

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMATICA Y MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA



TESIS

**IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
CONFIABILIDAD DE LA FLOTA FERROVIARIA FEVE-MACOSA 2300 DE LA
EMPRESA INCARAIL – OLLANTAYTAMBO-CUSCO**

PRESENTADA POR:

Br. WENNER ALEX SONCCO LABRA

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

ASESOR:

Dr. Ing. EDGAR ALFREDO CATAORA ACEVEDO

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD DE LA FLOTA FERROVIARIA FEVE- MACOSA 2300 DE LA EMPRESA INCARAIL - OLLANTAYTAMBO - CUSCO"

Presentado por: WENNER ALEX SONCCO LABRA DNI N° 47562283

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO MECÁNICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 05%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 18 de junio de 2025



Firma

Post firma: EDGAR ALFREDO CATACORA ACEVEDO

Nro. de DNI: 23983057

ORCID del Asesor: 0000-0001-6182-9814

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259 : 467941154

Wenner Alex Soncco Labra

Tesis Alex Soncco 16-06-2025.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:467941154

Fecha de entrega

17 jun 2025, 11:05 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

17 jun 2025, 11:10 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis Alex Soncco 16-06-2025.pdf

Tamaño de archivo

29.5 MB

225 Páginas

41.380 Palabras

218.073 Caracteres

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
63 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
377 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

PRESENTACIÓN

La presente tesis titulada “IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD DE LA FLOTA FERROVIARIA FEVE-MACOSA 2300 DE LA EMPRESA INCARAIL – OLLANTAYTAMBO-CUSCO” el cual estuvo centrada en analizar los activos críticos de la flota, para ellos se utilizarán técnicas de mantenimiento modernas y efectivas que hasta el día de hoy han tenido mayor eficacia más que todo en el ámbito aeronáutico, ya que este medio de transporte es el más crítico en el cual se trasladan vidas humanas por el aire el cual le hace más riesgoso e inseguro y es por ello que este medio contempla esta estrategia de mantenimiento. Es el motivo por el cual se toma la iniciativa de estudiar esta implementación del Mantenimiento basado en la confiabilidad (R.C.M.) donde el campo de estudio es el transporte ferroviario que tenemos en la región del Cusco.

El análisis de estudio se constituyó netamente en la serie FEVE MACOSA de la serie 2300, el cual tiene como objeto el análisis de 06 unidades ferroviarias, los cuales históricamente antes de transportar pasajeros en la línea férrea de la región del Cusco estas realizaban transporte también de pasajeros en ciudades de España. Luego de su periplo en España estas unidades fueron importados al Perú por la empresa Crosland en el año 2009, donde la empresa viendo la rentabilidad de este negocio se encargaron de repotenciar y ponerlas en operatividad. En los años siguientes después de la repotenciación de estas unidades se vieron reflejado muchas fallas a lo largo de este tiempo de operación. Este es el principal motivo por el cual el presente trabajo está enfocado en la implementación de un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de estas unidades, donde se desarrolló la investigación y el análisis de la información y datos estadísticos recolectados a lo largo de 04 años, con estos datos se pudo analizar y contabilizar la vida útil de cada unidad

ferroviaria en estudio. Con el análisis de esta metodología en esta flota se pudo evidenciar el ordenamiento del análisis de fallas y por consiguiente la reducción de los modos de fallas existentes en los componentes críticos de la flota en estudio, en consecuencia, esta reducción influyo directamente en el aumento de disponibilidad de la flota de unidades ferroviarias.

DEDICATORIA:

Dedicado sobre todo a Dios y en especial para mis padres Don Anselmo Soncco Vásquez y Doña Catalina Labra Choquenayra quienes les agradezco la paciencia de todos estos años, donde el anhelo que ellos siempre quisieron era verme profesional.

A mis hermanos Rayner y Abel quienes estuvieron siempre ahí velando por mi bienestar profesional.

Y a mis demás familiares y amigos que siempre quisieron que este proyecto salga a flote, esperando con ansias este anhelo.

AGRADECIMIENTO

Siempre agradecido con mi Asesor Dr. Ing. Edgar Catacora el cual siempre estuvo pendiente de mi persona y siempre estuvo dándome el aliento necesario para concluir y titularme en la carrera profesional de Ingeniería Mecánica.

Y no olvidar a mis jefes y mentores laborales de la empresa Inca Rail, los cuales me enseñaron a que la vida no solamente es diversión, sino que la vida es para seguir firme en lo uno quiere con disciplina y respeto a los demás.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito empresarial el enfoque analítico de mejorar la eficiencia operacional y la sostenibilidad son recursos cruciales para el éxito a largo plazo, una de las estrategias con la que el mantenimiento a conseguido mejores resultados es el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (R.C.M). Donde esta estrategia a optimizado la mejora continua en las organizaciones que las han implementado y ejecutado.

La empresa Inca Rail, una de las operadoras principales de transporte ferroviario en el Perú y principalmente en la región de Cusco, está enfrentando desafíos de mejoras significativas en la gestión de su infraestructura y la flota de sus unidades ferroviarias, donde la alta demanda amerita que la puntualidad y seguridad sean un tema crítico en la atención de pasajeros que son usualmente turistas nacionales y extranjeros, estos aspectos hacen que maximice el interés de los usuarios al poder tener un destino seguro hacia su destino, este aspecto exige que la empresa Inca Rail implemente prácticas de mantenimiento más efectivas y concretas para su operación.

Este estudio se fundamentará en la elaboración de un plan de mantenimiento enfocado en la confiabilidad para la flota FEVE- MACOSA de Inca Rail. Donde este plan no solo trate los aspectos técnicos del mantenimiento las unidades ferroviarias en estudio, sino que también se tenga en cuenta las especificidades y requerimientos operativos de la compañía. Mediante el estudio detallado de los procesos vigentes, junto con la detección de herramientas y métodos del R.C.M., se pretende ofrecer a Inca Rail un marco estratégico que optimice su rendimiento operativo y asegure un servicio de alta calidad para los usuarios, con metodología que se realizó a la flota entregaron resultados donde se evidencia la mejora de la disponibilidad de la flota de unidades ferroviarias y también la reducción de costos de mantenimiento que anteriormente afectaban al área de mantenimiento y por consiguiente a la empresa.

RESUMEN

En la presente investigación se evalúa y analiza la relación de causa-efecto de las variables: “Implementación de un Plan De Mantenimiento Basado en la Confiabilidad de la Flota Ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la Empresa Inca Rail – Ollantaytambo-Cusco”

El trabajo de investigación plasma la importancia de incrementar la eficiencia y la disponibilidad operacional de la flota de autovagones ferroviarios FEVE MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Cusco. Dado el valor agregado del transporte ferroviario en la región, se persigue la puesta en marcha de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad de los activos, reduciendo en lo más mínimo el estatus de fallas y optimizando los costos operativos.

El propósito de esta tesis es elaborar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (R.C.M.) que asegure el óptimo funcionamiento operativo de la flota. Otro punto para considerar es valorar la condición actual de la flota de autovagones FEVE MACOSA 2300 y las estrategias de mantenimiento vigentes. Finalmente, sugerir optimizaciones en los procesos de mantenimiento preventivo y predictivo de la administración.

La metodología utilizada para realizar el estudio está basada en el análisis del estado actual, quiere decir que se realizó un diagnóstico de la flota mediante inspecciones, análisis de fallas pasadas y revisión del histórico de mantenimiento.

Se aplicó el RCM para identificar los modos de falla y sus efectos, priorizando aquellos que tienen mayor criticidad que afecte a la operatividad de las unidades de la flota.

Por consiguiente, se desarrolló un plan de mantenimiento que combina data del historial de mantenimiento con el análisis de confiabilidad, adaptando estrategias de mantenimiento efectivo a los componentes críticos de la flota

Para finalizar se identificó los componentes críticos para desarrollar una estrategia de mantenimiento basado en la confiabilidad para la mejora de la disponibilidad de la flota, optimizando recursos que reducen costos operativos, por lo que se recomienda la implementación de un plan de monitoreo continuo y adoptar el mantenimiento predictivo para poder anticiparnos a la falla.

Palabras Clave: Mantenimiento Centro en Confiabilidad (R.C.M.), Flota de trenes, Fiabilidad, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, Gestión de activos Ferroviarios, Análisis de Modos de Falla (FMAE/FMECA), Disponibilidad Operacional, Costos de Mantenimiento y Optimización de Mantenimiento.

ABSTRACT

In this research, the cause-effect relationship of the following variables is evaluated and analyzed: "Implementation of a Maintenance Plan Based on the Reliability of the FEVE-MACOSA 2300 Railway Fleet of the Inca Rail Company – Ollantaytambo-Cusco"

The research work reflects the importance of increasing the efficiency and operational availability of the fleet of FEVE MACOSA 2300 railway wagons of the Inca Rail company in Cusco. Given the added value of rail transport in the region, the implementation of a maintenance plan based on the reliability of the assets is pursued, reducing the status of failures in the least and optimizing operating costs.

The purposes of this thesis are to develop a reliability-based maintenance plan (RCM) that ensures the optimal operational performance of the fleet. Another point to consider is to assess the current condition of the FEVE MACOSA 2300 fleet of wagons and the current maintenance strategies. Finally, to suggest optimizations in the preventive and predictive maintenance processes of the administration.

The methodology used to conduct the study is based on an analysis of the current state. This means that the fleet was diagnosed through inspections, analysis of past failures, and a review of maintenance history.

The RCM was applied to identify failure modes and their effects, prioritizing those that have greater criticality that affects the operability of the fleet units.

Consequently, a maintenance plan was developed that combines maintenance history data with reliability analysis, adapting effective maintenance strategies to the critical components of the fleet

Finally, the critical components were identified to develop a reliability-based maintenance strategy to improve fleet availability, optimizing resources that reduce operating costs, so it is recommended to implement a continuous monitoring plan and adopt predictive maintenance to be able to anticipate failure.

Keywords: Reliability Maintenance Center (R.C.M.), Train Fleet, Reliability, Preventive Maintenance, Predictive Maintenance, Railway Asset Management, Failure Mode Analysis (FMAE/FMECA), Operational Availability, Maintenance Costs and Maintenance Optimization.

INDICE

CAPITULO I. Marco referencial.....	10
1.1 Título de Tesis.....	10
1.2 Responsable(s).....	10
1.3 Ámbito geográfico.....	10
1.4 El Problema.....	11
1.5 Formulación del problema.....	12
1.5.1 Problema general.....	12
1.5.2 Problemas específicos.....	12
1.6 Objetivos.....	13
1.6.1 Objetivo general.....	13
1.6.2 Objetivos específicos.....	13
1.7 Justificación del Estudio.....	14
1.8 Alcances.....	15
1.9 Limitaciones.....	15
1.10 Hipótesis.....	16
1.10.1 Hipótesis General.....	16
1.10.2 Hipótesis Específicas.....	16
1.11 Variables e Indicadores.....	17
1.11.1 Variable independiente.....	17
1.11.2 Variable dependiente.....	17
1.11.3 Indicadores.....	17
1.12 Metodología.....	17
1.13 Población y muestra.....	17
1.14 Técnicas de recolección de datos.....	18
1.15 Procesamiento de Datos.....	18
1.16 Técnicas de Análisis de Datos.....	18

1.17	Estado situacional de las unidades ferroviarias FEVE MACOSA 2300	19
1.17.1	Autovagones de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	19
CAPITULO II. Marco Teórico		26
2.1	Antecedentes del Problema.....	26
2.1.1	Antecedentes Internacionales.....	26
2.1.2	Antecedentes Nacionales	29
2.1.3	Antecedentes Locales.....	31
2.2	Bases Teóricas.	32
2.2.1	Mantenimiento	32
2.2.2	Gestión del mantenimiento	33
2.2.3	Tipos de mantenimiento.....	34
2.2.4	Tareas de mantenimiento	36
2.2.5	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (R.C.M.)	38
2.2.6	Secuencia de criterios mínimos de la Norma SAE JA1011.....	41
2.2.7	Metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	46
2.2.8	Las 7 preguntas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.....	55
2.2.9	Confiabilidad.....	56
2.2.10	Modelo probabilístico de Confiabilidad.	56
2.2.11	Tiempo Medio hasta una Falla (M.T.T.F.)	57
2.2.12	Tiempo Medio entre Fallas (M.T.B.F.).....	57
2.2.13	Disponibilidad.....	58
2.2.14	Modelo Weibull aplicado a la confiabilidad.....	58
2.2.15	Características generales de la Distribución Weibull	59
2.2.16	Características de la función de confiabilidad de Weibull.....	59

2.2.17	Aplicación del RCM	59
2.2.18	Beneficios de la implementación de RCM	60
2.2.19	Herramientas de Confiabilidad Operacional.....	61
2.2.20	Análisis posterior a la Implementación del RCM.....	67
2.2.21	Diagrama de toma de decisiones del R.C.M.....	68
CAPITULO III. DIAGNOSTICO Y ANALISIS DE COMPONENTES		71
3.1	Jerarquización de sistemas y subsistemas de los equipos con característica técnicas.....	71
3.2	Análisis de Plan de Mantenimiento de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300 78	
3.2.1	Definición de los objetivos del plan de mantenimiento de Flota Ferroviaria.....	78
3.2.2	Clasificación de los tipos de mantenimiento ejecutados en la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	78
3.2.3	Confiabilidad de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	97
3.2.4	Resultados de la confiabilidad de los componentes críticos.....	110
CAPITULO IV. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE COMPONENTE		113
4.1	Definición de la criticidad en la Flota Ferroviaria FEVE-MACOSA 2300.....	113
4.2	Criterios y análisis de las Consecuencias de Falla.....	113
4.3	Criterios de estimación de la consecuencia por componentes	115
4.4	Criterios para la evaluación para el análisis de criticidad.....	117
4.5	Cálculo de Matriz de criticidad.....	119
4.6	Jerarquización de sistemas en función de su criticidad.	120
4.7	Diagrama de Pareto.....	121
CAPITULO V. ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLAS		123

