representada, por tanto, la empresa Detroit Perú en su servicio de mantenimiento post-venta de motores mineros debe cumplir con este requisito para mantener su competitividad en el mercado.

Por ello se implementó un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipos Komatsu 930E-4SE con motor MTU, y se evaluó mediante indicadores de gestión de mantenimiento.

## **I. ASPECTOS GENERALES**

Se define los objetivos que se llevaron a cabo durante el proyecto realizado, de tal modo se dio a conocer de manera general el lugar donde se llevó a cabo. También se da a conocer el método del cálculo y experiencia adquirida.

### **1.1. Objetivos**

Es un compilado de soluciones que debe traer este estudio a los problemas que existen en la empresa de estudio

#### **1.1.1. Objetivo general**

- Proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar los indicadores de gestión de mantenimiento en los motores MTU 20V4000C23 – en la empresa minera - Huaraz 2023

#### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Estudiar las fallas críticas en los sistemas del motor MTU 20V4000 para detectar el top ten de fallas.
- Elaborar el diseño del nuevo plan de mantenimiento en la flota Komatsu con motor MTU 20V4000C23 para reducir las fallas de la flota.
- Evidenciar las mejoras de los indicadores de gestión de mantenimiento influye en el incremento de la empresa en el periodo 2022-2023.

## 1.2. Organización de la empresa

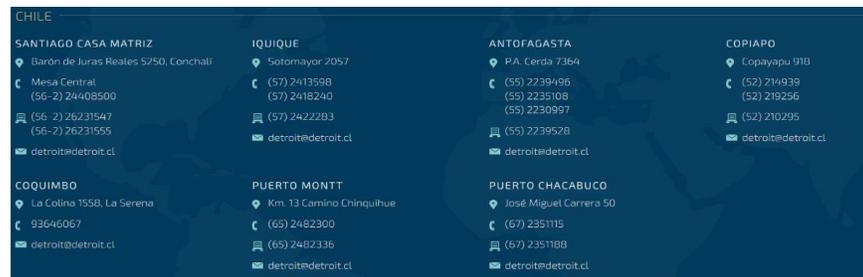
### 1.2.1. Reseña historia

#### Detroit S.A

El Corporativo Detroit SA. fue constituida como sociedad comercial el 10 de septiembre de 1949 y está conformado por trece sucursales: Chile (Santiago, Casa Matriz, Iquique, Antofagasta, Copiapo, Coquimbo, Puerto Montt, Puerto Chacabuco; Brasil (Detroit Brazil Limitada, Starnav Servicios Marítimos LTDA – MACAE, Starnav Servicios Marítimos LTDA – Rio de Janeiro); Argentina (Power Train Technologies, MTU DD Allison Argentina S.A.) y Perú (Lima Casa Matriz). Es el distribuidor autorizado para la comercialización de la marca MTU, Baudouin y las baterías de la marca Crow. El grupo cubre los sectores: minería, marino, generación, C&I, Oil & Gas, Rail.

Actualmente, Detroit Power System Perú Limitada SRL, cuenta con ciento veinte colaboradores, el conjunto humano es reconocido y valorado en el corporativo, con el compromiso y entrega del personal el avance se ha reflejado en el crecimiento sostenido año tras año con lo cual nos convierte competitivo en los sectores involucrados.

Figura 1.1 Filiales del corporativo en el país de Chile.

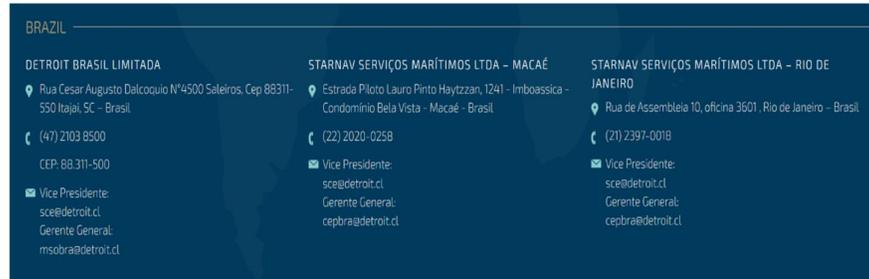


Infografía que muestra las filiales de Detroit en Chile, organizadas en una cuadrícula de 2x4. Cada celda contiene el nombre de la sucursal, su dirección, un ícono de ubicación, un ícono de teléfono con el número de contacto y un ícono de correo electrónico con la dirección de correo. El fondo de la infografía es azul oscuro con un mapa de Chile en tonos más claros.

CHILE			
<b>SANTIAGO CASA MATRIZ</b> Barón de Juras Reales 5250, Conchalí Mesa Central (56-2) 24408500 (56-2) 26231547 (56-2) 26231555 detroit@detroit.cl	<b>IQUIQUE</b> Sotomayor 2057 (57) 2413598 (57) 2418240 (57) 2422283 detroit@detroit.cl	<b>ANTOFAGASTA</b> P.A. Cerda 7364 (55) 2239496 (55) 2235108 (55) 2230997 (55) 2239528 detroit@detroit.cl	<b>COPIAPO</b> Copayapu 918 (52) 214939 (52) 219256 (52) 210295 detroit@detroit.cl
<b>COQUIMBO</b> La Colina 1558, La Serena 93646067 detroit@detroit.cl	<b>PUERTO MONTT</b> Km. 13 Camino Chinguihue (65) 2482300 (65) 2482336 detroit@detroit.cl	<b>PUERTO CHACABUCO</b> José Miguel Carrera 50 (67) 2351115 (67) 2351188 detroit@detroit.cl	

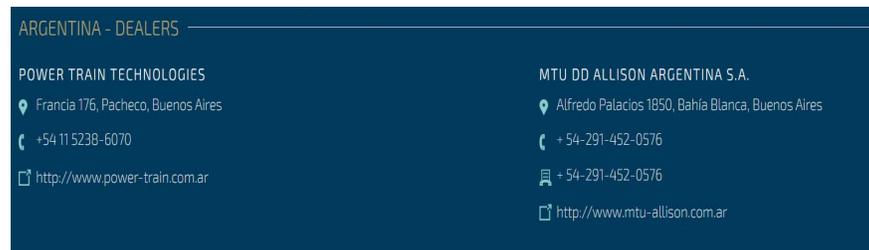
Fuente: (DETROIT, 2022)

Figura 1.2 Filiales del corporativo en el país de Brazil.



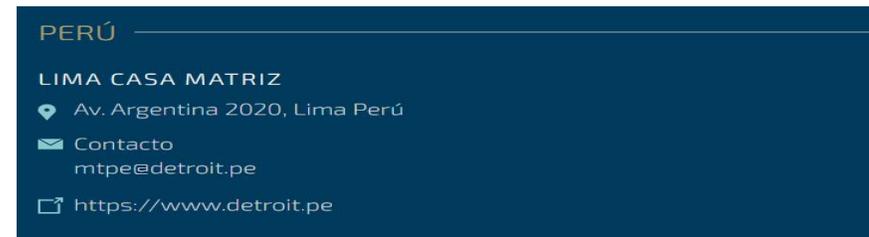
Fuente: (DETROIT, 2022)

Figura 1.3 Filiales del corporativo en el país de Argentina.



Fuente: (DETROIT, 2022)

Figura 1.4 Filial del corporativo en el país de Perú.



Fuente: (DETROIT, 2022)

La facturación anual del distribuidor Detroit Perú supera los 5'000,000 millones de dólares y gracias al cumplimiento desarrollado se ha construido con nuestros clientes consolidarnos en el sector de minería, mentalizando a nuestro personal técnico en las diferentes operaciones mineras con el lema “No hay emergencia, sin seguridad”.

Cabe precisar que el presente informe de trabajo de suficiencia

profesional relatará y describirá la experiencia laboral desarrollada que he adquirido en Detroit Power System Perú Limitada S.R.L. de la que a continuación se procede a detallar historia de la misma.

### **Reseña Historia de Detroit Perú**

Fue constituida durante la pandemia COVID19, por escritura pública en la fecha 07 de Julio de 2020 , con la razón social Detroit Power System Perú Limitada S.R.L. , teniendo como apoderados a las siguientes personas, Katherine Bolaños Hurtado, Claudia Susana Chong Garcia, Cynthia Maria Munaila Carbajal y como Gerente General al Sr. Mario Tajima, siendo una filial de la empresa Detroit S.A. dicha casa matriz se encuentra en Chile, en la provincia de Metropolitana y ciudad Santiago con domicilio Baron de Juras Reales 5250. con 2411 trabajadores. El objeto social de la empresa peruana es el desarrollo de soluciones de trenes de potencia para industrias estratégicas bajo el respaldo de capital humano comprometido y marcas internacionales. Contamos con toda la cadena de valor para brindar soluciones a la medida de nuestros clientes. Somos el distribuidor autorizado para la comercialización de la marca MTU en el territorio peruano. El domicilio legal de la empresa es en la provincia de Lima, en el distrito de Lima, con dirección: Av. Argentina 2020 – Lima.

### **1.2.2. Declaraciones Estratégicas**

#### **Misión**

Satisfacer las necesidades de nuestros clientes con personal altamente calificado, respetando nuestros compromisos basados en los pilares: Seguridad, Calidad, Plazo e Integración; Generando resultados positivos para nuestros accionistas y nuestra gente.

## **Visión**

Ser reconocidos en el mercado por brindar un servicio de alta calidad y ser una empresa de referencia y líder en las actividades en las que participa. (DPSP, 2022).

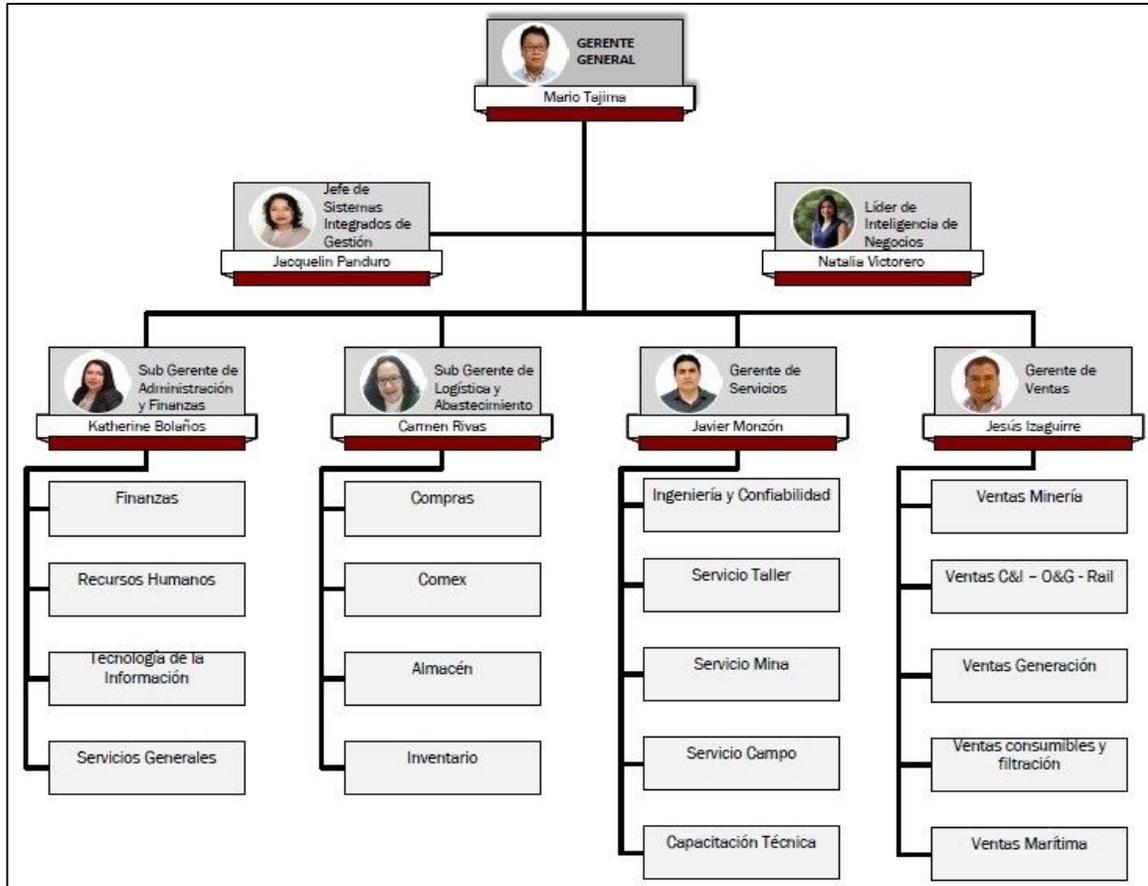
## **Valores institucionales**

Los cuatro valores institucionales establecidos por la gerencia son los siguientes:

- **Seguridad;** Valoramos a nuestro personal, por eso realizamos nuestro trabajo priorizando la seguridad de nuestra gente.
- **Calidad;** Con nuestro personal altamente calificado, brindamos servicios y construcciones de la más alta calidad y tecnología.
- **Plazo;** Nuestras obras y servicios se realizan dentro de los plazos acordados con nuestros clientes.
- **Integración;** Desarrollamos nuestras actividades, trabajando con nuestros clientes, proveedores y partes relacionadas, como socios estratégicos a largo plazo.

### 1.2.3. Estructura organizacional de la empresa

Figura 1.5 Estructura de Detroit Power System Perú Limitada S.R.L.



Fuente: (DETROIT, 2022)

#### **1.2.4. Funciones y responsabilidades:**

La empresa tiene la representación de la marca MTU, de acuerdo al contrato suscrito con la Rolls-Royce Holdings, propietaria de la marca de motores MTU ha seleccionado y confiado el desarrollo de la marca y atención de los clientes a Detroit Perú, quien forma parte del corporativo Detroit S.A., cuenta con el respaldo de integrar un sólido corporativo que cuenta con amplia experiencia en el sector de Minería, Energía, Marítimo, Generación, C&I, Oil & Gas, Rail en territorio peruano.

A continuación, descripción de cada división:

##### **División Minería:**

- **Tajo Abierto**

Los motores MTU son la primera opción de compra para muchas empresas mineras cuyas operaciones son consideradas las más productivas del mundo.

- **Ventajas competitivas:**

Mayor confiabilidad y disponibilidad: Prolonga la vida útil del motor gracias a la concepción de su diseño, el cual facilita y reduce las labores de mantenimiento.

Mejora la productividad del operador: Reduce el agotamiento físico del operario gracias a menores niveles de ruido en la operación.

Menores costos de operación: Mayor economía de combustible, mayor tiempo entre reparaciones generales (overhauls), plan de mantenimiento personalizado permitiendo la posibilidad de varias reparaciones generales a lo largo de la vida útil del motor.

Disponibilidad en opciones de software de programación: Para operaciones de grandes alturas (mayores a 4000 msnm), Para control de emisiones (Tier II, Tier III, Tier IV) a fin de

optimizar el consumo de combustible.

- **Soluciones de repotenciamiento**

Detroit Power System Perú cuenta con un staff de ingenieros altamente capacitados por MTU para el desarrollo de proyectos de repotenciamientos en camiones mineros, equipos de movimiento de tierras, locomotoras y embarcaciones. Nuestro equipo de profesionales ha logrado repotenciamientos exitosos para camiones Hauling, Dresser, Euclid, Komatsu, Terex y Lectra Haul. Así mismo, han realizado repotenciamientos para camiones eléctricos con motores de la Serie 4000, los mismos que vienen operando a más de 4000 msnm en las minas de cobre más importantes del Perú y en donde han obtenido altos niveles de disponibilidad.

- **Perforadoras:**

Al perforar una ráfaga de agujeros en formaciones rocosas más duras o al realizar perforaciones exploratorias, nuestros motores diésel deben funcionar sin problemas durante todo el día en las condiciones ambientales más extremas.

Nuestros sistemas de accionamiento, bien probados y constantemente mejorados, garantizan fiabilidad y rentabilidad. El diseño de mantenimiento de los motores MTU ofrece aún más beneficios con sus largos intervalos de servicio.

Además, el sistema de inyección “common rail” de tercera generación y el sistema inteligente de gestión del motor proporcionan una combustión óptima y una eficiencia de combustible.

También ofrecemos soluciones adecuadas para las demandas de emisiones especiales, si es necesario.

- **Minería subterránea**

Los motores MTU para maquinarias y equipos de aplicación de minería subterránea están especialmente diseñados para condiciones extremas 24/7.

Los motores de la Serie 60 y Series 900 proporcionan mayor rango de torque a bajas RPM sin importar la temperatura, el polvo o la humedad.

Ventajas competitivas: Los motores MTU brindan menores costos de operación debido a que permiten largos intervalos de mantenimiento y menores costos en el consumo de combustible. El novedoso sistema de gases de escape proporciona una óptima combustión del motor y un desempeño amigable con el medio ambiente y el entorno de trabajo bajo tierra.

Los motores MTU le brindarán a su operación una alta rendimiento en las más severas condiciones de funcionamiento, máxima disponibilidad y mínimos tiempos de parada logrando reducir los costos de operación.

- **Grúas**

Décadas de experiencia y conocimientos se reflejan en nuestra amplia gama de motores que constantemente ofrecen soluciones versátiles para tareas específicas.

Motores y equipos están perfectamente adaptados entre sí.

Por eso somos el fabricante líder de motores para equipos de manipulación de materiales y grúas móviles. Nuestros motores, que van desde 75 kW (serie 900) hasta 480 kW (serie 1500), son perfectos para sus tractores de aeronaves, grúas móviles, aire.

Los motores Series 1000, 1100, 1300 y 1500 se basan en la tecnología Mercedes-Benz, pero están optimizados para su uso fuera de carretera

- **Compresoras**

A medida que se intensifica la presión de las industrias de todo el mundo para reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire, algunas marcas están adaptando un enfoque sostenible para mejorar sus compresores de aire libre de petróleo (OFA). El aire libre de aceite evita la contaminación de los sistemas neumáticos y la producción de condensado ambiental inseguro en un sitio. Los compresores eléctricos OFA también han sido una opción popular para reducir las emisiones. Con la ayuda del motor diésel MTU de las series 1000, 1100, 1300 y 1500 de MTU, las diversas marcas pueden ofrecer a sus clientes una nueva línea de compresores OFA diésel finales Tier 4.

Las unidades suministran aire libre de aceite a presiones de hasta 150 psi con caudales de hasta 1.600 cfm. Los motores MTU son los elegidos por tres diferenciadores clave: la eficiencia de combustible, lo que se traduce en menores costos para los usuarios finales; cumplimiento de las emisiones; y confiabilidad.

- **Power unit**

Los motores MTU también han demostrado ser sistemas de accionamiento para aplicaciones estacionarias y máquinas como bombas. Los Power Unit (PDUs) son ensamblados de acuerdo al requerimiento de necesidad de los clientes, estos cuentan con una robustez en la construcción, simpleza en el accionamiento y pantallas de instrumentos que hacen fácil el monitoreo e inspección.

Nuestra construcción de PDUs se basa en la tecnología Mercedes-Benz, pero personalizada para lo que un equipo estacionario o bombas puedan necesitar. Los rangos de potencia de los motores abarcan desde los 75 Kw hasta los 350 Kw.

- **Equipos especiales**

Polvo, barro, humedad, calor, operación multi-cambio; los motores de las máquinas de construcción de carreteras; equipos de emergencia, equipos de traslado en fundición, etc; de deben trabajar en las condiciones más severas. Los motores MTU están diseñados para un rendimiento constante para satisfacer las extraordinarias demandas de estos equipos.

Con una potencia de 75 kW (serie 900) a 970 kW (serie 2000), están construidos para impulsar su construcción y vehículos de propósito especial o vehículos de utilidad pública a toda velocidad y carga completa. También ofrecemos una variedad de opciones de propulsión para vehículos especiales como barredoras de calles o quitanieves.

- **Agricultura**

Somos especialistas experimentados en motores para

equipos agrícolas y forestales. Los motores MTU proporcionan una potencia fiable para una gama de maquinarias y vehículos agrícolas, como tractores, cosechadoras, cosechadoras de forrajes, madera y forestales, y sus motores diesel garantizan el máximo rendimiento en los campos y bosques, independientemente de las condiciones. Los motores MTU son de alto rendimiento y confiabilidad incluyen eficiencia integrada, lo que le ayuda a obtener estos beneficios. Nuestros motores agrícolas de las series 1000, 1100, 1300 y 1500 están basados en la tecnología Mercedes-Benz y personalizados para uso fuera de carretera.

Estos motores diésel tienen una potencia de 100-480 kW y se han diseñado específicamente para aplicaciones agrícolas y forestales.

### **División Rail**

- **Autovagones**

Los MTU PowerPacks con las series 1800 y 1600 son sistemas de accionamiento innovadores y completos que combinan todos los componentes de accionamiento dentro de una sola unidad operativa en un solo bastidor de soporte.

Fueron diseñados específicamente para la instalación del suelo y el techo y son notables por su construcción particularmente plana y compacta. De esta manera cada MTU PowerPack se puede configurar individualmente. MTU ofrece equipos de vagones para la transmisión de energía diésel-eléctrica y diésel-mecánica.

MTU cuenta con experiencia como proveedor de sistemas, que ofrece tecnología de accionamiento completa para sus vagones de ferrocarril desde una única fuente, podemos ajustar fácilmente nuestros sistemas completos y altamente

compactos, incluida la automatización, a sus necesidades individuales. La integración en el vehículo y la expansión de los objetivos de mantenimiento son rápidas y fáciles con nuestra configuración Plug & Play.

- **Locomotoras**

Nuestros motores de locomotoras se adaptan perfectamente a todas las necesidades de nuestros clientes. Los motores de tren de empuje diésel, todo uso y unidad de línea principal están diseñados, por ejemplo, para la operación de trenes de carga pesada y los viajes en tren de pasajeros de alta velocidad, mientras que nuestros motores diésel de locomotoras están optimizados para derivación y unidades industriales para cambios de carga frecuentes en todas las áreas de carga parcial y cortes de alto tiempo con cargas bajas.

Con cualquiera de nuestros accionamientos de locomotoras, usted está optando por el máximo tiempo de actividad y alta confiabilidad, fácil mantenimiento y largo tiempo entre revisión (TBO), bajo consumo específico y bajos costos de ciclo de vida. Los motores diésel de la serie 4000 de la serie MTU en configuración de cilindros de 8V, 12V, 16V y 20V son ideales para la instalación en una amplia gama de locomotoras.

### **División oil & gas**

- **Offshore**

Los sistemas generación de energía MTU son el resultado de décadas de experiencia y conocimientos técnicos de innumerables proyectos exitosos. Nuestros grupos electrógenos de alta potencia compactos, potentes y fiables están diseñados para cumplir los exigentes requisitos de la fuente de alimentación de la plataforma de alta mar donde la seguridad es primordial y donde los motores con alta fiabilidad

de arranque y funcionamiento minimizan el riesgo de lesiones personales y daños materiales.

Ya sea para la reserva, en espera o energía continua o para accionar bombas de extinción de incendios, los grupos electrógenos de MTU han suministrado energía fiable durante décadas. Equipado con diversas características de seguridad y certificaciones (por ejemplo, NFPA 20), también pueden usarse en zonas de riesgo de explosión.

La alta relación potencia-peso de nuestro motor permite soluciones compactas y completas para la generación de energía de plataformas petrolíferas marinas. También contamos con una amplia gama de motores que van desde los 101 hp hasta los 4,000 hp dependiendo de la necesidad.

- **Onshore**

Décadas de experiencia han demostrado que nuestros motores y sistemas sean únicos en la industria del petróleo y el gas. Entre otras palabras, nuestro amplio conocimiento significa que todos los componentes del sistema están perfectamente adaptados entre sí y funcionan juntos sin problemas.

Esto no solo aumenta la disponibilidad, sino que también garantiza largos intervalos de mantenimiento. Nuestra cartera incluye motores que están probados para maximizar la eficiencia y disponibilidad de equipos de perforación en tierra para extracción de petróleo y gas.

Con potencias nominales que van desde 75 kw (serie 900) hasta 2,800 kw (serie 4000), ofrecen el alto rendimiento necesario para la perforación convencional y no convencional de pozos complejos en condiciones extremas.

Figura 1.6 Ubicación de Detroit Power System Perú Limitada S.R.L.



Mencionado lo anterior, ha servido para el posicionamiento del corporativo en las diferentes divisiones enfocadas ( Minería, Energía, Marítimo, Generación ), obteniendo grandes resultados en el mercado a través de los años, consiguiendo consolidar socios estratégicos en las mineras ( Toquepala, Cuajone, Cerro Verde, Antamina, Hudbay, Las Bambas, Minera Chinalco) y asumiendo como un gran reto trabajar en la mejora de la disponibilidad de los equipos de las divisiones de Minería, Energía, Marítimo, Generación, C&I, Oil & Gas, Rail.

#### 1.2.5. Cargo y funciones desempeñadas:

- **Puesto:** Planner de minería
- **Reporta a:** Gerente de cuentas estratégicas minería
- **Dependencia jerárquica y funcional:** Gerencia de servicios
- **Misión de Puesto:** Mantenimiento de los motores en las horas indicadas por fabricante, aplicar mejoras en los indicadores de gestión de acuerdo a las estadísticas de fallas de los motores.

- **Funciones y responsabilidades:**

- ❖ Planificación de los mantenimientos de los motores en las minas, teniendo en cuenta la disposición de repuestos para cumplir con los planes.
- ❖ Proyección cada dos años, los mantenimientos y repuestos.
- ❖ Calcular y realizar los indicadores de gestión de mantenimiento.
- ❖ Realizar estadística de la falla de los motores para determinar nuevos planes de mantenimiento.
- ❖ Seguimiento a las OT's de servicios y garantías para enviar la información a las áreas de Administración y garantías respectivamente.
- ❖ Coordinar con la supervisión de cada operación de mina, las guardias atípicas del personal.

- **Requisitos básicos determinados por la empresa:**

- ❖ **Formación:** Titulado o Bachiller en Ingeniería mecánica o afín.
- ❖ **Experiencia:** Mínimo 02 o 03 años de experiencia en operaciones mineras.
- ❖ **Conocimiento:** Excel avanzado, cursos de planeamiento y programación, cursos de capacitación de motores diésel.

#### **1.2.6. Actividades post egreso**

En breve, se detalla la participación del autor del presente informe en los proyectos luego de egresar de la Universidad Nacional del Callao:

### **Detroit power system Perú (Detroit Perú), Lima, Perú**

Distribuidor autorizado de Motores MTU/Detroit/Rolls Royce, para aplicaciones de alta potencia para la Minería, motores Marinos, Grupos electrógenos e Industriales.

### **Planificador de mantenimiento**

2020 – a la fecha

Planificador del soporte técnico para motores MTU en las operaciones mineras, responsable del área de servicio minería. A cargo de 69 motores.

### **Distribuciones diésel Perú, Lima**

Empresa especializada en brindar servicio técnico oportuno de motores diésel de alta potencia, componentes de camiones eléctricos, y transmisiones automáticas. Además, comercializamos las siguientes marcas: Baterías AC Delco y Delkor, Filtros Donaldson.

### **Coordinador de servicios**

2019 - 2020

Aseguramiento de indicadores y planes de mantenimiento de motores de mina. A cargo de 03 colaboradores.

**Logro:** Desarrollo de la estrategia de mantenimiento y liderazgo, que permitió elevar niveles de confiabilidad y disponibilidad de:

**Generación de backlogs:** Incremento del MTBF.

**Inspecciones en los PM's:** Inspección de los componentes con fallas más críticos en los PM's.

Presentaciones de Indicadores semanales y trabajos en campo en las diferentes operaciones.

## II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

### 2.1. Marco Teórico

#### 2.1.1. Antecedentes

##### **Antecedentes Internacionales**

(Urgilés, y otros, 2021) realizó el estudio llamado: “Optimización del plan de mantenimiento e inventario de repuestos del área mecánica en la central hidroeléctrica Alazán, basado en el análisis de criticidad y mantenimiento centrado en confiabilidad” su finalidad es realizar plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de los equipos de la empresa. La metodología que emplea es de diseño no experimental, enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo. Los resultados nos dicen que en comparación del método tradicional mejora en un 70% la confiabilidad de los equipos. Se concluye que con plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad la empresa tendrá mucho menos maquinaria con fallas porque la mayoría estaría operativa.

(Oliveira, 2021) en su artículo titulado: “Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para plataformas de telecomunicaciones y transmisión de datos” su propósito es realizar plan mantenimiento centrado en la confiabilidad a los equipos de telecomunicaciones. La metodología que emplea es de diseño no experimental, enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo. Los resultados muestran que un 90% de las fallas en los equipos pudieron disminuirse drásticamente con el plan en tan solo 13%. Se concluye que con plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad la empresa tendrá mucho menos maquinaria con fallas porque la mayoría estaría operativa por lo que aumentará su rentabilidad.

(Carrillo, y otros, 2021) en su estudio titulado: “Gestión de

mantenimiento centrado en la confiabilidad operacional en camiones eléctricos Hitachi EH 5000 de 320T para la compañía minera a cielo abierto Cerrejón” su propósito es realizar mejora gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos en la empresa. La metodología que emplea es de diseño no experimental, enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo. Los resultados nos dicen que en comparación del método tradicional mejora en un 70% la confiabilidad de los equipos. Se concluye que con plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad la empresa tendrá mucho menos maquinaria con fallas porque la mayoría estaría operativa.

(Campos, y otros, 2019) en su artículo titulado: “Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos” su propósito es realizar un plan mantenimiento centrado en la confiabilidad teniendo en cuenta la particularidad de la maquinaria y así mejorar su disponibilidad. La metodología que emplea es de diseño no experimental, enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo. Los resultados nos dicen que en comparación del método tradicional mejora en un 85% la confiabilidad de los equipos. Se concluye que con plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad la empresa tendrá mucho menos maquinaria con fallas porque la mayoría estaría operativa.

(Cabrera, y otros, 2020) en su estudio titulado: “Propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la unidad de generación 2 de la Central Saymirín” su propósito es realizar mantenimiento centrado en la confiabilidad a los equipos de la central para así aumentar su disponibilidad. La metodología que emplea es de diseño no experimental, enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo. Los resultados muestran que un

80% de las fallas siempre son cotidianas esta cifra se redujo a solo 15%. Se concluye que el mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la producción de la empresa en un 50% por lo que trae muchos beneficios emplear esta metodología.

(Trujillo, 2019) en su estudio titulado: “Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para la planta de tratamiento de aguas en Termosuria-Meta” tiene por finalidad realizar diseño plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para reparar los equipos en la empresa. La metodología que emplea es de diseño no experimental, enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo. Los resultados muestran que un 70% de las fallas siempre son cotidianas esta cifra se redujo a solo 10%. Se concluye que plan de mantenimiento centrado en confiabilidad es importante ya que ello permitirá la reducción de las fallas en los equipos.

### **Antecedentes Nacionales**

(Rospigliosi, 2023) en su estudio llamado: “Diseño del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad y su influencia en la gestión de mantenimiento de activos físicos de la empresa Nck Ingenieros E.I.R.L, llo, 2018 al 2019” su propósito es reducir los tiempos y costos en el mantenimiento maquinaria pesada en la empresa Este estudio es de diseño no experimental de enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, Los resultados muestran que se mejora en la gestión de mantenimiento en un 90% su confiabilidad, ahorrando a la empresa aproximadamente 100 mil soles anualmente. Se concluye que plan mantenimiento centrado en la confiabilidad las empresas podrán tener a su disposición máquinas malogradas serán reparadas en corto tiempo.