5.1	Criterios para analizar los Modos y Efectos de Fallas con referencia a los sistemas críticos.....	123
5.2	Análisis Funcional de los Modos y Efectos de Fallas de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	123
5.2.1	Funciones de los componentes.....	123
5.2.2	Fallas funcionales de los componentes.	124
5.3	Análisis de modos de fallas y sus efectos de los componentes.....	129
5.3.1	Análisis de modos de fallas y efectos del Motor Diesel	129
5.3.2	Análisis de modos de fallas y efectos de la Bomba de Inyección.	131
5.3.3	Análisis de modos de fallas y efectos del Turboacoplador.....	133
5.3.4	Análisis de modos de fallas y efectos de la Caja Hidromecánica – Voith 134	
5.3.5	Análisis de modos de fallas y efectos del Radiador.....	136
5.3.6	Análisis de modos de fallas y efectos de los Inyectores	138
5.3.7	Análisis de modos de fallas y efectos del Salón de pasajeros.....	139
5.3.8	Análisis de modos de fallas y efectos de Cables Eléctricos.....	141
5.3.9	Análisis de modos de fallas y efectos del Turbocompresor.....	141
5.3.10	Análisis de modos de fallas y efectos de la Compresora de Aire	142
5.3.11	Análisis de modos de fallas y efectos de los Componentes Eléctricos.	145
5.4	Diagrama de Decisiones del RCM, consecuencia de fallas de los componentes y tareas que se tienen que realizar.....	146
5.4.1	Hoja de decisiones del componente Motor Diesel.....	147
5.4.2	Hoja de decisiones del componente Bomba de Inyección.....	149
5.4.3	Hoja de decisiones del componente Turboacoplador	151
5.4.4	Hoja de decisiones del componente Caja Hidromecánica Voith	152

5.4.5	Hoja de decisiones del componente Radiador	153
5.4.6	Hoja de decisiones del componente Inyectores	154
5.4.7	Hoja de decisiones del subsistema Salón de Pasajeros.....	155
5.4.8	Hoja de decisiones del componente Cables Eléctricos.....	157
5.4.9	Hoja de decisiones del componente Turbocompresor	158
5.4.10	Hoja de decisiones del componente Compresora	159
5.4.11	Hoja de decisiones del componente Componentes Eléctricos.....	161
5.5	Plan de Mantenimiento de Componentes Críticos de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	162
5.5.1	Plan de mantenimiento de la Hoja de Decisiones del RCM, Bomba de Inyección.....	162
5.5.2	Plan de mantenimiento de la Hoja de Decisiones del RCM, Motor Diesel 164	
5.5.3	Plan de mantenimiento de la Hoja de Decisiones del RCM, Motor Diesel 166	
CAPITULO VI. ANÁLISIS TECNOECONOMICO DE RESULTADOS		167
6.1	Costos de mantenimiento de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	167
6.1.1	Costos totales de mantenimiento del componente Bomba de Inyección de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA.....	168
6.1.2	Costos total de mantenimiento del componente Motor Diesel de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA.....	171
6.1.3	Costos totales de mantenimiento del componente Radiador de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA.....	175
7	CAPITULO VII. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	178

7.1	Costos de mantenimiento de flota de autovagones ferroviarios de la serie FEVE MACOSA 2300	178
7.1.1	Comportamiento del análisis de costos, antes de una implementación de la metodología del R.C.M.....	178
7.1.2	Comportamiento del análisis de costos al implementar la metodología del R.C.M.	179
7.2	Disponibilidad de la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	180
7.2.1	Comportamiento de la disponibilidad, antes de una implementación de la metodología del R.C.M.....	180
7.2.2	Comportamiento de la disponibilidad al implementar la metodología del R.C.M.	181
CONCLUSIONES		183
RECOMENDACIONES.....		185
BIBLIOGRAFIA		187
ANEXOS		194
8.1	Matriz de consistencia.....	194
8.2	Operacionalización de variables	197

Índice de tablas

Tabla 1 Criterio de gravedad de fallo (G) para la evaluación de los efectos de falla	51
Tabla 2 Criterio de ocurrencia (O) para la evaluación de los efectos de falla.	52
Tabla 3 Criterio de probabilidad de no detección (D) para la evaluación de efectos de falla.	53
Tabla 4 Criterio de semaforización de acuerdo con el valor del NPR.....	53
Tabla 5 Criterio de Frecuencia de Falla (todo tipo de falla)	63
Tabla 6 Criterio de Impacto Operacional.....	63
Tabla 7 Criterio de Flexibilidad Operacional	64
Tabla 8 Criterio de Costos de Mantenimiento	64
Tabla 9 Criterio de Impacto en la Seguridad	64
Tabla 10 Análisis causa-raíz	66
Tabla 11 Arborización de sistema de propulsión.....	71
Tabla 12 Arborización de sistema de Transmisión.....	72
Tabla 13 Arborización de sistema neumático (aire)	73
Tabla 14 Arborización de sistemas de bogíes.....	74
Tabla 15 Arborización de sistema de electricidad y control.....	75
Tabla 16 Arborización de sistema de carrocería.....	77
Tabla 17 Frecuencia de mantenimientos preventivos de la flota Feve Macosa 2300.....	79
Tabla 18 Plan de mantenimiento preventivo de actividades por componentes de la flota Ferroviaria Feve Macosa 2300.....	80
Tabla 19 Tiempo de parada por Mantenimiento	93
Tabla 20 Mean Time To Repair (MTTR) Flota Ferroviaria FEVE MACOSA.....	94
Tabla 21 Mean Time Between Failure (MTBF) de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	95
Tabla 22 Resumen de los valores de la confiabilidad de los componentes críticos de la FLOTA FEVE MACOSA 2300	111
Tabla 23 Ponderación de las consecuencias que genera cada componente de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	114
Tabla 24 Resultados de las Consecuencias de falla de cada componente de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	115
Tabla 25 Resultado de la Criticidad de los componentes de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	117
Tabla 26 Análisis de Criticidad de componentes de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	120
Tabla 27 Análisis de Modos de Fallas y Efectos del Motor Diesel	129
Tabla 28 Análisis de Modos de Fallas y Efectos de la Bomba de Inyección	131
Tabla 29 Análisis de Modos de Fallas y Efectos del Turboacoplador.....	133
Tabla 30 Análisis de modos de fallas y efectos de la Caja Hidromecánica – Voith.....	134
Tabla 31 Análisis de modos de fallas y efectos del Radiador.....	136
Tabla 32 Análisis de modos de fallas y efectos de los Inyectores	138
Tabla 33 Análisis de modos de fallas y efectos del Salón de pasajeros.....	139
Tabla 34 Análisis de modos de fallas y efectos de Cables Eléctricos.....	141
Tabla 35 Análisis de modos de fallas y efectos del Turbocompresor.....	142
Tabla 36 Análisis de modos de fallas y efectos de la Compresora de Aire	143
Tabla 37 Análisis de modos de fallas y efectos de los Componentes Eléctricos.....	145
Tabla 38 Hoja de decisiones del componente Motor Diesel.....	147

Tabla 39	Hoja de decisiones del componente Bomba de Inyección.....	149
Tabla 40	Hoja de decisiones del componente Turboacoplador	151
Tabla 41	Hoja de decisiones del componente Caja Hidromecánica Voith.....	152
Tabla 42	Hoja de decisiones del componente Radiador	153
Tabla 43	Hoja de decisiones del componente Inyectores	154
Tabla 44	Hoja de decisiones del subsistema Salón de Pasajeros	155
Tabla 45	Hoja de decisiones del componente Cables Eléctricos	157
Tabla 46	Hoja de decisiones del componente Turbocompresor	158
Tabla 47	Hoja de decisiones del componente Compresora	159
Tabla 48	Hoja de decisiones del componente Componentes Eléctricos	161
Tabla 49	Plan de mantenimiento del componente Bomba de Inyección	163
Tabla 50	Plan de mantenimiento del componente Motor Diesel	164
Tabla 51	Plan de mantenimiento del componente Radiador.....	166
Tabla 52	Costo anual de mantenimiento de la Bomba de Inyección de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	168
Tabla 53	Comportamiento de los Costos de Mantenimiento con respecto a la confiabilidad de la Bomba de Inyección.	169
Tabla 54	Costo anual de mantenimiento del Motor Diesel de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	171
Tabla 55	Comportamiento de los Costos de Mantenimiento con respecto a la confiabilidad del Motor Diesel	172
Tabla 56	Costo anual de mantenimiento del Radiador de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	175
Tabla 57	Comportamiento de los Costos de Mantenimiento con respecto a la confiabilidad del Radiador.....	176
Tabla 58	Costos de Autovagones Críticos	178
Tabla 59	Análisis de Costos de la metodología del RCM	180
Tabla 60	Indicadores de mantenimiento de flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300	181
Tabla 61	Análisis de la disponibilidad de la metodología del RCM	182
Tabla 63	Historial de Maquina del Autovagón 941 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	198
Tabla 64	Historial de Maquina del Autovagón 943 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	200
Tabla 65	Historial de Maquina del Autovagón 951 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	202
Tabla 66	Historial de Maquina del Autovagón 952 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	206
Tabla 67	Historial de Maquina del Autovagón 953 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	209
Tabla 68	Historial de Maquina del Autovagón 953 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	213

Índice de Figuras

Figura 1	Ubicación de Taller de mantenimiento "Huayrajpunko"	10
Figura 2	Autovagón Feve Macosa 2300-Coche motor ATV951.....	21
Figura 3	Autovagón Feve Macosa 2300-Coche motor ATV952.....	21
Figura 4	Autovagón Feve Macosa 2300-Coche motor ATV953.....	22
Figura 5	Autovagón Feve Macosa 2300-Coche motor ATV954.....	23
Figura 6	Autovagón Feve Macosa 2300-Coche remolque ATV941	24
Figura 7	Autovagón Feve Macosa 2300-Coche remolque ATV943	25
Figura 8	Visión global del sistema de gestión del mantenimiento	34
Figura 9	Secuencia de criterios mínimos Norma SAE JA1011	41
Figura 10	Metodología del proceso RCM	47
Figura 11	Taxonomía de equipos con niveles taxonómicos	49
Figura 12	Metodología de RCM ampliada.	55
Figura 13	Curva de Supervivencia.....	57
Figura 14	Matriz de criticidad	61
Figura 15	Diagrama de Decisiones del RCM	69
Figura 16	Hoja de Decisiones del RCMII	70
Figura 17	Programa de Mantenimientos Preventivos realizados y kilometrajes del 2018.....	88
Figura 18	Programa de Mantenimientos Preventivos realizados y kilometrajes del 2019.....	88
Figura 19	Programa de Mantenimientos Preventivos realizados y kilometrajes del 2020.....	88
Figura 20	Programa de Mantenimientos Preventivos realizados y kilometrajes del 2021.....	89
Figura 21	Programa de Mantenimientos Preventivos realizados y kilometrajes del 2022.....	89
Figura 22	Distribución de fallas correctivos de la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	91
Figura 23	Diagrama de Pareto de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	92
Figura 24	Disponibilidad Anual de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.....	97
Figura 25	Diagrama de Pareto de los Sistemas Críticos del Autovagón ATV951	98
Figura 26	Diagrama de Pareto de Componentes del Sistema de Propulsión del ATV 951.....	99
Figura 27	Confiabilidad de la Bomba de Inyección del ATV 951	100
Figura 28	Confiabilidad del Motor Diesel del ATV951.....	101
Figura 29	Confiabilidad del Radiador del ATV951	102
Figura 30	Diagrama de Pareto de los Sistemas Críticos del Autovagón ATV952.....	103
Figura 31	Diagrama de Pareto de Componentes del Sistema de Propulsión del ATV 952.....	104
Figura 32	Confiabilidad de la Bomba de Inyección ATV952	105
Figura 33	Confiabilidad del Motor Diesel del ATV952.....	106
Figura 34	Diagrama de Pareto de los Sistemas Críticos del Autovagón ATV954.....	107
Figura 35	Diagrama de Pareto de Componentes del Sistema de Propulsión del ATV 954.....	108
Figura 36	Confiabilidad del Motor Diesel del ATV954.....	109
Figura 37	Confiabilidad de la Bomba de Inyección ATV954.	110
Figura 38	¡Error! Marcador no definido.
Figura 39	Análisis de Criticidad de Componentes de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300	122
Figura 40	Costos globales de mantenimiento de la Bomba de Inyección	170
Figura 41	Costos Globales de mantenimiento del Motor Diesel	174
Figura 42	Costos Globales de mantenimiento del Radiador.....	177

CAPITULO I. Marco referencial

1.1 Título de Tesis

“Implementación de un Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA-2300 de la empresa Inca Rail – Ollantaytambo-Cusco”.

1.2 Responsable(s)

Autor: Bach. Soncco Labra, Wenner Alex.

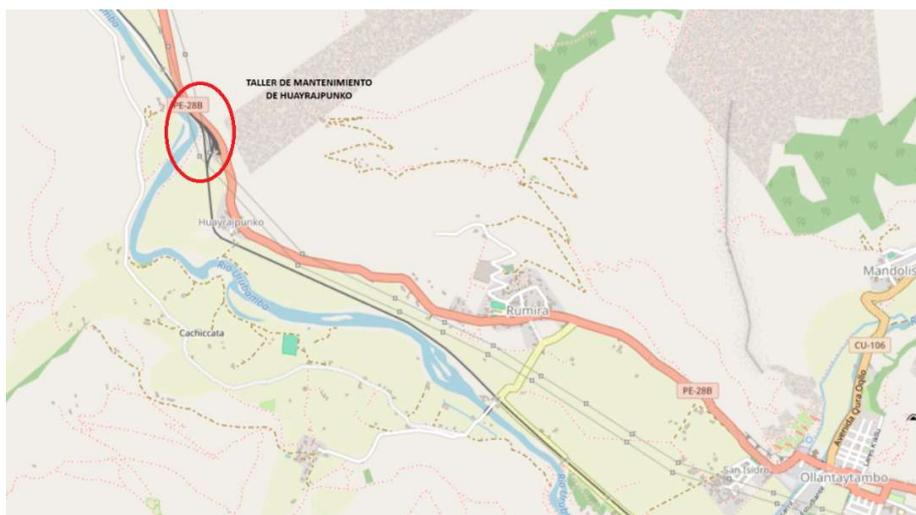
Asesor: Msc. Ing. Catacora Acevedo, Edgar Alfredo.

1.3 Ámbito geográfico

El taller de mantenimiento de la empresa Inca Rail se encuentra situado en la localidad de “Huayrajpunko” aproximadamente a 3 Km del pueblo de Ollantaytambo perteneciente a la provincia de Urubamba (Cusco) con una extensión aproximada de 10,000 m². En la Figura 1 se visualiza la ubicación satelital del taller.