(Antón, 2022) en su estudio titulado: “Propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en una planta de producción de productos laminados de zinc para reducir costos por mantenimiento” si propósito realizar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para así mejorar la gestión de mantenimiento. Este estudio es de diseño no experimental de enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, Los resultados muestran que se mejora en la gestión de mantenimiento en un 70% su confiabilidad, ahorrando a la empresa aproximadamente 30 mil dólares anualmente. Se concluye que plan mantenimiento centrado en la confiabilidad las empresas podrán tener a su disposición máquinas malogradas serán reparadas en corto tiempo.

(León, 2021) en su estudio titulado: “implementación de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (mcc) para mejorar el plan de mantenimiento de los equipos críticos en Galvanometal Perú S.A.C.” tiene por finalidad diseñar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para así mejorar disponibilidad de los equipos. Este estudio se basa en un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental de tipo descriptivo. Los resultados muestran antes los equipos un 70% de los equipos estaban parados, después de la implementación el 10% de los equipos están parados por fallas y el 90% de los equipos están operativos. Se concluye que el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad ha obtenido los resultados esperados es por ello que la rentabilidad de la empresa ha aumentado un 30% el primer año.

(Miranda, y otros, 2020) en su estudio titulado: “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para

incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos del área de trapiche de la empresa Cartavio S.A.A. – Santiago de Cao” su propósito es diseñar plan mantenimiento centrado en la confiabilidad para evitar las fallas en los equipos así aumentar su disponibilidad. Este estudio emplea un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo, de diseño no experimental. Los resultados muestran que antes los equipos mostraban el 80% fallas, pero después de implementar plan esta cifra se redujo a solo 5%. Se concluye que el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad es beneficioso para la empresa ya que aumenta la producción en un 75%.

(Carranza, 2020) en un estudio: “Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el proceso productivo de sacos de una empresa de Lambayeque” tiene como objetivo proponer un plan de gestión de mantenimiento preventivo que permitirá mejorar la productividad de una empresa textil. En este estudio se emplea una metodología de enfoque cuantitativo de tipo aplicado de diseño no experimental de nivel descriptivo, el instrumento es la ficha técnica y la técnica la observación. Siendo los resultados de la productividad total de 45.17 kg de saco clase A por cada sol gastado en gastos de mantenimiento. Se concluye que la propuesta establecida para mejorar es económicamente viable, debido a que el beneficio costo obtenido es de 1.96.

(Barsalio, 2020) en su estudio titulado: “Gestión del mantenimiento utilizando la herramienta RCM para aumentar la eficiencia de los vehículos de la empresa Induamerica Servicios Logísticos S.A – Lambayeque” tiene como objetivo principal elaborar una propuesta de mantenimiento utilizando la herramienta RCM para aumentar la eficiencia de los vehículos en la empresa Induamerica Servicios Logísticos S.A.C. – Lambayeque, es una investigación

descriptiva y propositiva de diseño no – experimental y corte transversal. Los resultados arrojaron que el 79% de unidades mantiene una criticidad media y alta. Posteriormente se elaboró un plan de mantenimiento el cual reducirá las horas de paradas no programadas, los costos y número de fallas presentes. Se concluyó que la eficiencia general de los equipos incrementará de 59% a 68% confirmando así la hipótesis de que el plan de mantenimiento utilizando la herramienta RCM aumenta la eficiencia; por otro lado, el plan propuesto es rentable para la empresa ya que según el ratio beneficio costo por cada S/1 que invierte la empresa ganará S/0.39.

### 2.1.2. Marco Conceptual

En esta parte del informe se detallan los términos para que sea de fácil entendimiento:

**Plan de mantenimiento:** Es un documento técnico en el que se enumeran los trabajos de mantenimiento previstos para cada equipo.

**Mantenimiento:** “asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan. (Soto, 2016)

**Reparación mayor:** Servicio de mantenimiento de los equipos, que interrumpen la producción”. (García, 2016)

**Mantenimiento de primera generación:** “El Mantenimiento se ocupa sólo de arreglar las averías. Es el Mantenimiento Correctivo”. (García, 2016)

**Mantenimiento correctivo:** “se produce cuando los trabajos de mantenimiento no son realizados hasta que un problema ocurre en el fallo de la máquina”. (García, 2016)

**Mantenimiento de segunda generación:** “Se comienza a hacer sustituciones preventivas. Es el mantenimiento preventivo”. (García, 2016)

**Mantenimiento preventivo:** “es el conjunto de actividades que permiten en la forma más económica, la operación segura y eficiente de un equipo; con tendencia a evitar fallas imprevistas con base en parámetros de diseño y condiciones de trabajo supuestos o bien cuando una máquina”. (Garcia, 2016)

**Mantenimiento de tercera generación:** “Es el mantenimiento predictivo o detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. se comienza a hacer partícipe a Producción en las tareas de detección de fallos”. (Garcia, 2016)

**Mantenimiento predictivo:** “Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo”. (Garcia, 2016)

**Mantenimiento de cuarta generación:** “Aparece en los primeros años 90. El mantenimiento se contempla como una parte del concepto de calidad total: "mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos. se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario".

La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste”. (Garcia, 2016)

**Motor diésel:** motor térmico de combustión interna cuyo principio de funcionamiento es la autoignición del combustible.

**Llamada:** Falla del motor diésel en plena operación.

**PM:** Mantenimiento programado.

**Stand by:** Es el tiempo contabilizado por la no utilización del equipo por falta de operación o frente de operación.

**Falla:** Deterioro o desperfecto en cualquier parte de un equipo que no permite el funcionamiento normal de éste.

**Fuga:** Es una salida de fluido no controlada en cualquiera de los componentes del sistema de distribución.

**Mina:** Instalación para la extracción y tratamiento de minerales.

**Truck Shop:** Taller que permite realizar el mantenimiento mecánico, eléctrico e hidráulico del equipo pesado de una operación minera.

**Modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto del riesgo:** Método de evaluación de riesgos desarrollado por “the woodhouse partnership limited” (empresa de consultoría inglesa).

**Confiabilidad:** Es la vía de acceso al mineral, sus dimensiones de altura y ancho y profundidad, dependerán del proyecto, la galería va siguiendo a la veta del mineral.

**Contexto operacional:** condiciones ambientales a la que trabaja una flota o equipo.

**Volquete Minero:** volquete minero, yucle o camión de acarreo pesado es un vehículo todoterreno, de volteo, volquete de chasis rígido.

**Rolls-Royce Power Systems AG:** fabricante de la marca MTU.

**MTU:** unión fabricante de motores y turbinas, marca de motor diesel alemán.

**KOMATSU:** empresa japonesa, fabricante de camiones para el sector minero.

**Planeamiento:** implica la supervisión de condiciones de activos para evaluar la necesidad de trabajo de mantenimiento a corto plazo.

**Programación:** proceso de asegurarse de que se lleve a cabo el trabajo planificado.

**Implementación:** consiste en hacer funcionar a los responsables de las diferentes actividades para que realicen las operaciones que se fijaron en el plan.

**Modo de falla:** es una causa de falla o una posible manera en la

que un sistema puede fallar

**Causa – Raíz:** esta metodología permite a los equipos de mantenimiento abordar los problemas de manera más efectiva, evitando recaídas y mejorando la confiabilidad y disponibilidad de los activos.

**Indicadores de gestión:** es una forma de medir si una empresa, unidad, proyecto o persona está logrando sus metas y objetivos estratégicos.

**Disponibilidad Física:** es un indicador de tiempo del equipo expresado y medido en porcentaje (% D.F.) que está disponible para trabajar o ser operado para producir, en relación al tiempo total.

**Indisponibilidad:** es la diferencia del 100% con la disponibilidad física del equipo.

**Tiempo medio entre fallas (MTBF):** es una medida de la frecuencia de una falla, es la relación del tiempo de operación al número de fallas.

**Tiempo medio para la reparación (MTTR):** es una medida del tiempo que dura la reparación, es la relación entre el tiempo de parada por reparación al número de fallas.

### 2.1.3. Marco Normativo

**Mantenimiento centrado en confiabilidad SAE JA1011 - 2009,** “La norma SAE JA1011 RCM es bastante directa y concisa, al establecer los criterios para identificar los procesos de análisis no conformes. Las implementaciones exitosas reportan una reducción significativa en la aplicación de horas-hombre de tareas programadas, un mejor desempeño de seguridad y mayor confiabilidad y disponibilidad de activos, lo que resulta en un rendimiento financiero significativo. Cuando se aplica correctamente, el objetivo del esfuerzo del RCM es proteger las

funciones de los activos para reducir el riesgo o los efectos de fallas a niveles aceptables de acuerdo a las expectativas de su propietario”. (Sifonte, 2017)

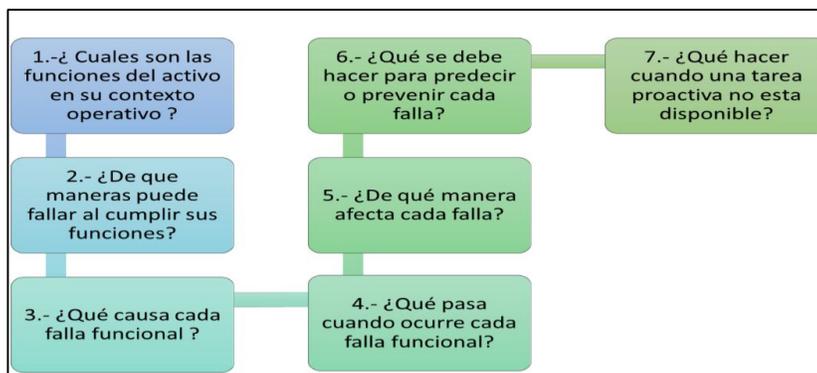
### **Descripción del mantenimiento; Interpretación del manejo de las normas SAE JA1011 - 2009**

Garantizar valores aceptables de riesgo, reduciendo la probabilidad de la presencia de fallas, confiabilidad y/o minimizando las consecuencias de las fallas.

Recuperar la operabilidad del sistema, una vez que se ha producido la falla (mantenibilidad). (Soto, 2016)

El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés) es una metodología altamente reconocida y de uso extendido para elaborar planes de mantenimiento que incluyan todo tipo de estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo, búsqueda de fallas, etc.). Esta metodología fue desarrollada inicialmente por la industria comercial de aviación de los Estados Unidos para mejorar la seguridad y confiabilidad de sus equipos, fue definida por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en 1978 y ha sido utilizada para determinar estrategias de mantenimiento de activos físicos en casi todas las áreas de trabajo en los países industrializados del mundo. (Madrazo , 2015)

Figura 2.1 Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad



Fuente: (Moubray, 2004)

Hay que definir de manera correcta los indicadores que debe lograr la empresa es por ello primordial un análisis exhaustivo del caso.

Definición de los objetivos que caracterizan el proceso de gestión de mantenimiento.

Para seleccionar los indicadores pertinentes, el primer paso consiste en definir los objetivos a alcanzar en cada nivel de la empresa.

A nivel de la compañía, el requisito consiste en identificar la forma en que se puede gestionar el mantenimiento para mejorar el rendimiento global (beneficios, cuotas de mercado, competitividad, etc.). En este caso, se debe determinar el medio más eficaz de mejorar el mantenimiento.

A nivel de sistemas y de líneas de producción, los objetivos del mantenimiento se pueden dirigir a algunos factores de rendimiento particulares, que se han identificado mediante análisis previos, tales como:

- La mejora de la disponibilidad
- La mejora del coste efectivo del mantenimiento
- La preservación de la salud y de la seguridad, así como la protección del medio ambiente.
- La mejora del coste efectivo de la gestión del valor del inventario de mantenimiento.
- El control de los servicios contratados.

A nivel de equipo, máquina o tipos de máquinas, puede ser deseable un mejor control de:

- La fiabilidad
- Los costes

- La mantenibilidad y soportabilidad del mantenimiento  
Los objetivos también pueden consistir en dar consejos sobre las decisiones relativas a:
  - Inversiones
  - La duración de utilización
  - La elección de una estrategia, tal como el recurrir a contratistas

- **Generación de mantenimiento**

- ❖ **Primera Generación:**

Las actividades de mantenimiento se ceñían a reparar aquello que se averiaba, y a periódicos engrases, lubricaciones y limpiezas.

- ❖ **Segundo Generación:**

Los avances se dieron debido a las necesidades que se generaron debido a la segunda guerra mundial, enfocándose en la disponibilidad, la duración máxima posible, con los costos más bajos, con sistemas de mantenimiento preventivo, revisiones cíclicas.

- Equipo, instalaciones o sistema afectado.
- Subsistema o componente averiado.
- Agentes que han realizado la intervención.
- Horas de trabajo invertido.
- Horas de trabajo que ha durado la parada.
- Repuestos consumidos.
- Centro de Costos.

- ❖ **Tercera Generación:**

Cuando la fiabilidad, la disponibilidad y los costos, se estabilizaban, y se logra un equilibrio, se introduce la seguridad como primera prioridad, el análisis detallado de los costos de ciclo de vida como determinante en la compra.

- Seguridad – Análisis de Riesgos

- Medio Ambiente
- Análisis de Causa & Efecto de las Fallas
- Sistemas Expertos

Figura 2.2 Evolución del mantenimiento siglo XX

Evolución del Mantenimiento Siglo XX							
Medios				Segunda Generación		Tercera Generación	
				Revisiones cíclicas. Sistemas para la planificación y control del trabajo. Informatización		Monitoreo. Diseño para la fiabilidad y mantenimiento Estudio de Análisis de Riesgos Sistemas Expertos Descentralización de los Sistemas de Información Análisis de la Causa & Efecto de las Fallas. Participación.	
Primera Generación							
Reparar en caso de Avería.							
1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Objetivos				Segunda Generación		Tercera Generación	
				Mayor disponibilidad de la planta Mayor duración de los equipos y fiabilidad. Mas bajos costos.		Mayor disponibilidad y fiabilidad. Mayor Seguridad Mejor calidad de los productos y servicios. Sin deteriorar el medio ambiente. Mayor duración de los equipos. Mayor contención o reducción de los costos.	
Primera Generación							
Reparar en caso de Avería.							
1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000

Fuente: (DETROIT, 2022)

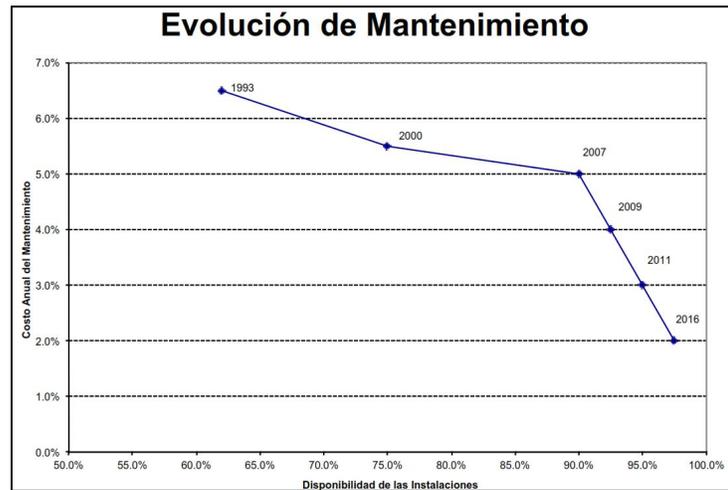
Durante los años se ha producido una evolución del concepto de mantenimiento es por ello que las empresas deben estar a la vanguardia.

#### ❖ Cuarta generación:

Gestión integrada del mantenimiento basada en nuevos conceptos RCM y TPM y en nuevas tecnologías y eficiencias de mantenimiento.

- Gestión orientada a resultados y a clientes.
- Contratación compartiendo riesgos y resultados.
- Contratación ganador - ganador.
- Motivación e implicación en resultados.
- Certificación Integrada de ISO 9000 – ISO 14000 – TS16949
- Competencia de trabajadores benchmarking a todos los niveles, participación e información.
- Análisis de riesgos.
- Reingeniería permanente para la mejora de la disponibilidad, fiabilidad y costos.

Figura 2.3 Costo anual vs disponibilidad



Fuente: (Moubray, 2004)

- **Mantenimiento**

La European Federation of National Maintenance Societies (1970) menciona lo siguiente en el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

Según la norma CEI 60050-191 E.2: 1990. Vocabulario electrotécnico internacional, mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas y de gestión destinadas a mantener o restaurar un elemento en un estado que le permita funcionar como lo requerido.

Según la norma francesa AFNOR NF X 60-010, el mantenimiento es “El conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un bien a un estado especificado o a una situación tal que pueda asegurar un servicio determinado”.

- ❖ **Mantenimiento correctivo:**

Según (Trujillo, 2019) el mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo.

El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos, y el encargado de realizar las reparaciones es

el personal de mantenimiento.

❖ **Mantenimiento preventivo:**

Es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua. (Trujillo, 2019)

❖ **Mantenimiento predictivo:**

Este mantenimiento consiste en el análisis de parámetros de funcionamientos cuya evolución permite detectar un fallo antes de que este tenga consecuencias más graves.

En general, el mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué periodo de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves. (Soto, 2016)

❖ **Mantenimiento proactivo:**

Se ha desarrollado como complemento a la evolución del mantenimiento predictivo. Este concepto engloba los tipos de mantenimiento detallados anteriormente elevándolos a otra dimensión; el análisis de causas. El mantenimiento predictivo puede determinar si algún elemento de la máquina puede fallar, pero no estudia la causa raíz del fallo. El mantenimiento predictivo no la causa por la cual un rodamiento falla repetidamente, aunque si nos indique cuando puede fallar. Para cubrir esta incertidumbre, el mantenimiento proactivo o también conocido como fiabilidad de máquina analiza la causa raíz de la repetitividad de la avería, resolviendo aspectos técnicos responde a de las mismas. (Trujillo, 2019)

- **Confiabilidad Operacional**

Esta se define como la capacidad de la empresa para cumplir, a través de los procesos, las tecnologías y las personas, con su propósito dentro de los límites del diseño y de las condiciones operacionales. La Confiabilidad Operacional considera una serie de procesos de mejora continua que incorporan, en forma sistemática, herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías para optimizar el proyecto, la gestión, la planeación, la ejecución y el control, asociados con la producción, el abastecimiento y el mantenimiento industrial (ARATA, A. y ARATA, A. 2013 p.38).

Para la búsqueda de la Confiabilidad Operacional es necesario actuar de manera integrada sobre los activos, desde su diseño hasta su operación, como también sobre aspectos relacionados con los procesos y las personas, es así como las componentes que la conforman y que actúan integradamente son la confiabilidad de los procesos, de los suministros, de los activos y de las personas, y la mantenibilidad de los activos (Soto, 2016)

- **Ingeniería de Confiabilidad**

La aplicación de la confiabilidad a la ingeniería de producto y procesos han demostrado excelentes resultados como medio de anticipar y detectar causas de fallas de operación. El desarrollo de pruebas de campo, análisis de fallas y probabilidades de ocurrencia, ofrecen una excelente alternativa para desarrollar productos robustos y procesos capaces de fabricarlos (Moubray, 2004)

La Ingeniería de la Confiabilidad permite identificar las oportunidades, sobre una base cuantitativa y cualitativa, para mejorar la gestión de los activos durante operación de las instalaciones, como también mejorar las soluciones a nivel de proyecto a través del enfoque LCC, favoreciendo los resultados del negocio (Soto, 2016)

La Ingeniería de la Confiabilidad, a través del compromiso del factor humano y del análisis cuantitativo, debe, a partir del comportamiento de

los equipos y de sus configuraciones sistémicas, proyectar, mejorar y controlar la gestión y el mantenimiento de los activos, desde la etapa de concepción de nuevos proyectos hasta su operación. Es la función que entrega valor ya que a través de la modelación de las variables asociadas con la seguridad de funcionamiento de los equipos y sistemas (disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y utilización), y con los costos globales (costos propios e inducidos), logra identificar los factores críticos de acuerdo a la combinación de la frecuencia de los eventos y su impacto (Soto, 2016)

- **Confiabilidad**

Una de las técnicas que permite estudiar el comportamiento de los productos durante su desarrollo y durante su vida útil en el campo es la confiabilidad. El estudio de la probabilidad de falla que permite estimar en mejor forma la vida del producto es un elemento decisivo para lograr el objetivo de todo sistema de calidad (Trujillo, 2019)

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña, durante un período de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno (Soto, 2016)

La curva de confiabilidad es la representación gráfica del funcionamiento después de que transcurre un tiempo  $t$  en un período  $T$  total. Consiste en la representación de la probabilidad de confiabilidad o supervivencia que tiene un elemento, máquina o sistema después de que transcurre un determinado tiempo  $t$  (Moubray, 2004)

Se entiende:

$$R(t) = P[t < T]$$

$R(t)$  es la función de confiabilidad o supervivencia, la cual decrece en la medida en que se incrementa el tiempo, al igual  $R(0) = 1$  o sea que siempre la probabilidad de confiabilidad de cualquier elemento antes de iniciar su funcionamiento es máxima del ciento por ciento (100%);  $t$  es el tiempo determinado para evaluar el funcionamiento.  $\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$ , expresa que

todo elemento o máquina, siempre entra en estado de falla, así sea en un tiempo grande o infinito (Sifonte, 2017)

Los datos analizados mediante distribuciones pueden responder a diferentes características, de acuerdo con el tipo y el evento de estudio, como, por ejemplo, el tiempo de funcionamiento del equipo (MTTF) que pueden medirse en horas, millas, ciclos de fracaso, ciclos de tensión, o cualquier otra medida con que se puedan evaluar la vida o la exposición del ítem (Moubray, 2004)

En el presente informe, la variable independiente “t” es el tiempo y se toma como variable independiente el tiempo de la demora para dar operativo al motor.

- **Tasa de falla**

La función de tasa de fallas permite determinar el número de fallas que ocurren por unidad de tiempo. Omitiendo la derivación, la tasa de falla se da matemáticamente como:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Esto da la tasa de falla instantánea, también conocida como función de riesgo. Es útil para caracterizar el comportamiento de falla de un componente, determinar la asignación del personal de mantenimiento, planificar el aprovisionamiento de repuestos, etc. La tasa de falla se indica como fallas por unidad de tiempo (Moubray, 2004)

- **Mantenimiento centrado en confiabilidad**

- ❖ **Antecedentes del MCC o RCM**

Según (Trujillo, 2019) El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se originó hacia el final de la década de los años 60, en un esfuerzo conjunto

del gobierno y la industria aeronáutica norteamericana, a fin de establecer un proceso lógico y diseñar actividades de mantenimiento apropiadas con frecuencias óptimas para estas actividades, para atender el advenimiento de nuevas aeronaves de mayor tamaño, capacidad y complejidad, así como el crecimiento del parque aéreo. La complejidad de los nuevos sistemas hacía casi imposible que los mismos fueran mantenidos con los antiguos conceptos y políticas. El objetivo de este grupo de trabajo fue establecer procedimientos de mantenimiento apropiados que permitieran reducir los tiempos de parada por mantenimiento, reducir los costos de mantenimiento e incrementar la seguridad de los vuelos. Como resultado de este esfuerzo se publicó el documento “MSG-1: Maintenance Evaluation and Program Development”, el cual formaliza y establece nuevos criterios para el desarrollo de programas de mantenimiento. Anterior a la publicación del MSG-1, los programas de mantenimiento estaban diseñados para ser ejecutados en cada equipo sin considerar la importancia del mismo en el funcionamiento del sistema. La importancia de este documento radica en el cambio de los paradigmas existentes hasta ese momento para la conceptualización de las políticas de mantenimiento. A partir de este documento la orientación cambia desde la evaluación de las funciones del equipo hacia el análisis de las funciones del sistema.

Posteriormente, se publicó el documento MSG-2 para generalizar en toda la industria aeronáutica el uso de los procedimientos desarrollados en el MSG-1. En este segundo documento se incorporó una herramienta simple pero poderosa, llamada árbol de decisión lógico. Un árbol de decisión lógico es un diagrama que provee una secuencia de preguntas acerca de una serie de posibles eventos y sus consecuencias, estructurado de manera lógica y jerárquica. Cada pregunta en el árbol de decisión sólo puede ser contestada con un SI ó NO. La respuesta a cada pregunta puede conducir a una acción ó a la próxima pregunta en la secuencia.

El árbol es semejante a un mapa lógico de carreteras. Cada posible falla de un sistema es categorizada mediante la aplicación del árbol lógico de preguntas, conduciendo al evaluador a un análisis lógico que finaliza al obtener una respuesta SI. En cada respuesta NO, el evaluador continúa con la siguiente pregunta en la secuencia. Si se alcanza el final del árbol, entonces la conclusión lógica es que no se requiere ninguna actividad para la falla bajo evaluación.

El documento MSG-2 se convirtió en un estándar de la industria aeronáutica para el diseño y ejecución de políticas de mantenimiento, el cual contiene los lineamientos de lo que actualmente se denomina mantenimiento centrado en confiabilidad.

El éxito del RCM en la industria aeronáutica no tuvo precedentes. En un período de 16 años posterior a su implantación, las aerolíneas comerciales no tuvieron incremento en los costos unitarios de mantenimiento, aun cuando el tamaño y complejidad de las aeronaves, así como los costos de labor se incrementaron durante el mismo período. También, para el mismo período, se incrementaron los récords de seguridad de las aerolíneas.

Los beneficios obtenidos por la industria aeronáutica no fueron un secreto y pronto el MCC fue adaptado y adecuado a las necesidades de otras industrias, tales como la de generación de potencia mediante energía nuclear y solar, manufacturera, de procesamiento de alimentos, minera, transporte marítimo, de procesamiento de hidrocarburos y productos químicos, así como el DRAFT 7 en el ambiente militar. En todas ellas se presentan resultados exitosos en mantener ó incrementar la disponibilidad y al mismo tiempo obtener ahorros en los costos del mantenimiento, mediante la aplicación del MCC. Todavía, algunos detalles del método se encuentran en desarrollo para adaptarse a las cambiantes necesidades de una amplia variedad de industrias, aun cuando los principios básicos se mantienen.

### ❖ **Concepto del MCC o RCM**

El MCC sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias de los activos más importantes en un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de los activos en un determinado contexto operacional, realizado por un equipo natural de trabajo. “El esfuerzo desarrollado por el equipo natural permite generar un sistema de gestión de mantenimiento flexible, que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento de la organización, tomando en cuenta, la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón costo/beneficio” (Vásquez, 2019)

(Moubray, 2004) define el MCC como “un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”.

### • **El Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF)**

Según (Vásquez, 2019) Es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total.

Cuyos objetivos principales son:

- ❖ Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- ❖ Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- ❖ Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la

oportunidad de que ocurra la falla potencial.

- ❖ Analizar la confiabilidad del sistema.
- ❖ Documentar el proceso

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

- **Análisis de equipos críticos**

Según (Moubray, 2004) el análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, entendiéndose confiabilidad operacional como: la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente) para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico en un tiempo determinado.

El término “crítico” y la definición de criticidad pueden tener diferentes interpretaciones y van a depender de los objetivos que se van a jerarquizar. Desde esta óptica existen una gran diversidad de herramientas de criticidad, según las oportunidades y las necesidades de la organización:

- ❖ Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo).
- ❖ Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción
- ❖ Efecto en la calidad del producto

- ❖ Efecto en la seguridad, ambiente e higiene
- ❖ Costos de paradas y del mantenimiento
- ❖ Frecuencia de fallas / confiabilidad
- ❖ Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad).
- ❖ Flexibilidad / accesibilidad para inspección & mantenimiento
- ❖ Requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento.
- ❖ Disponibilidad de repuestos

- **Modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto del riesgo**

Este método fue desarrollado por un grupo de consultores de consultoría inglesa denominado: The Woodhouse Partnership Limited [Woodhouse Jhon. “Criticality Analysis Revisited”, the Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994]. (DETROIT, 2022)

Este es un método semi-cuantitativo bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo (Frecuencia de fallas x consecuencias). A continuación, se presenta de forma detallada la expresión utilizada para jerarquizar sistemas:

Criticidad total = Frecuencia x Consecuencias de fallas

Frecuencia = Rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)  
 Consecuencias = ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mtto + Impacto Seguridad Ambiental & Higiene) (Soles)

Los factores ponderados de cada uno de los criterios a ser evaluados por la expresión del riesgo se presentan a continuación:

Tabla 2.1 Factores ponderados a ser evaluados.

<b>Frecuencia de Fallas:</b>		<b>Costo de Mto.:</b>	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Inférieur a 20000 \$	1
Buena 0.5 -1 fallas/año	2	<b>Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):</b>	
Excelente menos de 0.5 falla/año	1	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
<b>Impacto Operacional:</b>		Afecta el ambiente /instalaciones	7
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7	Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	<b>Flexibilidad Operacional:</b>	
<b>Flexibilidad Operacional:</b>		No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4
No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4	Hay opción de repuesto compartido/almacen	2
Hay opción de repuesto compartido/almacen	2	Función de repuesto disponible	1
Función de repuesto disponible	1		

**Fuente:** (Moubray, 2004)

Criticidad Total = Frecuencia de fallas x Consecuencia

Consecuencia = ((impacto operacional x flexibilidad) +Costo Mto. + Impacto SAH)

Estos factores se evalúan en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente). Una vez que se evalúan en consenso, cada uno de los factores presentados en la tabla anterior, se introducen en la fórmula de Criticidad Total (I) y se obtiene el valor global de criticidad.

El máximo valor de criticidad que se puede obtener a partir de los factores ponderados evaluados = 200.

Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias y se ubican en la matriz de Criticidad: valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X. La matriz de criticidad mostrada permite jerarquizar los sistemas en tres áreas:

Área de sistemas No Críticos (NC) Área de sistemas de Media Criticidad (MC) Área de sistemas Críticos (C)

Tabla 2.2 Matriz de criticidad

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

**Fuente:** (Moubray, 2004)

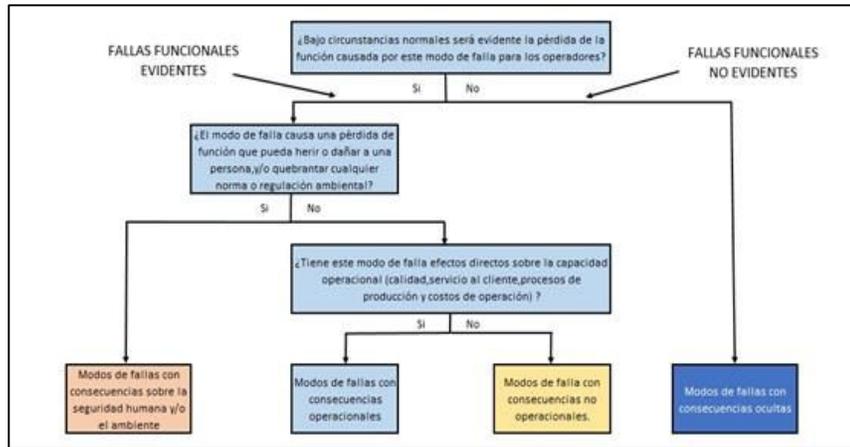
Proceso de selección de actividades de mantenimiento bajo el enfoque MCC

Una vez realizado el AMEF, el equipo natural de trabajo MCC, deberá seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento que ayude a prevenir la aparición de cada modo de falla previamente identificado, a partir del árbol lógico de decisión (herramienta diseñada por el MCC, que permite seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos).

Luego de seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento a partir del árbol lógico de decisión, se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de actividad de mantenimiento seleccionada, con su respectiva frecuencia de ejecución, teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales del MCC, es evitar o al menos reducir las posibles consecuencias a la seguridad humana, al ambiente y a las operaciones, que traerán consigo la aparición de los distintos modos de fallas.

El primer paso para seleccionar las actividades de mantenimiento, consiste en identificar las consecuencias que generan los modos de fallas:

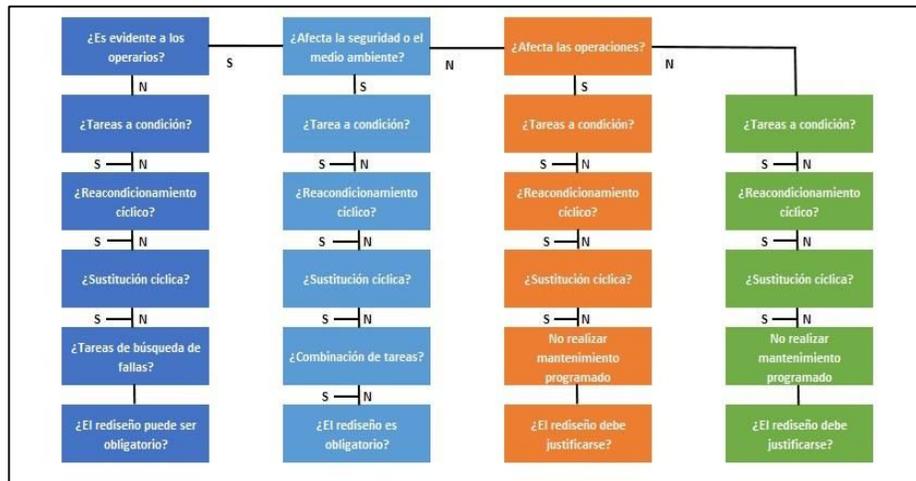
Figura 2.4 Identificación de las consecuencias de los modos de falla



Fuente: (Moubray, 2004)

Una vez, identificadas las consecuencias por cada modo de falla, el equipo natural de trabajo debe identificar el tipo de actividad de mantenimiento, apoyándose en el árbol lógico de decisión del MCC.

Figura 2.5 Flujograma de selección de actividades de mantenimiento



Fuente: (Moubray, 2004)

#### 2.1.4. Definiciones de términos básicos

**Análisis:** acción de revisar en forma minuciosa un determinado contexto es por ello antes se realiza procedimiento para que no se olvide estudio ningún aspecto. (Soto, 2016)

**Efecto:** es una acción que se produce reaccionando ante un estímulo o respuesta (Soto, 2016)

**Fallas:** es cuando se produce acción de mal funcionamiento en un equipo o proceso que puede deberse a factores internos o externo (Soto, 2016)

**Gestión:** es un conjunto de actividades que van dirigidas a realizar a supervisar, monitorear y seguimiento para así conseguir un objetivo (Soto, 2016)

**Mantenimiento:** es acción de realizar una reparación a un equipo antes de que se malogre por acción del tiempo o del mal uso (Moubray, 2004)

**Maquinas:** son equipos que permite al hombre realizar sus actividades en forma rápida y sencilla (Soto, 2016)

**Mejora:** es cuando se produce un aumento en la capacidad de respuesta en un determinado objeto o acción (Soto, 2016)

**Tareas:** es toda acción de realizar acciones para cumplir con una determinada función (Moubray, 2004)

**Operativo:** es cuando un equipo o instrumento funciona en forma normal al tope de su capacidad (Moubray, 2004)

**Proceso:** es un conjunto de acciones que nos permite realizar una determinada tarea con éxito (Soto, 2016)

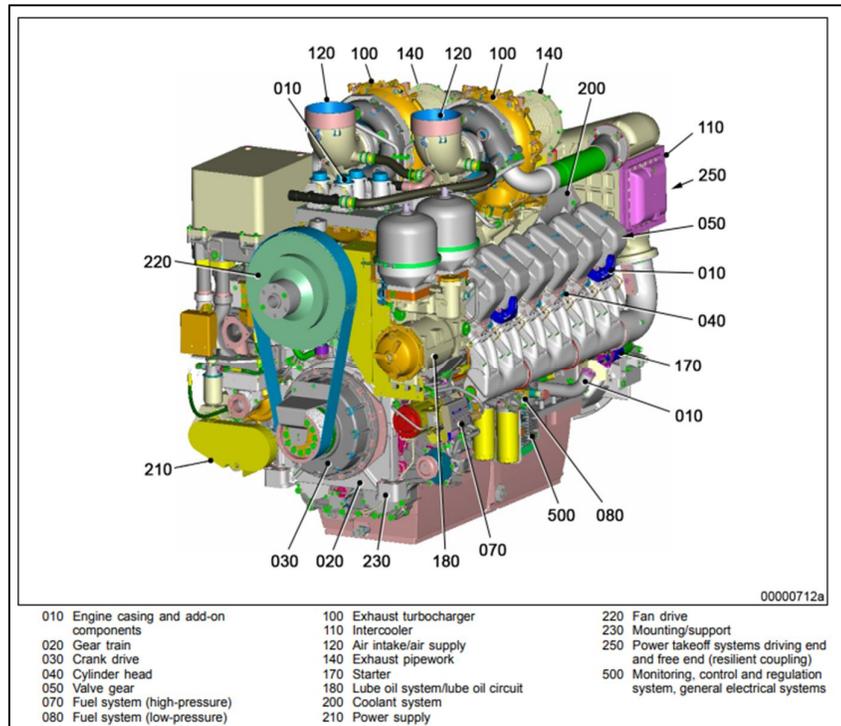
#### 2.1.5. Descripción del motor MTU 20V4000C23

Los motores MTU son descendencia alemana, en la cual se han desarrollado en diversas condiciones como (Marino, Grupos Electrónicos, Gas – Petróleo, Ferroviarios, Industrial, Minería y Gubernamental), en donde en el tiempo han presentado mejora

de performance de los motores. (Moubray, 2004)

En el informe nos enfocaremos en los motores MTU 20V4000C23 Diesel, los cuales cuentan con los siguientes sistemas: Aire – Escape, Lubricación, Refrigeración, Electrónico, Combustible, Motor.

Figura 2.6 Motor MTU - completo



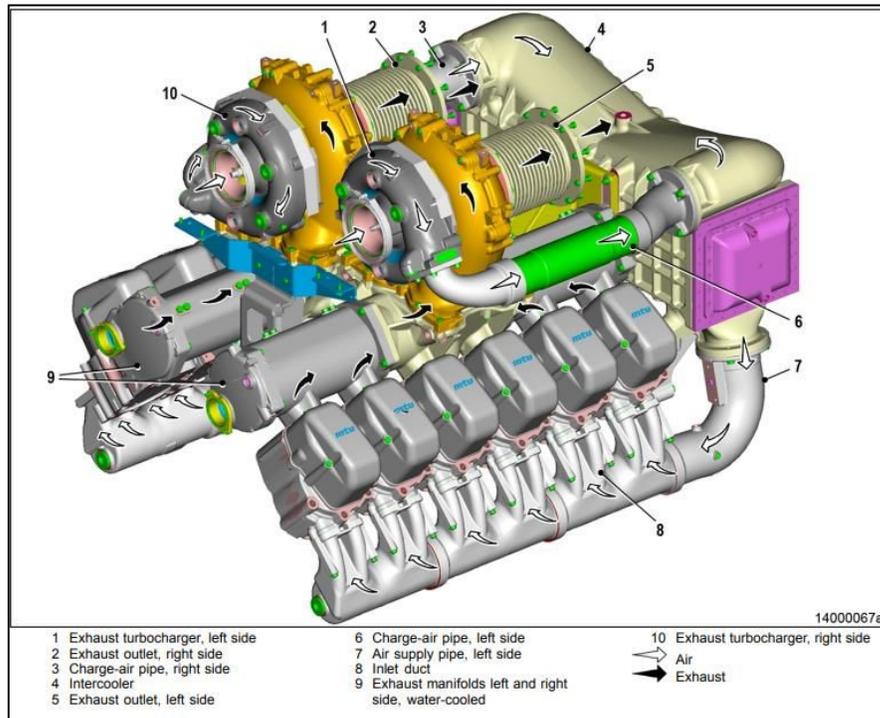
Fuente: (Moubray, 2004)

- **Para el sistema de Aire – Escape**, empieza desde el tubo de escape del Equipo para dirigir el flujo por los ductos de escape e ingresar al Turbo cargador, el cual gira de manera horaria y se produce el ingreso a los ductos de admisión, para luego ingresar al intercambiador de calor de aire, posterior a ello ingresa a los ductos de admisión y sigue el flujo hasta los múltiples de admisión finalizando con el ingreso a las camisas y culatas.

Con el ingreso del flujo a los múltiples de escape se acciona de forma inmediata al turbocargador para luego ingresar a los flexibles de escape

y con ello acabar en el CAC. (© 2006 Copyright MTU Friedrichshafen GmbH)

Figura 2.7 Sistema aire - escape



Fuente: (DETROIT, 2022)

- **Para el sistema de Lubricación**, el funcionamiento empieza desde la succión del aceite del motor procedente del cárter mediante la cesta de succión perteneciente a la bomba de aceite.

La bomba de aceite del motor, extrae aceite del cárter de aceite a través de una cesta de succión y lo entrega al motor intercambiador de calor de aceite y a los filtros de aceite centrífugos a través de una línea de conexión. Estos limpian (centrifugan) el aceite. El aceite limpio regresa al cárter de aceite por gravedad. El aceite fluye principalmente a través del filtro de aceite automático directamente a los puntos de lubricación en el motor y a la galería principal de aceite. (© 2006 Copyright MTU Friedrichshafen GmbH) (Moubray, 2004)



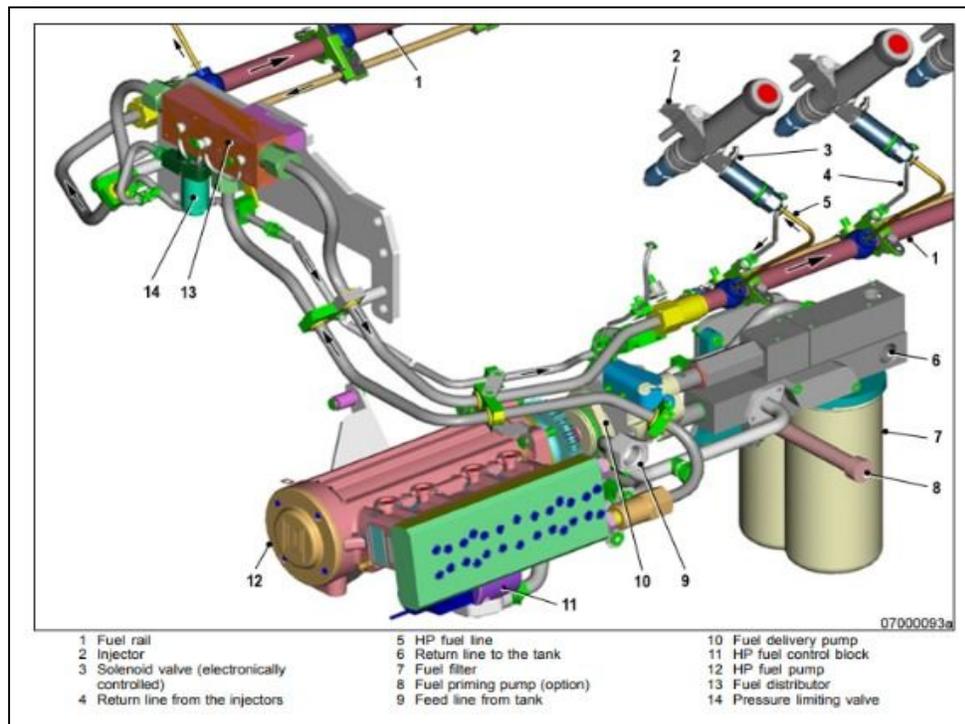
en la cámara de combustión. (Moubray, 2004)

La cantidad de control (combustible) de los inyectores se conduce de regreso al tanque a través de tuberías de retorno.

Todo el sistema de combustible HP está diseñado con líneas de pared doble pared.

(© 2006 Copyright MTU Friedrichshafen GmbH)

Figura 2.9 Sistema de combustible



Fuente: (Moubray, 2004)

- **Sistema de Refrigeración:**

- **Circuito de refrigeración de alta temperatura:**

Después de arrancar el motor, la bomba de refrigerante del motor (1) bombea parte del refrigerante a través del intercambiador de calor de aceite lubricante. (2) en los compartimentos de refrigeración del cárter (3). La otra parte del refrigerante pasa allí directamente a través de un trampilla de control de flujo (4). El refrigerante fluye alrededor de las camisas de los cilindros y pasa

a las culatas.

Aquí el refrigerante fluye a través de los compartimentos de refrigerante y de los orificios de las culatas y del sistema de escape. turbocompresores (5, 6). Luego, el refrigerante fluye hacia el termostato (8) a través de los colectores de escape (7) a la izquierda y a la derecha.

El termostato (8) desvía el refrigerante del motor al enfriador de refrigerante del motor (9) cuando el motor está bajo carga (motor caliente). Refrigerante de aire de sobrealimentación enfriado procedente del refrigerante del motor.

El enfriador (9) luego regresa a la bomba de refrigerante del motor (1).

El termostato (8) desvía el refrigerante del motor directamente a la bomba de refrigerante del motor (1) cuando el motor está frío.

Pasar por alto el enfriador de refrigerante del motor (9) permite que el motor, el aceite lubricante y el refrigerante del motor alcanzar rápidamente la temperatura de funcionamiento.

El tanque de expansión del refrigerante del motor (10) está instalado en el punto más alto del sistema de enfriamiento. compensa

cantidad y presión del líquido refrigerante del motor y está conectado al circuito mediante una línea de expansión y ventilación (11).

El motor está generalmente equipado con un dispositivo de precalentamiento (26, 27).

Se proporcionan tapones de drenaje (14) en los puntos más bajos del circuito de refrigerante del motor.

(© 2006 Copyright MTU Friedrichshafen GmbH)

- **Circuito de refrigeración de alta temperatura:**

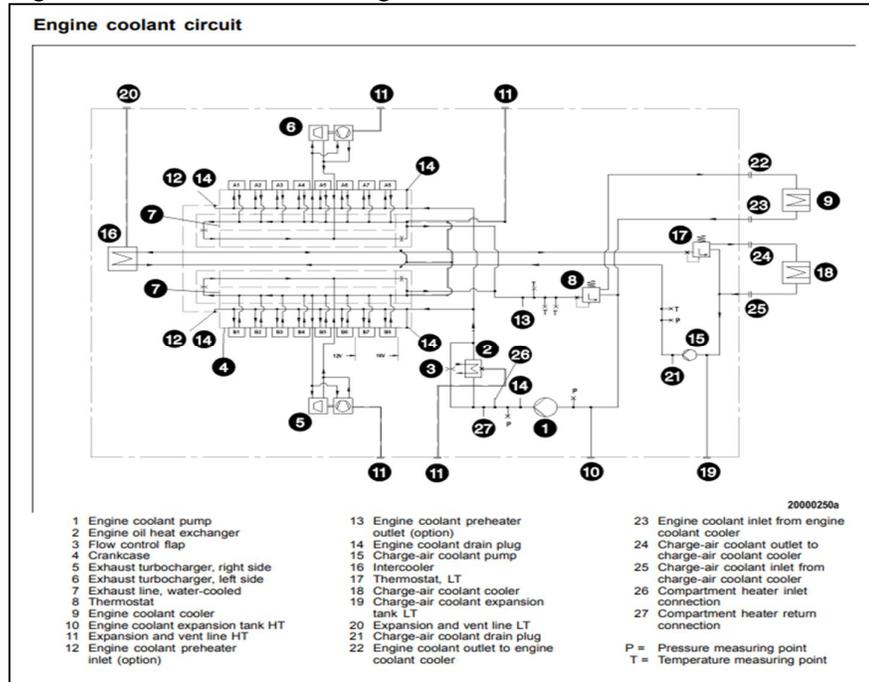
La bomba de refrigerante de aire de carga (15) instalada en el motor bombea el refrigerante de aire de carga al intercooler (16).

El refrigerante del aire de carga pasa al termostato (17) a través

del intercooler (16). El refrigerante del aire de carga pasa a el refrigerador del refrigerante de aire de carga (18) a través del termostato (17) cuando el motor está a la temperatura de funcionamiento. El enfriado del refrigerante de aire de carga procedente del enfriador de refrigerante de aire de carga (18) fluye hacia la bomba de refrigerante de aire de carga (15). El termostato (17) desvía el refrigerante de aire de carga directamente a la bomba de refrigerante de aire de carga (15) cuando el motor está frío. El tanque de expansión del refrigerante de aire de carga (19) está instalado en el punto más alto del sistema de enfriamiento. Compensa cantidad y presión del refrigerante del aire de carga y está conectado al circuito mediante una línea de expansión y ventilación (20). Se proporcionan tapones de drenaje (21) en los puntos más bajos del circuito de refrigerante de aire de carga.

(© 2006 Copyright MTU Friedrichshafen GmbH)

Figura 2.10 Sistema de refrigeración



Fuente: (Moubray, 2004)

- **Sistema Electrónico:**

Una de las innovaciones clave en los motores Serie 4000–03 es la nueva generación de motores específicos para MTU.

Sistema electrónico de gestión del motor.

El nuevo gobernador del motor “ADEC” (ECU7) es significativamente más robusto que las unidades anteriores, lo que

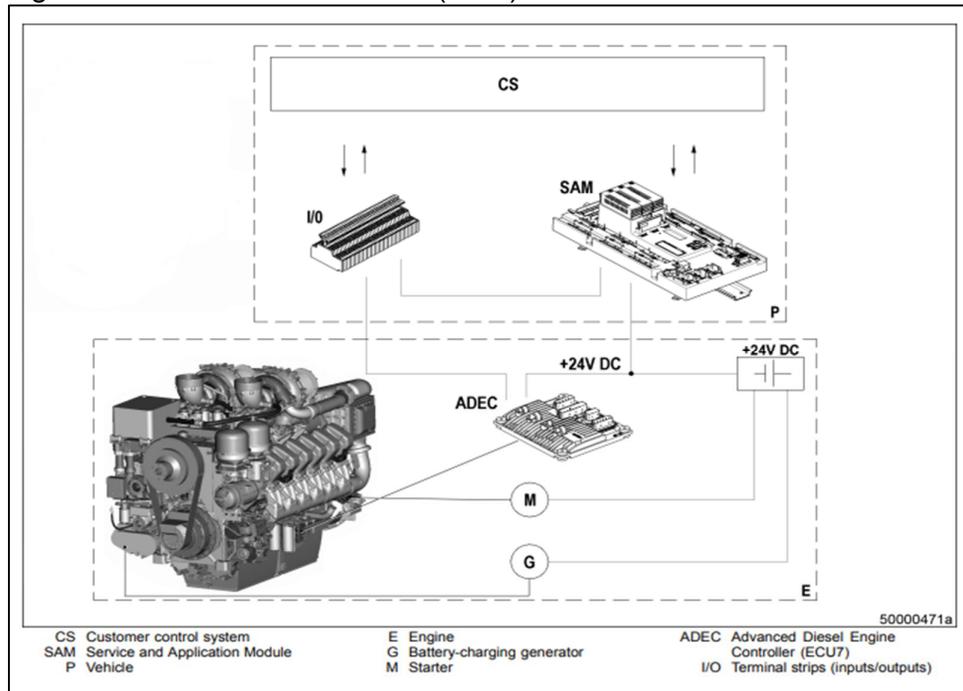
lo hace aún más adecuado para el duro entorno de la sala de máquinas.

El sistema de monitorización del motor garantiza la disponibilidad operativa y una larga vida útil del motor.

El inicio de la inyección, la duración de la inyección y, por tanto, la cantidad de inyección se calculan para cada ciclo de encendido y cada cilindro. Esto minimiza el consumo y las emisiones de gases de escape y maximiza la potencia. (ECU, Unit Computer Electronic)

(© 2006 Copyright MTU Friedrichshafen GmbH)

Figura 2.11 Sistema electrónico (ECU)



Fuente: (DETROIT, 2022)

### III. APORTES REALIZADOS

#### 3.1 Descripción de las actividades desarrolladas

##### 3.1.1 Evaluación inicial

Debido a las metas puestas por la empresa minera, el movimiento de la extracción los metales cobre, plomo, plata, molibdeno y zinc son importantes en el área de acarreo, por ello la minera cuenta con tener sus unidades operativas y con una disponibilidad alta para cumplir con sus objetivos.

El año 2022 se tuvo una baja disponibilidad de la flota MTU en el área de carreo igual a 97.20% por debajo de la meta anual prevista en 98% de disponibilidad. Adjuntado ANEXO 4 (disponibilidad de los equipos en el año 2022)

Figura 3.1 Disponibilidad mensual de la flota MTU – 2022

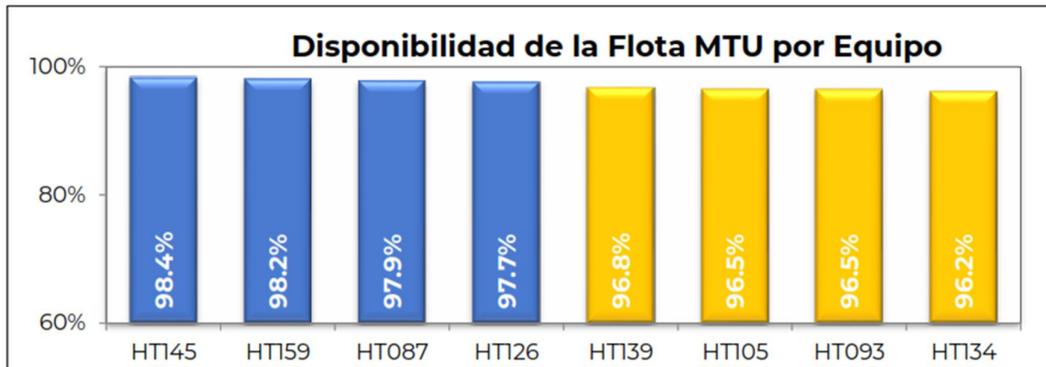


Figura 3.2 MTTR mensual de la flota MTU – 2022

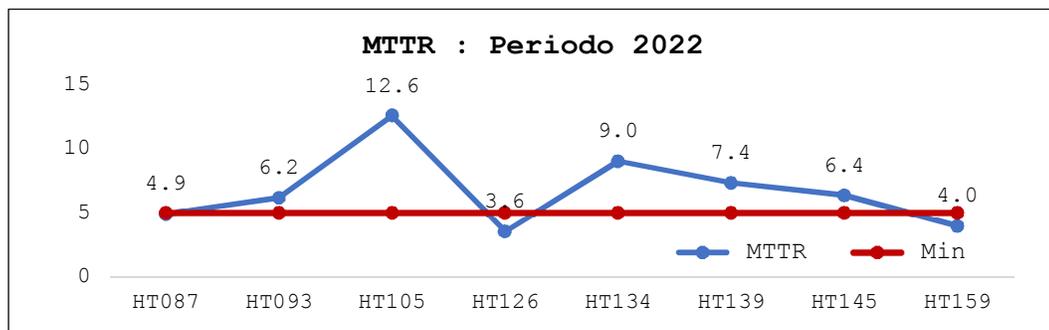


Figura 3.3 MTBF mensual de la flota MTU – 2022

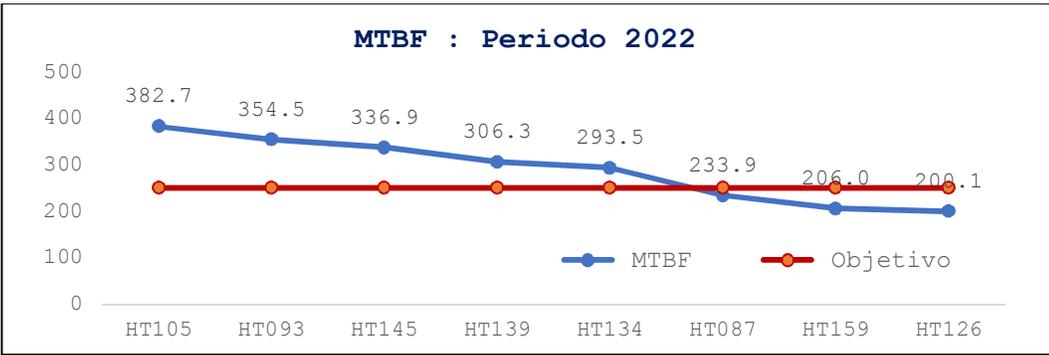


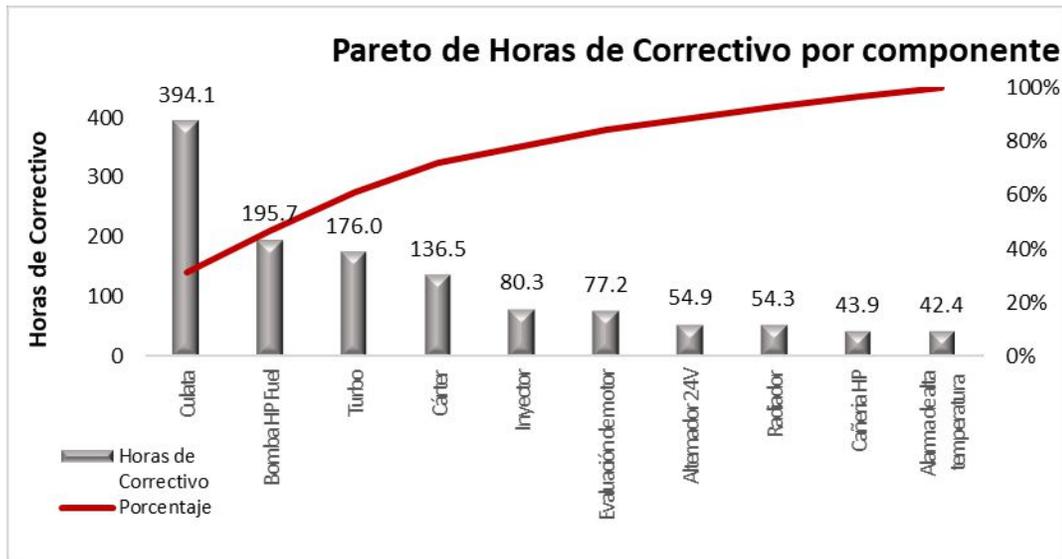
Figura 3.4 Confiabilidad mensual de la flota MTU – 2022



La data del cálculo se encuentra en los anexos.

Como Planner de Minería, el primer plan fue consolidar la data de todas las detenciones como mantenimiento programado y llamada (correctivos) durante todo el año 2022 en donde encuentra involucrado la flota MTU, con la finalidad de realizar un tratamiento de la información que me permita analizar la cantidad de las fallas, tiempo de las fallas con ello se realizó una clasificación por equipos para verificar un top de los equipos causantes a la baja disponibilidad y utilizando la técnica del principio de Pareto se dio enfoque a aquel que mayor cantidad de horas de correctivos tuvo durante el año 2022.

Figura 3.5 Pareto horas de correctivo por componentes, flota MTU



- **Analizar la criticidad aplicando el método de factores ponderados basado en el concepto del riesgo**

Selección de los sistemas para el análisis.

Para el caso de nuestro estudio hemos visto conveniente realizar un análisis de criticidad de todos los sistemas que posee el equipo Komatsu 930E-4SE con motor MTU, esto con la finalidad de seleccionar algunos sistemas, el que, en base al resultado obtenido tenga los valores más altos, a los cuales se les realizo el análisis del RCM.

A continuación, se presentan los criterios que se consideran para el análisis de criticidad

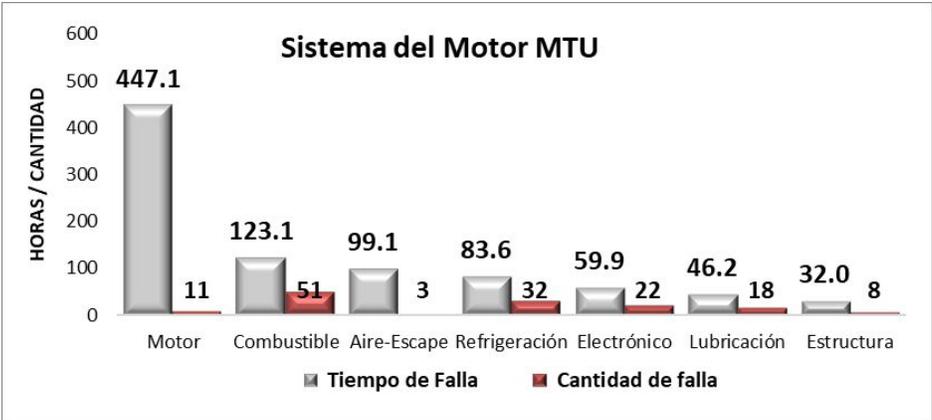
### 3.1.2 Identificación de la causa crítica

Determinado la evaluación de los componentes con mayor criticidad para el análisis podemos mencionar que el equipo con mayores eventos fue el HT134 y progresivamente en el siguiente orden siguen los demás equipos, el análisis aporta para enfocarnos en Los meses, sistemas del motor y luego de ello determinar cuál es el sistema con mayor criticidad, posterior a ello se tratan los datos con el fin de identificar los componentes y modos de falla los cuales son

priorizados en esta oportunidad mediante un diagrama Jack Knife. Dicho diagrama finalmente resaltó el componente y modo de falla que se debería de atacar para mejorar la disponibilidad.

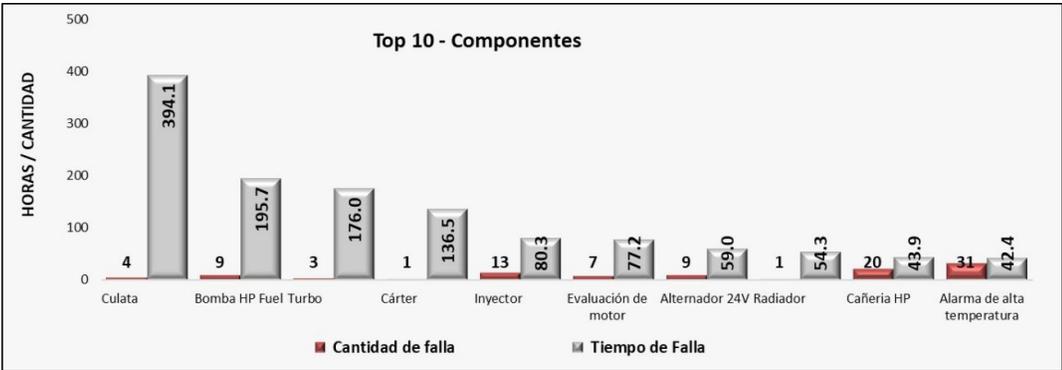
A continuación, gráficos Jack Knife.

Figura 3.6 Control de sistemas del motor MTU.