Figura 1

Ubicación de Taller de mantenimiento "Huayrajpunko"



Fuente: Obtenido de (openstreetmap, 2024)

1.4 El Problema

En la línea ferroviaria nacional hay muchos aspectos críticos en la labor de los mantenedores los cuales se tienen que subsanar a un largo plazo con estudios, hipótesis y conclusiones, con lo expuesto indicaré que estos aspectos críticos afectan directamente a la disponibilidad de mantenimiento de esta flota, puesto que estos aspectos generan impactos económicos severos que a percepción macro pareciese que no afectaría a la empresa, pero haciendo cálculos estadísticos cuantificados efectivamente impactan en la economía de la empresa conllevando a tener una devaluación por motivos de costos de mantenimiento en la empresa.

Un claro ejemplo es cuando se tiene muchos mantenimientos correctivos no programados tanto mecánico, eléctrico e interiorismo donde no se tiene un plan o proyecto de correctivos programados que ayuden a minimizar o mitigar dichos mantenimientos correctivos no programados los cuales conllevan a gastar por estos mantenimientos.

Después tenemos un déficit cuantificador donde se verifica que no se cuenta con contadores efectivos y reales que puedan entregar datos numéricos exactos que entrega la máquina y esta a su vez ayuden a cuantificar y controlar los desgastes reales de cada componente y por consiguientes podamos generar un cuadro estadístico de jerarquización de desgaste de cada componente.

La disponibilidad mecánica que nos entrega en promedio por toda la flota es del 75% lo cual no es un buen indicador en la gestión de mantenimiento.

Estos serían todos los aspectos problemáticos que el área de mantenimiento de la empresa Inca Rail del Cusco – Ollantaytambo tiene, los cuales con esta propuesta de aplicación del R.C.M. se busca mejorar.

1.5 Formulación del problema.

1.5.1 Problema general

¿En qué medida la implementación de un Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad mejorará la disponibilidad de la Flota Ferroviaria Feve-Macosa 2300 de la Empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco?

1.5.2 Problemas específicos

- ¿Cuál sería la metodología apropiada para diagnosticar de forma jerarquizada los tipos de fallas de los sistemas de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco?
- ¿Cuál sería la técnica idónea para organizar la información y el diagnóstico del análisis de componentes para aplicarlo en una estrategia de mantenimiento de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco?
- ¿Cuál sería la metodología más efectiva para determinar el nivel de criticidad de fallas en los sistemas, subsistemas y componentes de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco?
- ¿Será posible que al aplicar la metodología del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad se podrá reducir los costos de mantenimiento de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Implementar el Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (R.C.M., en sus siglas en inglés) para incrementar la disponibilidad operacional de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco.

1.6.2 Objetivos específicos

- Desarrollar el diagnóstico de los sistemas y por consiguiente jerarquizar las fallas críticas que se dan en los sistemas, subsistemas y componentes de las unidades de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco.
- Aplicar la técnica del Análisis Modal de Fallas y Efectos (A.M.F.E.) para las atender y priorizar los sistemas, subsistemas y componentes críticos de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco.
- Generar una matriz de Análisis de Criticidad de los sistemas, subsistemas y componentes de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail- Ollantaytambo-Cusco.
- Analizar como el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (R.C.M., en sus siglas en inglés) repercuten en el resultado tecno-económico de la gestión de mantenimiento en la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail- Ollantaytambo-Cusco.

1.7 Justificación del Estudio.

El presente estudio se justifica al hecho de que se debería de modificar la metodología de control actual del mantenimiento que se han estado realizando en la flota FEVE MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en los últimos años, el cual viene generando mayores gastos por este concepto que lo presupuestado anualmente por la empresa, donde se pudo hallar que hay un mayor número de incidencias(fallas), los cuales conllevan a tener mayor número de mantenimientos correctivos no programados que generan un mayor porcentaje en gastos hormiga en el Departamento de Mantenimiento y afecta crítica y gradualmente a los egresos en las finanzas de la empresa.

Con la propuesta de implementación de la metodología del plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (R.C.M.) los cuales al largo de los años han generado resultados satisfactorios en la seguridad, el cuidado y preservación de los activos en las diferentes organizaciones que aplicaron esta metodología y más que todo sobrevalorado y aplicado en la industria aeronáutica civil internacional el cual ha reducido considerablemente los accidentes fatales en un 99%. También se tiene registro que se redujeron considerablemente las fallas en los diferentes sistemas que componen estas flotas de aeronaves y por consiguiente este resultado se ve reflejado en los costos por mantenimiento, los cuales según la bibliografía estudiada sufrieron una disminución a largo plazo y esto generó utilidades en las compañías aeronáuticas que la practican.

Entonces teniendo estas consideraciones y experiencias se llega a la conclusión de poder estudiar esta metodología en implantarla al mantenimiento de trenes y autovagones en la región que según la perspectiva de otras industrias u organizaciones si obtuvieron los resultados aceptables y efectivos en aplicarlo.

Para este estudio se obtuvieron datos reales que se registraron a lo largo de 04 años y que será objeto de estudio, esta data sigue siendo manejada hasta entonces. Con estos datos se ha realizado el análisis y aplicación de las técnicas de la metodología de propuesta de implementación del plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (R.C.M.).

1.8 Alcances

- Este trabajo de tesis tiene una aplicación de carácter de nivel investigativo en la ingeniería de mantenimiento.
- Se enfocó en el análisis de criticidad de los componentes y como es comportamiento de los modos de fallas y efecto de la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300.
- Se realizo un análisis cuantitativo del factor económico que rige la aplicación de esta metodología del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad de la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300.

1.9 Limitaciones

- La implementación del R.C.M. en la flota ferroviaria de la empresa INCARAIL, se encuentra en la fase inicial del proceso.
- El plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (R.C.M.) estará limitada para la flota FEVE MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail.
- Este plan de mantenimiento estará limitado para el uso en condiciones normales de operación de las unidades.
- Este plan de mantenimiento estará limitado para los sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos y de confort (aire acondicionado y salón).
- El plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (R.C.M.) está siendo analizado con el programa Office Microsoft Excel, esto a razones de que el área de mantenimiento está

familiarizada con este programa que actualmente lo vienen trabajando. Aun no se cuenta con el presupuesto adecuado para la adquisición de un software especializado ERP.

1.10 Hipótesis.

1.10.1 Hipótesis General.

El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M.) influirá directa y significativamente en la mejora de la disponibilidad operacional de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco.

1.10.2 Hipótesis Específicas.

- Con el registro histórico de los mantenimientos de los sistemas permitirá diagnosticar y jerarquizar el nivel de criticidad de las fallas de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail- Ollantaytambo-Cusco
- La metodología del Análisis Modal de Fallas y Efectos (A.M.F.E.) permitirá priorizar los modos de fallas de los sistemas, subsistemas y componentes de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail- Ollantaytambo-Cusco.
- Con la Matriz de Análisis de Criticidad se definirá la criticidad de los sistemas, subsistemas y componentes de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail- Ollantaytambo-Cusco.
- El Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (R.C.M.) permitirá una variación favorable de los costos de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail- Ollantaytambo-Cusco.

1.11 Variables e Indicadores.

1.11.1 Variable independiente

Plan de Mantenimiento basado en la confiabilidad de la flota FEVE-MACOSA 2300

1.11.2 Variable dependiente

Disponibilidad de unidades ferroviarias.

1.11.3 Indicadores

- M.T.B.F. (Mean Time Between Failures). - Tiempo medio entre fallas del activo.
- M.T.T.R. (Mean Time to Repair). - Tiempo medio de reparaciones.

1.12 Metodología

Revisando el nivel de estudio es de tipo explicativo puesto que se definió conceptos de causas y por lo tanto también las consecuencias del estudio, relacionando así las fallas que existen en la flota realizando un análisis detallado para llegar a una confiabilidad aceptable.

El propósito de esta investigación será del tipo aplicativo porque realizaremos una estrategia para elaborar planes de mantenimiento completos donde serán aplicados a nuestro objeto de estudio.

Según el tratamiento de las variables, la investigación es del tipo no experimental pues no se tratará la información suministrada, solo se analizará y se enfocaran los datos existentes.

1.13 Población y muestra.

La población de estudio que se realizó comprende solamente flota FEVE MACOSA que consta de 06 unidades ferroviarias, donde 04 unidades son cabeceras (llevan 02 motores tractivos) y 02 unidades intermedias (01 motor estacionario sin cabinas).

La muestra se realizó con los 02 tipos de unidades ferroviarias (Cabina e intermedio)

1.14 Técnicas de recolección de datos.

La técnica que se utilizó fue el análisis documental, donde se analizó y verificó el documental histórico físico y digital de la empresa y como son los antecedentes de la gestión de mantenimiento y como se ejecutaban antes de presentar la propuesta.

1.15 Procesamiento de Datos

Se realizó los siguientes procedimientos:

- Recolección de datos
- Recolección de registro de control del equipo de flota
- Determinación de tiempo entre fallas
- Determinación de parámetros de confiabilidad
- Identificación de elementos críticos
- Elaboración de diagrama para interpretar los componentes más críticos
- Conclusiones

1.16 Técnicas de Análisis de Datos

Las técnicas para el análisis que se utilizaron son: La recopilación, presentación, interpretación del análisis de la data numérica para el desarrollo de la tesis, siendo de forma más detallada las siguientes fuentes:

- Recopilación de información y análisis de datos.
- Investigación en internet y tesis relacionadas con el tema de investigación.
- Historial de equipo FEVE-MACOSA 2300.

1.17 Estado situacional de las unidades ferroviarias FEVE MACOSA 2300

1.17.1 Autovagones de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

1.17.1.1 Reseña histórica de fabricación de unidades ferroviarias FEVE MACOSA 2300

Crosland fue la empresa que importó esta flota de la serie FEVE MACOSA 2300 el cual por consiguiente inició con la empresa de transporte ferroviario Inca Rail. Sus unidades ferroviarias de transporte de pasajeros realizan el traslado en la ruta ferroviaria desde la ciudad del Cusco hacia el pueblo de Machu Picchu y viceversa, teniendo como estación recurrente las de Ollantaytambo y Machu Picchu que también realiza el transporte de viceversa.

Una breve reseña de estas unidades es que son encomendadas a su fabricación a la firma alemana MAN el cual designa el ensamblaje y la construcción a las empresas manufactureras “Euskalduna” y “Material Móvil y Construcciones” de nacionalidad española, las cuales a solicitud del estado español intervienen en incluir en su red de ferrocarriles una línea estrecha que unía los tramos cortos que existen en este estado, donde a mediados de los años 60 el estado español hace la compra de 69 automotores diésel a esta firma alemana (MAN) que solamente operan en una línea estrecha o trocha angosta (medida ancho de vía 1.668mm.). En su trayecto las unidades fueron vendidas a la empresa FEVE (Ferrocarri de Vía Estrecha) remodelados en los años 1985 y 1987, desde ese entonces las unidades han estado operando en diferentes puntos en el estado hasta el año 2012 que la empresa FEVE decide retirarlos del servicio, por consiguientes estos fueron dejados en una vía muerta en la localidad de Figaredo, Galicia, España. Entonces la empresa peruana Crosland decide adquirir y repatriar estas unidades y trasladarlos al Perú para poder operar en esta línea estrecha o trocha angosta que hay entre Cusco y Machu Picchu, que esta es de las pocas líneas que hay en la red de vías ferroviarias del Perú (En Perú la mayoría son de líneas son de trocha ancha).

En la flota que se estudió existen 2 clases de vehículos ferroviarias de la misma serie las cuales son llamadas comúnmente como unidades punteras o coches motor, ya que estas unidades son que lideran el convoy de triplas de esta serie. Estas unidades son de transporte son de uso exclusivo de transporte de pasajeros.

1.17.1.2 Datos técnicos de coches motor FEVE MACOSA 2300.

- Estas unidades son traccionadas por 02 motores horizontales de la marca MAN D2866 UH de 6 cilindros en línea con una cilindrada de 11,967cc y una potencia de 310 HP (228KW) – 410 HP (301KW) con una revolución máxima de 1,500 r.p.m., y un par máximo de 695.5 Nm y un sistema de inyección directa.
- Estas unidades son constituidas por 02 cajas de transmisión reductoras de velocidad de la marca RENK 230.
- Estas unidades también contemplan 02 caja hidromecánica Voith DIWA 560-380 el cual tiene una función específica de cambiar las velocidades suaves y eficaces,
- Su sistema de frenos está constituido por un sistema neumático usa aire comprimido para accionar los mecanismos y componentes de este sistema en cada rueda. Entregando una desaceleración precisa y uniforme de la unidad.
- La mediadas de la carrocería de este coche motor es de una longitud de 17,220 mm, ancho 2,455mm y una altura máxima de 3,665 mm.
- El sistema eléctrico está constituido por instalaciones y cableados que accionan todo el circuito de luces, arranque y alternancia de voltaje de 24V a esta unidad.
- Los bogie's están constituidos por un sistema de suspensión con muelles helicoidales

Prosiguiendo con el recuento de datos técnicos se visualizará en las figuras siguientes el estado actual de las unidades punteras (coche motor).

Figura 2

Autovagón FEVE MACOSA 2300-Coche motor ATV951



Figura 3

Autovagón FEVE MACOSA 2300-Coche motor ATV952



Figura 4

Autovagón FEVE MACOSA 2300-Coche motor ATV953



Figura 5

Autovagón FEVE MACOSA 2300-Coche motor ATV954



1.17.1.3 Datos técnicos de coches remolque FEVE MACOSA 2300.

- Estas unidades son estacionarias con 01 motor que transfiere la energía mecánica a energía eléctrica de orientación horizontal de la marca VOLVO THD101-GB de 6 cilindros en línea con una cilindrada de 9.6 litros y una potencia de 242 HP con una revolución máxima de 1,400 r.p.m. y un sistema de inyección directa.
- Estas unidades también contemplan 01 alternador sincrónico que transfiere la energía mecánica que envía el motor para convertirla en energía eléctrica necesaria para iluminar el coche remolque, con una potencia nominal de 15KVA en configuración trifásica con tensión de salida de 380 V y una frecuencia de 50 Hz.

- Su sistema de frenos está constituido por un sistema neumático que usa aire comprimido para accionar los mecanismos y componentes de este sistema en cada rueda. Entregando una desaceleración precisa y uniforme de la unidad.
- Las medidas de la carrocería de este coche motor es de una longitud de 15,220 mm, ancho 2,450mm y una altura máxima de 3,670 mm.
- El sistema eléctrico está constituido por instalaciones y cableados que accionan todo el circuito de luces, arranque y alternancia de voltaje de 24V a esta unidad.
- Los bogie's están constituidas por un sistema de suspensión con muelles helicoidales

Prosiguiendo con el recuento de datos técnicos se visualizará en las figuras siguientes el estado actual de las unidades intermedias (coche remolque).