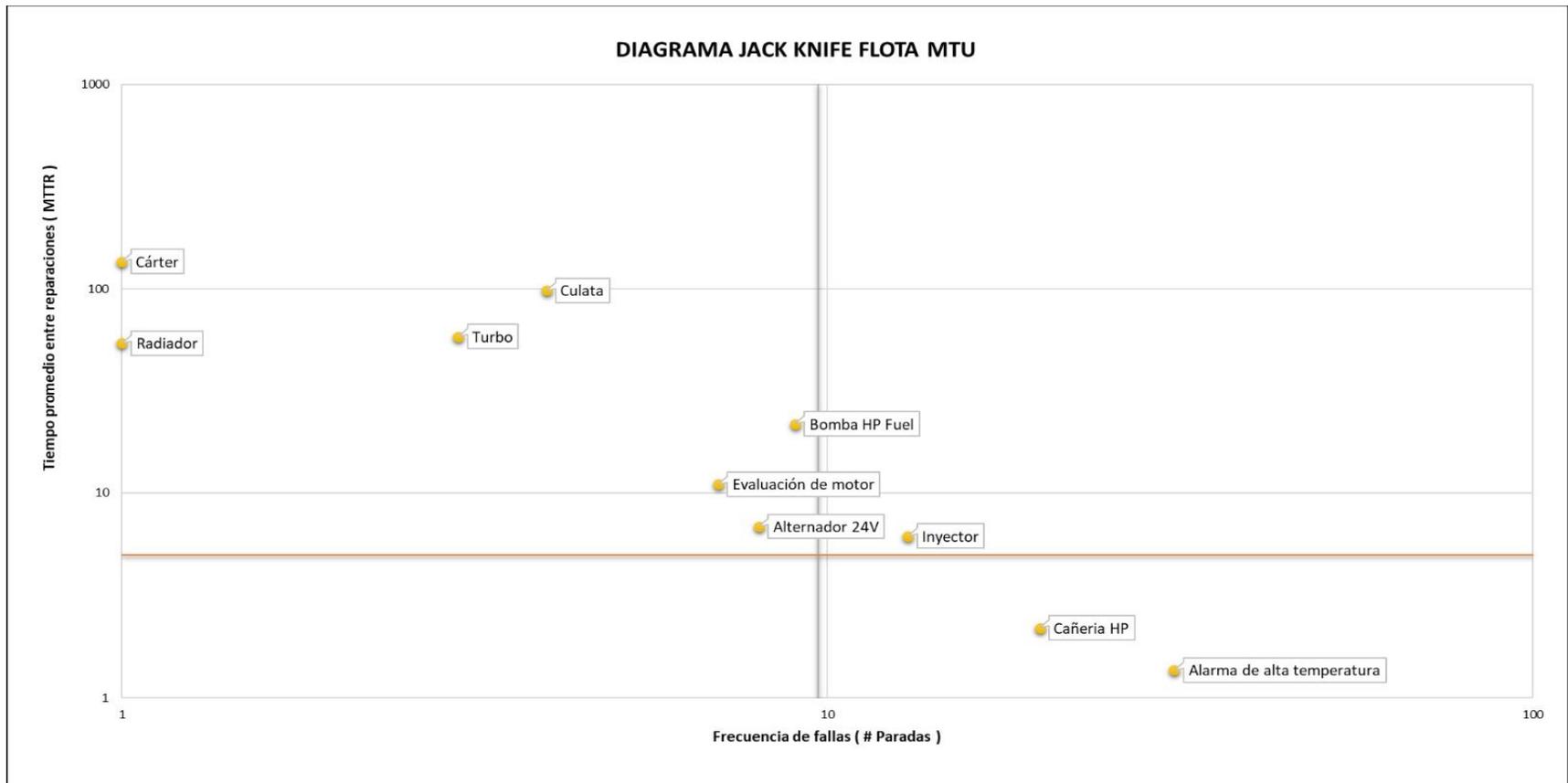
En la figura 3.6 del control de sistema del motor MTU se observa que la cantidad de fallas más frecuentes es en el sistema de combustible.

Figura 3.7 Top 10 – componentes con mayores fallas, para la flota MTU.



En la figura 3.7 se observa que los componentes con mayores fallas para flota MTU está en la cañería HP.

Figura 3.8 Jack knife horas de correctivo flota MTU.



Se determina que las mayores incidencias de fallas se presentan en los siguientes componentes: Culata (Rotura de asientos de las culatas y/o desgaste del mismo), Turbo (Filtración de silicio por los filtros de aire y/o rotura de espárragos de turbos), Bomba de combustible (Contaminación del combustible del grifo y/o pase de aceite de la bomba), Inyector (Contaminación desde la bomba HPF) el principal modo de falla de la flota MTU a analizar a detalle.

De las horas detenidas de la flota MTU, 394.1horas, 195.7horas, 176.0horas, 136.5horas, 80.3horas, respectivamente los modos de fallas son los siguientes Culata (Rotura de asientos de las culatas y/o desgaste del mismo), Turbo (Filtración de silicio por los filtros de aire y/o rotura de espárragos de turbos), Bomba de combustible (Contaminación del combustible del grifo y/o pase de aceite de la bomba), Inyector (Contaminación desde la bomba HPF) que representa un 1.40% de indisponibilidad para la flota de camiones volquetes con motor MTU en el área de acarreo de la minera.

### **Criterios de impacto**

Tabla 3.1 Impacto en seguridad

<b>Produce Muerte</b>	<b>10</b>
<b>Produce daño incapacitante</b>	<b>8</b>
<b>Produce lesión leve</b>	<b>4</b>
<b>No produce daño alguno a la persona</b>	<b>1</b>

Tabla 3.2 Impacto ambiental

<b>Provoca impacto que viola las normas ambientales</b>	<b>8</b>
<b>Provoca un impacto que no viola normas legales</b>	<b>6</b>
<b>Provoca mediano impacto</b>	<b>4</b>
<b>Provoca leve impacto</b>	<b>2</b>
<b>No provoca ningún impacto</b>	<b>0</b>

Tabla 3.3 Impacto operacional

<b>Parada inmediata del proceso</b>	<b>10</b>
<b>Impacta en niveles de producción</b>	<b>5</b>

<b>No afecta a la producción</b>	<b>1</b>
----------------------------------	----------

Tabla 3.4 Flexibilidad operacional

<b>No hay disponibilidad de repuesto</b>	<b>4</b>
<b>Hay función de repuesto compartido</b>	<b>2</b>
<b>Función de repuesto disponible en todo momento</b>	<b>1</b>

Tabla 3.5 Frecuencia de fallas

<b>Promedio mayor a 4 fallas/año</b>	<b>6</b>
<b>Promedio 2-4 fallas/año</b>	<b>4</b>
<b>Promedio 1-2 fallas/año</b>	<b>3</b>
<b>Menores a 1 falla/año</b>	<b>1</b>

Tabla 3.6 Criterio opcional para la frecuencia de fallas

<b>Mayor a 12 500horas</b>	<b>6</b>
<b>Entre 6 - 12 500horas</b>	<b>4</b>
<b>Entre 2 - 5 500horas</b>	<b>3</b>
<b>Menor a 2 500horas</b>	<b>1</b>

Tabla 3.7 Impacto costos de mantenimiento

<b>Mayor o igual a 30,000 dólares</b>	<b>9</b>
<b>Entre 10,000 – 30,000 dólares</b>	<b>6</b>
<b>Entre 5,000 – 10,000 dólares</b>	<b>4</b>
<b>Entre 3,000 – 5,000 dólares</b>	<b>3</b>
<b>Entre 0 – 3,000 dólares</b>	<b>1</b>

Tabla 3.8 Tiempo promedio para reparar

<b>Mayor a 10 Horas</b>	<b>6</b>
<b>Entre 5 - 10 Horas</b>	<b>4</b>
<b>Entre 2 - 5 Horas</b>	<b>2</b>
<b>Entre 1 - 2 Horas</b>	<b>1</b>

**Consecuencia** = Flexibilidad Operacional \* Impacto operacional + Costo de Mantto. + Impacto S.A.H.

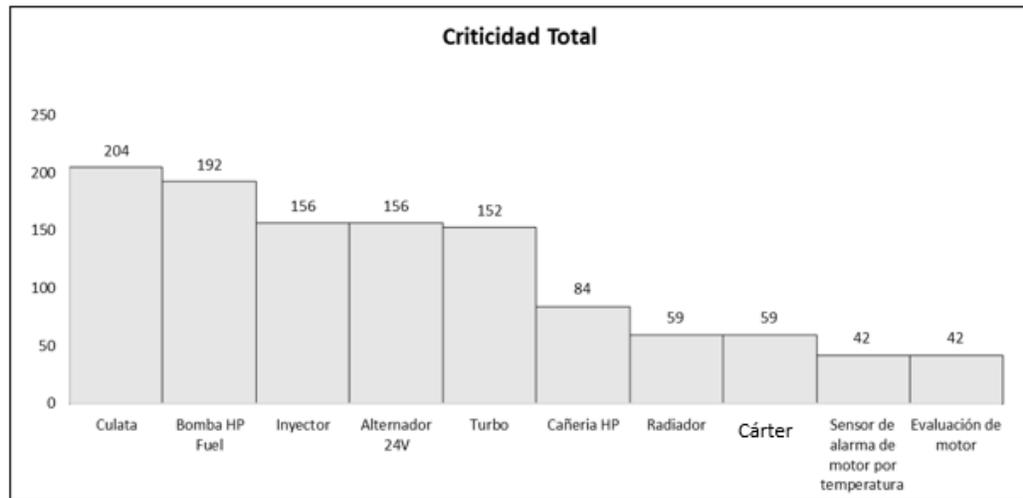
**Criticidad Total** = Frecuencia de fallas x Consecuencia

**Fuente:** The woodhouse partnership limited (Consultora inglesa)

Tabla 3.9 Criticidad de componentes en los equipos Komatsu K930 – 4SE

Sistema	Componente	Frecuencia	Imp. Seguridad	Imp. Ambiente	Flexibilidad Op.	TPPR	Imp. Oper.	Costo de Mantto.	Criticidad Total	Consecuencia	Criticidad
Motor	Culata	6	8	2	2	6	10	4	204	34	Critico
	CMB Motor	1	8	2	4	6	10	9	59	59	Semi Critico
	Evaluación de motor	6	1	0	1	1	5	1	42	7	No Critico
Combustible	Bomba HP Fuel	6	4	2	2	6	10	6	192	32	Critico
	Inyector	6	1	2	2	2	10	3	156	26	Critico
	Cañería HP	6	1	2	2	1	5	1	84	14	Semi Critico
Aire -Escape	Turbo	4	8	4	2	6	10	6	152	38	Critico
Refrigeraciór	Radiador	1	8	2	4	6	10	9	59	59	Semi Critico
Electrónico	Sensor de alarma de motor por temperatura	6	1	0	1	1	5	1	42	7	No Critico
	Alternador 24V	6	1	2	2	2	10	3	156	26	Critico

Figura 3.10 Criticidades totales por componentes.



### 3.1.3. Análisis de modos, efectos y criticidad de falla (AMEF)

Determinación de las funciones primarias y/o secundarias

En esta sección se describe las funciones principales de todo el subsistema del equipo, cabe resaltar que jerarquizamos solo el elemento crítico a evaluar que es para nosotros la perforación:

Tabla 3.11 Análisis de función principal de componentes.

Componente	Código	Función principal
<b>Culata</b>	1-A	Sella la parte superior de los cilindros de un motor de combustión evitando así que haya pérdidas de compresión.
<b>Cárter</b>	1-B	Es un elemento fabricado por estampación en chapa de acero o aleaciones ligeras de aluminio y tiene forma de bañera o caja. Está presente en los motores de cuatro

		<p>tiempos (a los de dos tiempos se les suministra el aceite conjuntamente con la gasolina) y cierra el bloque motor por su parte inferior de manera estanca, alojando también todo el aceite que lubrica las partes móviles internas del mismo.</p>
<b>Evaluación de motor</b>	1-C	<p>El tiempo de evaluación para detectar si pertenece a una falla mecánica o falla electrónica</p>
<b>Bomba HP Fuel</b>	1-D	<p>Cabeza de los filtros de combustible, Enviar caudal a todo el sistema de combustible Common Rail</p>
<b>Inyector</b>	1-E	<p>Encargado de pulverizar una cantidad de combustible determinada hacia la cámara de combustión</p>
<b>Cañería HP</b>	1-F	<p>Suministrar combustible a los inyectores (1800 Bar ).</p>
<b>Turbo</b>	1-G	<p>Encargado de enfriar el aire comprimido por el turbocompresor o sobrealimentador de un motor de combustión interna</p>
<b>Radiador</b>	1-H	<p>Elemento que forma parte del sistema de refrigeración del vehículo, pues su principal misión es la de evitar que se</p>

		<p>produzcan sobrecalentamientos en el motor para que éste trabaje de manera óptima a cualquier nivel y ofrezca el máximo rendimiento</p>
<b>Sensor de alarma de motor por temperatura</b>	1-I	<p>Enviar señal a la computadora del motor y generar un evento en el monitor para protección del motor.</p>
<b>Alternador 24V</b>	1-J	<p>Generar voltaje 24V para alimentación en las baterías (en serie) del equipo.</p>

Tabla 3.12 Fallas funcionales de los componentes.

Código de Falla	Falla Funcional
<b>1-A-1</b>	Pérdida de potencia
<b>1-A-2</b>	
<b>1-A-3</b>	
<b>1-B-1</b>	Fuga de aceite
<b>1-B-2</b>	
<b>1-C-1</b>	Eventos registrados en el monitor del operador.
<b>1-C-2</b>	
<b>1-C-3</b>	
<b>1-D-1</b>	Fuga de combustible por el testigo del componente.
<b>1-D-2</b>	Pase de combustible hacia el aceite
<b>1-D-3</b>	Pase de combustible hacia el aceite
<b>1-D-4</b>	Perdida de potencia

<b>1-E-1</b>	Perdida de potencia
<b>1-E-2</b>	Alta temperatura en el banco observado.
<b>1-E-3</b>	Alto retorno de combustible observado.
<b>1-E-4</b>	Combustible contaminado.
<b>1-F-1</b>	Fuga de combustible
<b>1-F-2</b>	
<b>1-G-1</b>	Elevada temperatura en el sistema de escape.
<b>1-G-2</b>	Perdida de potencia
<b>1-G-3</b>	
<b>1-H-1</b>	Fuga de refrigerante
<b>1-I-1</b>	Falseo de eventos de temperatura
<b>1-I-2</b>	
<b>1-J-1</b>	Perdida de corriente

Tabla 3.13 Efectos y causa en los modos de falla.

Falla	Código de Falla	Efectos en los modos de falla	Causa de los modos de falla
<b>1-A</b>	1-A-1	Detención del equipo	Perdida de líquido refrigerante
	1-A-2	Detención del equipo	Mala Combustión (exceso de combustible)
	1-A-3	Detención del equipo	Aplastamiento y/o desgaste de empaque de culata
<b>1-B</b>	1-B-1	Detención del equipo.	Mal ajuste de los pernos.

	1-B-2	Detención del equipo.	Desgaste por uso o mantenimiento
<b>1-C</b>	1-C-1	Sujeción imperfecta del componente observado.	Desgaste por uso o mantenimiento
	1-C-2	Sujeción imperfecta del componente observado.	Desgaste por uso o mantenimiento
	1-C-3	Sujeción imperfecta del componente observado.	Desgaste por uso o mantenimiento
<b>1-D</b>	1-D-1	Detención del equipo.	Desgaste por uso o mantenimiento
	1-D-2	Detención del equipo - programación del equipo BK	Mal procedimiento de ajuste
	1-D-3	Detención del equipo	Desgaste por uso o mantenimiento
	1-D-4	Detención del equipo.	Bajo nivel de combustible Saturación de filtros
<b>1-E</b>	1-E-1	Detención del equipo.	Poca pulverización de combustible el banco observado.
	1-E-2	Detención del equipo.	Poca Inyección por los agujeros obstruidos.
	1-E-3	Detención del	Desgaste de la

		equipo.	válvula del inyector.
	1-E-4	Detención del equipo - programación del equipo BK	Exceso de presencia de agua en el sistema de combustible de alta.
<b>1-F</b>	1-F-1	Detención del equipo.	Exceso de vibración del equipo.
	1-F-2	Detención del equipo - programación del equipo BK	Mal procedimiento de ajuste
<b>1-G</b>	1-G-1	Detención del equipo.	Mala Combustión en el sistema combustible ( Alta temperatura en los cilindros ).
	1-G-2	Detención del equipo.	Daños causados en los componentes internos por desprendimiento de material interno o partículas extrañas.
	1-G-3	Detención del equipo - programación del equipo BK	Obstrucción en la aspiración del aire para refrigerar el sistema de escape.
<b>1-H</b>	1-H-1	Detención del equipo.	Exceso de vibración y/o soldadura.
<b>1-I</b>	1-I-1	Sujeción imperfecta del componente observado.	Oxidación o presencia de fluidos en los pines del conector de sensor.

	1-I-2	Detención del equipo.	Desgaste por uso o mantenimiento
1-J	1-J-1	Detención del equipo.	Regulador quemado y/o faja de alternador roto, falla interna del componente, falla del templador.
		Detención del equipo.	Rotor no gira.
		Detención del equipo.	Bobina quemada.
		Detención del equipo.	Por fuga de fluidos hacia el alternador.

#### 3.1.4. Determinación de la estrategia

El desgaste de los componentes es propio de la operación ya que dichos repuestos están expuestos directamente a la elevada temperatura, mala combustión, ingreso de silicio al motor por el sistema de aire – escape, los cuales afectan a los componentes con mayor criticidad en los equipos Komatsu con motor MTU, sin embargo el compromiso es extender el tiempo de duración entre cambios de componentes mencionados debido a las causas de los problemas descritos líneas arriba, el motivo de la extensión es reducir el número de paradas anuales e incrementar la disponibilidad del área de acarreo, por ello se analiza las variables que refieren al proceso de desgaste:

#### 3.2 Pruebas y resultados:

Con la data obtenida se determina la siguiente estrategia y se redacta bajo un plan de mantenimiento:

Tabla 3.14 Cartilla de mantenimiento

REFERENCIA				ESTRATEGIA		
				TIPO DE MANTTO	TAREA	FRECUENCIA (horas)
F	FF	MF	NPR	Acción de mantenimiento a ejecutar		Frecuencia de aplicación
1	1-A	1-A-1	126	Predictivo	Videoscopia a los asientos de las valvulas y cilindros de los bancos.	Cada 3000 Hrs.
		1-A-2	126	Predictivo	Videoscopia a los asientos de las valvulas y muestras de combustible.	Cada 3000 Hrs / Cada 500Hrs.
		1-A-3	96	Correctivo	Contar con repuestos en mina para la eventualidad.	-
	1-B	1-B-1	16	Predictivo	Inspección de ajuste de los pernos del carter.	Cada 500 Hrs.
		1-B-2	16	Correctivo	Contar con repuestos en mina para la eventualidad.	-
	1-C	1-C-1	64	Predictivo	Inspección de ajuste de las abrazaderas de sistema Aire-Escape.	Cada 500 Hrs.
		1-C-2	64	Predictivo	Limpieza de conectores, sensores y componentes electricos.	Cada 500 Hrs.
		1-C-3	64	Predictivo	Inspección de ajuste de conectores y sensores.	Cada 500 Hrs.
	1-D	1-D-1	32	Correctivo	Cambio de Bomba HPFuel	-
		1-D-2	24	Predictivo	Ajuste de cañeria HP de acuerdo al Fabricante	Cada 1500 Hrs.
		1-D-3	32	Correctivo	Cambio de Bomba HPFuel	-
		1-D-4	72	Predictivo	Limpieza de la base de los filtros de combustible y canastilla de los mismos.	Cada 500 Hrs.
	1-E	1-E-1	120	Predictivo	Limpieza de la base de los filtros de combustible y canastilla de los mismos.	Cada 500 Hrs.
		1-E-2	96	Predictivo	Limpieza de la base de los filtros de combustible y canastilla de los mismos.	Cada 500 Hrs.
		1-E-3	96	Correctivo	Cambio de inyector	-
		1-E-4	120	Predictivo	Limpieza de la base de los filtros de combustible y canastilla de los mismos.	Cada 500 Hrs.
	1-F	1-F-1	108	Predictivo	Cambio de componente, se instalará cañeria HP mejorada.	-
		1-F-2	72	Predictivo	Inspección del ajuste de la cañeria recomendado por fabrica.	Cada 500 Hrs.
	1-G	1-G-1	126	Predictivo	Limpieza de la base de los filtros de combustible y verificación del peso limite de los filtros de aire.	Cada 1000 Hrs.
		1-G-2	105	Predictivo	Cambio de componentes afectados ( Compresor o todo el componente completo ), Inspeccionar el estado de la base de los filtros de aire.	-
		1-G-3	84	Predictivo	Cambio de filtros de aire e inspeccionar estado de la base de los filtros.	Cada 4000 Hrs. / Peso minimo : 11 Kgs.
	1-H-1	1-H-1	24	Predictivo	Cambio de componente e inspeccionar el sistema de refrigeración ductos, tuberías, si hay presencia de fuga de refrigerante.	-
	1-I	1-I-1	36	Predictivo	Limpieza de conector, pines y lugar de alojamiento del sensor.	Cada 500 Hrs.
		1-I-2	9	Predictivo	Cambio de componente , contar con stock en mina.	-
	1-J	1-J-1	30	Predictivo	Cambio de componente.	-
			30	Predictivo	Cambio de componente.	-
			30	Predictivo	Cambio de componente.	-
			20	Predictivo	Cambio de componente, se instalará protector para evitar contaminación de fluidos y se realizará el seguimiento.	Cada 1000 Hrs.

Implementando la cartilla de mantenimiento en donde se toman en cuentas las tareas agregadas se realizan los cálculos de los indicadores de gestión para el año 2023 en el periodo de enero – mayo 2023 los cuales son: Disponibilidad Física, MTBF y MTTR

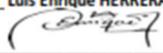
Figura 3.9 Registro de mantenimiento electrónico y electricidad de motor MTU(Actual)

		<b>REGISTRO DE MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO Y ELECTRICIDAD DE MOTOR MTU</b>		Código: <b>SER-M-POM-004</b> Versión: 02 F. Emisión: 09/12/2023	
Equipo	HT 401	N° de serie	5282011137		
Orden trabajo	LIM-5M1-000878	Hrs. Total	2.315		
Fch. programada	5/09/2023	Hrs. Parcial	2.315		
Fecha ejecutada	5/09/2023	Estado	Operativo		
EVALUACION / INSPECCION POR SISTEMAS					
HARNES EN GENERAL					
Harnes de baterías	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sin soportes	<input type="checkbox"/> N/A	
Harnes de potencia	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sulfatado	<input type="checkbox"/> N/A	
Harnes de sensores	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sulfatado	<input type="checkbox"/> N/A	
Harnes de inyectores	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Posicion	<input type="checkbox"/> N/A	
Harnes de interfase	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sulfatado	<input type="checkbox"/> N/A	
Observaciones:					
SISTEMA DE PRELUBRICACION Y DISPOSITIVOS DE DESCARGA					
Estado de bomba PRELUB	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Min. Fuga	<input type="checkbox"/> Continado	<input type="checkbox"/> N/A	
Estado de cables positivo (+) y negativo (-)	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sin soportes	<input type="checkbox"/> N/A	
Harnes de bomba	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sin soportes	<input type="checkbox"/> N/A	
Switch de presion de aceite	<input type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Inoperativo	<input type="checkbox"/> Suelto	<input checked="" type="checkbox"/> N/A	
Switch timer	<input type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Inoperativo	<input type="checkbox"/> Continado	<input checked="" type="checkbox"/> N/A	
Soporte y ajuste de pernos de anclaje	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Sin ajuste	<input type="checkbox"/> Roto / dañado	<input type="checkbox"/> N/A	
Mangueras de suministro y presion	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Min. Fuga	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> N/A	
Estado de carbonos	<input type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Altura	<input checked="" type="checkbox"/> Reemplazado	<input type="checkbox"/> N/A	
Estado de porta-carbonos	<input type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Sin tension	<input type="checkbox"/> Posicion	<input type="checkbox"/> N/A	
Limpeza de porta-carbonos	<input checked="" type="checkbox"/> Limpio	<input type="checkbox"/> Inoperativo	<input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> N/A	
Observaciones:					
SISTEMA DE ARRANQUE					
Inspección externa de arrancadores	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Observado	<input type="checkbox"/> Posicion	<input type="checkbox"/> N/A	
Estado de cables positivo (+) y negativo (-)	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sin soportes	<input type="checkbox"/> N/A	
Ajuste de pernos anclaje y terminales	<input checked="" type="checkbox"/> Con ajuste	<input type="checkbox"/> Roto / dañado	<input type="checkbox"/> Suelto	<input type="checkbox"/> N/A	
Inspección de harnes	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sin soportes	<input type="checkbox"/> N/A	
Observaciones:					
SISTEMA DE CARGA DE BATERIAS					
Estado de alternador 24V	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> Con condición	<input type="checkbox"/> N/A	
Estado de cables positivo (+) y negativo (-)	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sin soportes	<input type="checkbox"/> N/A	
Ajuste de pernos de anclaje y guarda	<input checked="" type="checkbox"/> Con ajuste	<input type="checkbox"/> Roto / dañado	<input type="checkbox"/> Suelto	<input type="checkbox"/> N/A	
Estado del tensador	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Inoperativo	<input type="checkbox"/> Con condición	<input type="checkbox"/> N/A	
Estado de correa	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sin tensión	<input type="checkbox"/> N/A	
Ajuste de terminales	<input checked="" type="checkbox"/> Con ajuste	<input type="checkbox"/> Roto / dañado	<input type="checkbox"/> Suelto	<input type="checkbox"/> N/A	
Observaciones:					
SISTEMA DE BOMBA DE CEBADO DE COMBUSTIBLE					
Estado de bomba de cebado	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> Con condición	<input type="checkbox"/> N/A	
Estado de cables positivo (+) y negativo (-)	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorados	<input type="checkbox"/> Sin soportes	<input type="checkbox"/> N/A	
Estado del solenoide-relay	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Inoperativo	<input type="checkbox"/> Con condición	<input type="checkbox"/> N/A	
Accionador de bomba	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Inoperativo	<input type="checkbox"/> Con condición	<input type="checkbox"/> N/A	
Mangueras de suministro y presión	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Min fugas	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> N/A	
Observaciones:					
SISTEMA ELECTRONICO					
Extracción de códigos de falla	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Código	<input type="checkbox"/> N/A	
Borrar códigos inactivos	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Código	<input checked="" type="checkbox"/> N/A	
Sensor de presión del cartier	<input checked="" type="checkbox"/> Lectura correcta	<input type="checkbox"/> Con protector	<input type="checkbox"/> Sin protector	<input type="checkbox"/> N/A	
Conector de válvula moduladora	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sin protector	<input type="checkbox"/> N/A	
Modulo de control (ECU)	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Con código 77	<input type="checkbox"/> OBS voltaje interno	<input type="checkbox"/> N/A	
Conector de sensores de motor	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Sulfatado	<input type="checkbox"/> N/A	
Tapa protectora de ECU	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> sin instalación	<input type="checkbox"/> N/A	
Conectores del ECU	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorado	<input type="checkbox"/> Contaminado	<input type="checkbox"/> N/A	
Observaciones:					
CAJA DE FUSIBLES - BATERIAS					
Tensión de baterías	<input checked="" type="checkbox"/> Cargado	<input type="checkbox"/> Bajo	<input type="checkbox"/> Lectura	<input type="checkbox"/> N/A	
Estado de cables positivo (+) y negativo (-)	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Deteriorados	<input type="checkbox"/> Sulfatados	<input type="checkbox"/> N/A	
Mantenimiento caja de fusibles	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> N/A	
Indicadores de cabina principal	<input checked="" type="checkbox"/> Buen estado	<input type="checkbox"/> Mal estado	<input type="checkbox"/> Con condición	<input type="checkbox"/> N/A	
Terminales del harnes de potencia	<input checked="" type="checkbox"/> Con ajuste	<input type="checkbox"/> Roto / dañado	<input type="checkbox"/> Suelto	<input type="checkbox"/> N/A	
Observaciones:					
Técnico Responsable Nombre: <u>Luis Enrique HERRERA PONCE</u> Firma: 			Supervisor de turno Nombre: <u>Julio AYALA</u> Firma: 		

Figura 3.10 Registro de mantenimiento mecánico de motor MTU (Actual)

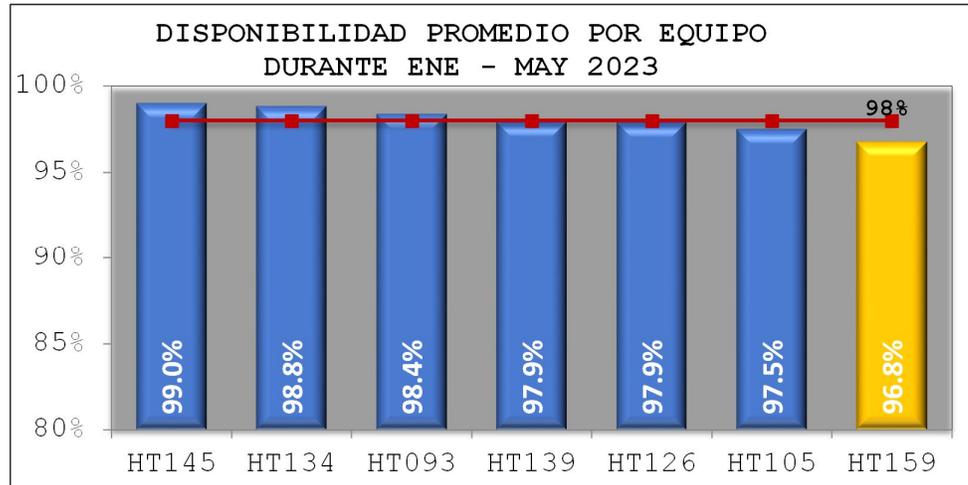
		REGISTRO DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DE MOTOR MTU		Código: SER-M-FOR-003				
				Versión: 02				
				F. Emisión: 09/01/2023				
Equipo	HT-401	N° de serie	5282011137					
Orden trabajo	LIM-SMI-000878	Hrs. Total	2,315					
Fch. programada	5/09/2023	Hrs. Parcial	2,315					
Fecha ejecutada	5/09/2023	Estado	Operativo					
EVALUACION / INSPECCION POR SISTEMAS								
SUBFRAME Y/O SOPORTES								
SopORTE delantero del motor	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con ajuste	<input type="checkbox"/>	Sin ajuste	<input type="checkbox"/>	N/A
SopORTE posterior del motor	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con ajuste	<input type="checkbox"/>	Sin ajuste	<input type="checkbox"/>	N/A
SopORTE principal del generador	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con ajuste	<input type="checkbox"/>	Sin ajuste	<input type="checkbox"/>	N/A
Pernos M12 adaptador motor-generador	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con ajuste	<input type="checkbox"/>	Sin ajuste	<input type="checkbox"/>	N/A
SopORTE posterior del subframe	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con ajuste	<input type="checkbox"/>	Sin ajuste	<input type="checkbox"/>	N/A
Gomas posteriores del subframe	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Mal estado	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Gomas delanteras del subframe	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Mal estado	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Templadores de radiador	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Mal estado	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
<b>Observaciones:</b>								
BLOQUE MOTOR								
Fuga de aceite por housing posterior	<input checked="" type="checkbox"/>	Sin fugas	<input type="checkbox"/>	Min. Fuga	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
Fuga de aceite por housing delantero inferior	<input checked="" type="checkbox"/>	Sin fugas	<input type="checkbox"/>	Min. Fuga	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
Fuga de aceite por housing delantero superior	<input checked="" type="checkbox"/>	Sin fugas	<input type="checkbox"/>	Min. Fuga	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
Juego axial del motor-generador	<input checked="" type="checkbox"/>	Medido	<input type="checkbox"/>	Lectura	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	N/A
Mangueras de ventilación del carter	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	Obstruido	<input type="checkbox"/>	N/A
Fuga de aceite por carter del motor	<input checked="" type="checkbox"/>	Sin fugas	<input type="checkbox"/>	Min. Fuga	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
Sonido del motor	<input checked="" type="checkbox"/>	Normal	<input type="checkbox"/>	Extraño	<input type="checkbox"/>	Determinar	<input type="checkbox"/>	N/A
<b>Observaciones:</b>								
SISTEMA DE ADMISION								
Inspección de filtros de aire	<input type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Saturados	<input type="checkbox"/>	Horas trabajo	<input type="checkbox"/>	N/A
Inspección externa de cajas de aire SSG	<input type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	Exceso tierra	<input type="checkbox"/>	N/A
Inspección de ductos de admisión	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Roto / dañado	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Inspección de templadores	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Mal estado	<input type="checkbox"/>	Sin ajuste	<input type="checkbox"/>	N/A
Abrazaderas y mangueras de 10"	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	02 abrazaderas	<input type="checkbox"/>	N/A
Inspección de codos de admisión 90°	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	02 abrazaderas	<input type="checkbox"/>	N/A
Inspección de codos de admisión 65°	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	02 abrazaderas	<input type="checkbox"/>	N/A
Mangueras azules de turbos	<input type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A
Indicadores de restricción	<input type="checkbox"/>	Optimo	<input type="checkbox"/>	Con restricción	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
Testigos de múltiples admisión bancos A y B	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpios	<input type="checkbox"/>	Con condición	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
Insp. múltiples de admisión bancos A y B	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpios	<input type="checkbox"/>	Con contaminación	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
<b>Observaciones:</b>								
SISTEMA DE LUBRICACION								
Verificación del aceite de motor	<input checked="" type="checkbox"/>	Ok	<input type="checkbox"/>	Horas de cambio	<input type="checkbox"/>	Con condición	<input type="checkbox"/>	N/A
Observaciones en muestras	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpio	<input type="checkbox"/>	Observado	<input type="checkbox"/>	Detallar	<input type="checkbox"/>	N/A
Fuga de aceite por tapa de llenado	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Verificación de varilla medidora de nivel	<input checked="" type="checkbox"/>	Correcto	<input type="checkbox"/>	Incorrecto	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Cañería suministro / retorno de turbos	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Fuga por tapones principales de motor	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Eje filtro centrífugo	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con juego	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Tuerca superior filtro centrífugo	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Verificación adaptadores filtros de aceite	<input type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Sin ajuste/dañado	<input type="checkbox"/>	Posición	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A
Filtros de aceite instalados	<input type="checkbox"/>	Originales	<input type="checkbox"/>	Alternativos	<input type="checkbox"/>	Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A
Grifo y tapón del carter	<input checked="" type="checkbox"/>	Ok/Ajustado	<input type="checkbox"/>	Sin ajuste	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	N/A
Papel centrífugo	<input checked="" type="checkbox"/>	Ok	<input type="checkbox"/>	Espesor	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	N/A
<b>Detallar observación:</b>								
<b>Observaciones:</b>								