Figura 6

Autovagón FEVE MACOSA 2300-Coche remolque ATV941



Figura 7

Autovagón FEVE MACOSA 2300-Coche remolque ATV943



CAPITULO II. Marco Teórico

2.1 Antecedentes del Problema

2.1.1 *Antecedentes Internacionales*

1. Yanez (2021) en su estudio “Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (R.C.M.) para una flota de buses urbanos en el Sur de Quito”, tuvo como propósito llevar a cabo el desarrollo de un Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos, permitiendo así llegar a cumplir el objetivo principal del RCM que fue aumentar la disponibilidad y la confiabilidad de las unidades, en conjunto con la reducción del tiempo improductivo por mantenimiento no programado y la disminución de gastos innecesarios por reparaciones que se pueden evitar. En este Plan se llevó a cabo un análisis de criticidad para los autobuses y sus sistemas funcionales, además se establecieron los modelos de mantenimiento más adecuados. Posteriormente, se realizó un análisis de fallos que identificó los principales problemas de la flota. La implementación resultó en una disminución del 47% en las paradas por mantenimiento correctivo, y la tasa de fallos de la flota se redujo en un 46%, lo que a su vez aumentó tanto la confiabilidad como la disponibilidad. Los costos totales de mantenimiento se redujeron en un 26% tras implementar el plan, al compararlo con meses anteriores sin RCM, que tenían un costo trimestral de \$41,322.51. Con la implementación del RCM, este costo se reduce a \$30,466.00, logrando así un ahorro para la empresa de \$10,856.50.
2. Jimenez (2020) en su investigación titulada “Propuesta de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM, a los activos críticos del sistema eléctrico de distribución a nivel de subestaciones, en la empresa Continental Tire Andina S.A.” se analizaron las

tasas de fallo (variables) de los eventos de interrupciones del suministro de energía totales y parciales registrados en el período enero 2016 – febrero 2019. El equipo de trabajo para la aplicación de la metodología RCM en la compañía fue integrado con personal del área de Ingeniería de planta con un alto interés y compromiso en temas relacionados con: mantenimiento, eficiencia, optimización de recursos, confiabilidad, mejora continua, entre otros. La metodología RCM reveló que los activos críticos en el sistema eléctrico de Continental Tire Andina son el transformador de potencia (TR1) y los interruptores de la subestación de 69 kV. La falta de un transformador de respaldo o redundancia en la configuración de la red significa que si alguno de estos elementos falla, afectaría de manera significativa las operaciones de la empresa. Concluyendo que la aplicación de RCM incluye la elaboración de un catálogo de posibles fallas, que se basa en un análisis exhaustivo de los activos en su entorno operativo. Esto se logra mediante la colaboración de expertos y el uso de documentación técnica. El propósito es proponer tareas programadas efectivas en un plan de mantenimiento que asegure la preservación de los activos. Esto, a su vez, mejora la gestión de recursos, proporciona documentación esencial para la toma de decisiones y garantiza la continuidad del servicio eléctrico, entre otros beneficios.

3. Gargallo (2019) en su investigación titulada “ Planificación operativa del mantenimiento de material rodante ferroviario de alta velocidad, La Rioja - España, 2019 ” Nos indica lo crucial que pueden ser para una organización los costes de mantenimiento y la importación de la rentabilidad de los activos de la organización ferroviaria, donde la disponibilidad del material rodante ferroviario aumentara los servicios comerciales de la organización aprovechando así la flota disponible. Es por ello que realizan este estudio ya que la disponibilidad será el tiempo el cual se pueda emplear para el servicio comercial. La tarea

de cálculo respecto a las paradas es una tarea tediosa para un planificador de mantenimiento que debe realizarlo de manera manual, para ello en esta tesis se encontró una solución la cual es construir un flujograma informatizado de secuenciación para realizar simulaciones y análisis de aprovechamientos de los recursos que se cuentan, así contribuir en la disminución de coste por mantenimiento del material rodante ferroviario. Concluyendo se encontró un método de un algoritmo cuasi genético el cual busca una solución mediante la sucesión de flujogramas donde dicho algoritmo se le denomina OMSA (Operational Maintenance Sequencing Algorithm), donde se aplicó dichos resultados de estudio con mucho éxito como planificación de estadías.

4. Allasi (2016) en su estudio realizado en Valencia titulado “Propuesta de un plan de mantenimiento para la Flota Vehicular Megalog” El presente trabajo ha sido desarrollado en la flota vehicular MEGALOG en Marruecos que posee una flota vehicular de un número considerable de vehículos tanto ligeros como pesados y maquinaria de obras públicas esta situación nos permite elaborar una propuesta para implementar un plan de mantenimiento considerando parámetros técnicos y económicos. La metodología fue una investigación técnica y de campo en el primer caso, e inspección técnica y pruebas de funcionamiento de las unidades en el segundo. Como resultado se tiene que existe poca planeación, escasos programas de mantenimiento, y limitada administración y control de mantenimiento. La empresa MEGALOG no dispone de formatos de administración, control e informes de trabajos, formatos check list, histograma e informes de mantenimiento. Para adquisición de nuevas unidades, no se cuenta con una estrategia, ni plan de renovación vehicular. Se concluye que no existe un recurso de gestión ambiental, para manejo y disposición final de los residuos-productos generados del mantenimiento automotriz.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

1. Morales (2022) en la investigación “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en el sistema HVAC del aeropuerto Internacional Jorge Chavez utilizando la metodología RCM” tuvo como objetivo, elaborar una mejora de la gestión de mantenimiento en el sistema HVAC del aeropuerto Jorge Chávez utilizando la metodología RCM. Para la metodología se usó el método de Weibull que permitió hallar β y definir en que ciclo de vida se encuentra nuestro equipo. En el estudio de este efecto, se ha observado un aumento en los costos de mantenimiento correctivo, alcanzando aproximadamente \$ 47,777.42 en el último año, como resultado de las recurrentes fallas de los equipos. Estas fallas se originan, en gran parte, por una gestión deficiente del mantenimiento y por la ausencia de avances en las tareas de mantenimiento. En conclusión, la implementación del RCM logró reducir las fallas en un 50% lo que permite reducir los costos de mantenimiento correctivo.
2. Pachao (2022) en su estudio “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo programado para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota de camiones 797F en el proyecto operaciones Mina Toquepala de la empresa Ferreyros S. A.” El objetivo principal fue mejorar la disponibilidad y la fiabilidad operativa de la flota de camiones 797F en el proyecto minero Toquepala de Ferreyros S. A. La metodología utilizada se centró en investigaciones sobre la gestión de mantenimiento basadas en TPM. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de la fiabilidad actual de los equipos críticos, donde se constató que se encontraba un 30 % por debajo de lo esperado, con una disponibilidad del 87 %. Para evaluar los resultados, se definieron indicadores como MTBF, MTTR, el KPI de Disponibilidad Operativa y las tasas de costo de mantenimiento por hora. En conclusión,

el estudio es viable, ya que se observó un aumento significativo en la disponibilidad y fiabilidad de la flota de camiones 797F en 2021 en comparación con 2020.

3. Condori (2022) en su investigación titulada “Propuesta de un modelo de plan mantenimiento usando criterios de RCM de la marca INTERNATIONAL modelo 9200I que realiza transporte de mineral en la ruta Challhuahuacho Imata, Arequipa- Perú, 2022” quiere asegurar que la flota de remolcadores sea altamente confiable al momento de transportar cualquier tipo de carga utilizando la metodología del RCM, puesto que la mayoría de las empresas u organizaciones no utilizan dicha metodología ya que sus mantenimientos se basan en lo que el fabricante entrega o remire al momento de la compra del activo, con esta tesis se busca ampliar los ciclos de vida de los activos críticos realizan un análisis de los componentes y sus fallas críticas ordenado por sistemas (análisis de criticidad), aplicando también el AMFE para determinar los modos de falla de dichos componentes y por último completar el cuadro de decisiones que entrega el RCM.

Lo que nos señala como conclusión esta tesis es que con esta metodología del RCM se reducirá el número de actividades que se realizan en un mantenimiento a comparación del que nos indica el fabricante. Según la metodología se encontraron componentes que requieren sustitución cíclica, donde se consideran a estos componentes como estratégicos. Recomiendan ajustar anualmente los mantenimientos ya generados ya que la mejoría es constante

4. Guzmán (2020) en su estudio “Propuesta de mejora en base a la gestión de mantenimiento y orientados a la disponibilidad de servicios de la flota de vehículos pesados de la empresa de transporte Pereda” cuyo objetivo ha sido el promover mediante factores que generaban los retrasos en el mantenimiento de los vehículos de la Empresa Transportes Pereda una

propuesta de mejora en base a la gestión de mantenimiento y orientadas a la disponibilidad de servicios de la flota de vehículos pesados. El desarrollo de la investigación se compuso de las siguientes fases: En la primera de ellas, el objetivo central ha sido promover la gestión de mantenimiento el cual fue orientado a la disponibilidad del servicio de transporte pesado, en la segunda fase se desarrolló procesos de mejora continua con el fin de brindar mayor disponibilidad en sus servicios de transporte. Como resultado, se obtuvo que la propuesta de mejora para la ejecución de las tareas de mantenimiento se basó en desarrollar los distintos tipos de mantenimiento; el mantenimiento autónomo, el cual está a cargo de los conductores, cuando se encuentren ruta, el mantenimiento preventivo, donde se programan tareas en las se definen cierta periodicidad de desarrollo y el mantenimiento correctivo, tanto para tareas programadas como para aquellas que surgen de forma aleatoria. Llegándose a la conclusión que con las nuevas políticas de gestión y calidad para el área de mantenimiento el patio de maniobras podrá verse delimitada a su espacio original y con un nuevo orden.

2.1.3 Antecedentes Locales

Condori (2021) en el estudio “Aplicación del mantenimiento basado en la confiabilidad RCM al equipo de flota auxiliar volvo FMX motor d13a de la empresa Confipetrol Andina S.A. unidad minera Antapaccay Espinar, Cusco” tuvo como objetivo de este estudio es aplicar la metodología de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM) al equipo de la flota auxiliar Volvo FMX, específicamente el motor D13A, utilizado por la empresa Confipetrol Andina S.A. en la Unidad Minera Antapaccay, Espinar, Cusco, en el año 2020. La metodología del estudio se centra en analizar y comprender el comportamiento de este equipo, incluyendo sus sistemas. Para lograrlo, se examinaron los registros de fallas previas del equipo y se realizó un análisis de

confiabilidad utilizando la distribución de Weibull. Además, se aplicó el método de análisis de Pareto para identificar cuál de los sistemas era el más crítico en términos de fallas. A través del proceso de RCM, se desarrollaron estrategias para prevenir fallas potenciales y evitar paradas no programadas en el equipo. Los resultados se presentan en tablas y gráficos. En conclusión, este estudio permitió identificar los componentes más críticos del equipo, lo que, a su vez, condujo a una mejora en la disponibilidad del equipo y a una reducción de los costos de mantenimiento.

Allauca (2019) en su estudio “Plan de mantenimiento basado en RCM para caldero de 50 Bhp, Caso: Hospital Ciudad del Cusco” tuvo como objetivo, proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los calderos de 50 BHP, en el hospital Regional de la ciudad del Cusco. La metodología fue exploratoria, descriptiva y explicativa de diseño no experimental, tipo transaccional, se utilizó la técnica del análisis documental con su instrumento, fichas resumen; para obtener información referente, también se utilizó la técnica de la entrevista con su instrumento guía de entrevista. Como parte de los resultados se aplicó un software de mantenimiento enfocado en la confiabilidad RCM3 permite gestionar de forma más eficaz la operatividad del caldero de 50BHP, evitando incidentes que puedan provocar interrupciones inesperadas. Se concluye que la valoración de esta propuesta es crucial, ya que consolidó las bases del mantenimiento. Es importante destacar que el uso de un software agiliza el tiempo de evaluación y las acciones preventivas necesarias para asegurar que el sistema mantenga su disponibilidad y confiabilidad operativa.

2.2 Bases Teóricas.

2.2.1 *Mantenimiento*

El mantenimiento se puede entender como la labor humana que mantiene la calidad del servicio que ofrecen las máquinas, las instalaciones y los edificios, asegurando su funcionamiento

en condiciones seguras, eficientes y rentables. Puede clasificarse como correctivo, cuando las acciones son imprescindibles tras la pérdida de dicha calidad, o preventivo, si se llevan a cabo para evitar el deterioro de la calidad del servicio. Destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. (Garrido, Santiago, 2003, pág. 1)

2.2.2 *Gestión del mantenimiento*

Se requiere mucho trabajo para configurar un sistema de gestión de mantenimiento exitoso. No obstante, una vez que se ha establecido, la mayoría de los datos y cálculos permanecen constantes año tras año. Los ajustes solo son requeridos cuando se produce una incorporación o una salida en el inventario, o cuando es necesario rectificar los incrementos de costos y las proyecciones. Hay numerosos sistemas computarizados en el mercado para ayudar eficazmente el mantenimiento y estos deben de identificarse a tiempo, tomar en cuenta estos pasos ayudara a mejorar la eficiencia y efectividad del programa de mantenimiento (INAC, 2000).

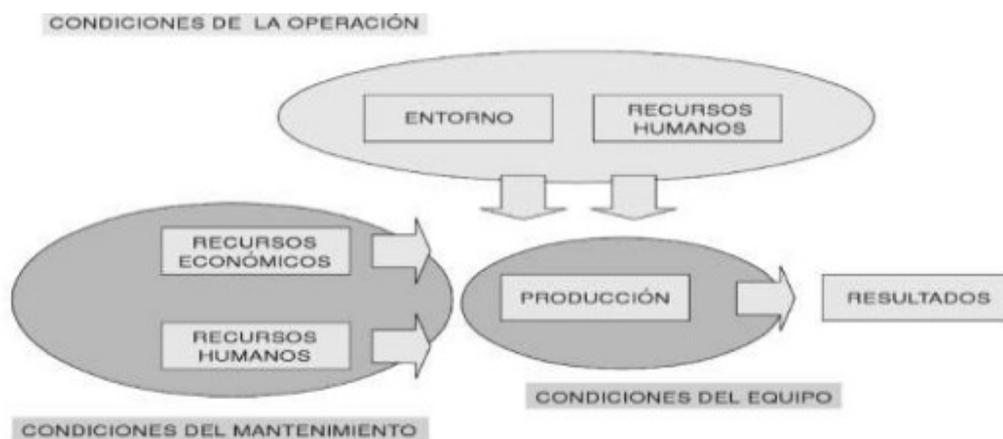
2.2.2.1 Principios básicos de la gestión de mantenimiento.