Figura 3.11 Registro de Mantenimiento Mecánico de motor MTU ( Actual )

		REGISTRO DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DE MOTOR MTU		Codigo: SER-M-FOR-003				
				Versión: 02				
				F. Emisión: 09/01/2023				
Equipo	HT-401	N° de serie	5282011137					
Orden trabajo	LIM-SMI-000878	Hrs. Total	2,315					
Fch. programada	5/09/2023	Hrs. Parcial	2,315					
Fecha ejecutada	5/09/2023	Estado	Operativo					
<b>SISTEMA DE REFRIGERACION</b>								
Refrigerante del sistema	<input checked="" type="checkbox"/>	Nivel	<input type="checkbox"/>	Bajo	<input type="checkbox"/>	Contaminación	<input type="checkbox"/>	N/A
Testigo bomba principal	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpio	<input type="checkbox"/>	Obstruido	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	N/A
Testigo bomba secundaria	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpio	<input type="checkbox"/>	Obstruido	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	N/A
Tuberías en general alta y baja	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorados	<input type="checkbox"/>	Con rozamiento	<input type="checkbox"/>	N/A
Faja del ventilador	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Templado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	N/A
Mangueras y abrazaderas en general	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorados	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Radiador principal	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Obstruido	<input type="checkbox"/>	Eventos de T°	<input type="checkbox"/>	N/A
Radiador secundario	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Obstruido	<input type="checkbox"/>	Eventos de T°	<input type="checkbox"/>	N/A
Tapa de radiador	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	No hermético	<input type="checkbox"/>	N/A
Observaciones:								
<b>SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b>								
Mangueras de suministro	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Enfriador de combustible	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	mal estado	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input type="checkbox"/>	N/A
Válvula multivia del enfriador de combustible	<input type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	Reemplazar	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A
Testigo bomba alta presión	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpio	<input type="checkbox"/>	Obstruido	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	N/A
Testigo bomba de transferencia	<input checked="" type="checkbox"/>	Limpio	<input type="checkbox"/>	Obstruido	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	N/A
Cañerías de alta presión	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	mal estado	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	N/A
Cañerías de retorno	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Rajado / con fuga	<input type="checkbox"/>	Sin soportes	<input type="checkbox"/>	N/A
Riel común bancos A y B	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	mal estado	<input type="checkbox"/>	Con fugas	<input type="checkbox"/>	N/A
Filtros combustible instalados	<input checked="" type="checkbox"/>	Originales	<input type="checkbox"/>	Alternativos	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>	N/A
Elemento pre-filtro MTU 10µ	<input checked="" type="checkbox"/>	Ok	<input type="checkbox"/>	Horas de cambio	<input type="checkbox"/>	Bypass	<input type="checkbox"/>	N/A
Observaciones:								
<b>SISTEMA DE ESCAPE</b>								
Ajuste pernos de anclaje de turbos	<input checked="" type="checkbox"/>	Con apriete	<input type="checkbox"/>	Sin apriete	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
Abrazaderas admisión y escape de turbos	<input checked="" type="checkbox"/>	Con apriete	<input type="checkbox"/>	Sin apriete	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
Empaquetadura de turbos	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con fuga	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
Estado de las "Y" de escape	<input type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Con fuga	<input type="checkbox"/>	Posición	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A
Estado de medias lunas	<input type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Deteriorado	<input type="checkbox"/>	Posición	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A
Estado de flexibles de superiores e inferiores	<input type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Rajado / con fuga	<input type="checkbox"/>	Posición	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A
Estado de los múltiples de escape	<input checked="" type="checkbox"/>	Buen estado	<input type="checkbox"/>	Rajado / con fuga	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
Estado de abrazaderas de escape	<input checked="" type="checkbox"/>	Con apriete	<input type="checkbox"/>	Sin apriete	<input type="checkbox"/>	Posición	<input type="checkbox"/>	N/A
Observaciones:								
Técnico Responsable			Supervisor de turno					
Nombre: <u>Luis Enrique HERRERA PONCE</u>			Nombre: <u>Julio AYALA</u>					
Firma: 			Firma: 					

- **Disponibilidad física de la flota MTU:**

Figura 3.12 Disponibilidad promedio por equipo 2023



Nota: en los anexos 5 esta todos los equipos al detalle disponibilidad de los equipos el año 2023

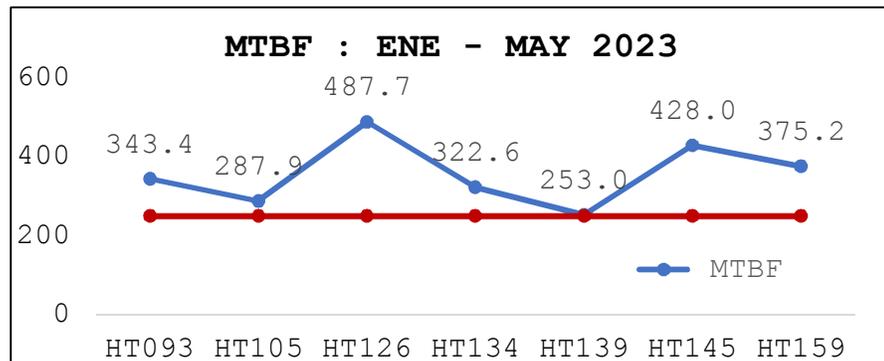
La disponibilidad se encuentra encima del objetivo solicitado.

Disponibilidad física	98.1%
Objetivo	98.0%

La disponibilidad de los equipos aumento en un 98%

- **MTBF de la flota MTU:**

Figura 3.13 MTBF promedio por equipo



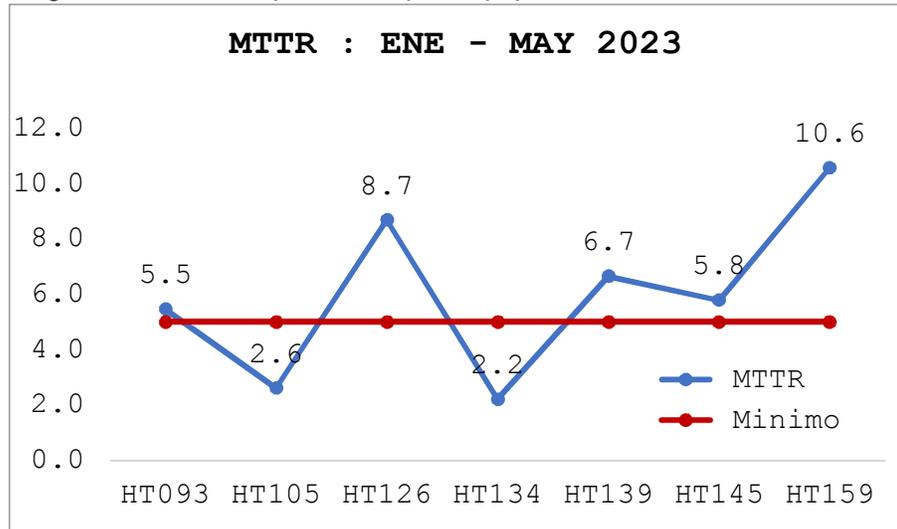
El MTBF se encuentra encima del objetivo solicitado.

MTBF	356 Hrs.
Objetivo	250 Hrs.

El promedio por equipo en ser reparado es 250 Horas mínimo y como máximo es 356 horas dependiendo su complejidad

- **MTTR de la flota MTU:**

Figura 3.14 MTTR promedio por equipo



El MTBF se encuentra por encima del mínimo solicitado.

<b>MTTR</b>	<b>6.0 Hrs.</b>
<b>Objetivo</b>	<b>5.0 Hrs.</b>

Con lo cual se seguirá trabajando e implementando alguna tarea adicional para cumplir con lo requerido por nuestro cliente minero, el mantenimiento a aumentado en un 50% y el tiempo ha mejorado en un 20%.

Figura 3.15 Reporte de mantenimiento de motores 20V4000 ( Anterior )

	<b>REPORTE DE MANTENIMIENTO DE MOTORES 20V4000 A LAS 500 HORAS DE OPERACIÓN</b>		Código: SER-M-FOR-011
			Versión: 01
			F. Emisión: XX/11/2021
Mina: ANTAMINA	N° serie motor: 528 201185	Tipo M. P.: 500	N°
Equipo: HT-126	Horas Totales: 15917	Horas Parciales: 15917	
Fecha: 15/07/23			

---

**Evaluación por Sistemas**

**Motor**

Revisión de mangueras del respiradero de cárter	<input checked="" type="checkbox"/> Buen Estado	<input type="checkbox"/> Flojas	<input type="checkbox"/> Dañadas
Ruido del motor	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Extraño	
Verificación de ajuste de pernos de soporte motor y radiador	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Medición de juego axial de motor			Observaciones:
Calibración de holgura de válvulas	<input type="checkbox"/> Realizado		Ver anexo
	<input type="checkbox"/> No Realizado		Motivo:

---

**Sistema de Admisión / Aire**

Abrazaderas de mangueras de turbo cargador "negras"	<input checked="" type="checkbox"/> Buen Estado	<input type="checkbox"/> Flojas	<input type="checkbox"/> Dañadas
Abrazaderas de mangueras de ductos (14")	<input checked="" type="checkbox"/> Buen Estado	<input type="checkbox"/> Flojas	<input type="checkbox"/> Dañadas
Inspección externa de turbo cargador A y B	<input checked="" type="checkbox"/> Buen Estado	<input type="checkbox"/> Fuga	Obs: _____
Inspección de templadores de ductos de admisión	<input checked="" type="checkbox"/> Buen Estado	<input type="checkbox"/> Flojas	Obs: _____
Verificación de testigo de los codos de admisión (CAC)	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Fuga	Obs: _____
Estados de los filtros de aire	<input checked="" type="checkbox"/> Buen Estado	<input type="checkbox"/> Regular	Fecha de instalación: _____

---

**Sistema de Lubricación**

Cambio de aceite, revisión de niveles cárter y tanque reserva	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Ajuste de tapón del cárter y filtro automático	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Fuga de aceite por los filtros centrifugos	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	Obs: _____
Fuga de aceite por el filtro automático	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	Obs: _____
Fuga por cañerías de alimentación y retorno de turbo	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	Obs: _____
Tomar muestra de aceite	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Evaluación de tapones limpiados - Ajuste	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Contaminado	Obs: _____
Espesor de papel centrifugo	Def. <input checked="" type="checkbox"/> 2 Y 3/4	Pos. <input checked="" type="checkbox"/> 6-8 Y 3/4	
Verificación / Limpieza de filtro indicador	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Contaminado	Obs: _____
Chequeo de bomba de tanque de reserva	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	

Observaciones:

---

**Sistema de Refrigeración**

Nivel de refrigerante	<input checked="" type="checkbox"/> Ok	<input type="checkbox"/> Bajo	
Limpieza de testigo de la bomba de baja y alta	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Obstruido	
Fuga por las mangueras y tuberías (sellos y ajustes)	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	Obs: _____
Estado de soportes, mangueras y abrazaderas	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	Obs: _____
Medición de tensión de faja de ventilador:	38Hz		

---

**Sistema de Combustible**

Cambio de los filtros de combustible	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	Obs: _____
Limpieza de testigo de la bomba de baja y alta	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Obstruido	
Fuga por cañería de alta hacia el inyector	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	Pos: _____
Fuga por el riel común / válvula alivio	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	Obs: _____
Fuga por las cañerías de retorno	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	

Observaciones:

---

**Sistema de Escape**

Pernos de flexible de escape	<input checked="" type="checkbox"/> Buen Estado	<input type="checkbox"/> Flojas	<input type="checkbox"/> Dañadas
Evaluación del flexible de escape	<input checked="" type="checkbox"/> Buen Estado	<input type="checkbox"/> Malo	Posición: A y B
Templadores y abrazaderas de sujeción del tubo de escape	<input checked="" type="checkbox"/> Buen Estado	<input type="checkbox"/> Flojas	<input type="checkbox"/> Dañadas
Lubricación y ajuste de pernos de escape	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	Obs: _____
Fuga por múltiple de escape (pernos)	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	Obs: _____

Observaciones: *se mando salir base soporte templador de escape*

---

**Sistema Eléctrico**

Verificación de voltaje de las baterías	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	Voltaje: 24V
Verificación de tensión de la faja de alternador	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	
Verificación del estado de los arrancadores	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	
Verificación de accesorios (Bomba de cebado y Pre-lubricador)	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	Obs: _____

Observaciones:

---

**Sistema Electrónico**

Entración de códigos de falla ADEC-SAM / Borrar Códigos	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	
Evaluación de Harness de Potencia, Interfase y sensores	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> En mal estado	
Mantenimiento de termocuplas	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	
Verificación de conexiones de ECU / SAM	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> En mal estado	
Limpieza de termocuplas	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	Motivo: _____

Observaciones:

---

Técnico Responsable Nombre: Darwin Sanchez P. Supervisor Responsable Nombre: Edy Renteria

Firma: [Firma] Firma: [Firma]

Figura 3.16 Reporte estructural y sistema eléctrico ( Anterior )

VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL Y SISTEMA ELÉCTRICO						
FECHA:						
EQUIPO:						
NIS MOTOR:						
MODEL MOTOR:						
HORAS TOTALES:						
HORAS PARCIALES:						
TIPO MANTO:						
RESPONSABLE:						

Zona	ITEM	DESCRIPCIÓN	¿SE VERIFICÓ?	OBSERVACIONES	PROPUESTOS
ZONA 1	1	Basculante lado generador	NO		
	2	Soporte posterior de subframe (bocina de goma)	NO	SI	
	3	Basculante lado motor	NO		
ZONA 2	4	Soporte delantero de subframe	NO		
	5	Soporte trunnion	NO	SI	
	6	Evaluación del subframe (rajaduras en parte delantera y posterior)	NO	SI	
ZONA 3	7	Templador tubular de radiador (lado subframe)	NO	SI	
	8	Soporte de radiador	NO	SI	
	9	Templador tubular de radiador (lado chasis)	NO	SI	
ZONA 4	10	Soporte omega/goma	NO	SI	
	11	Topes laterales soporte omega	NO	NO FIENE A Y B.	
	12	Templador tipo esparrago de radiador (goma tipo hongo)	NO		
	13	Ventilador	NO	SI	
	14	Tensión de faja de ventilador	NO	SI 38 Hz.	
ZONA 5	15	Medida superior e inferior entre anillo del concentrador y ventilador.	NO	SI	
	16	Rejilla del ventilador	NO	SI	
	17	Radiador (obstrucción); mangueras internas, tubos, aletas	NO		
	18	Guarda del fan clutch	NO	SI	
	19	Tubos de refrigerante al motor (In)	NO	SI	
	20	Tubos de refrigerante al motor (Out)	NO	SI	
	21	Volante hacia fibra	NO		
	22	Acople estático lado motor	NO		
	23	Acople estático lado generador	NO		
	24	Acople estático lado generador	NO		

## IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES:

### 4.1. Discusión

- En mi estudio la identificación de las fallas sistema de fallas en el sistema motor MTU según cuadro criticidad es Culata, Bomba Hp Fuel y el inyector que son las 3 principales causas ya que juntas representan el 60% de todas las fallas producidas por el sistema. Mientras que en el estudio de (Rospigliosi, 2023) las fallas siempre se concentran en los 3 principales motivos y por lo general siempre eliminando ese motivo bajan drásticamente todas las fallas en un 80% ya que va relacionado en cadena y comparándose con la teoría los problemas siempre están relacionados entre si. Pero (Antón, 2022) para hallar los puntos críticos se tiene que hacer un análisis exhaustivo de la situación llegando que si se soluciona las 4 principales las fallas se reducen en un 90% para ello nos valdremos de ficha técnica donde se pondrán los errores más frecuentes y los menos frecuentes después se realizar un antes y después verificando las mejoras. Por ello decimos objetivo específico 1 es valido
- En mi estudio al realizar el plan de mantenimiento la operatividad que antiguamente era del 90% inoperativo, después de la implementación mantenimiento por confiabilidad esta ha mejorado a un 98% de los equipos se encuentran disponibles para ser utilizados. Mientras (León, 2021) nos dice que antes la operatividad de los equipos antes mantenimiento centrado en confiabilidad era 58% ahora después ha mejorado a un 78% ya que con confiabilidad los equipos estarían en mucho menor tiempo operativo y por mucho mayor tiempo posible. Pero (Miranda, y otros, 2020) nos dice que se tiene que realizar un plan de mantenimiento preventivo es fundamental reduciendo 85% los

niveles de fallas en las maquinas ya que se realizara minuciosa revisión de todos los equipos, así como en su reparación. Por lo que el objetivo específico 2 es validado.

- En mi estudio realizado, el mantenimiento a aumentado en un 50% y el tiempo ha mejorado en un 20% ello hace evidencia que los procesos están experimentando una mejora continua debido mucho a las capacitaciones que se realiza al personal de la empresa. Mientras que en el estudio realizado por (Trujillo, 2019) el mantenimiento a aumentado en un 80% y el tiempo ha mejorado en un 40% comparándonos es que se reducirá el tiempo de reparación, además que para que los procesos sean óptimos se tienen que realizar mejoras continuas. Por otro lado (Oliveira, 2021) nos dice que la eficacia mejora también en un 80% aumentando así el tiempo 30% y el mantenimiento en un 67%, además algo que es muy importante en todo proceso de mejoras es la comunicación que debe de haber entre los jefes y los trabajadores con el fin que las ordenes sean claras y concisas, además que las decisiones de cambio es necesario apoyo de la alta dirección porque siempre puede haber resistencia a los cambios que son implementados en favor mejorar la productividad en la empresa. Es por ello que el objetivo específico 3 es validado.

#### **4.2. Conclusión**

- Revisando la base de datos de las detenciones de los motores MTU, en donde se discriminó de dos maneras como los mantenimientos programados y los mantenimientos correctivos, se identificó mediante el cuadro de criticidad de componentes (Tabla 3.1 y Figura 3.6) las fallas críticas en los sistemas del motor MTU 20V4000C23, cuadro criticidad es Culata, Bomba Hp Fuel y el inyector que son las 3 principales causas ya que juntas representan el 60% de todas las fallas producidas por el sistema

- Al desarrollar la implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad con el aporte de los puntos anteriores, en el (Figura 3.12) se verificó las tareas propuestas de acuerdo al AMEF realizado, después de la implementación mantenimiento por confiabilidad esta ha mejorado a un 98% de los equipos se encuentran disponibles para ser utilizados.
- Determinando los indicadores de gestión en donde se verificó mejora en cuanto a la disponibilidad física y MTBF, sin embargo, en el MTTR se presentaron nuevas fallas, el mantenimiento a aumentado en un 50% y el tiempo ha mejorado en un 20%.

## V. RECOMENDACIONES

- Se debe establecer un cronograma de mantenimientos preventivos, para verificar de manera proactiva cuando ocurra eventos críticos inusuales en los motores, así evitar posibles fallas en los mismos.
- La realización de un Troubleshooting con la base de datos del personal técnico para la reducción de los tiempos y cantidades de paradas es necesaria debido a que con ello se puede obtener una mejora en los indicadores de gestión.
- Hacer un listado de inspecciones y ajuste para programar en los mantenimientos programados, determinar si hay obstrucción o falla en los componentes, en el caso se encuentre observación almacenar un listado de las inspecciones con observación para incluir en el mantenimiento programado standard.

## VI. BIBLIOGRAFIA

**Antón, P. 2022.** *Propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en una planta de producción de productos laminados de zinc para reducir costos por mantenimiento.* Lima : Universidad Tecnológica del Perú, 2022.

**Barsalio, M. 2020.** *Gestión del mantenimiento utilizando la herramienta RCM para aumentar la eficiencia de los vehículos de la empresa Induamerica Servicios Logísticos S.A – Lambayeque.* Lambayeque : Universidad Señor de Sipán, 2020.

**Cabrera, E y Tapia, J. 2020.** *Propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la unidad de generación 2 de la Central Saymirín.* Ecuador : Universidad Politécnica Salesiana, 2020.

**Campos, O, y otros. 2019.** *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos.* s.l. : Científica, 2019.

**Carranza, E. 2020.** *Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el proceso productivo de sacos de una empresa de Lambayeque.* Lambayeque : Universidad César Vallejo, 2020.

**Carrillo, L y Ojeda, A. 2021.** *Gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad operacional en camiones eléctricos Hitachi EH 5000 de 320T para la compañía minera a cielo abierto Cerrejón.* Colombia : Universidad Antonio Nariño, 2021.

**DETROIT. 2022.** Motores a su servicio. [En línea] 2022. <https://www.detroit.cl/>.

**Flores, L. 2023.** *Diseñar e implementar un plan de mantenimiento basado en RCM mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos críticos en una cementera del Sur del país.* Arequipa : Universidad Católica de Santa María, 2023.

**Garcia, A. 2016.** *Mantenimiento y/o soporte técnico a clientes.* Sinaloa : Universidad politecnica de Sinaloa, 2016.

**Indigoyen, A. 2020.** *Mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de la chancadora Sandvik ch870 - Compañía Minera Milpo S.A.A.* Huancayo : Universidad Nacional del centro del Perú, 2020.

**León, J. 2021.** *implementación de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (mcc) para mejorar el plan de mantenimiento de los equipos críticos en Galvanometal Perú S.A.C.* Lima : Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2021.

**Madrazo , Jorge. 2015.** Interpretación del manejo de las normas SAE JA 1011 Y 1012. [aut. libro] Jorge Madrazo. *Interpretación del manejo de las normas SAE JA 1011 Y 1012.* Bogota : Web, 2015.

**Mena, Y y Tairo, K. 2021.** *Mantenimiento centrado en la confiabilidad para Incrementar la productividad en la empresa instalación de redes operativas Cordova IDROCOR, Arequipa 2021.* Lima : Universidad César Vallejo, 2021.

**Miranda, L, Nerio, M y Torres, E. 2020.** *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos del área de trapiche de la empresa Cartavio S.A.A. – Santiago de Cao.* Trujillo : Universidad César Vallejo, 2020.

**Moubray, J. 2004.** *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.* España : RCM II., 2004.

**Oliveira, J. 2021.** *Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para Plataformas de Telecomunicaciones y Transmisión de Datos.* s.l. : Revista tecnológica ESPOL, 2021.

**Pariapaza, E. 2021.** *Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la productividad en el área de mantenimiento en una unidad minera -2021.* Lima : Universdiad César Vallejo, 2021.

**Reyes, J. 2022.** *"Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (rcm) en un molino de barras 10'-8" x 16' para reducir costos de mantenimiento de una empresa minera.* Callao : Universidad Nacional del Callao, 2022.

**Rospigliosi, F. 2023.** *Diseño del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad y su influencia en la gestión de mantenimiento de activos físicos de la empresa Nck Ingenieros E.I.R.L, Ilo, 2018 al 2019.* Moquegua : Universidad José Carlos Mariategui, 2023.

**Sifonte, Jesús. 2017.** pdmtechusa. *pdmtechusa.* [En línea] 04 de 04 de 2017. [Citado el: 04 de Abril de 2017.] <https://pdmtechusa.com/criterios-evaluacion-rcm/>. ISBN.

**Soto, J. 2016.** *Mantenimiento Basado En La Confiabilidad Para El Mejoramiento De La Disponibilidad Mecánica De Los Volquetes Faw En Gym S.A.* Huancayo : Universidad Nacional Del Centro Del Peru. Facultad De Ingeniería Mecánica, 2016.

**Trujillo, A. 2019.** *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (RCM), Para La Planta De Tratamiento De Aguas En Termosuria-Meta.* Colombia : Universidad Libre, 2019.

**Urgilés, C y Dután, H. 2021.** *Optimización del plan de mantenimiento e inventario de repuestos del área mecánica en la central hidroeléctrica Alazán, basado en el análisis de criticidad y mantenimiento centrado en confiabilidad.* Ecuador : Universidad del Azuay, 2021.

**Vásquez, J. 2019.** *Implementación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad a excavadoras Caterpillar 336D2L.* Piura : Universidad de Piura, 2019.

## Anexos

### Anexos 1 Guía de equipos

Industrial

A TOGNUM GROUP BRAND

# Series 4000-03

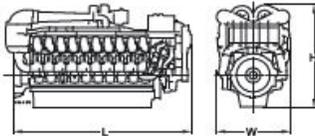
for Industrial, Agricultural  
and Mining Applications



#### Dimensions and Masses

Engine	Dimensions (LxWxH) mm (in)	Mass, dry kg (lbs)
12V-03	2575x1585x2050 (101x62x81)	7000 (15430)
16V-03	3045x1585x2200 (120x62x87)	8100 (17860)
20V-03	3665x1590x2050 (144x63x81)	10700 (23590)

All dimensions are approximate, for complete information refer to the installation drawing.



Engine Model		
Bore/Stroke	mm (in)	170/210 (6.7/8.3)
Cylinder configuration		90° V
Displacement/cylinder	l (cu in)	4.77 (291)
Displacement, total	l (cu in)	12V: 57.3 (3493), 16V: 76.3 (4656), 20V: 95.4 (5822)
Fuel specification		EN 590, Grade No.1-D/2-D

Engine Type	Rated Power ICFN			Peak Torque			Optimization
	Model	kW	bhp	rpm	Nm	lb-ft	
<b>Application</b>	<b>Heavy duty operation (5A)</b>						
12V 4000 C13R	1193	1600	1800	7595	5600	1500	☒☑
12V 4000 C13	1343	1800	1800	8550	6305	1500	☒☑
12V 4000 C13L	1425	1920	1800	9072	6690	1500	☒☑
16V 4000 C13R	1492	2000	1800	10177	7505	1400	☒☑
16V 4000 C13	1750	2345	1800	11141	8216	1500	☒☑
16V 4000 C13L	1865	2500	1800	11873	8756	1500	☒☑
20V 4000 C13L	2375	3185	1800	15728	11150	1500	☒☑

Optimization

☑ Exhaust optimization EPA 40 CFR 89, Tier 2

☒ Fuel consumption



Power. Passion. Partnership.

## Anexos 2 Procedimiento de Montaje de Inyectores

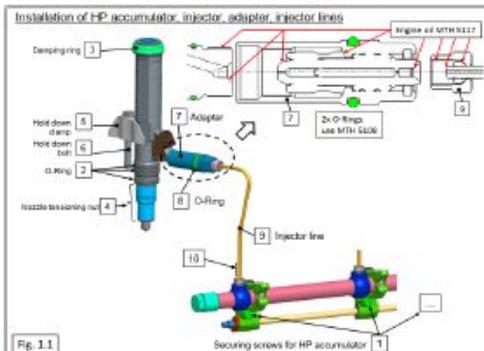
 <b>DETROIT DIESEL MTU PERU</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DE INYECTOR 20V4000C23</b>	Código: SER-FOR-143 F. Aprobación: 05/04/10 Versión: 01
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------

N/S Motor	# Reporte:
Horas Motor:	Job:
Cliente:	Fecha:

MONTAJE DE INYECTOR Y VERIFICACIÓN DE AJUSTES			
A1	A6	B1	B6
A2	A7	B2	B7
A3	A8	B3	B8
A4	A9	B4	B9
A5	A10	B5	B10

Nota: Colocar un (✓) conforme se realice el montaje del inyector y la verificación del ajustes, revisar Fig 1.1

Secuencia de apriete para los componentes:		
Inyectores / Cañerías de alta / Acumulador		
N°	Procedimiento	Referirse Fig.
1	<b>Montaje del Acumulador de alta presión de combustible</b> Instalación del acumulador de alta presión de combustible en los lados A y B del Motor - Apriete el tornillo con arandela al torque final - Par de apriete según MTN5008 [1] Lubricante en la rosca y debajo de la cabeza del tornillo: Aceite de motor	1.1
2	<b>Pre-montaje del Inyector</b> - Lubricante en O-rings [2] - Lubricación en el Anillo amortiguador [3] - Inserte el inyector y la abrazadera de sujeción [5] en la Culata (de manera recta), asegure de que las superficies de contacto estén apoyadas uniformemente. Apriete a mano el perno de sujeción [6]. Aplique lubricante a la rosca y debajo de la cabeza del tornillo: Aceite de motor	1.1
3	Apriete a mano el adaptador [7] para la línea de inyección - Lubricante en O-rings [8] del inyector y el adaptador - Lubricación en la rosca, superficies de sellado y anillo de collar: Aceite de motor	1.1
4	<b>Montaje final del Inyector: Apriete el perno de sujeción [6] a:</b> <b>100 + 10 Nm</b>	1.1
5	<b>Apriete del Adaptador [7] al par final de:</b> <b>100 + 10 Nm</b>	1.1
6	<b>Montaje de la Cañería de Inyección [9].</b> 1.- Lubrique las roscas, las superficies de sellado, el miembro de empuje y la cara de la cámara de la línea de alta presión de combustible [10]. Usar aceite de motor 2.- Inserte la cañería del inyector, las superficies de sellado no deben dañarse. 3.- Introduzca la cañería del inyector en el riel y en el adaptador del inyector a mano. 4.- Pre-apriete la cañería en secuencia con <b>4 + 2 Nm</b> - Al adaptador de inyector y luego al riel así sucesivamente 5.- Apriete la cañería hasta el par final en secuencia: <b>30 + 5 Nm</b> - Al adaptador de inyector y luego al riel así sucesivamente <b>Nota: Ajustar manualmente no está permitido</b>	1.1



### [1] Especificación de ajuste de pernos según MTN5008

For machine tightening, the certificate accuracy tolerance is +10 %

Thread	Hand tightening		Machine tightening	
	4.8 Cl. Min. (Nm)	10.9 Cl. Min. (Nm)	4.8 Cl. Min. (Nm)	10.9 Cl. Min. (Nm)
M6	6	12	6	12
M8	21	27	26	28
M8 x 1	21	32	21	28
M10	41	60	48	52
M10 x 1.25	45	63	43	50
M12	74	100	76	82
M12 x 1.25	88	110	76	100
M12 x 1.5	76	105	51	100
M14	110	150	110	150
M14 x 1.5	120	160	120	170
M16	180	250	170	220
M16 x 1.5	190	270	180	250
M18	260	350	240	320
M18 x 1.5	280	400	270	360
M20	380	500	360	470
M20 x 1.5	390	520	380	500
M22	480	650	470	600
M22 x 1.5	520	710	490	700
M24	600	800	570	810
M24 x 1.5	640	860	620	800
M26 x 2	800	900	800	880
M27	850	1200	850	1170
M27 x 2	960	1300	950	1170
M30	1000	1500	1100	1400
M30 x 2	1100	1600	1200	1600

Después del ajuste se procedió a realizar la verificación de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.