Una vez que el equipo se ha recibido y está en funcionamiento, es fundamental garantizar su correcto desempeño, lo que implica que los resultados obtenidos deben estar dentro de los valores alcanzados al término de la garantía que justificó su aceptación. Esto se logrará si el Departamento de Mantenimiento ejecuta las labores de mantenimiento previamente definidas o convenidas con los actores correspondientes, utilizando la formación y el equipo necesarios, así como los recursos financieros asignados para tal propósito. No obstante, las condiciones internas del Departamento de Mantenimiento, tales como su propia organización interna, la logística de almacenamiento y suministro de los recambios, la cultura y clima existente en el área, podrán favorecer el desempeño de los agentes de mantenimiento; también este desempeño puede ser

modificado por los condicionantes externos que puedan existir, de los cuales los más importantes son, sin duda, las condiciones en que se realice la operación del equipo y la organización y los patrones culturales del Departamento de Operación (Arques, 2009).

Figura 8

Visión global del sistema de gestión del mantenimiento



Fuente: Obtenido de (Arques, 2009).

2.2.3 Tipos de mantenimiento

Para Garrido (2004), se han distinguido por 05 tipos de mantenimiento, los que se diferencian entre sí, por diferentes características de las tareas incluidas:

1. **Mantenimiento correctivo:** Es la serie de actividades diseñadas para resolver los fallos que aparecen en los diversos equipos y que los usuarios informan al área de mantenimiento en cualquier instante.
2. **Mantenimiento preventivo:** Se fundamenta en acciones de supervisión y ajuste llevadas a cabo con una regularidad que asegura que no se presenten fallos. El mantenimiento preventivo interviene de manera periódica en equipos y productos para prevenir la aparición de fallos.

3. ***Mantenimiento predictivo:*** Es tipo de mantenimiento que busca constantemente entender e informar acerca del estado y operatividad de las instalaciones o equipos mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.
4. ***Mantenimiento hard time o cero horas:*** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.
5. ***Mantenimiento en uso:*** Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios de este, consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total)

2.2.4 Tareas de mantenimiento

Las tareas de mantenimiento según Garrido (2004) son los trabajos que podemos realizar para cumplir el objetivo de evitar el fallo o minimizar sus efectos. Las tareas de mantenimiento pueden, a su vez, ser de los siguientes tipos:

- **Tipo 1:** Inspecciones visuales. Observamos que las inspecciones visuales resultan siempre beneficiosas. Independientemente del modelo de mantenimiento que se utilice, las inspecciones visuales conllevan un gasto muy reducido, lo que hace valioso revisar todos los equipos de la planta o flota en alguna oportunidad.
- **Tipo 2:** Lubricación. Al igual que en el caso anterior, las actividades de lubricación, debido a su bajo costo, resultan siempre beneficiosas a largo plazo.
- **Tipo 3:** Verificaciones del correcto funcionamiento llevadas a cabo con instrumentos del propio equipo (verificaciones en línea). Estas tareas implican la recopilación de datos de varios parámetros operativos utilizando los recursos que el equipo ya posee. Algunos ejemplos son la verificación de alarmas, así como la recopilación de datos sobre presión, temperatura, vibraciones, entre otros. Si durante este proceso de verificación se identifica alguna irregularidad, es fundamental actuar en consecuencia. Por esta razón, es esencial establecer con precisión los rangos que consideraremos normales para cada uno de los puntos a verificar; fuera de estos límites, será necesaria una intervención en el equipo. Asimismo, será importante especificar las acciones a seguir si la medición está por fuera del rango normal. Posteriormente, se detallarán los documentos en los que es recomendable registrar estos dos aspectos.
- **Tipo 4:** Verificaciones del adecuado funcionamiento efectuadas con herramientas externas del equipo. El objetivo de estas actividades es evaluar si el equipo se ajusta a

unas especificaciones establecidas, para lo cual es necesario utilizar ciertos instrumentos o herramientas especiales que pueden ser empleados simultáneamente por varios dispositivos y, por lo tanto, no están conectados de manera permanente a un solo equipo, a diferencia de lo que ocurre en el caso anterior. Podemos clasificar estas verificaciones en dos grupos:

- Las que se realizan con instrumentos simples, como pinzas amperimétricas, termómetros por infrarrojos, tacómetros, acelerómetros, entre otros.
- Las que se llevan a cabo con instrumentos más complejos, como analizadores de vibraciones, detección de fugas mediante ultrasonidos, termografías, análisis de la curva de arranque de motores, y así sucesivamente.
- **Tipo 5:** Limpiezas técnicas que varían según la condición del equipo.
- **Tipo 6:** Modificaciones que se realizan, según si el equipo ha mostrado señales de estar fuera de ajuste.
- **Tipo 7:** Mantenimientos técnicos regulares, llevados a cabo cada cierto número de horas de operación, o en intervalos de tiempo específicos, sin tener en cuenta el estado del equipo.
- **Tipo 8:** Ajustes regulares, sin evaluar si el equipo muestra señales de estar desajustado.
- **Tipo 9:** Reemplazo regular de componentes, basándose en horas de uso o en fechas del calendario, sin verificar su condición.
- **Tipo 10:** Revisiones integrales, que incluyen la sustitución de todas las piezas que están sujetas a desgaste.

2.2.5 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (R.C.M.)

El Mantenimiento basado en la Confiabilidad (R.C.M.) Es una metodología más que se puede utilizar para crear un plan de mantenimiento en una fábrica industrial y tiene ciertas ventajas clave en comparación con otras metodologías. Originalmente, se creó para la industria de la aviación, donde los elevados gastos por el cambio regular de componentes ponían en peligro la rentabilidad de las aerolíneas. Posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico. (Garrido, 2016, p. 6) El R.C.M. fue mencionado por primera vez en un informe escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap, que fue publicado en 1978 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Desde aquel momento, el R.C.M. ha sido utilizado para desarrollar estrategias de gestión de activos físicos en casi todas las áreas de la actividad humana organizada y en casi todos los países del mundo que están industrializados. Este enfoque, definido por Nowlan y Heap, ha servido como una base para múltiples documentos aplicados en los que el proceso de RCM ha sido mejorado y ajustado a lo largo de los años. Muchos de estos documentos mantienen los componentes fundamentales del proceso original. Sin embargo, el uso generalizado del término “RCM” ha provocado la aparición de numerosas metodologías de análisis de fallos que son muy diferentes de la original, pero que sus creadores también llaman “R.C.M.”. Muchos de estos otros procesos no logran cumplir con las metas de Nowlan y Heap, y algunos incluso pueden ser perjudiciales. En general tratan de abreviar y resumir el proceso, lo que lleva en algunos casos a desnaturalizarlo completamente. (Garrido García, 2016)

El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, según (Garrido García, 2004, p. 1) manifiesta que es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica y que se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas

y tecnología de detección. R.C.M. es una estrategia de mantenimiento que busca analizar todos los fallos potenciales que puedan originarse en la instalación analizada, estudiar sus consecuencias y determinar en último lugar qué debe hacerse para que no se materialicen aquellas calificables como intolerables o inasumibles para la instalación; en última instancia, también ayuda a determinar qué debe hacerse para minimizar las consecuencias de los fallos que no se pueden o no se han podido evitar. (Garrido, 2016, p. 6) El R.C.M. sugiere una evaluación detallada de la gravedad de cada defecto y sus efectos, asignando un número a esa gravedad para poder medir la importancia de cada defecto. Al multiplicar el número que se le da a la gravedad del defecto por otro que se refiere a la probabilidad de que ocurra, y por un tercer número que mide cuán detectable es el defecto, se obtiene un valor numérico. Esto significa que se debe intervenir en aquellos defectos que exceden un valor específico. Este enfoque es completamente válido. No obstante, el que se propone en este apartado es otro, más sencillo y efectivo: determinar si el fallo debe evitarse o tan solo deben disminuirse sus efectos. (Garrido, 2004, p. 41)

El R.C.M., o mantenimiento centrado en la confiabilidad, es una metodología bien conocida y ampliamente utilizada para desarrollar planes de mantenimiento. Esta metodología abarca una variedad de estrategias de mantenimiento, que incluyen mantenimiento preventivo, predictivo, y la búsqueda de fallas, entre otras. 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 (Society of Automotive Engineers, 2009).

El R.C.M. es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos (Mora, 2009).

La filosofía de este mantenimiento está orientada en la confiabilidad, el cual tuvo origen desde 1974 en los Estado Unidos donde inicialmente fue desarrollado para la aviación comercial y luego en el sector industrial tales como generadores de energía, petroleros, químicos, gas, refinación e industria manufacturera. Este procedimiento se emplea para identificar las necesidades de mantenimiento de los componentes físicos en el ámbito operativo.

El R.C.M. facilita una distribución eficiente de los recursos destinados a la gestión del mantenimiento, considerando la relevancia de los activos en el contexto operativo y los posibles impactos o resultados de los fallos en estos activos sobre:

- La seguridad
- El medio ambiente
- Las operaciones

Una característica crucial del R.C.M. es reconocer que el impacto de un fallo es mucho más significativo que sus aspectos técnicos. Por ello, solo se deben centrar los esfuerzos en la planificación, la prevención, el financiamiento de recursos, materiales o mano de obra en aquellos fallos que realmente merecen ser evitados.

2.2.6 Secuencia de criterios mínimos de la Norma SAE JA1011

La norma SAE JA1011 define los requisitos básicos que una metodología debe tener para ser considerada en el RCM. Indica que cualquier proceso del RCM debe garantizar que se respondan de manera efectiva y en orden las preguntas que se presentan en la Figura 9.

Figura 9

Secuencia de criterios mínimos Norma SAE JA1011



2.2.6.1 El Contexto Operacional y las Funciones

El primer paso para implementar RCM en un activo físico consiste en establecer su contexto operativo y las funciones necesarias que depende de él. Para diseñar una estrategia efectiva de gestión de mantenimiento o de fallas (o lo que la norma denomina política de gestión de activos), es fundamental tener una comprensión clara de lo que se espera del activo. Este enfoque implica un cambio de mentalidad para los encargados del mantenimiento. En muchas ocasiones, el departamento de mantenimiento no participa en definir la razón por la cual un activo

específico existe. Si deseamos conservar el rendimiento de funciones concretas, es crucial conocer exactamente cuáles son esas funciones y los parámetros operativos que establecen los niveles de rendimiento necesarios para cumplir con la demanda operativa (Society of Automotive Engineers, 2009).

Para establecer de manera precisa el contexto operacional, el grupo de RCM necesita detallar las funciones siguiendo la estructura que indica la norma:

1. Deben definirse, documentarse y estar accesibles las condiciones bajo las cuales se espera que un activo físico o un sistema opere.
2. Es necesario identificar todas las funciones, tanto primarias como secundarias, de dicho activo o sistema.
3. Cada enunciado de función debe incluir un verbo, un objeto y un criterio de rendimiento cuantitativo, siempre que sea factible.
4. Los criterios de rendimiento que se apliquen en los enunciados de función deben reflejar el nivel de rendimiento que el usuario del activo busca en su contexto operativo actual. No se debe utilizar la capacidad de diseño en el enunciado de función.

2.2.6.2 Fallas Funcionales

Una falla funcional se define como “un estado en el cual un activo físico o sistema no es capaz de ejercer una función específica a un nivel de desempeño deseado”. Es esencial entender completamente las funciones de los activos y el rendimiento que se busca para reconocer las fallas. Estas fallas pueden ser totales o parciales. Esto implica que un activo podría no poder realizar una función específica o que lo haga a un nivel menor al esperado. La norma SAE establece que es necesario identificar todos los posibles estados de falla relacionados con cada función, de modo que podamos reconocer todas las causas importantes (Society of Automotive Engineers, 2009).

2.2.6.3 Modos de falla

Un modo de falla es un evento único, la norma SAE (2009) este ocasiona una falla en la funcionalidad. Cada modo de falla generalmente tiene una o más causas vinculadas. Así, es esencial llevar a cabo una lluvia de ideas para identificar todas las posibles causas de eventos que impactan la habilidad de los activos para cumplir con cada función específica, manteniendo los niveles deseados de rendimiento. La norma sugiere evitar un análisis superficial en el nivel de causalidad de los modos de falla. Al listar los modos de falla, se debe considerar:

1. Es necesario identificar todos los tipos de fallas que podrían causar cada falla funcional de manera razonable.
2. El enfoque que se utilice para definir qué se considera un modo de falla "razonablemente probable" debe ser aprobado por el propietario o usuario del activo. Por lo general, se llega a un acuerdo sobre qué modos de falla se deben investigar y cuáles se pueden descartar.
3. La profundidad del análisis sobre las causas de los modos de falla debe ser lo suficientemente detallada para que se les puedan asignar políticas de gestión apropiadas.
4. Los modos de falla que se mencionan en el análisis deben tener en cuenta incidentes pasados, así como aquellos modos de falla que se evitan con las tareas programadas, y otras situaciones que podrían ocurrir en la operación real, aunque nunca hayan sucedido.
5. La lista de modos de falla debe incluir errores humanos y de diseño que puedan ocasionar un evento de falla, a menos que se estén tratando mediante otros métodos de análisis.

2.2.6.4 Efectos de Falla

Los efectos de falla según la normativa SAE (2009) se refieren a la cantidad de "daño" que cada evento específico puede ocasionar a la planta o a la organización. Es aconsejable detallar "lo que sucede cuando ocurre el modo de falla". La norma sugiere varias consideraciones importantes para facilitar la comprensión de la gravedad que puede tener cada causa de falla en particular. Los efectos de falla permiten evaluar cuán relevantes son cada uno de los modos de falla teniendo en cuenta lo siguiente:

1. ¿Hay alguna evidencia de que ha ocurrido la falla?
2. ¿Cuál es el impacto potencial que tiene la falla en la seguridad del personal?
3. ¿Cuál es el impacto potencial que tiene la falla en el medio ambiente?
4. ¿Cómo se ve afectada la producción o las operaciones?
5. ¿Hay algún daño físico causado por la falla?
6. ¿Hay algo que deba hacerse para restaurar la función del sistema después de la falla?