Nota: Es obligatorio realizar la verificación de los ajustes de las cañerías después de la reparación de motor, mantenimiento o cuando éste llegue de Fábrica

Supervisor MTU Responsable

Técnico MTU Responsable



## Instructivo de Mantenimiento PM-500 Horas, Motor Mtu 20V4000

Cambio de aceite, filtros de combustible;  
mantenimiento a los filtros centrifugos, Toma  
de muestra de aceite

### Cambio de aceite: Drenado de aceite

**ADVERTENCIA**

El aceite caliente.

El aceite puede contener residuos de la combustión, que son perjudiciales para la salud.

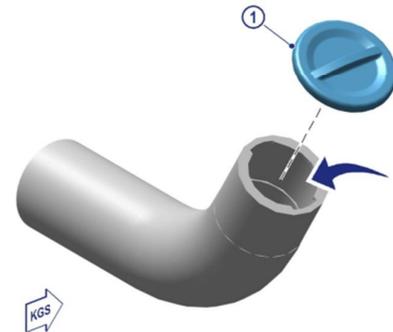
**Riesgo de lesiones e intoxicaciones!**

- Use ropa protectora, guantes y gafas / máscara de seguridad.
- Evitar el contacto con la piel.
- No aspirar los vapores de hidrocarburos.

1. Proporcionar un recipiente adecuado en el que recoger el aceite del motor.
2. Retire el tapón de drenaje y el aceite del motor.
3. Instalar el tapón de drenaje con el nuevo anillo de sellado.

## Cambio de aceite: llenado del aceite

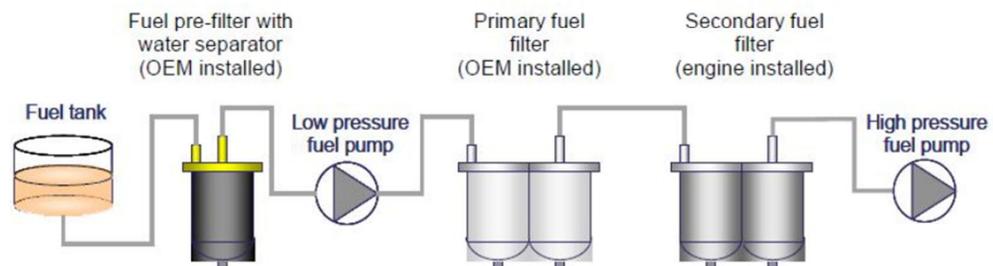
1. Retire la tapa del tubo de llenado (1)
2. Llenar aceite en la cantidad correcta y verificar con la varilla de medición "Max."
3. Instalar la tapa del tubo de llenado
4. Verificar el nivel del aceite



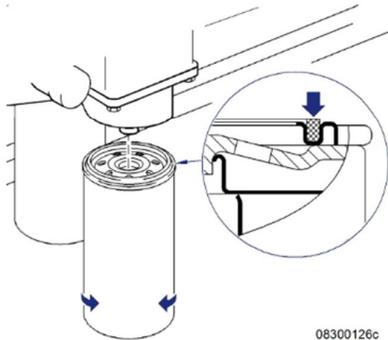
## Cambio de los filtros de combustible

DIAGRAMA DE FILTROS DE COMBUSTIBLE

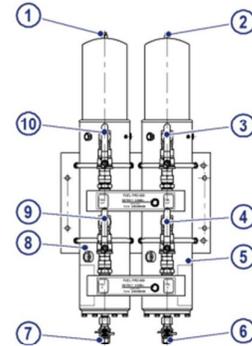
Fuel filter arrangement Series 4000-03 Mining



## CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE



Los filtros de combustible secundarios son de fácil cambio, solo se necesita una cadena o faja para filtros. En el montaje se recomienda que no se agregue combustible a los filtros y se debe aplicar una película de aceite motor en el sello



Para el desmontaje de los filtros primarios se debe aflojar los pernos (1) y (2) y luego purgar por las válvulas (6) y (7). Se retira los filtros y se cambian por nuevos aplicando una película de aceite en el sello. Cerrar las válvulas (6) y (7)

## Mantenimiento al filtro automático de aceite

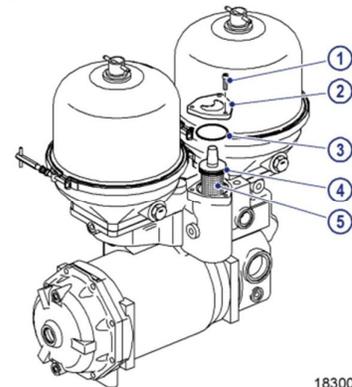
### INDICADOR DE FILTRO DE ACEITE:

Condiciones previas:

El motor debe estar apagado y el contacto deshabilitado

### Extracción del colador

1. Limpie la zona antes de iniciar el desmontaje de las piezas
2. Retire los tornillos (1).
3. Quitar la tapa (2) con la junta torica (3).
4. Retire el filtro (5) del alojamiento y permitir que el aceite gotee dentro del recipiente



# Mantenimiento al filtro automático de aceite

## INDICADOR DE FILTRO DE ACEITE:

### Limpieza del colador:

1. Agitar la contaminación gruesa fuera del colador (5) y Limpiar todas las piezas metálicas
2. Utilice un cepillo suave para eliminar depósitos difíciles de filtro si es necesario. Asegúrese de que la malla no este dañado.
3. Pulverizar el colador (5) con aire comprimido desde el interior.

### Chequeo al colador:

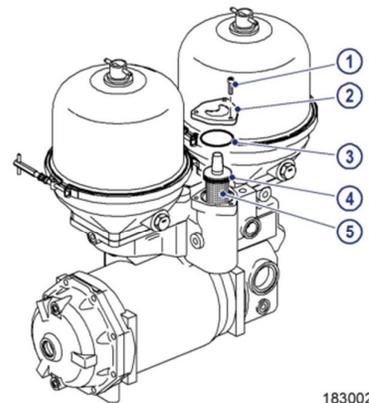
- Si se encuentra residuos metálicos seguir las siguientes acciones: Limpiar, monitorear la operación del motor, chequear diariamente.
- Si se encuentra daños en el colador o el resto de partes se deberán cambiar

# Mantenimiento al filtro automático de aceite

## INDICADOR DE FILTRO DE ACEITE:

### Instalación del colador:

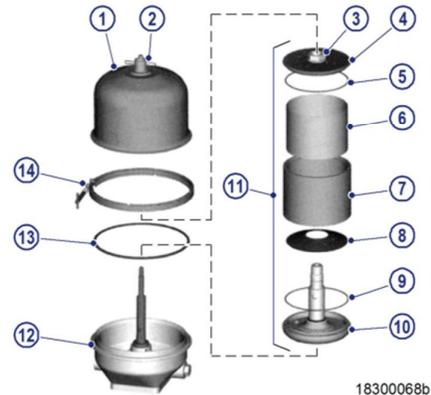
1. Aplicar aceite de motor en el sello cuadrado (4) e instalar el colador dentro de su housing
2. Rellenar el housing de aceite motor nuevo
3. Aplicar aceite de motor al O-ring (3) y colocarlo en el housing del colador
4. Instalar la tapa (2) y ajuste los pernos (1)



# Mantenimiento al filtro automático de aceite

## Filtro centrifugo: Limpieza y cambio de papel filtrante

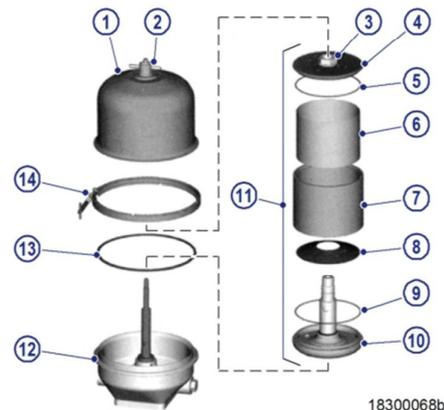
1. Remover la abrazadera (14)
2. Aflojar el perno (2) y retirar la cubierta (1)
3. Levante con cuidado el rotor (11) y permitir que el aceite se drene, retirar del housing.
4. Manteniendo con firmeza el rotor (11) remueva la tuerca (3)
5. Quite la tapa del rotor (4)
6. Retire el papel filtrante (6)
7. Medir el espesor de residuos del papel filtrante
8. Si el espesor de capa máximo de residuos supera los 45 mm, acortar el intervalo de mantenimiento.
9. Desarme el cuerpo del rotor (7), el plato conico (8) y la base del rotor (10).
10. Lavar las partes de rotor y pulverizar con aire comprimido



# Mantenimiento al filtro automático de aceite

## Filtro centrifugo: Limpieza y cambio de papel filtrante

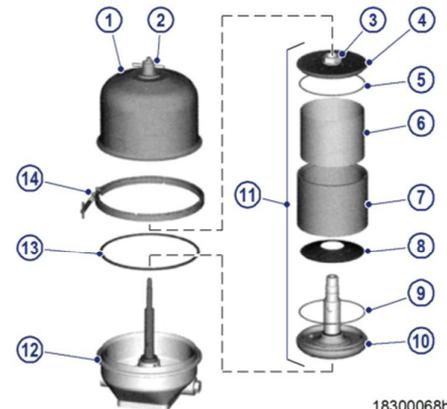
11. Comprobar el O-ring (9), Reemplazarlo en caso sea necesario.
12. Armar el cuerpo del rotor (7), el plato conico (8), la base (10) con el O-ring (9).
13. Insertar un nuevo papel filtrante (6) en el cuerpo del rotor (7) con la superficie lisa hacia la pared
14. Montar la tapa (4) con el O-ring (5)
15. Apriete la tuerca del rotor (3) con el torque especificado (de 35 a 45 Nm)
16. Coloque el rotor (11) en el base (12)
17. Revisar el sello (13) y colocarlo en la base (12)
18. Colocar la cubierta (1) y ajustar el perno con la mano
19. Colocar la abrazadera (14) y ajustar la tuerca de 8 a 10 Nm
20. Ajustar el perno de la cubierta (12) de 5 a 7 Nm.



# Mantenimiento al filtro automático de aceite

## Filtro centrifugo: Limpieza y cambio de papel filtrante

11. Comprobar el O-ring (9), Reemplazarlo en caso sea necesario.
12. Armar el cuerpo del rotor (7), el plato conico (8), la base (10) con el O-ring (9).
13. Insertar un nuevo papel filtrante (6) en el cuerpo del rotor (7) con la superficie liza hacia la pared
14. Montar la tapa (4) con el O-ring (5)
15. Apriete la tuerca del rotor (3) con el torque especificado (de 35 a 45 Nm)
16. Coloque el rotor (11) en el base (12)
17. Revisar el sello (13) y colocarlo en la base (12)
18. Colocar la cubierta (1) y ajustar el perno con la mano
19. Colocar la abrazadera (14) y ajustar la tuerca de 8 a 10 Nm
20. Ajustar el perno de la cubierta (12) de 5 a 7 Nm.

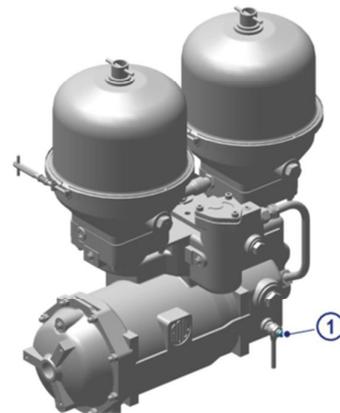


18300068b

## Extracción de la muestra de aceite

Extracción con el motor en marcha:

1. Con el motor funcionando a la temperatura de operación, abrir el tornillo (1) una o dos vueltas. esto se encuentra en el filtro de aceite automático.
2. Escurrir aprox. 2 litros de aceite de motor para eliminar el lodo de aceite.
3. Escurrir el volumen necesario para la prueba en un envase limpio.
4. Cerrar el tornillo (1)



## Extracción de la muestra de aceite

Extracción con el motor Apagado:

- El motor debería estar a temperatura de operación
- Tome la muestra del cárter por el orificio donde va ubicada la varilla de nivel de aceite.
- Use el equipo adecuado, limpio y seco.
  - Bomba de succión (tipo vampiro).
  - Botes para toma de muestras (125 ml) preferentemente de plástico.
  - Manguera de 1/8".
  - Etiquetas para datos de la muestra.

## Extracción de la muestra de aceite

Extracción con el motor Apagado:

- El motor debería estar a temperatura de operación
- Tome la muestra del cárter por el orificio donde va ubicada la varilla de nivel de aceite.
- Use el equipo adecuado, limpio y seco.
  - Bomba de succión (tipo vampiro).
  - Botes para toma de muestras (125 ml) preferentemente de plástico.
  - Manguera de 1/8".
  - Etiquetas para datos de la muestra.



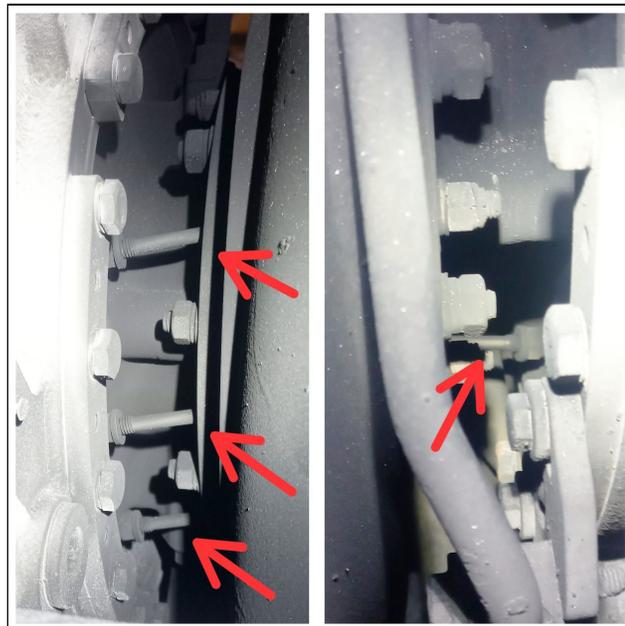
## Anexo 4 Panel fotográfico

Evidencias del Mantenimiento Prog. de acuerdo al nuevo plan de mantenimiento:

**Figura A1. Ajuste e inspección de abrazaderas de sistema de refrigeración.**



**Figura A2. Espárragos rotos - Inspección de turbos**



**Figura A3. Extracción de muestras de combustible**



**Figura A4. Inspección de Bomba Prelube - Perno roto de sujeción**



**Figura A5. Inspección de Filtros de aire - Pesos de filtros**



**Figura A6. Inspección de Filtros de aire**



**Figura A7. Inspección de Flexibles - Alineamiento 2**



**Figura A8. Inspección de Flexibles - Alineamiento**



Figura A9. Inspección de indicadores de restricción

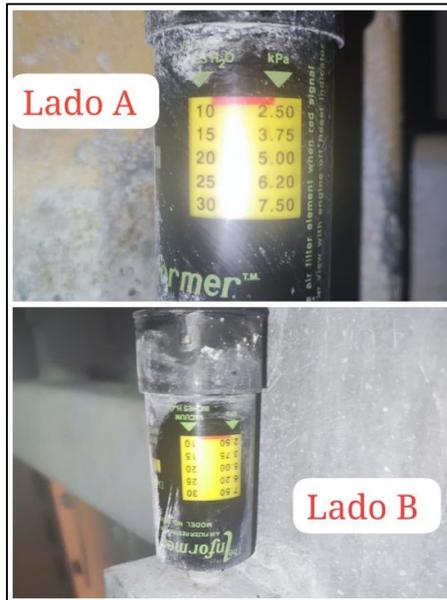


Figura A10. Inspección de pernos de cárter



**Figura A11. Inspección y cambio de filtros de combustibles**



**Figura A12. Inspección y limpieza de manifold de aceite**



**Figura A13. Limpieza de filtro indicador**



**Figura A14. Limpieza de termocuplas**



Figura A15. Medición de papel centrifugo

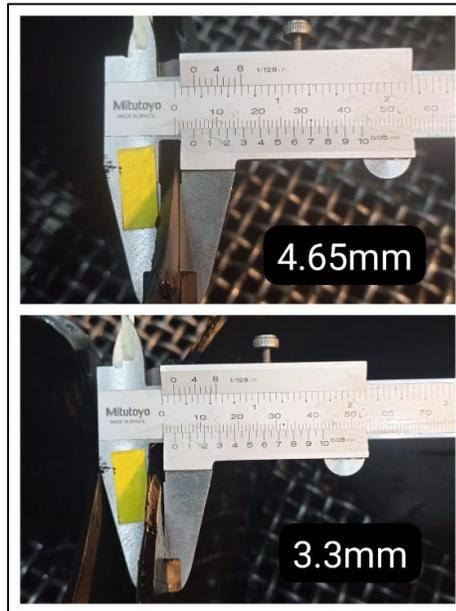
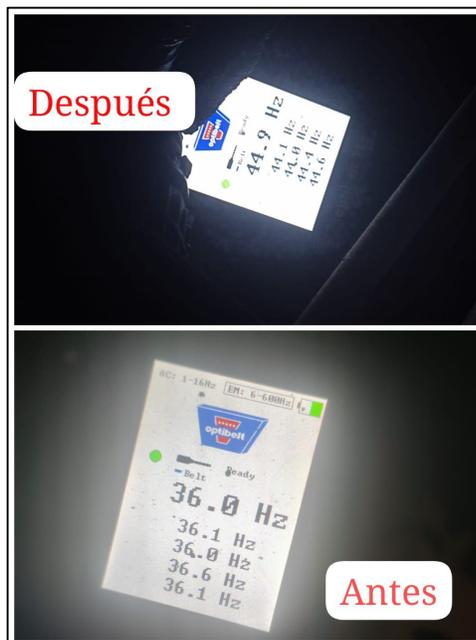


Figura A16. Tensado de faja de ventilador en 44.9 Hz



**Figura A17. Verificación del torque adecuado de pernos de tapas de CAC.**



**Figura A18 Evidencias de las fallas**



**Figura A19 Pistón averiado**



**Figura A20 Alabes de turbo averiado**



**Figura A21 Turbo dañado**



**Figura A22 Inyector Dañado**



## Anexo 5 Plan de mantenimiento del fabricante MTU

### 1.15 Maintenance Schedule Matrix 18000 HRS

#### 500 to 15000 Operating hours

Task	Limit	Operating hours [HRS]																														
		500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000	11500	12000	12500	13000	13500	14000	14500	15000	
WM00285	1 DAY																															
WM00286	1 DAY																															
WM00288	1 DAY																															
WM00289	1 DAY																															
WM00290	1 DAY																															
WM00881	1 MON																															
WM00067	2 YR																															
WM00116	2 YR																															
WM00126	5 YR																															
WM00063	2 YR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WM00066	9 YR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WM00050	1 YR		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WM00136	1 YR		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WM00069	2 YR		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WM00084	2 YR		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WM00085	2 YR		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WM00086	2 YR		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WM00170	2 YR		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WM00284	18 YR		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WM00664	3 YR					X					X						X					X									X	
WM00094	18 YR		X			X					X						X					X									X	
WM00961	18 YR					X					X						X					X									X	
WM00962	18 YR					X					X						X					X									X	
WM00119	3 YR										X											X										
WM00110	9 YR										X											X										
WM00089	18 YR										X											X										
WM00090	18 YR										X											X										
WM00098	18 YR										X											X										
WM00775	18 YR																					X										
WM00976	18 YR										X																				X	
WM00008	6 YR																					X										
WM00054	18 YR																					X										
WM00056	18 YR																					X										
WM00062	18 YR																					X										
WM00091	18 YR																					X										
WM00093	18 YR																					X										
WM00096	18 YR																					X										
WM00283	18 YR																					X										
WM00921	18 YR																					X										
WM00970	18 YR																					X										
WM00971	18 YR																					X										

DAY = Days  
 MON = Months  
 YR = Years  
 HRS = Hours



## 1.16 Cyclical maintenance tasks 18000 HRS

Qualification	Interval [HRS]	Limit	Item	Maintenance tasks	Option	Task
<b>Engine</b>						
QL1	-	1 DAY	ENGINE OPERATIONAL MONITORING	Check engine oil level		WM00285
QL1	-	1 DAY	ENGINE OPERATIONAL MONITORING	Visually inspect for leaks and general condition of engine		WM00286
QL1	-	1 DAY	ENGINE OPERATIONAL MONITORING	Check relief bore of coolant pump		WM00288
QL1	-	1 DAY	ENGINE OPERATIONAL MONITORING	When engine is running, check for abnormal running noises, exhaust gas color and vibrations		WM00289
QL1	-	1 DAY	ENGINE OPERATIONAL MONITORING	Drain water and contaminants from fuel prefilter	X	WM00290
QL1	-	1 MON	BENDING / TORSIONALLY RESILIENT COUPLING AND STEEL-SPRING COUPLING	Check coupling (visual inspection), replace as necessary	X	WM00881
QL1	-	2 YR	LUBE OIL SYSTEM	Replace oil filter at every engine oil change, or when the time limit (years) is reached, at the latest	X	WM00067
QL1	-	2 YR	COOLANT SYSTEM	Replace filter	X	WM00116
QL1	-	5 YR	ENGINE MOUNTING	Measure height of rubber element		WM00126
QL1	500	2 YR	LUBE OIL SYSTEM	Automatic centrifugal oil filter, check layer thickness of oil residue, clean, and replace paper element at every engine oil change at the latest	X	WM00063
QL1	500	9 YR	AUTOMATIC OIL FILTER	Automatic oil filter, check and clean filtering screen	X	WM00066
QL1	1000	1 YR	ENGINE MOUNTING	Check general condition of rubber mounts (visual inspection)		WM00050
QL1	1000	1 YR	ENGINE MOUNTING	Check securing screws for secure seating		WM00136
QL1	1000	2 YR	PRELUBRICATION	Visually inspect pump	X	WM00069
QL1	1000	2 YR	FUEL SYSTEM (LOW PRESSURE)	Fuel prefilter, replace filter	X	WM00084
QL1	1000	2 YR	FUEL SYSTEM (LOW PRESSURE)	Additional filter, replace easy-change fuel filter	X	WM00085
QL1	1000	2 YR	FUEL SYSTEM (LOW PRESSURE)	Replace easy-change fuel filter		WM00086
QL1	1000	2 YR	AUXILIARY POWER TAKE-OFF	Check belt condition, replace if necessary. Adjust tension.		WM00170
QL1	1000	18 YR	GROUNDING EQUIPMENT	Check carbon brush on flywheel, replace if necessary	X	WM00284
QL1	3000	3 YR	COOLANT SYSTEM	Replace valve cover	X	WM00664
QL1	3000	18 YR	VALVE GEAR	Check valve clearance, adjust if necessary. ATTENTION! First adjustment after 1,000 operating hours on a new engine and after 1,000 operating hours following each cylinder head overhaul.		WM00094
QL1	3000	18 YR	GROUNDING EQUIPMENT	Replace carbon brushes at flywheel	X	WM00961
QL1	3000	18 YR	GROUNDING EQUIPMENT	Replace carbon brushes and cylindrical roller bearings of grounding equipment at vibration damper	X	WM00962
QL1	6000	3 YR	CRANKCASE BREATHER	Replace filter or filter element	X	WM00119
QL1	6000	9 YR	RUNNING GEAR	Inspect cylinder liner with endoscope		WM00110
QL1	6000	18 YR	GOVERNOR	Reset drift correction parameters (CDC)		WM00089
QL1	6000	18 YR	FUEL SYSTEM (HIGH PRESSURE)	Replace fuel injection valve/injector		WM00090
QL1	6000	18 YR	CYLINDER HEAD	Measure valve protrusion		WM00098
QL1	9000	18 YR	CRANKCASE BREATHER	Replace oil separator (cyclone)	X	WM00775
QL3	6000	18 YR	BATTERY-CHARGING GENERATOR	Overhaul or replace battery-charging generator		WM00976
QL3	9000	6 YR	RUBBER SLEEVE	Replace rubber sleeve		WM00008
DAY = Days MON = Months YR = Years HRS = Hours						

Qualification	Interval (HRS)	Limit	Item	Maintenance tasks	Option	Task
QL3	9000	18 YR	COOLANT SYSTEM	Check LT thermostat housing and replace thermal actuator		WM00054
QL3	9000	18 YR	COOLANT SYSTEM	Check HT thermostat housing and replace thermal actuator		WM00056
QL3	9000	18 YR	LUBE OIL SYSTEM	Check centrifugal oil filter for wear	X	WM00062
QL3	9000	18 YR	FUEL SYSTEM (HIGH PRESSURE)	Replace HP pump		WM00091
QL3	9000	18 YR	VALVE GEAR	Check rocker arm and valve bridge for wear. Visually inspect swing follower with endoscope through pushrod bore		WM00093
QL3	9000	18 YR	VALVE GEAR	Visually inspect camshaft running surfaces with endoscope through pushrod bore		WM00096
QL3	9000	18 YR	AUXILIARY POWER TAKE-OFF	Replace auxiliary power take-off		WM00283
QL3	9000	18 YR	COOLANT SYSTEM	Replace sealing material for installation of coolant pump(s) and thermostat(s) (only LT and HT)		WM00921
QL3	9000	18 YR	EXHAUST TURBOCHARGER	Overhaul or replace exhaust turbocharger		WM00970
QL3	9000	18 YR	STARTING SYSTEM	Overhaul or replace starter		WM00971
QL3	9000	18 YR	COOLANT SYSTEM	Overhaul or replace coolant pump in LT circuit		WM00973
QL3	9000	18 YR	COOLANT SYSTEM	Overhaul or replace coolant pump in HT circuit		WM00974
QL3	18000	18 YR	FUEL SYSTEM (HIGH PRESSURE)	Replace HP fuel sensor		WM00011
QL3	18000	18 YR	EXHAUST SYSTEM	Replace exhaust pipe bellows		WM00072
QL3	18000	18 YR	FUEL SYSTEM (LOW PRESSURE)	Replace pump		WM00087
QL3	18000	18 YR	CYLINDER HEAD	Overhaul or replace cylinder head		WM00980
QL4	-	15 YR	STARTING SYSTEM	Replace CAPOS	X	WM00009
QL4	18000	6 YR	HOSE	Replace hose line		WM00006
QL4	18000	9 YR	AUTOMATIC OIL FILTER	Automatic oil filter, remove and clean filter housing, replace filter element and bearing	X	WM00065
QL4	18000	18 YR	ENGINE, GENERAL	Replace elastomer parts and seals		WM00001
QL4	18000	18 YR	ENGINE, GENERAL	Disassemble engine completely. Check engine components according to assembly instructions, replace or repair as necessary.		WM00002
QL4	18000	18 YR	BENDING / TORSIONALLY RESILIENT COUPLING AND STEEL-SPRING COUPLING	Check coupling, replace if necessary	X	WM00045
QL4	18000	18 YR	LUBE OIL SYSTEM	Check pump, replace if necessary		WM00070
QL4	18000	18 YR	EXHAUST TURBOCHARGER	Replace compressor wheel of exhaust turbocharger		WM00079
QL4	18000	18 YR	EXHAUST TURBOCHARGER	Replace turbine wheel		WM00081
QL4	18000	18 YR	FUEL SYSTEM (HIGH PRESSURE)	Replace pressure relief valve		WM00088
QL4	18000	18 YR	VALVE GEAR	Replace swing follower and swing follower shaft		WM00092
QL4	18000	18 YR	VALVE GEAR	Replace thrust bearing flange		WM00095
QL4	18000	18 YR	RUNNING GEAR	Replace conrod bearings		WM00099
QL4	18000	18 YR	RUNNING GEAR	Replace rings		WM00100
QL4	18000	18 YR	RUNNING GEAR	Replace crankshaft bearings		WM00103
QL4	18000	18 YR	GEAR TRAIN	Check tooth flanks in gear train for wear (visual inspection), replace bushing		WM00104
QL4	18000	18 YR	RUNNING GEAR	Replace cylinder liners		WM00108
QL4	18000	18 YR	CAMSHAFT	Replace camshaft bearings		WM00111
QL4	18000	18 YR	ENGINE MOUNTING	Replace rubber element of rubber mounts		WM00127
QL4	18000	18 YR	SENSOR TECHNOLOGY AND WIRING HARNESS	Replace wiring harness		WM00137
QL4	18000	18 YR	GROUNDING EQUIPMENT	Check flywheel (insulated), overhaul if necessary	X	WM00139
QL4	18000	18 YR	FAN CLUTCH	Overhaul fan clutch KGS		WM00232