2.2.6.5 Consecuencias de la Falla

Los efectos de las fallas se organizan en diferentes grupos según la evidencia disponible, así como su influencia en la seguridad, el entorno, la operatividad y los costos. Es importante poder determinar a cuál de las cuatro categorías pertenece cada efecto de un modo de falla. Solo se debe seleccionar una categoría, la que se considere más crítica. Es esencial diferenciar entre los modos de falla que son evidentes y los que son ocultos. Las fallas que afectan la seguridad o el medio ambiente deben ser separadas de aquellas que solo tienen un impacto económico, ya sea relacionado con la operación o no. La identificación de las consecuencias de un fallo es un aspecto clave en cada etapa del proceso de RCM. Las estrategias de mantenimiento se seleccionan

cuidadosamente para cada causa de falla crítica basada en un procedimiento de decisión que utiliza la consecuencia como punto de partida (Society of Automotive Engineers, 2009).

2.2.6.6 elección de Estrategias de Mantenimiento

El patrón predominante según la norma SAE (2009) de cada falla que se haya identificado debe considerarse al sugerir cualquier estrategia de gestión. Los modos de falla pueden presentarse debido al tiempo de uso o la antigüedad, o de manera aleatoria. Además, pueden ocurrir de forma anticipada o siguiendo un patrón de desgaste tras un período considerable de operación. Es importante ser cauteloso al proponer tareas de mantenimiento basadas en patrones de falla reales que son predominantes. La norma SAE JA1011 reconoce cinco estrategias de mantenimiento que se deben utilizar para reducir las consecuencias de cualquier falla. Estas son:

1. **Actividades de mantenimiento según el estado.** El objetivo de estas actividades es identificar posibles problemas. Esta identificación debe realizarse con tiempo suficiente para que se pueda tomar una acción correctiva antes de que se produzca una parada en la operación. Una actividad de seguimiento del estado se realiza en intervalos regulares para anticipar la tendencia hacia una parada en la operación antes de que suceda un fallo en el funcionamiento.
2. **Actividades de mantenimiento programadas.** Las actividades de mantenimiento basadas en un periodo deben ejecutarse de acuerdo con la duración del activo. Es decir, se deben considerar el momento en el que la frecuencia de fallos en el equipo deja de ser constante. Teóricamente, al final de su duración, la frecuencia de fallos en el activo incrementa más allá de lo aceptable. Además de la duración, es necesario evaluar el gasto de la reparación preventiva. En otras palabras, se debe hacer una comparación

entre el costo de llevar a cabo la reparación y los costos asociados con un fallo funcional para asegurar la viabilidad económica de la actividad.

3. **Tareas de sustitución programadas.** Se consideran las tareas programadas para reemplazo y descarte cuando se comprueba que es más económico reemplazar el activo en lugar de repararlo. Se aconseja realizar esta sustitución al final de su vida "útil".
4. **Actividades para la identificación de fallas.** Estas actividades tienen como objetivo encontrar fallas ocultas, que generalmente están relacionadas con dispositivos de protección o elementos redundantes. Es importante confirmar que la tarea de búsqueda propuesta se puede llevar a cabo físicamente y que la frecuencia indicada es aceptable para el propietario del activo. En el texto se abordará con más detalle la frecuencia de la actividad.
5. **Actividades de reestructuración.** En ocasiones, no se logran identificar tareas de búsqueda de errores ni basadas en tiempo o condición que sean adecuadas para un modo de falla que sea crítico. Por lo tanto, puede ser fundamental realizar modificaciones, que también se conocen como "ajustes de una sola vez", con el propósito de manejar correctamente las repercusiones de la falla. Las alteraciones en la configuración física de los activos, los procedimientos de operación o de mantenimiento, la capacitación de los operadores o mantenedores, y la modificación del entorno operativo son ejemplos de cambios posibles o reestructuración que pueden ser necesarios para prevenir fallas.

2.2.7 Metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Con el fin de mejorar tanto la calidad del análisis como la efectividad de los resultados, aunque ya se encuentran algunas actividades propuestas como pasos extras en el proceso de RCM y están incluidas (de manera natural) para usar la metodología, se piensa que estas deberían ser

más valoradas para alcanzar el éxito al implementar dicha metodología. Los pasos adicionales que se proponen se dividen en 3 etapas como se muestran en la Figura 10 (Campos et al., 2019).

Figura 10

Metodología del proceso RCM



2.2.7.1 Antes de aplicar RCM

Antes de iniciar el análisis que marca la norma SAE JA1011, Campos et al., (2019) propone que se recopile y analice la información correspondiente del activo que será requerida, también que se establezca la taxonomía y se analice el contexto operativo del activo.

- ***Recopilación de la información del activo***

Antes de aplicar la metodología de RCM es importante recolectar la información necesaria del activo que servirá como materia de estudio. Esta información incluye planos, diagramas, manuales, bitácoras de operación/mantenimiento, documentos como el contexto operativo (si existe), también es esencial que se entreviste al personal de operación, producción y mantenimiento para extraer información sobre los requerimientos de desempeño deseados y problemas actuales que se estén presentando (Campos et al., 2019).

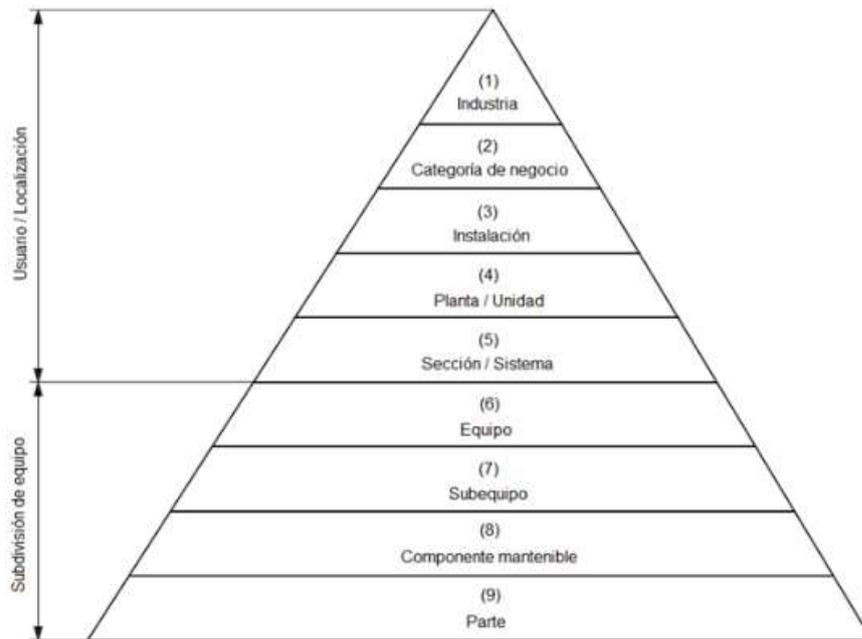
La norma ISO 14224 ofrece una base robusta para reunir y organizar la información sobre la confiabilidad y el mantenimiento de los equipos utilizados en las industrias de petróleo, gas natural y petroquímica. Esta información es esencial para gestionar los activos a lo largo de su vida útil. Debido a que aborda equipos comunes en las instalaciones industriales, esta norma puede ser fácilmente adaptada para su aplicación en cualquier industria que tenga activos físicos en los procesos, de esta forma se puede utilizar esta norma al recopilar la información del activo (International Organization for Standardization, 2016).

- ***Taxonomía***

La norma ISO 14224 define la taxonomía como la clasificación sistemática de equipos o sistemas en grupos genéricos basada en sus características comunes (localización, uso, tipo de equipo, etc.), la taxonomía es representada en forma de pirámide como se observa en la figura 11 y representa la ubicación del equipo o activo dentro de la organización. Para realizar el RCM, se puede utilizar como insumo la taxonomía, el diagrama de límites de equipo y la subdivisión de equipo que recomienda esta norma.

Figura 11

Taxonomía de equipos con niveles taxonómicos



Nota. Esta pirámide conlleva como se organiza los niveles de mantenimiento en la industria.

- ***Analizar el contexto operativo***

El contexto operativo se refiere a las condiciones reales en las que funciona el equipo, así como a todos los criterios y parámetros de rendimiento que el usuario desea. Este contexto puede establecerse a través de diagramas y descripciones del proceso donde el equipo está en funcionamiento, además de las entrevistas con el personal encargado de la producción, operación y mantenimiento. Es esencial estudiar y entender el contexto operativo antes de comenzar el RCM (Campos et al., 2019).

2.2.7.2 Durante el análisis

Durante el análisis de RCM, se propone una forma de desarrollar el paso 3 (determinar modos y causas de falla) y categorizar los efectos de falla a través de los números de prioridad de riesgo (NPR) en el paso 4 (Campos et al., 2019).

- ***Análisis de modos y causas de falla***

La norma ISO 14224 define el modo de falla como un efecto a través del cual una falla es observada, es decir el modo de falla puede ser el síntoma cuantificable o evento que indica la ocurrencia de una falla (International Organization for Standardization, 2016).

Esta norma también proporciona una lista de modos de falla que puede ser utilizada como punto de partida para realizar el paso 3, después se puede aplicar una técnica de análisis como el diagrama causa-efecto para encontrar las causas de falla (Campos et al., 2019).

Existen bases de datos de falla como OREDA (Offshore Reliability Data Handbook) [15], este documento presenta datos estadísticos de falla de equipos en instalaciones costa afuera. Tomando como punto inicial los modos de falla de la norma ISO 14224, se pueden utilizar las tablas de OREDA que relacionan estadísticamente los modos de falla con los componentes del equipo o con las descripciones de la falla (OREDA, 2002).

- ***Categorización de efectos de falla***

Para ofrecer una visión clara del efecto que tiene cada fallo definido en el RCM, se sugiere añadir, junto a la descripción del fallo, la clasificación del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) que le corresponde a esta metodología. Este parámetro se basa en la evaluación cualitativa de tres criterios: gravedad, frecuencia de ocurrencia y posibilidad de detección. Se definieron estos 03 criterios para realizar la evaluación, donde el criterio de detectabilidad se puede observar en la

Tabla 1. En la Tabla 2 se visualiza la frecuencia de ocurrencia y en la Tabla 3 se visualiza la posibilidad de detección el cual según (Moubray, 1997) este criterio tiene ejecutarse según el consenso del departamento de mantenimiento de la institución que lo ejecuta.

Tabla 1

Criterio de gravedad de fallo (G) para la evaluación de los efectos de falla

Niveles	Descripción	Cuantificación
Ínfima	El efecto, sería imperceptible por el usuario	1
Escasa	El usuario puede notar el fallo, pero solo provoca una ligera molestia	2-3
Baja	El usuario nota el fallo y le produce cierto enojo	4-5
Moderada	La falla genera un disgusto e insatisfacción al usuario	6-7
Elevada	El fallo es crítico, provocando alto grado de insatisfacción al usuario	8-9
Muy elevada	El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos de vigor	10

Nota. Elaboración propia

Tabla 2

Criterio de ocurrencia (O) para la evaluación de los efectos de falla.

Niveles	Descripción	Cuantificación
Ínfima	Defecto inexistente en el pasado	1
Escasa	Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares	2-3
Baja	Defecto aparecido ocasionalmente	4-5
Moderada	Fallos a cierta frecuencia en el pasado	6-7
Elevada	El fallo es crítico, provocando alto grado de insatisfacción al usuario	8-9
Muy elevada	El fallo se produce frecuentemente	10

Nota. Elaboración propia

Tabla 3*Criterio de probabilidad de no detección (D) para la evaluación de efectos de falla.*

Niveles	Descripción	Cuantificación
Ínfima	El efecto es obvio. Donde resulta muy improbable que no se detectado	1
Escasa	El defecto podría pasar algún control primario, pero sería detectado	2-3
Baja	El defecto es característica de fácil detección	4-5
Moderada	Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al usuario	6-7
Elevada	El defecto es de difícil detección mediante los sistemas convencionales de control	8-9
Muy elevada	El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente	10

Nota. Elaboración propia**Tabla 4***Criterio de semaforización de acuerdo con el valor del NPR.*

Semaforización	Valor de NPR
Rojos	$NPR > 299$
Amarillo	$149 < NPR < 299$
Verde	$NPR < 149$

Nota. Elaboración propia

2.2.7.3 Después del análisis

Una vez obtenidos los resultados de la aplicación de la metodología de RCM, es necesario asignar responsabilidades para asegurar la correcta implementación y ejecución del plan de mantenimiento, así como la aplicación de las recomendaciones obtenidas (Campos et al., 2019).

Para implementar el plan de mantenimiento, se deben asignar las responsabilidades correspondientes para revisar, afinar, difundir y cargar el plan en el sistema computarizado para la gestión del mantenimiento (C.M.M.S.), se debe realizar el seguimiento correspondiente para asegurar la implementación. Se deben asignar las responsabilidades correspondientes para la revisión, evaluación y puesta en marcha de las recomendaciones surgidas del análisis del R.C.M. (Campos et al., 2019).

La medición del desempeño es la parte más importante para demostrar la efectividad del RCM, este se puede realizar a través de indicadores clave de desempeño (KPI por sus siglas en inglés) de mantenimiento y reportes relacionados con las recomendaciones. La metodología de RCM ampliada se muestra en la figura 12.

Figura 12

Metodología de RCM ampliada.



Nota. Flujograma del RCM. Fuente: (Campos et al., 2019).

2.2.8 Las 7 preguntas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Según Moubray (1997), cualquier proceso del MCC debe responder con satisfacción a siete (07) preguntas según la secuencia indicada.

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional? (funciones).
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas necesidades? (fallas funcionales).
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? (modos de falla).
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla? (efectos de falla).
5. ¿En qué sentido es importante la falla? (consecuencias de falla).

6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir la falla? (tareas proactivas).
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla? (tarea de búsqueda de fallas, rediseño)

2.2.9 Confiabilidad

La confiabilidad según la norma NBR-5462 (1994) se entiende como “el porcentaje o probabilidad de un correcto funcionamiento, dentro de un determinado período de tiempo, de las máquinas, sistemas y/o ítems incluidos en la cadena de producción” (p.03).

Esta medición se realiza considerando datos relacionados con el historial de desempeño del equipo y su estimación cualitativa de funcionamiento futuro.

2.2.10 Modelo probabilístico de Confiabilidad.

La confiabilidad de un equipo puede ser expresada matemáticamente con la siguiente expresión:

Ecuación 1: Ecuación probabilístico de la Confiabilidad

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo “t” determinado

e: Constante Neperiana (e=2.303...)

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

t: Tiempo

Otra definición de la confiabilidad es la probabilidad de que no ocurra una falla de cualquier tipo, para una misión definida y con un grado de confianza determinado.