DAY = Days  
 MON = Months  
 YR = Years  
 HRS = Hours

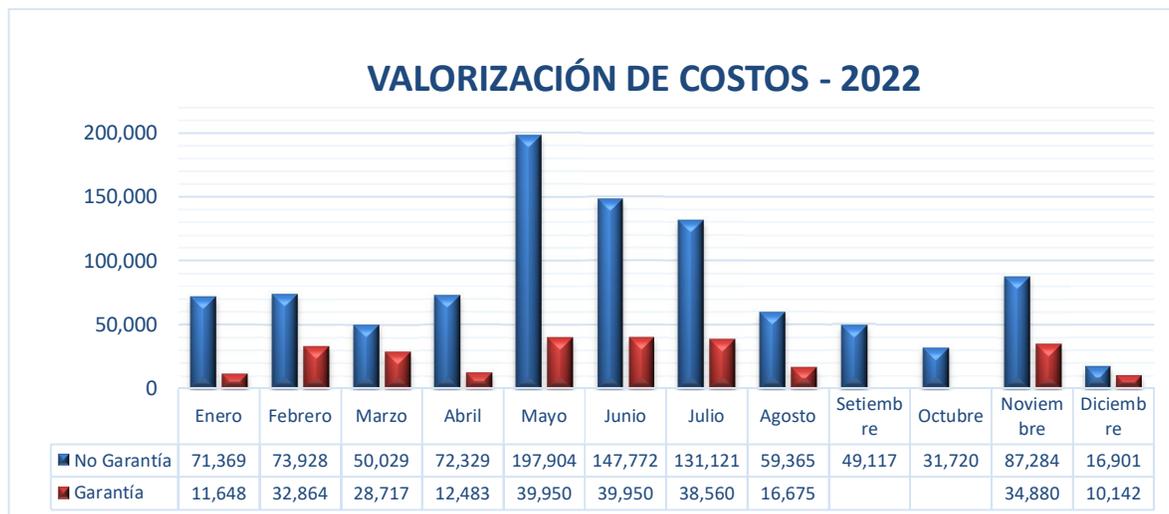
TIME: 00000000-000

Qualification	Interval [HRS]	Limit	Item	Maintenance tasks	Option	Task
QL4	18000	18 YR	RUNNING GEAR	Replace conrod		WM00353
QL4	18000	18 YR	RUNNING GEAR	Replace vibration damper		WM00439
QL4	18000	18 YR	BENDING / TORSIONALLY RESILIENT COUPLING	Replace coupling or coupling element(s)		WM00925

DAY - Days  
MON - Months  
YR - Years  
HRS - Hours

TIME 00000000-000

## REFERENCIA DE COSTOS EN EL AÑO 2022:

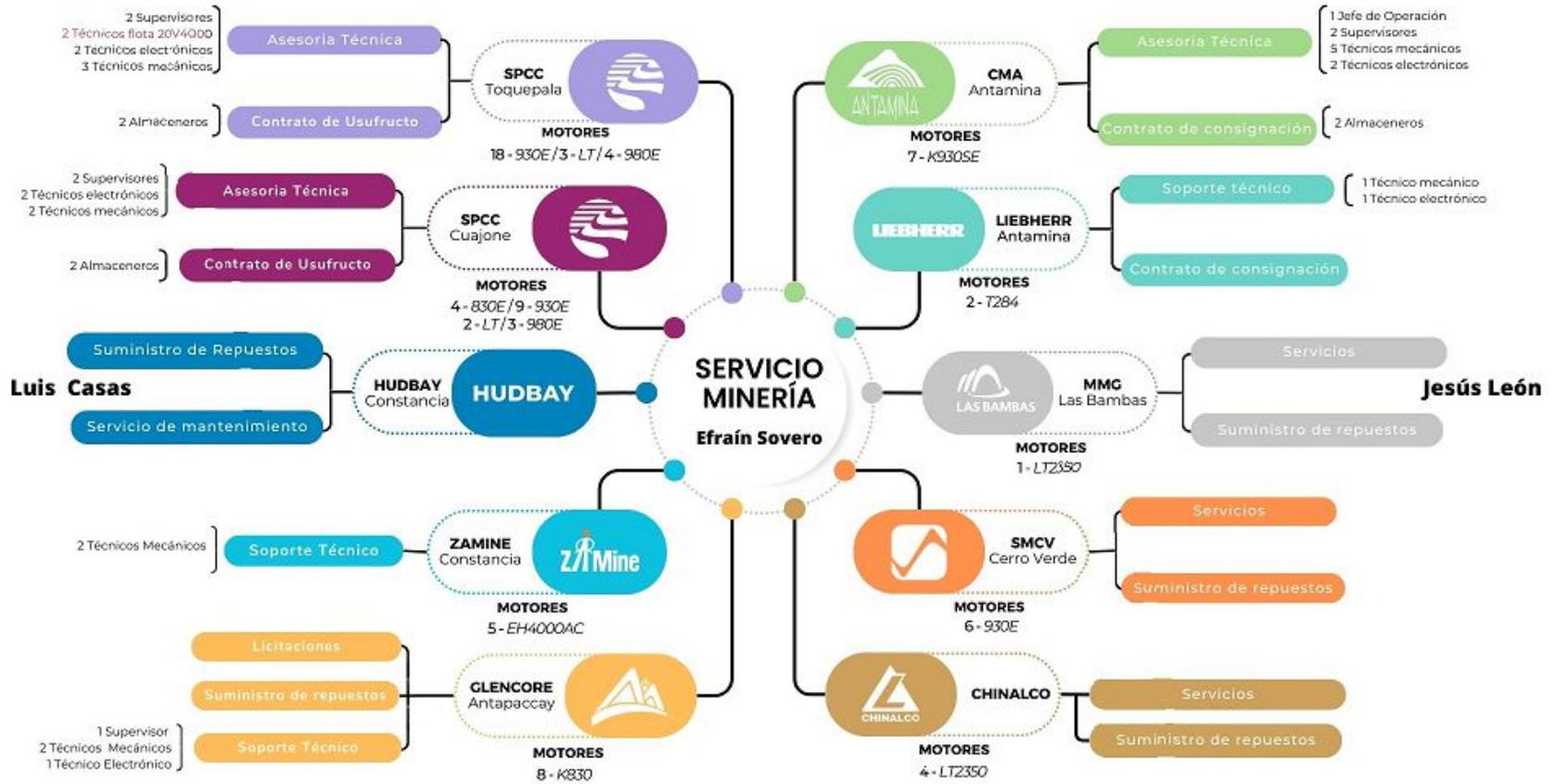


Mes	No Garantía	Garantía	Total general
<b>Enero</b>	<b>71,369</b>	<b>11,648</b>	<b>83,017</b>
Febrero	73,928	32,864	106,792
Marzo	50,029	28,717	78,746
Abril	72,329	12,483	84,812
Mayo	197,904	39,950	237,854
Junio	147,772	39,950	187,722
Julio	131,121	38,560	169,680
Agosto	59,365	16,675	76,040
Setiembre	49,117		49,117
Octubre	31,720		31,720
Noviembre	87,284	34,880	122,164
Diciembre	16,901	10,142	27,043
<b>Total general</b>	<b>988,838</b>	<b>265,869</b>	<b>1,254,707</b>

REFERENCIA DE COSTOS EN EL AÑO 2023:



Mes	No Garantía	Garantía	Total, general
<b>Enero</b>	122,094		122,094
<b>Febrero</b>	83,782	79,644	163,426
<b>Marzo</b>	84,402		84,402
<b>Abril</b>	132,381		132,381
<b>Mayo</b>	298,180		298,180
<b>Total general</b>	<b>720,840</b>	<b>79,644</b>	<b>800,484</b>



## Anexo 6 Disponibilidad del año 2022

Año	Mes	Fecha Inicio	Fecha Fin	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo de Falla	Motivo	Sistema	Componente	Cantidad de falla	Equipo
2022	DIC	01/12/2022	01/12/2022	14:36:27	15:59:15	1.4	Llamada	Combustible	Purgado del sistema	1	HT126
2022	DIC	03/12/2022	03/12/2022	21:56:52	23:19:03	1.4	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT126
2022	DIC	30/12/2022	30/12/2022	11:40:00	11:52:00	0.2	Llamada	Electrónico	Ajuste de terminal de Inyector	1	HT126
2022	DIC	29/12/2022	29/12/2022	20:40:00	21:34:26	0.9	Llamada	Combustible	Ajuste de líneas de combustible	1	HT139
2022	DIC	15/12/2022	15/12/2022	19:30:21	06:12:48	10.7	Llamada	Estructura	Templador de radiador	1	HT145
2022	DIC	14/12/2022	14/12/2022	14:08:38	16:29:44	2.4	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT145
2022	DIC	16/12/2022	16/12/2022	15:37:04	17:48:13	2.2	Llamada	Estructura	Sellos de radiador	1	HT145
2022	DIC	29/12/2022	29/12/2022	17:30:00	21:03:00	3.6	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT159
2022	DIC	23/12/2022	23/12/2022	21:00:00	22:53:39	1.9	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT093
2022	DIC	27/12/2022	27/12/2022	09:15:12	09:59:36	0.7	Llamada	Refrigeración	Reparación de línea de refrigeración	1	HT126
2022	DIC	23/12/2022	23/12/2022	08:30:00	10:37:12	2.1	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT126
2022	DIC	21/12/2022	21/12/2022	20:00:00	22:03:30	2.1	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT093
2022	DIC	21/12/2022	21/12/2022	08:00:00	09:43:53	1.7	Llamada	Lubricación	Ajuste de cañería de lubricación	1	HT139
2022	DIC	20/12/2022	20/12/2022	19:30:00	21:30:00	2.0	Llamada	Lubricación	Tapa de llenado	1	HT126
2022	DIC	20/12/2022	20/12/2022	08:00:00	09:45:00	1.8	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT159
2022	DIC	13/12/2022	13/12/2022	09:35:00	10:21:48	0.8	Llamada	Combustible	Evaluación de fuga de combustible	1	HT159
2022	DIC	11/12/2022	11/12/2022	19:17:00	20:17:36	1.0	Llamada	Combustible	Ajuste de brida de cañería HP	1	HT159
2022	DIC	10/12/2022	10/12/2022	08:44:00	09:13:46	0.5	Llamada	Lubricación	Ajuste de perno de carter	1	HT139
2022	DIC	01/12/2022	01/12/2022	08:00:00	18:55:40	10.9	PM	Lubricación	Mantto. de filtro automatico	1	HT139
2022	DIC	01/12/2022	01/12/2022	14:00:00	15:00:00	1.0	Llamada	Combustible	Ajuste de líneas de combustible	1	HT159
2022	NOV	28/11/2022	28/11/2022	19:00:00	23:00:00	4.0	Llamada	Combustible	Ajuste de líneas de combustible	1	HT159
2022	NOV	16/11/2022	16/11/2022	21:58:58	23:28:58	1.5	Llamada	Electrónico	Arrancador	1	HT126
2022	NOV	20/11/2022	20/11/2022	02:19:52	03:45:23	1.4	Llamada	Lubricación	Sello de tapa de centrifugo	1	HT105
2022	NOV	21/11/2022	21/11/2022	13:39:02	14:37:56	1.0	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT126

2022	NOV	23/11/2022	23/11/2022	13:29:09	15:34:58	2.1	Llamada	Combustible	Ajuste de lineas de combustible	1	HT139
2022	NOV	25/11/2022	25/11/2022	08:20:02	10:41:31	2.4	Llamada	Refrigeración	Ajuste de manguera de refrigerante	1	HT093
2022	NOV	26/11/2022	26/11/2022	09:29:25	11:13:04	1.7	Llamada	Refrigeración	Ajuste de manguera de refrigerante	1	HT126
2022	NOV	01/11/2022	01/11/2022	07:34:05	21:40:41	14.1	PM	Combustible	Inyector	1	HT134
2022	NOV	02/11/2022	02/11/2022	15:23:43	22:51:19	7.5	Llamada	Electrónico	Alternador 24V	1	HT126
2022	NOV	07/11/2022	07/11/2022	02:19:36	05:26:12	3.1	Llamada	Motor	Evaluación de motor	1	HT139
2022	NOV	10/11/2022	10/11/2022	15:37:32	18:07:29	2.5	Llamada	Motor	Evaluación de motor	1	HT159
2022	NOV	10/11/2022	10/11/2022	16:02:58	17:07:35	1.1	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT134
2022	NOV	10/11/2022	10/11/2022	23:41:16	04:49:18	5.1	Llamada	Combustible	Bomba de combustible de baja	1	HT159
2022	NOV	11/11/2022	11/11/2022	17:10:47	05:58:47	12.8	Llamada	Electrónico	Sensor RPM	1	HT139
2022	NOV	11/11/2022	11/11/2022	19:37:09	21:18:12	1.7	Llamada	Lubricación	Ajuste de manguera	1	HT139
2022	DIC	23/12/2022	23/12/2022	15:39:35	17:47:54	2.1	Llamada	Aire-Escape	Codo del escape delantero	1	HT087
2022	DIC	10/12/2022	10/12/2022	10:15:57	10:41:25	0.4	Llamada	Lubricación	Reten de cigüeñal	1	HT087
2022	DIC	13/12/2022	13/12/2022	07:05:43	08:14:46	1.2	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT087
2022	DIC	20/12/2022	20/12/2022	14:00:02	20:22:50	6.4	Llamada	Refrigeración	Ajuste lineas de refrigeración	1	HT087
2022	NOV	11/11/2022	11/11/2022	20:58:06	04:36:13	7.6	Llamada	Estructura	Soldadura del soporte de Radiador	1	HT087
2022	NOV	12/11/2022	12/11/2022	08:10:34	10:02:27	1.9	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT159
2022	NOV	13/11/2022	13/11/2022	12:51:43	22:09:43	9.3	Llamada	Motor	Evaluación de motor	1	HT087
2022	NOV	13/11/2022	13/11/2022	21:57:30	01:09:08	3.2	Llamada	Estructura	Base del radiador	1	HT145
2022	NOV	14/11/2022	14/11/2022	01:00:12	07:00:00	6.0	Llamada	Combustible	Evaluación de motor	1	HT087
2022	OCT	01/10/2022	01/10/2022	13:35:19	14:45:06	1.2	Llamada	Lubricación	Ajuste de perno de carter	1	HT139
2022	OCT	01/10/2022	01/10/2022	23:42:53	02:52:30	3.2	Llamada	Refrigeración	Manguera de refrigerante	1	HT093
2022	OCT	05/10/2022	05/10/2022	00:49:31	03:36:40	2.8	Llamada	Refrigeración	Ajuste de tubería de refrigerante	1	HT134
2022	OCT	05/10/2022	05/10/2022	10:56:42	12:21:05	1.4	Llamada	Estructura	Templador de radiador	1	HT139
2022	OCT	05/10/2022	05/10/2022	22:03:15	23:24:12	1.3	Llamada	Refrigeración	Tubería de retorno de refrigerante	1	HT134
2022	OCT	06/10/2022	06/10/2022	03:08:36	03:31:49	0.4	Llamada	Refrigeración	Ajuste entre Damper - Fan Clutch	1	HT087
2022	OCT	07/10/2022	07/10/2022	02:01:42	02:41:20	0.7	Llamada	Combustible	Purgado del sistema	1	HT105
2022	OCT	08/10/2022	08/10/2022	19:05:30	20:43:52	1.6	Llamada	Motor	Ajuste del housing de la volante	1	HT139

2022	OCT	14/10/2022	14/10/2022	23:59:21	00:47:16	0.8	Llamada	Combustible	Purgado del sistema	1	HT159
2022	OCT	15/10/2022	15/10/2022	02:22:48	04:39:29	2.3	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT159
2022	OCT	11/10/2022	12/10/2022	17:30:45	09:43:21	16.2	Llamada	Refrigeración	Termostatos	1	HT139
2022	SEP	20/09/2022	20/09/2022	08:22:13	08:50:02	0.5	Llamada	Electrónico	Limpieza de sensor del Prelube	1	HT145
2022	SEP	20/09/2022	21/09/2022	14:23:51	15:25:16	1.0	Llamada	Lubricación	Bomba prelube	1	HT145
2022	SEP	24/09/2022	24/09/2022	16:52:32	04:10:32	11.3	PM	PM	Tensado de faja de ventilador	1	HT139
2022	SEP	25/09/2022	25/09/2022	15:44:34	17:52:44	2.1	PM	PM	Calibración de valvulas	1	HT093
2022	SEP	26/09/2022	26/09/2022	03:39:31	10:17:48	6.6	Llamada	Electrónico	Alternador 24V	1	HT087
2022	SEP	28/09/2022	04/10/2022	05:31:18	11:45:52	6.2	Llamada	Refrigeración	Ajuste de manguera de refrigerante	1	HT134
2022	SEP	29/09/2022	30/09/2022	16:54:24	18:13:33	1.3	Llamada	Electrónico	Harness de comunicación X1	1	HT105
2022	SEP	30/09/2022	01/10/2022	11:02:06	12:17:52	1.3	Llamada	Refrigeración	Ajuste de manguera de refrigerante	1	HT093
2022	SEP	07/09/2022	07/09/2022	10:50:39	11:35:27	0.7	Llamada	Lubricación	Ajuste de cañería de lubricación	1	HT139
2022	SEP	07/09/2022	07/09/2022	16:45:30	18:00:00	1.2	Llamada	Lubricación	Prelube	1	HT126
2022	SEP	08/09/2022	08/09/2022	09:27:07	09:50:25	0.4	Llamada	Electrónico	Limpieza de sensor de presión	1	HT159
2022	SEP	08/09/2022	08/09/2022	11:23:38	12:20:50	1.0	Llamada	Electrónico	Limpieza de sensor de combustible	1	HT126
2022	SEP	08/09/2022	08/09/2022	17:54:43	18:29:43	0.6	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT159
2022	SEP	10/09/2022	10/09/2022	14:48:35	18:13:41	3.4	PM	PM	Calibración de valvulas W3	1	HT126
2022	SEP	11/09/2022	11/09/2022	20:09:45	21:32:50	1.4	Llamada	Refrigeración	Ajuste de manguera de refrigerante	1	HT159
2022	SEP	13/09/2022	13/09/2022	14:15:37	14:46:02	0.5	Llamada	Refrigeración	Purgado	1	HT093
2022	SEP	17/09/2022	17/09/2022	12:01:54	13:05:21	1.1	Llamada	Motor	Manguera de respiradero	1	HT093
2022	SEP	19/09/2022	19/09/2022	02:19:56	03:16:26	0.9	Llamada	Estructura	Templador de radiador	1	HT145
2022	SEP	05/09/2022	05/09/2022	09:35:34	11:34:40	2.0	Llamada	Electrónico	Limpieza de sensor de presión	1	HT093
2022	SEP	04/09/2022	04/09/2022	21:29:30	22:03:19	0.6	Llamada	Electrónico	Limpieza de conector de la ECM	1	HT159
2022	AGO	31/08/2022	31/08/2022	09:51:32	11:03:52	1.2	Llamada	Lubricación	Ajuste de cañería de lubricación	1	HT087
2022	AGO	30/08/2022	30/08/2022	12:43:27	13:24:50	0.7	Llamada	Lubricación	Manguera de lubricación	1	HT139
2022	AGO	30/08/2022	30/08/2022	13:51:28	20:27:28	6.6	Llamada	Refrigeración	Ajuste de faja del ventilador	1	HT139
2022	AGO	30/08/2022	30/08/2022	18:12:50	19:00:00	0.8	Llamada	Combustible	Purgado del sistema	1	HT145
2022	AGO	29/08/2022	29/08/2022	07:02:42	09:26:26	2.4	Llamada	Electrónico	Base de DPU	1	HT087

2022	AGO	29/08/2022	29/08/2022	14:40:16	15:09:57	0.5	Llamada	Combustible	Purgado del sistema	1	HT126
2022	AGO	27/08/2022	27/08/2022	19:52:37	20:31:11	0.6	Llamada	Motor	Cambio de aceite	1	HT139
2022	AGO	26/08/2022	26/08/2022	07:39:18	16:18:47	8.7	Llamada	Refrigeración	Bomba de refrigerante de baja	1	HT087
2022	AGO	24/08/2022	24/08/2022	06:45:10	10:21:10	3.6	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT139
2022	AGO	24/08/2022	24/08/2022	16:28:14	17:39:21	1.2	PM	Estructura	Inspección de radiador	1	HT105
2022	AGO	21/08/2022	21/08/2022	00:32:30	03:59:57	3.5	Llamada	Electrónico	Alternador 24V	1	HT134
2022	AGO	21/08/2022	21/08/2022	09:45:39	11:38:08	1.9	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT126
2022	AGO	21/08/2022	21/08/2022	16:42:03	17:49:17	1.1	PM	Aire-Escape	Filtro de aire	1	HT145
2022	AGO	21/08/2022	21/08/2022	21:05:14	23:53:30	2.8	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT139
2022	AGO	20/08/2022	20/08/2022	18:05:47	21:05:47	3.0	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT126
2022	AGO	18/08/2022	18/08/2022	08:41:59	13:53:34	5.2	Llamada	Estructura	Soldadura del soporte de Radiador	1	HT159
2022	AGO	18/08/2022	18/08/2022	10:34:53	11:29:38	0.9	Llamada	Refrigeración	Ajuste de tubería de refrigerante	1	HT105
2022	AGO	18/08/2022	18/08/2022	23:50:59	20:56:59	21.1	Llamada	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT087
2022	AGO	17/08/2022	17/08/2022	22:37:33	23:27:15	0.8	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT139
2022	AGO	16/08/2022	16/08/2022	21:33:29	22:42:14	1.1	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT087
2022	AGO	14/08/2022	14/08/2022	22:28:23	22:48:45	0.3	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT145
2022	AGO	11/08/2022	11/08/2022	08:04:33	08:47:24	0.7	Llamada	Estructura	Soldadura del soporte de Radiador	1	HT105
2022	AGO	10/08/2022	10/08/2022	02:31:43	04:27:08	1.9	Llamada	Lubricación	Bomba prelube	1	HT134
2022	AGO	10/08/2022	10/08/2022	04:37:20	05:07:07	0.5	Llamada	Electrónico	Termocuplas	1	HT087
2022	AGO	10/08/2022	10/08/2022	08:35:17	12:30:46	3.9	Llamada	Lubricación	Ajuste de cañería de lubricación	1	HT134
2022	AGO	10/08/2022	10/08/2022	23:01:45	02:21:25	3.3	Llamada	Lubricación	Cañería de lubricación	1	HT134
2022	AGO	08/08/2022	08/08/2022	11:56:38	15:25:23	3.5	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT145
2022	AGO	04/08/2022	04/08/2022	02:58:58	04:24:25	1.4	Llamada	Combustible	Ajuste de la cañería HP de la Bomba HPF	1	HT159
2022	AGO	04/08/2022	04/08/2022	07:22:26	08:11:30	0.8	Llamada	Combustible	Purgado del sistema	1	HT093
2022	AGO	03/08/2022	03/08/2022	07:00:00	16:12:00	9.2	Llamada	Electrónico	Alternador 24V	1	HT159
2022	AGO	01/08/2022	01/08/2022	12:57:57	15:26:06	2.5	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	AGO	01/08/2022	01/08/2022	16:41:55	19:00:00	2.3	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087

2022	AGO	01/08/2022	01/08/2022	19:00:00	21:49:04	2.8	PM	Estructura	Lavado de radiador	1	HT087
2022	AGO	01/08/2022	01/08/2022	22:31:51	23:37:27	1.1	Llamada	Combustible	Ajuste de la cañería HP de la Bomba HPF	1	HT159
2022	JUL	07/07/2022	07/07/2022	19:31:02	19:32:02	0.0	Llamada	Refrigeración	Manguera de refrigerante	1	HT087
2022	JUL	09/07/2022	09/07/2022	02:03:05	06:26:56	4.4	PM	Electrónico	Alternador 24V	1	HT087
2022	JUL	14/07/2022	14/07/2022	16:16:37	17:20:16	1.1	Llamada	Electrónico	Limpieza de conector de inyector	1	HT087
2022	JUL	01/07/2022	02/07/2022	11:10:03	22:49:03	35.7	PM	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT093
2022	JUL	01/07/2022	04/07/2022	07:00:00	01:05:24	90.1	Llamada	Motor	Culata	1	HT105
2022	JUL	18/07/2022	18/07/2022	11:25:28	12:06:07	0.7	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT105
2022	JUL	08/07/2022	08/07/2022	14:49:44	15:43:57	0.9	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT126
2022	JUL	16/07/2022	16/07/2022	08:28:04	17:18:07	8.8	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT126
2022	JUL	17/07/2022	24/07/2022	00:58:24	21:02:00	44.1	Llamada	Motor	Evaluación de motor	1	HT134
2022	JUL	17/07/2022	22/07/2022	00:58:24	22:06:48	141.1	Llamada	Motor	Culata	1	HT134
2022	JUL	10/07/2022	10/07/2022	20:26:43	06:59:43	10.6	Llamada	Motor	Evaluación de motor	1	HT139
2022	JUL	10/07/2022	13/07/2022	20:26:43	06:51:19	82.4	Llamada	Aire-Escape	Turbo	1	HT139
2022	JUL	12/07/2022	12/07/2022	18:22:25	19:00:00	0.6	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT145
2022	JUL	15/07/2022	15/07/2022	16:24:46	16:37:18	0.2	Llamada	Refrigeración	Ajuste de manguera de refrigerante	1	HT159
2022	JUL	29/07/2022	29/07/2022	08:06:54	09:24:28	1.3	Llamada	Combustible	Ajuste de bomba de cebado	1	HT087
2022	JUL	29/07/2022	29/07/2022	15:34:28	16:57:35	1.4	Llamada	Refrigeración	Ajuste de cañería de retorno del Turbo	1	HT087
2022	JUL	29/07/2022	29/07/2022	19:00:00	21:02:37	2.0	Llamada	Refrigeración	Cañería de retorno del turbo	1	HT087
2022	JUL	31/07/2022	31/07/2022	12:04:54	14:16:55	2.2	Llamada	Refrigeración	Ajuste de cañería de retorno del Turbo	1	HT134
2022	JUN	22/06/2022	22/06/2022	02:54:13	03:47:01	0.9	Llamada	Refrigeración	Ajuste de tubería de refrigerante	1	HT139
2022	JUN	22/06/2022	22/06/2022	11:22:42	12:52:42	1.5	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT139
2022	JUN	22/06/2022	22/06/2022	19:15:33	22:27:33	3.2	Llamada	Refrigeración	Tubería de retorno de refrigerante	1	HT139
2022	JUN	21/06/2022	21/06/2022	04:03:19	04:44:43	0.7	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT139
2022	JUN	21/06/2022	21/06/2022	20:25:21	21:31:57	1.1	Llamada	Refrigeración	Ajuste de tubería de refrigerante	1	HT139
2022	JUN	20/06/2022	20/06/2022	14:57:51	15:46:27	0.8	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT139
2022	JUN	19/06/2022	19/06/2022	22:54:50	23:40:26	0.8	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT139

2022	JUN	18/06/2022	18/06/2022	06:48:19	03:14:07	20.4	Llamada	Lubricación	Enfriador de aceite	1	HT139
2022	JUN	15/06/2022	16/06/2022	04:53:16	02:26:16	21.6	PM	Combustible	Inyector	1	HT139
2022	JUN	22/06/2022	23/06/2022	07:58:46	06:59:58	143.0	Llamada	Motor	Culata	1	HT105
2022	JUN	21/06/2022	21/06/2022	04:53:58	06:16:10	1.4	Llamada	Electrónico	Limpieza de Harness de motor	1	HT159
2022	JUN	21/06/2022	21/06/2022	07:26:33	10:52:21	3.4	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT159
2022	JUN	20/06/2022	21/06/2022	19:08:14	00:55:38	5.8	Llamada	Electrónico	Harness X2	1	HT145
2022	JUN	19/06/2022	19/06/2022	04:39:55	05:04:31	0.4	Llamada	Electrónico	Limpieza de conector de sensor de combustible	1	HT126
2022	JUN	27/06/2022	27/06/2022	15:58:58	16:55:58	1.0	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	JUN	18/06/2022	18/06/2022	14:44:56	16:26:56	1.7	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT126
2022	JUN	16/06/2022	16/06/2022	21:12:47	22:12:47	1.0	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT159
2022	JUN	14/06/2022	14/06/2022	10:39:04	10:46:52	0.1	Llamada	Electrónico	Evaluación de falla	1	HT087
2022	JUN	14/06/2022	14/06/2022	08:25:27	09:36:15	1.2	Llamada	Combustible	Configuración de alarma	1	HT087
2022	JUN	13/06/2022	13/06/2022	10:11:22	10:50:58	0.7	Llamada	Electrónico	Evaluación de falla	1	HT145
2022	JUN	13/06/2022	13/06/2022	10:11:22	10:50:58	0.7	Llamada	Electrónico	Evaluación de falla	1	HT145
2022	JUN	11/06/2022	11/06/2022	18:45:25	00:11:49	5.4	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT139
2022	JUN	10/06/2022	10/06/2022	09:34:37	10:15:25	0.7	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT126
2022	JUN	09/06/2022	09/06/2022	23:54:37	05:49:49	5.9	Llamada	Combustible	Ajuste de la cañería HP de la Bomba HPF	1	HT139
2022	JUN	06/06/2022	06/06/2022	10:20:16	11:13:04	0.9	Llamada	Combustible	Ajuste de valvula de drenaje del Davco	1	HT139
2022	JUN	05/06/2022	05/06/2022	09:49:32	11:50:08	2.0	Llamada	Lubricación	Manguera de respiradero	1	HT159
2022	JUN	04/06/2022	04/06/2022	21:18:00	22:04:12	0.8	Llamada	Lubricación	Limpieza de manguera de respiradero	1	HT159
2022	JUN	01/06/2022	01/06/2022	17:53:28	21:16:16	3.4	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT159
2022	JUN	01/06/2022	01/06/2022	17:32:32	08:03:44	14.5	Llamada	Aire-Escape	Turbo	1	HT105
2022	MAY	29/05/2022	29/05/2022	15:27:28	17:52:04	2.4	Llamada	Refrigeración	Ajuste de faja del ventilador	1	HT126
2022	MAY	28/05/2022	28/05/2022	23:55:47	00:49:11	0.9	Llamada	Electrónico	Alarma de Open Load	1	HT087
2022	MAY	28/05/2022	28/05/2022	17:15:01	18:07:13	0.9	Llamada	Electrónico	Alarma por alta presión fuel	1	HT093
2022	MAY	28/05/2022	28/05/2022	19:50:21	20:37:09	0.8	Llamada	Electrónico	Conector de Bomba Prelube	1	HT105