2.2.11 Tiempo Medio hasta una Falla (M.T.T.F.)

El tiempo medio entre fallas de un equipo se define con la siguiente expresión:

Ecuación 2: Ecuación del Tiempo Medio hasta una Falla

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

2.2.12 Tiempo Medio entre Fallas (M.T.B.F.)

La distribución exponencial del tiempo medio entre fallas o M.T.B.F. es igual a la inversa de la tasa de fallas por ende es igual al tiempo medio hasta una falla o M.T.T.F. donde:

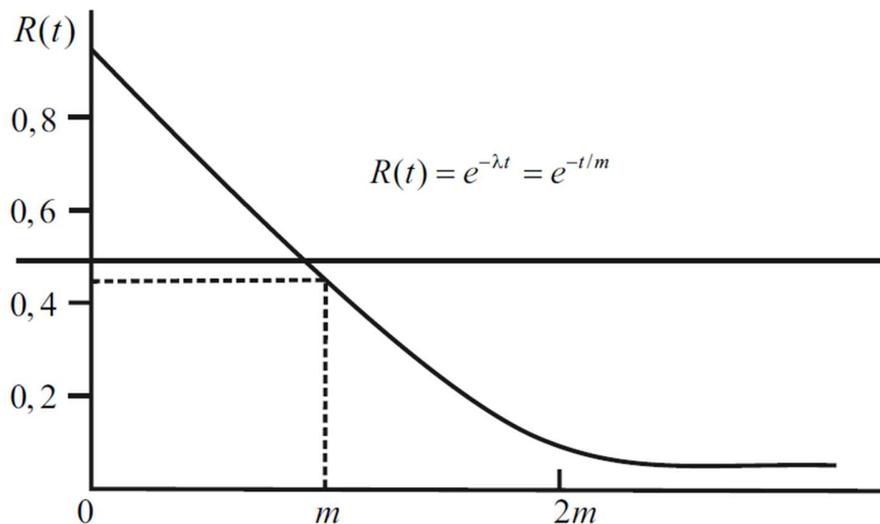
Ecuación 3: Ecuación Medio entre Fallas

$$MBTF = m = \lambda^{-1} = MTTF$$

Donde “m” es la probabilidad de supervivencia (esperanza de vida)

Figura 13

Curva de Supervivencia.



Fuente: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, PESQUIMAT (2015)

2.2.13 Disponibilidad

La disponibilidad es el objetivo principal del mantenimiento que puede definirse como la confianza de un componente o sistema que ha sido objeto de mantenimiento. En la práctica, la disponibilidad es expresada porcentualmente hacia el tiempo que el sistema está listo para funcionar o crear, esto es en sistemas que trabajan constantemente. (PINTO, A. K, 1997, Contratação por Disponibilidade, 12° Congresso Brasileiro de Manutenção).

Matemáticamente la disponibilidad $D(t)$, se puede definir como la relación que tiene el tiempo con el equipo o instalación donde queda disponible para producir (MTBF siglas en ingles) y el tiempo total de reparación (MTTR siglas en ingles). Quiere decir que:

Ecuación 4: Ecuación de la disponibilidad operacional

$$D(t) = \frac{\Sigma \text{Tiempos disponibles para la operación}}{\Sigma \text{Tiempos disponibles para la operación} + \Sigma \text{Tiempo en mantenimiento}}$$

Ecuación 5: Ecuación de la disponibilidad operacional con referencia a indicadores de mantenimiento

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

MTBF: Tiempo medio entre fallas

MTTR: Tiempo medio de reparación

2.2.14 Modelo Weibull aplicado a la confiabilidad

Weibull (1930), propuso una función de distribución de tres parámetros cuyas características para su época eran muy difíciles de manejar. Con el tiempo se ha hecho intensivo su distribución sobre todo iniciando por el sector industrial.

La utilización es sencilla donde la función radica en las diferentes formas que adopta dependiendo de los valores que toman sus parámetros.

Físicamente los valores extremos de la función Weibull están ligados a la vida útil de los productos en estudio, donde generaron una filosofía de perfeccionamiento con los círculos de calidad o de cero fallas entre otros.

2.2.15 Características generales de la Distribución Weibull

La función Weibull de densidad está dada por:

Ecuación 6: Ecuación de la función Weibull de densidad

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta}$$

β - Parámetro de forma. Indicador del mecanismo de falla

η - Parámetro de escala. Vida característica

γ - Parámetro de localización. La vida mínima

2.2.16 Características de la función de confiabilidad de Weibull

La función de confiabilidad Weibull se expresa en la ecuación;

Ecuación 7: Ecuación de la confiabilidad Weibull

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta}$$

2.2.17 Aplicación del RCM

El primer paso según Barros y Massala (2020) hacia la implementación del RCM es planificar y elegir los activos que serán cubiertos por esta metodología y definir el personal responsable de su implementación. La elección de activos para este proyecto debe basarse en la

importancia del proceso de producción, mantenimiento historia y experiencia en el uso de estos activos. La implementación de esta metodología puede ser asistido por la ayuda de la herramienta “análisis modal de fallos y efectos” (FMEA). Esta herramienta evalúa el riesgo y gestión con el objetivo de reducir los fallos detectados en los procesos o sistemas mediante la identificación a ellos

Analizar posibles fallos, los síntomas que son detectados (modos de falla) y los asociados consecuencias (efectos) para todos los activos predefinidos para que el sistema pueda mejorarse para evitar fallos.

Al centrarse en la detección de fallos, otro se puede utilizar una herramienta, a saber, número de prioridad de riesgo (RPN). Esta herramienta sigue un sistema mediante el cual el número corresponde al nivel de atención que debe ser dado a cualquier falta (Barros & Massala, 2020).

Finalmente, la actividad de mantenimiento más adecuada para cada activo se elige teniendo en cuenta las fallas asociadas al activo.

2.2.18 Beneficios de la implementación de RCM

Luego de implementar la metodología RCM, las organizaciones tienden a incrementar su competitividad y visión en su respectivo mercado. Se destacan algunos de los beneficios esperados asociados a la implementación de la estrategia RCM, tales como: la reducción de las correctivas actividades de mantenimiento; reduciendo los costos de programas de mantenimiento; el aumento de la disponibilidad de activos; y el aumento de la longevidad de activos (Barros & Massala, 2020).

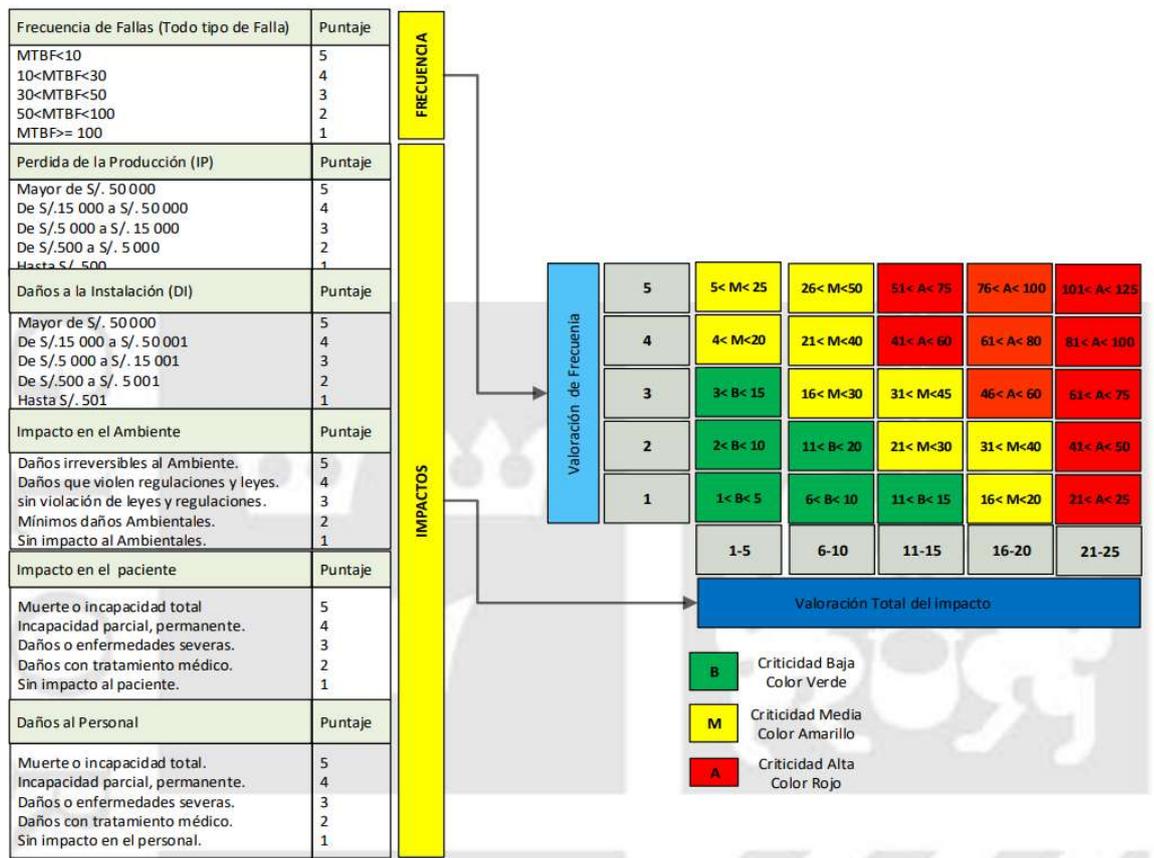
2.2.19 Herramientas de Confiabilidad Operacional

2.2.19.1.1 Análisis de criticidad (AC)

Es una metodológico que posibilita la creación de clasificaciones ordenadas en relación con: las instalaciones, sistemas, equipos y componentes de una infraestructura. Esta clasificación se basa en la evaluación de su impacto global en las operaciones empresariales, la cual se calcula multiplicando la frecuencia de fallos por la gravedad de su ocurrencia y sumando los efectos que generan en diversos aspectos, como la población, la seguridad del personal, el impacto en el entorno ambiental, la pérdida de producción (IP), y los daños ocasionados a las instalaciones (DI). El Análisis de Criticidad (AC) es una metodología de fácil utilización y comprensión en la que se definen rangos relativos para representar las probabilidades o frecuencias de fallos, así como sus respectivas consecuencias. Estas dos variables, frecuencia y consecuencia, se registran en una matriz que se estructura en función de un código de colores que indica el nivel de riesgo asociado a la Instalación, Sistema, Equipo o Componente (ISED) en evaluación, ya sea de menor o mayor intensidad (Universidad Pemex, 2007). En resumen, se verifica el desarrollo de esta matriz en la figura 14.

Figura 14

Matriz de criticidad



Nota. Tomado de: Revista Sistema de Confiabilidad Operacional - Análisis Criticidad (Universidad Pemex, 2007).

- Fórmula de criticidad**

El análisis de criticidad es una técnica que posibilita la evaluación de la importancia o criticidad de los distintos procesos, sistemas y equipos dentro de la industria. Esto facilita la toma de decisiones eficaces y adecuadas, orientando los recursos y esfuerzos hacia áreas de mayor relevancia (Barros & Martínez, 2018)

Para determinar los niveles de criticidad, se emplean cinco parámetros que se evalúan en función de la tabla 4. Una vez obtenido el análisis de frecuencia y consecuencia, se procede al cálculo de la criticidad (Flores et al., 2020)

Donde:

Ecuación 8: Ecuación de la Criticidad

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de Fallas} \times \text{Consecuencia de Fallas}$$

Donde:

Ecuación 9: Ecuación de la Consecuencia

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operac.} \times \text{flexibilidad}) + \text{Costo de Mantto} + \text{Impacto SAH}$$

2.2.19.1.2 Criterios de evaluación de la criticidad

Tabla 5

Criterio de Frecuencia de Falla (todo tipo de falla)

Niveles	Descripción	Cuantificación
Malo	MTBF<8,000	5
Deficiente	8,000<=MTBF<12,000	4
Regular	12,000<=MTBF<20,000	3
Buena	20,000<=MTBF<30,000	2
Excelente	MTBF>=30,000	1

Nota. Elaboración Propia

Tabla 6

Criterio de Impacto Operacional

Niveles	Descripción	Cuantificación
Crítico	Detención de la unidad al 100%	5
Muy Alto	Movimiento lento y precavido al 75%	4
Alto	Movimiento precavido al 50%	3
Medio	Movimiento rápido al 25%	2
Bajo	Falla insignificante que no impide el movimiento	1

Nota. Elaboración Propia

Tabla 7*Criterio de Flexibilidad Operacional*

Niveles	Descripción	Cuantificación
Alto	No existe reemplazo del equipo	3
Medio	El equipo puede seguir funcionando	2
Bajo	Existe reemplazo de equipo	1

Nota. Elaboración Propia

Tabla 8*Criterio de Costos de Mantenimiento*

Niveles	Descripción	Cuantificación
Crítico	El costo de reparación supera los s/. 50,000	5
Muy Alto	El costo de reparación esta entre s/. 10,000 - s/. 50,000	4
Alto	El costo de reparación esta entre s/. 5,000 - s/. 10,000	3
Medio	El costo de reparación esta entre s/. 1,000 - s/. 5,000	2
Bajo	El costo de reparación es menor a s/. 1,000	1

Nota. Elaboración Propia

Tabla 9*Criterio de Impacto en la Seguridad*

Niveles	Descripción	Cuantificación
Muy Alto	Riesgo de muerte inminente o falla catastrófica en el activo	4
Alto	Daños muy graves que dejen secuela después de un tratamiento o reparación	3
Medio	Daños graves que desaparecen con tratamiento o reparación	2
Bajo	No existe riesgo para las persona ni activos	1

Nota. Elaboración Propia

2.2.19.1.3 Análisis de modos de falla y sus efectos (AMFE)

“El Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), es un método sistemático que es utilizado para detectar y corregir los posibles defectos del producto antes de que este llegue al cliente” (Miranda et al., 2007).

El AMFE es un método riguroso de análisis, que usa experiencias de: estudios, métodos, mantenimiento, fabricación y calidad. Es un método cualitativo que permite analizar los tipos de fallos reales o potenciales, sus posibles causas, consecuencias y medios para evitar las mismas. El objetivo de este método es encontrar causas de fallos y evaluar su criticidad teniendo en cuenta frecuencia de aparición y gravedad del fallo. (Navarro, 2004)

2.2.19.1.4 Análisis Causa Raíz (ACR)

“Es una metodología utilizada para identificar las causas que originan las fallas o problemas, que si son corregidos prevendrán su ocurrencia” (García, 2006).