2022	MAY	26/05/2022	26/05/2022	14:42:47	15:33:47	0.9	Llamada	Combustible	Cañeria HP	1	HT145
2022	MAY	24/05/2022	24/05/2022	07:52:31	08:37:31	0.8	Llamada	Combustible	Ajuste de cañeria HP	1	HT126
2022	MAY	26/05/2022	26/05/2022	22:45:31	23:32:19	0.8	Llamada	Combustible	Ajuste de Cañeria HP	1	HT159
2022	MAY	24/05/2022	24/05/2022	08:32:21	09:24:33	0.9	Llamada	Combustible	Cañeria HP	1	HT159
2022	MAY	24/05/2022	24/05/2022	14:55:13	16:30:01	1.6	Llamada	Combustible	Ajuste de Cañeria HP	1	HT159
2022	MAY	22/05/2022	22/05/2022	17:26:52	21:22:04	3.9	Llamada	Electrónico	Sensor de presión de carter	1	HT126
2022	MAY	21/05/2022	21/05/2022	15:53:34	20:10:22	4.3	Llamada	Electrónico	Alternador 24V	1	HT126
2022	MAY	21/05/2022	21/05/2022	00:08:42	02:22:30	2.2	Llamada	Refrigeración	Ajuste de manguera de refrigerante	1	HT134
2022	MAY	20/05/2022	20/05/2022	19:58:47	13:42:35	17.7	Llamada	Combustible	Cañeria HP de la Bomba HP Fuel	1	HT126
2022	MAY	18/05/2022	18/05/2022	18:51:25	03:23:13	8.5	Llamada	Electrónico	Alternador 24V	1	HT134
2022	MAY	16/05/2022	16/05/2022	09:08:17	11:40:05	2.5	Llamada	Refrigeración	Cañeria de retorno del turbo	1	HT087
2022	MAY	15/05/2022	15/05/2022	17:23:42	18:13:30	0.8	Llamada	Electrónico	Limpieza de sensor de refrigerante	1	HT087
2022	MAY	15/05/2022	17/05/2022	23:30:38	05:48:38	54.3	Llamada	Estructura	Radiador	1	HT093
2022	MAY	15/05/2022	15/05/2022	02:52:15	04:16:51	1.4	Llamada	Refrigeración	Ajuste de faja del ventilador	1	HT126
2022	MAY	15/05/2022	15/05/2022	21:08:39	23:48:15	2.7	PM	Motor	Cambio de aceite	1	HT145
2022	MAY	12/05/2022	12/05/2022	10:20:13	13:55:01	3.6	Llamada	Electrónico	Harness de motor	1	HT134
2022	MAY	10/05/2022	10/05/2022	18:18:45	19:54:45	1.6	Llamada	Refrigeración	Ajuste de manguera de refrigerante	1	HT093
2022	MAY	10/05/2022	10/05/2022	16:58:01	17:38:13	0.7	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT134
2022	MAY	08/05/2022	08/05/2022	14:10:36	17:41:12	3.5	Llamada	Refrigeración	Ajuste de cañeria de retorno del Turbo	1	HT134
2022	MAY	08/05/2022	08/05/2022	07:41:47	15:35:11	7.9	Llamada	Lubricación	Oring del enfriador	1	HT105
2022	MAY	07/05/2022	07/05/2022	08:50:21	09:17:57	0.5	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT134
2022	MAY	07/05/2022	07/05/2022	16:56:55	14:54:31	22.0	Llamada	Refrigeración	Faja de ventilador	1	HT126
2022	MAY	06/05/2022	06/05/2022	17:23:18	17:56:54	0.6	PM	Refrigeración	Ajuste de faja del ventilador	1	HT139
2022	MAY	06/05/2022	06/05/2022	08:08:17	08:16:05	0.1	Llamada	Refrigeración	Ajuste de cañeria de retorno del Turbo	1	HT134
2022	MAY	06/05/2022	09/05/2022	12:41:03	19:44:39	79.1	Llamada	Aire-Escape	Turbo	1	HT145
2022	MAY	05/05/2022	05/05/2022	09:39:12	11:00:12	1.4	Llamada	Refrigeración	Ajuste de cañeria de retorno del Turbo	1	HT134
2022	MAY	05/05/2022	05/05/2022	11:26:00	11:41:00	0.3	Llamada	Lubricación	Inspección de fuga de aceite	1	HT105
2022	MAY	04/05/2022	04/05/2022	17:16:08	17:38:20	0.4	Llamada	Electrónico	Extracción de eventos	1	HT126

2022	ABR	27/04/2022	27/04/2022	10:26:02	11:29:02	1.1	Llamada	Electrónico	Limpieza de Termocuplas	1	HT145
2022	ABR	26/04/2022	26/04/2022	07:52:32	09:03:20	1.2	Llamada	Combustible	Ajuste de la valvula de alivio	1	HT126
2022	ABR	25/04/2022	25/04/2022	09:35:51	10:35:51	1.00	Llamada	Motor	Evaluación de carter	1	HT093
2022	ABR	25/04/2022	25/04/2022	22:47:12	23:26:12	0.7	Llamada	Lubricación	Manguera de lubricación	1	HT126
2022	ABR	25/04/2022	25/04/2022	03:04:20	03:46:56	0.7	Llamada	Refrigeración	Ajuste de manguera de refrigerante	1	HT134
2022	ABR	24/04/2022	24/04/2022	06:33:50	07:00:50	0.5	Llamada	Electrónico	Ajuste de conector de Prelube	1	HT087
2022	ABR	24/04/2022	24/04/2022	19:05:12	20:31:36	1.4	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT145
2022	ABR	23/04/2022	23/04/2022	12:47:42	14:48:54	2.0	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT105
2022	ABR	23/04/2022	23/04/2022	21:17:14	22:08:50	0.9	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT126
2022	ABR	23/04/2022	23/04/2022	04:04:05	04:38:53	0.6	Llamada	Refrigeración	Ajuste de manguera de refrigerante	1	HT134
2022	ABR	23/04/2022	23/04/2022	00:24:44	02:29:32	2.1	Llamada	Combustible	Bomba de combustible de baja	1	HT145
2022	ABR	22/04/2022	22/04/2022	01:32:30	03:48:42	2.27	Llamada	Electrónico	Cambio de termocuplas A6 / Opend Load	1	HT093
2022	ABR	22/04/2022	22/04/2022	19:39:14	20:39:14	1.0	Llamada	Electrónico	Alarma de Open Load	1	HT126
2022	ABR	22/04/2022	22/04/2022	00:35:58	01:26:22	0.8	Llamada	Lubricación	Tapa de llenado	1	HT145
2022	ABR	21/04/2022	21/04/2022	10:51:35	22:35:59	11.7	PM	Lubricación	Evaluación de filtro automatico	1	HT139
2022	ABR	20/04/2022	20/04/2022	22:21:38	23:33:02	1.2	Llamada	Refrigeración	Ajuste de valvula de drenado	1	HT134
2022	ABR	19/04/2022	19/04/2022	03:04:27	22:57:15	19.9	PM	PM	Culata	1	HT134
2022	ABR	19/04/2022	19/04/2022	08:10:19	09:29:31	1.3	Llamada	Lubricación	Tapa de filtro centrifugo	1	HT145
2022	ABR	18/04/2022	18/04/2022	15:44:52	16:58:04	1.2	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT159
2022	ABR	18/04/2022	18/04/2022	11:26:45	14:36:21	3.16	PM	PM	Filtros	1	HT093
2022	ABR	16/04/2022	16/04/2022	06:11:20	22:00:32	15.8	PM	PM	W4	1	HT159
2022	ABR	16/04/2022	16/04/2022	17:07:35	17:40:35	0.6	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT134
2022	ABR	14/04/2022	14/04/2022	14:55:07	15:43:43	0.8	Llamada	Electrónico	Limpieza de conector de la ECM	1	HT134
2022	ABR	08/04/2022	08/04/2022	19:28:11	20:29:59	1.0	Llamada	Refrigeración	Ajuste de tubo de refrigerante del turbo	1	HT134
2022	ABR	07/04/2022	07/04/2022	08:30:37	10:41:25	2.18	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT093
2022	ABR	07/04/2022	07/04/2022	23:42:29	01:34:41	1.9	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT126

2022	ABR	06/04/2022	06/04/2022	04:52:38	05:05:50	0.2	Llamada	Combustible	Purgado del sistema	1	HT126
2022	ABR	06/04/2022	06/04/2022	06:59:25	10:33:37	3.57	Llamada	Refrigeración	Tubo de refrigerante del turbo	1	HT093
2022	ABR	05/04/2022	05/04/2022	02:16:53	03:50:29	1.56	Llamada	Electrónico	Limpieza de conector de inyector	1	HT093
2022	ABR	04/04/2022	04/04/2022	11:42:31	14:26:19	2.7	Llamada	Electrónico	Conector de Inyector	1	HT134
2022	ABR	03/04/2022	03/04/2022	04:31:14	05:55:14	1.4	Llamada	Electrónico	Limpieza de conector de la ECM	1	HT126
2022	ABR	02/04/2022	02/04/2022	11:12:56	11:34:32	0.36	Llamada	Electrónico	Limpieza de conector del Prelube	1	HT093
2022	ABR	01/04/2022	01/04/2022	13:24:33	17:04:09	3.7	Llamada	Refrigeración	Tubo de refrigerante del turbo	1	HT134
2022	ABR	01/04/2022	02/04/2022	13:51:42	13:57:06	24.1	PM	PM	Ventilador	1	HT087
2022	MAR	31/03/2022	31/03/2022	17:17:41	17:27:53	0.2	Llamada	Refrigeración	Ajuste de faja del ventilador	1	HT087
2022	MAR	31/03/2022	31/03/2022	18:47:08	00:20:08	5.6	Llamada	Combustible	Valvula de alivio	1	HT087
2022	MAR	30/03/2022	30/03/2022	23:31:38	01:13:38	1.7	Llamada	Lubricación	Ajuste de manguera	1	HT087
2022	MAR	30/03/2022	30/03/2022	04:49:15	05:39:03	0.8	Llamada	Estructura	Relleno de refrigerante	1	HT134
2022	MAR	30/03/2022	30/03/2022	23:23:48	00:41:12	1.3	Llamada	Estructura	Manguera de refrigerante	1	HT134
2022	MAR	29/03/2022	29/03/2022	18:03:50	18:11:02	0.1	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT093
2022	MAR	29/03/2022	29/03/2022	08:17:26	09:21:02	1.1	Llamada	Estructura	Relleno de refrigerante	1	HT134
2022	MAR	29/03/2022	29/03/2022	07:53:16	10:25:04	2.5	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT126
2022	MAR	28/03/2022	28/03/2022	15:57:26	04:46:02	12.8	Llamada	Estructura	Rejilla de ventilador	1	HT145
2022	MAR	28/03/2022	28/03/2022	17:03:55	18:55:31	1.9	Llamada	Electrónico	Limpieza de conector de inyector	1	HT134
2022	MAR	27/03/2022	27/03/2022	07:31:05	06:16:41	22.8	Llamada	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT126
2022	MAR	24/03/2022	24/03/2022	02:04:18	04:24:06	2.3	Llamada	Motor	Cambio de aceite	1	HT087
2022	MAR	23/03/2022	23/03/2022	08:45:56	12:45:56	4.0	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT126
2022	MAR	22/03/2022	22/03/2022	20:02:16	02:01:40	6.0	Llamada	Lubricación	Sello de tapa de centrifugo	1	HT105
2022	MAR	22/03/2022	22/03/2022	23:08:40	01:54:52	2.8	Llamada	Refrigeración	Ajuste de abrazadera de manguera	1	HT093
2022	MAR	22/03/2022	22/03/2022	08:19:09	08:58:09	0.7	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT159
2022	MAR	21/03/2022	21/03/2022	16:10:18	17:15:06	1.1	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT093
2022	MAR	19/03/2022	19/03/2022	23:32:37	07:00:13	7.5	Llamada	Refrigeración	Faja de ventilador	1	HT105
2022	MAR	19/03/2022	19/03/2022	12:25:57	14:15:45	1.8	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	MAR	18/03/2022	18/03/2022	10:38:01	11:09:49	0.5	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087

2022	MAR	16/03/2022	16/03/2022	11:20:26	12:50:26	1.5	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT126
2022	MAR	15/03/2022	20/03/2022	00:17:40	16:50:04	136.5	PM	PM	CMB Motor / ML - Culata	1	HT093
2022	MAR	15/03/2022	15/03/2022	18:27:54	20:00:54	1.6	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	MAR	14/03/2022	14/03/2022	15:56:02	17:23:02	1.5	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT159
2022	MAR	14/03/2022	14/03/2022	17:34:48	18:55:48	1.4	Llamada	Motor	Termocuplas	1	HT159
2022	MAR	13/03/2022	13/03/2022	05:55:21	07:17:33	1.4	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT159
2022	MAR	13/03/2022	13/03/2022	07:28:48	11:11:24	3.7	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT126
2022	MAR	13/03/2022	13/03/2022	05:12:09	07:17:33	2.1	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT093
2022	MAR	12/03/2022	12/03/2022	17:58:01	18:10:01	0.2	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	MAR	11/03/2022	11/03/2022	19:41:58	07:41:58	12.0	PM	PM	Calibración de valvulas	1	HT139
2022	MAR	11/03/2022	11/03/2022	04:25:00	16:37:36	12.2	Llamada	Lubricación	Limpieza de Filtro automatico	1	HT126
2022	MAR	10/03/2022	10/03/2022	07:22:22	09:31:22	2.2	Llamada	Combustible	Ajuste de Riel RH	1	HT145
2022	MAR	09/03/2022	09/03/2022	10:46:05	03:38:53	16.9	PM	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT134
2022	MAR	05/03/2022	05/03/2022	09:27:31	19:00:31	9.6	Llamada	Refrigeración	Tuberia de retorno de refrigerante	1	HT093
2022	MAR	05/03/2022	05/03/2022	09:27:31	11:35:19	2.1	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT126
2022	MAR	04/03/2022	04/03/2022	09:27:31	11:10:07	1.7	Llamada	Combustible	Cañeria HP	1	HT159
2022	MAR	03/03/2022	03/03/2022	09:27:31	11:26:19	2.0	Llamada	Electrónico	Limpieza de sensor de velocidad del turbo	1	HT134
2022	MAR	02/03/2022	02/03/2022	09:27:31	09:38:19	0.2	Llamada	Combustible	Evaluación de alta presión de combustible	1	HT134
2022	MAR	01/03/2022	01/03/2022	09:27:31	10:03:31	0.6	Llamada	Refrigeración	Ajuste de templador	1	HT087
2022	FEB	28/02/2022	28/02/2022	18:30:00	01:30:00	7.0	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT139
2022	FEB	28/02/2022	28/02/2022	02:30:00	04:30:00	2.0	Llamada	Combustible	Evaluación de inyector	1	HT139
2022	FEB	27/02/2022	27/02/2022	18:58:02	22:51:26	3.9	Llamada	Combustible	Evaluación de inyector	1	HT139
2022	FEB	27/02/2022	27/02/2022	18:18:48	18:42:12	0.4	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	FEB	25/02/2022	25/02/2022	14:54:01	15:07:49	0.2	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	FEB	22/02/2022	22/02/2022	10:23:34	10:58:22	0.6	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	FEB	21/02/2022	21/02/2022	07:33:10	14:59:34	7.4	Llamada	Combustible	Evaluación de Bomba HP Fuel	1	HT105

2022	FEB	21/02/2022	21/02/2022	14:59:43	05:02:43	14.1	Llamada	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT105
2022	FEB	19/02/2022	19/02/2022	12:47:38	13:02:02	0.2	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT134
2022	FEB	19/02/2022	19/02/2022	17:34:33	18:06:57	0.5	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT134
2022	FEB	19/02/2022	19/02/2022	23:12:29	23:58:05	0.8	Llamada	Lubricación	Ajuste de perno de carter	1	HT159
2022	FEB	17/02/2022	17/02/2022	15:53:47	03:51:23	12.0	Llamada	Refrigeración	Manguera de refrigerante	1	HT159
2022	FEB	15/02/2022	15/02/2022	20:13:14	21:27:38	1.2	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT139
2022	FEB	14/02/2022	14/02/2022	16:40:00	01:38:12	9.0	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT134
2022	FEB	14/02/2022	14/02/2022	14:14:17	15:17:17	1.1	Llamada	Electrónico	Limpieza de solenoide	1	HT159
2022	FEB	13/02/2022	13/02/2022	17:02:53	18:21:29	1.3	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT139
2022	FEB	12/02/2022	12/02/2022	21:21:06	21:57:06	0.6	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT145
2022	FEB	10/02/2022	10/02/2022	16:52:25	18:29:01	1.6	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT159
2022	FEB	07/02/2022	07/02/2022	14:13:25	15:52:25	1.7	Llamada	Combustible	Evaluación de motor	1	HT126
2022	FEB	07/02/2022	07/02/2022	20:37:13	00:20:25	3.7	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT087
2022	FEB	05/02/2022	06/02/2022	09:46:01	15:40:01	29.9	Llamada	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT126
2022	FEB	03/02/2022	03/02/2022	15:36:54	02:02:42	10.4	Llamada	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT126
2022	FEB	01/02/2022	01/02/2022	18:24:16	20:46:28	2.4	Llamada	Electrónico	Sensor de presión de combustible	1	HT126
2022	FEB	01/02/2022	01/02/2022	22:09:33	23:28:09	1.3	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT134
2022	ENE	31/01/2022	31/01/2022	19:00:00	07:00:00	12.0	Llamada	Combustible	Valvula Moduladora	1	HT159
2022	ENE	29/01/2022	29/01/2022	18:20:59	23:23:59	5.1	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT134
2022	ENE	29/01/2022	29/01/2022	20:58:20	21:48:44	0.8	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT087
2022	ENE	26/01/2022	26/01/2022	18:36:15	21:55:27	3.3	Llamada	Refrigeración	Ajuste de abrazadera de manguera	1	HT087
2022	ENE	26/01/2022	26/01/2022	02:29:16	13:23:52	10.9	Llamada	Electrónico	Alternador 24V	1	HT093
2022	ENE	24/01/2022	24/01/2022	06:10:18	09:27:06	3.3	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT159
2022	ENE	22/01/2022	22/01/2022	17:02:21	21:15:33	4.2	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT159
2022	ENE	22/01/2022	22/01/2022	04:48:58	06:14:10	1.4	Llamada	Lubricación	Tapa de llenado	1	HT159
2022	ENE	21/01/2022	21/01/2022	16:45:26	16:53:50	0.1	Llamada	Combustible	Sello de filtro	1	HT159
2022	ENE	21/01/2022	21/01/2022	03:10:02	05:32:50	2.4	Llamada	Lubricación	Filtros	1	HT134
2022	ENE	19/01/2022	19/01/2022	16:28:05	17:43:41	1.3	Llamada	Estructura	Ajuste de templador del ventilador	1	HT145

2022	ENE	19/01/2022	19/01/2022	15:04:33	16:09:21	1.1	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	ENE	17/01/2022	17/01/2022	12:46:40	13:01:40	0.3	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	ENE	17/01/2022	17/01/2022	07:00:00	23:09:00	16.2	Llamada	Electrónico	Tarjeta CF	1	HT134
2022	ENE	10/01/2022	10/01/2022	16:31:36	00:10:36	7.7	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT159
2022	ENE	10/01/2022	10/01/2022	14:55:27	15:06:15	0.2	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	ENE	10/01/2022	10/01/2022	09:05:19	11:13:07	2.1	Llamada	Motor	Evaluación	1	HT159
2022	ENE	10/01/2022	10/01/2022	00:01:00	20:01:00	20.0	Llamada	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT159
2022	ENE	09/01/2022	09/01/2022	22:39:50	01:55:26	3.3	Llamada	Electrónico	ECM	1	HT159
2022	ENE	08/01/2022	09/01/2022	15:43:47	19:53:23	28.2	Llamada	Refrigeración	Perno de Fun Clutch	1	HT087
2022	ENE	08/01/2022	08/01/2022	12:06:53	12:11:41	0.1	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT159
2022	ENE	08/01/2022	08/01/2022	10:38:51	15:29:51	4.9	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	ENE	08/01/2022	08/01/2022	10:20:00	11:02:00	0.7	Llamada	Electrónico	Conector de Prelube	1	HT126
2022	ENE	08/01/2022	08/01/2022	09:42:32	10:14:56	0.5	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT087
2022	ENE	07/01/2022	08/01/2022	14:01:23	14:55:23	24.9	Llamada	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT093
2022	ENE	06/01/2022	06/01/2022	22:33:15	23:24:51	0.9	Llamada	Electrónico	Ajuste de terminal de Inyector	1	HT134
2022	ENE	06/01/2022	06/01/2022	14:11:55	16:10:07	2.0	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT093
2022	ENE	04/01/2022	04/01/2022	23:39:36	01:46:12	2.1	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT159
2022	ENE	04/01/2022	04/01/2022	04:49:10	08:58:10	4.2	Llamada	Electrónico	Alternador 24V	1	HT126
2022	ENE	03/01/2022	03/01/2022	20:32:16	20:44:16	0.2	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT159
2022	ENE	03/01/2022	03/01/2022	05:55:27	06:10:27	0.3	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT159
2022	ENE	03/01/2022	03/01/2022	05:50:14	09:34:38	3.7	Llamada	Electrónico	Alarma amarilla	1	HT139
2022	ENE	02/01/2022	02/01/2022	16:52:36	17:11:48	0.3	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT159
2022	ENE	01/01/2022	01/01/2022	12:12:47	12:27:47	0.3	Llamada	Refrigeración	Alarma de alta temperatura	1	HT159

## Anexo 7 disponibilidad de los equipos en el año 2023

Año	Mes	Fecha Inicio	Fecha Fin	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo de Falla	Motivo	Sistema	Componente	Cantidad de falla	Equipo
2023	MAY	27/05/2023	27/05/2023	05:52:28	16:59:37	11.1	PM	PM	W4 - Inyector	1	HT126
2023	MAY	20/05/2023	20/05/2023	11:58:40	18:00:23	6.0	PM	PM	Inyector	1	HT126
2023	MAY	23/05/2023	23/05/2023	01:52:59	04:24:00	2.5	Llamada	Refrigeración	Tuberia de retorno de refrigerante	1	HT134
2023	MAY	18/05/2023	18/05/2023	14:18:38	15:58:08	1.7	Llamada	Refrigeración	Reparación de tuberia de refrigerante	1	HT134
2023	MAY	14/05/2023	14/05/2023	03:06:35	03:28:16	0.4	Llamada	Lubricación	Línea de aceite	1	HT139
2023	MAY	25/05/2023	25/05/2023	17:17:21	18:59:57	1.7	PM	PM	Inyector	1	HT139
2023	MAY	20/05/2023	20/05/2023	12:00:00	15:00:00	3.0	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT126
2023	MAY	16/05/2023	16/05/2023	13:30:00	14:30:00	1.0	Llamada	Refrigeración	Sensor de refrigerante	1	HT126
2023	MAY	15/05/2023	15/05/2023	11:00:00	20:00:00	9.0	PM	PM	Inyector	1	HT159
2023	MAY	15/05/2023	15/05/2023	14:30:00	16:00:00	1.5	Llamada	Combustible	Cañería HP	1	HT145
2023	MAY	14/05/2023	14/05/2023	12:00:00	16:46:34	4.8	Llamada	Electrónico	Arrancador	1	HT093
2023	MAY	11/05/2023	11/05/2023	13:00:00	22:46:33	9.8	Llamada	Lubricación	Cambio de aceite	1	HT093
2023	MAY	10/05/2023	10/05/2023	02:30:00	17:47:02	15.3	Llamada	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT093
2023	MAY	08/05/2023	08/05/2023	06:45:00	09:55:25	3.2	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT093
2023	MAY	04/05/2023	04/05/2023	10:00:00	13:30:00	3.5	Llamada	Refrigeración	Ajuste de cañería de refrigerante	1	HT159
2023	MAY	04/05/2023	04/05/2023	02:41:00	03:41:00	1.0	Llamada	Lubricación	Oring del carter	1	HT139
2023	MAY	02/05/2023	25/07/2023	02:00:00	05:00:00	3.0	PM	PM	Filtros	1	HT159
2023	MAY	03/05/2023	27/07/2023	03:00:00	10:00:00	7.0	PM	PM	Cañería de refrigerante	1	HT159
2023	MAY	01/05/2023	31/07/2023	02:00:00	05:58:44	19.0	PM	PM	Bomba HP Fuel	1	HT159
2023	MAY	01/05/2023	03/05/2023	07:00:00	03:00:00	44.0	PM	PM	turbos A/B	1	HT126
2023	ABR	01/04/2023	05/07/2023	01:33:36	03:07:12	1.6	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT105
2023	ABR	04/04/2023	01/07/2023	00:56:28	01:52:55	0.9	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT105

2023	ABR	05/04/2023	05/07/2023	01:09:04	02:18:07	1.2	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT105
2023	ABR	06/04/2023	08/07/2023	01:00:04	02:00:07	1.0	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT105
2023	ABR	07/04/2023	08/07/2023	00:57:07	01:54:14	1.0	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT105
2023	ABR	07/04/2023	13/07/2023	09:54:04	19:48:07	9.9	Llamada	Electrónico	Limpieza de solenoide	1	HT105
2023	ABR	08/04/2023	08/06/2023	00:36:50	01:13:41	0.6	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería	1	HT093
2023	ABR	08/04/2023	08/06/2023	00:22:01	00:44:02	0.4	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT105
2023	ABR	08/04/2023	08/06/2023	02:27:54	04:55:48	2.5	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT134
2023	ABR	09/04/2023	09/06/2023	13:07:55	02:15:50	13.1	PM	PM	Inyector	1	HT093
2023	ABR	12/04/2023	02/06/2023	00:57:11	01:54:22	1.0	Llamada	Electrónico	Termocuplas	1	HT134
2023	ABR	15/04/2023	02/06/2023	02:16:41	04:33:22	2.3	Llamada	Aire - Escape	Evaluación de turbo	1	HT145
2023	ABR	15/04/2023	06/06/2023	02:18:22	04:36:43	2.3	Llamada	Aire - Escape	Flexible	1	HT105
2023	ABR	16/04/2023	19/06/2023	02:41:24	05:22:48	2.7	Llamada	Electrónico	Limpieza de sensor	1	HT145
2023	ABR	18/04/2023	20/06/2023	02:40:26	05:20:53	2.7	Llamada	Lubricación	Relleno de aceite	1	HT139
2023	ABR	21/04/2023	21/06/2023	01:05:13	02:10:26	1.1	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT126
2023	ABR	22/04/2023	21/06/2023	00:37:55	01:15:50	0.6	Llamada	Lubricación	Relleno de aceite	1	HT145
2023	ABR	23/04/2023	27/06/2023	07:00:00	14:00:00	7.0	Llamada	Lubricación	Relleno de aceite	1	HT139
2023	ABR	23/04/2023	03/06/2023	00:52:19	01:44:38	0.9	Llamada	Combustible	Ajuste de cañería HP	1	HT159
2023	ABR	25/04/2023	07/06/2023	10:30:54	21:01:48	10.5	Llamada	Lubricación	Reten de mando	1	HT139
2023	ABR	25/04/2023	09/06/2023	04:00:04	08:00:07	4.0	PM	PM	Ajuste del Perno FAN	1	HT145
2023	ABR	26/04/2023	09/06/2023	07:02:24	14:04:48	31.0	Llamada	Equipo	Incendio del equipo	1	HT105
2023	ABR	28/04/2023	11/06/2023	01:39:14	03:18:29	1.7	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT105
2023	ABR	30/04/2023	14/06/2023	02:00:00	04:00:00	2.0	Llamada	Aire - Escape	Turbo	1	HT105
2023	MAR	29/03/2023	29/03/2023	13:00:00	22:00:00	9.0	Llamada	lubricacion	Aceite de motor	1	HT105
2023	MAR	26/03/2023	27/03/2023	11:00:00	06:00:00	19.0	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT105
2023	MAR	19/03/2023	19/03/2023	13:00:00	14:00:00	1.0	Llamada	Electrónico	Limpieza de solenoide	1	HT126
2023	MAR	18/03/2023	18/03/2023	19:00:00	23:00:00	4.0	Llamada	Lubricacion	Bomba prelube	1	HT134
2023	MAR	17/03/2023	17/03/2023	17:00:00	19:30:00	2.5	Llamada	Electrónico	Harness X1	1	HT093
2023	MAR	17/03/2023	17/03/2023	09:00:00	10:00:00	1.0	Llamada	Combustible	Mantto. De Filtro Davco	1	HT145

2023	MAR	16/03/2023	16/03/2023	09:00:00	12:30:00	3.5	Llamada	Combustible	Cañeria de la valvula moduladora	1	HT139
2023	MAR	16/03/2023	16/03/2023	17:00:00	19:30:00	2.5	Llamada	Electrónico	Conector de sensor de nivel doble pared	1	HT105
2023	MAR	14/03/2023	14/03/2023	15:00:00	17:30:00	2.5	Llamada	Electrónico	Terminal de conector de inyector	1	HT126
2023	MAR	14/03/2023	14/03/2023	18:30:00	23:59:00	5.5	Llamada	Lubricacion	Aceite de motor	1	HT105
2023	MAR	08/03/2023	08/03/2023	07:15:00	08:35:00	1.5	Llamada	Combustible	Cañeria HP	1	HT145
2023	MAR	08/03/2023	08/03/2023	11:30:00	14:00:00	2.5	Llamada	Lubricacion	Sensor de presion de aceite	1	HT105
2023	MAR	08/03/2023	08/03/2023	13:30:00	16:00:00	2.5	Llamada	Electrónico	Alternador 24V	1	HT093
2023	MAR	07/03/2023	07/03/2023	17:30:00	22:00:00	4.5	Llamada	Combustible	Cañeria HP	1	HT139
2023	MAR	07/03/2023	07/03/2023	02:00:00	10:00:00	8.0	Llamada	Electrónico	Arrancador	1	HT134
2023	MAR	06/03/2023	06/03/2023	13:00:00	23:00:00	10.0	Llamada	Electrónico	Evaluación de motor	1	HT134
2023	MAR	01/03/2023	01/03/2023	20:50:00	22:10:00	1.3	Llamada	Motor	Evaluación de motor	1	HT093
2023	MAR	02/03/2023	02/03/2023	00:00:00	04:40:00	4.6	Llamada	Electrónico	Harness de motor	1	HT134
2023	MAR	01/03/2023	01/03/2023	17:45:00	21:15:00	3.5	Llamada	Electrónico	Sensor de nivel de refrigerante	1	HT134
2023	MAR	01/03/2023	01/03/2023	13:15:00	16:00:00	2.8	Llamada	Refrigeración	Cañeria de refrigerante	1	HT134
2023	FEB	28/02/2023	28/02/2023	20:00:00	22:00:00	2.0	Llamada	Refrigeración	Ajuste de cañeria de refrigerante	1	HT134
2023	FEB	28/02/2023	28/02/2023	08:30:00	09:00:00	0.5	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT134
2023	FEB	27/02/2023	27/02/2023	09:30:00	14:00:00	4.7	Llamada	Combustible	Linea de combustible - filtros	1	HT159
2023	FEB	26/02/2023	27/02/2023	19:00:00	17:00:00	22.0	Llamada	Electrónico	Alternador 24V	1	HT139
2023	FEB	19/02/2023	20/02/2023	18:00:00	01:30:00	7.5	Llamada	Combustible	Inyector	1	HT139
2023	FEB	19/02/2023	19/02/2023	19:00:00	21:30:00	2.5	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT093
2023	FEB	15/02/2023	15/02/2023	13:00:00	19:40:00	6.8	Llamada	Combustible	Valvula de retención	1	HT159
2023	FEB	15/02/2023	15/02/2023	00:00:00	01:00:00	1.0	Llamada	Aire-Escape	Evaluación de motor	1	HT126
2023	FEB	14/02/2023	14/02/2023	10:20:00	17:20:00	7.0	PM	Combustible	Inyector	1	HT126
2023	FEB	13/02/2023	13/02/2023	16:00:00	19:00:00	3.0	Llamada	Combustible	Evaluación de motor	1	HT159
2023	FEB	13/02/2023	13/02/2023	10:00:00	00:00:00	2.0	Llamada	Electrónico	Harness de sensores	1	HT145
2023	FEB	11/02/2023	11/02/2023	13:21	16:55:00	3.3	Llamada	Combustible	Filtros	1	HT159
2023	FEB	07/02/2023	10/02/2023	19:00:00	04:30:00	57.5	PM	Combustible	Sistema de doble pared	1	HT159

2023	FEB	02/02/2023	02/02/2023	18:20:00	21:29:00	3.9	Llamada	Electrónico	Sensor TRS	1	HT093
2023	ENE	09/01/2023	09/01/2023	03:55:00	04:23:00	21.0	Llamada	Refrigeración	Relleno de refrigerante	1	HT145
2023	ENE	09/01/2023	10/01/2023	07:00:00	04:30:00	9.8	Llamada	Combustible	Bomba HP Fuel	1	HT139
2023	ENE	05/01/2023	05/01/2023	11:02:00	20:52:00	2.6	Llamada	Refrigeración	Manguera de refrigerante	1	HT139
2023	ENE	04/01/2023	04/01/2023	00:00:00	02:45:00	0.5	Llamada	Refrigeración	Manguera de refrigerante	1	HT134
2023	ENE	04/01/2023	04/01/2023	09:00:00	09:30:00	0.5	Llamada	Electrónico	Evaluación del DPU	1	HT105