El R.C.F.A. es un método estricto para resolver problemas de cualquier tipo de fallo. Este enfoque utiliza la lógica y un árbol de causas, que es una representación visual de un evento fallido. A través del razonamiento deductivo y la comprobación de hechos, se llega a las causas originales. Se trata de una herramienta de confiabilidad que ayuda a identificar hasta tres niveles de causas raíz para cada evento de fallo específico. Es una técnica de análisis que permite aprender de las fallas y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas (García, 2006).

Tabla 10

Análisis causa-raíz

Enfoque tradicional / Análisis de fallas	Análisis Causa Raíz
Solo se toma en cuenta cual es la falla	Determina cuales son las verdaderas raíces de la falla
Se toman acciones reactivas	Disminuye la repetitividad de fallas
No se determina cual es la causa raíz del problema.	Disminuye los impactos operacionales
	Reduce las consecuencias en seguridad y medio ambiente
	Optimiza los costos.

Nota. Obtenido de (García, 2006).

Según García (2006) indica que:

- Ofrece la habilidad de identificar un modelo de fallos y previene su reincidencia.
- Incrementa la fiabilidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de los equipos.
- Mejora las condiciones de seguridad en la industria y evita paros innecesarios en la producción.
- Reduce la cantidad de incidentes, minimiza los efectos en el medio ambiente y los accidentes.
- Mitiga las tensiones del personal de mantenimiento y operaciones.

1. Usos de la Causa Raíz.

Según García (2006) indica que:

- Fallas Crónicas o repetitivas: Problemas de mantenimiento
- Fallas Esporádicas: Paradas de emergencia

- Identificar las deficiencias en los programas: Procesos operativos y normativos
- Aspectos de Mantenimiento: Reducción de costos e inventarios
- Aspectos Operativos: Reducción del uso de energía.

2. Causas Raíz en RCFA (Análisis de Causa Raíz de las Fallas)

Causa raíz física: Es la causa tangible que explica por qué se produce una falla, y siempre tiene su origen en una acción humana o latente. Estas causas son relativamente más sencillas de abordar y requieren una verificación constante (García, 2006).

Causa raíz humana: Se origina a partir de errores cometidos por las personas, ya sea por decisiones incorrectas o por la falta de acción adecuada. Esta causa nunca identifica nombres individuales o grupos específicos cuando se describe (García, 2006).

Causa raíz latente: Surge debido a deficiencias en los sistemas de información y, en ocasiones, está relacionada con errores humanos. En algunos casos, estas causas pueden tener un impacto más significativo que el problema original que se está investigando, ya que pueden crear situaciones que conducen a nuevas fallas (García, 2006).

2.2.20 Análisis posterior a la Implementación del RCM

Después de la implementación, la adecuación del plan en la práctica debe analizarse tan pronto como se detecte una brecha o se identifica un error en el plan. Existen indicadores útiles que se pueden utilizar para comprobar el progreso posterior a la implementación, uno de que es M.T.B.F. (tiempo medio entre fallas). Este indicador nos indica el tiempo promedio entre dos fallos, y se recomienda controlar esta variable ya que cuanto mayor sea el valor de este indicador, cuanto más disponible esté el activo y, por tanto, la estrategia en cuestión puede resultar adecuada. Otro indicador recomendado es el M.T.T.R. (Tiempo estimado o promedio para reparar). Este

indicador se refiere a el tiempo medio de reparación, y cuanto menor sea este valor, es decir, menos tiempo de inactividad tendrá el activo en el proceso. Estos dos indicadores son los principales relacionados con la disponibilidad de activos.

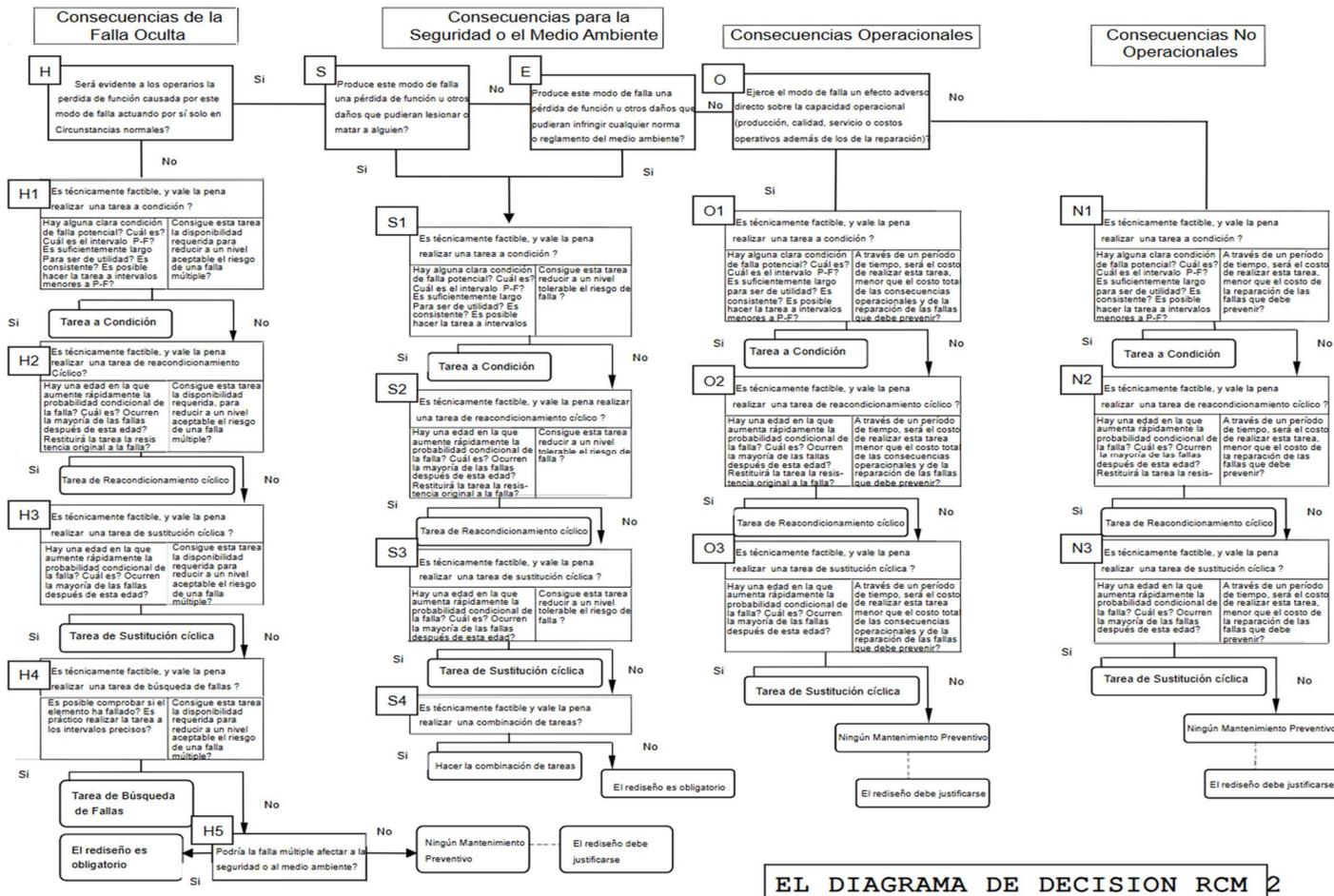
Finalmente, el principal indicador es la disponibilidad del activo. Según la norma EN 13306, este indicador se refiere a la capacidad de un activo para cumplir una función requerida bajo ciertas condiciones a un tiempo determinado o un período de tiempo determinado (Barros & Massala, 2020).

2.2.21 Diagrama de toma de decisiones del R.C.M.

El diagrama de decisiones del RCM presenta las respuestas a los criterios de análisis de la metodología en estudio, según (Moubray, 1997) se tiene que realizar las repuestas a estas preguntas: “¿Qué importa si falla?, ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla? y ¿Qué debe hacerse si no puede encontrarse una tarea proactiva apropiada?” (p.202). Entonces teniendo esta respuesta se procede analizar en nuevo plan de mantenimiento con criterios del RCM, para esto se debe entender este diagrama que se presenta en la Figura 15. Según (Moubray, 1997) se tiene que realizar un formato llamado “Hoja de Decisiones del RCM II” seria complemento de esta metodología, esta representación y formato se presenta en la Figura 16.

Figura 15

Diagrama de Decisiones del RCM



EL DIAGRAMA DE DECISION RCM 2

Nota. Tomado de: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – El diagrama de decisión de RCM (Moubray, 1997)

Figura 16

Hoja de Decisiones del RCMII

Referencia de Información		Evaluación de las consecuencias				H1			H2			H3			Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
						S1	S2	S3	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
F	FF	FM	H	S	E	O														

Nota. Tomado de: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – El diagrama de decisión de RCM (Moubray, 1997)

CAPITULO III. DIAGNOSTICO Y ANALISIS DE COMPONENTES

3.1 Jerarquización de sistemas y subsistemas de los equipos con característica técnicas.

Para iniciar con la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad se procede a jerarquizar los sistemas, subsistemas y componentes de cada unidad. Para lo cual se realizó la tabla 11, 12, 13, 14, 15 y 16 para disgregar cada sistema en subsistemas y por consiguiente en componentes unitarios.

Tabla 11

Arborización de sistema de propulsión

Sistema	Subsistemas	Componente
Propulsión	Admisión	Filtro de aire
		Turbocompresor
		Bomba de inyección
		Cilindro de aceleración
	Alimentación	Inyección
		Regulación de aceleración
		Sistema de combustible
		Fuelle
		Múltiple de escape
	Escape	Tubería de escape
		Bomba hidráulica
		Depósito
		Filtro
	Hidráulico	Motor hidráulico
		Regulador
		Tuberías
		Ventilador
	Lubricación	Depósito de aceite
		Tubería de aceite

Sistema	Subsistemas	Componente
		Bomba de agua
	Motor	Monoblock
		Motor Diesel
		Bomba de agua
		Faja para bomba de agua
	Refrigeración	Mochila de agua
		Radiador
		Termostato
		Tubería de agua

Nota, en esta tabla se muestra la distribución del sistema de Propulsión. Elaboración Propia

Tabla 12

Arborización de sistema de Transmisión

Sistema	Subsistemas	Componente
		Bobinas
	Control	Caja de control
		Engrase
	Lubricación	Graseras
		Nivel de aceite compresora
Transmisión		Caja inversora
		Caja reductora
		Caja Voith
	Transmisión	Cardan
		Cardan chico
		Cardan grande
		Turboacoplador

Nota, en esta tabla se muestra la distribución del sistema de Transmisión. Elaboración Propia.

Tabla 13*Arborización de sistema neumático (aire)*

Sistema	Subsistemas	Componente
Neumático	Control	Manómetro
		Válvula actuadora
		Válvula distribuidora
		Cornetas
		Depósito de aire
		Filtros
	Distribución	Mangueras
		Mangueras de interconexión
		Purgas
		Tuberías
		Válvula reguladora
		Compresora
		Compresora de aire (motor)
	Generación	Depósito principal
		Válvula de seguridad
		Engrase
	Lubricación	Graseras
		Nivel de aceite compresora
		Actuador del freno de estacionamiento
		Cilindro de freno
		Compresora de aire (motor)
		Compresora de aire (motor)
	Sistema de freno	Hombre muerto
Palancaje		
Pedal de HM		
Válvula de emergencia		
Válvula de frenado		
Zapatas		
Zapatas		

Nota, en esta tabla se muestra la distribución del sistema de Neumático. Elaboración Propia.

Tabla 14*Arborización de sistemas de bogíes*

Sistema	Subsistemas	Componente
Bogíe	Ejes y ruedas	Caja de grasa
		Eje
		Eje de ruedas
		Ruedas
		Arenero
	Marco de bogíe	Bastidor
		Bocina
		Pin real
		Regulador de zapata
		Amortiguador
	Suspensión primaria	Bocina
		Grasera
		Guía de resorte
		Resorte
		Amortiguador
	Suspensión secundaria	Bocina
		Grasera
		Guía de bronce
		Resorte
		Rodillos cónicos

Nota, en esta tabla se muestra la distribución del sistema de Bogíe. Elaboración Propia.

Tabla 15*Arborización de sistema de electricidad y control*

Sistema	Subsistemas	Componente	
Electricidad y control	Cableado	Cableado	
		Contactores	
	Calefacción		Rejillas
			Resistencias
			Termomagnéticos
			Antena
	Comunicación		Base y soporte
			Conector
			Radio
	Contactores y relays		Contactador
			Interruptor
			Relé
			Sensor
			Electroválvulas
			Fines de carrera
			HMI
			Jumper
		PLC	
		PLC CPU Registrador de eventos.	
Control		PLC módulo registrador de eventos	
		PLC pantalla de registrador de eventos	
		Registrador de eventos	
		Selector	
		Tarjetas	
Generación		Tarjetas de tracción	
		Alternador	
		Arrancador	

Sistema	Subsistemas	Componente
		Batería
		Faja de alternador
		Generador
		Inversor
		Faros
		Iluminación de baño
		Iluminación de cabina
	Iluminación	Iluminación de puerta de embarque
		Iluminación de salón
		Iluminación de tablero
		Electroválvula de corte combustible
		Electroválvula de hombre muerto
		Presostato de presión de aceite
	Protección	Sensor de nivel de aceite
		Sensor de nivel de agua
		Sensor de temperatura de caja Voith
		Termoswitch de temperatura de agua.

Nota, en esta tabla se muestra la distribución del sistema de Electricidad y Control.

Elaboración Propia.

Tabla 16*Arborización de sistema de carrocería*

Sistema	Subsistemas	Componente
Carrocería	Acoples	Acoples
		Lubricación
		Mecanismo impulsor
	Bajo bastidor	Tanque de retención
		Estribo
	Carrocería	Peldaño / lateral
		Limpiaparabrisas
	Parabrisas	Parabrisa
		Puerta de cabina
	Puertas	Puerta de embarque
		Espejo retrovisor
	Vidriería	Ventana de baño
		Ventana lateral
Vidrio panorámico		

Nota, en esta tabla se muestra la distribución del sistema de Carrocería. Elaboración Propia.

3.2 Análisis de Plan de Mantenimiento de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

3.2.1 *Definición de los objetivos del plan de mantenimiento de Flota Ferroviaria.*

3.2.1.1 Seguridad de la flota ferroviaria Feve Macosa 2300.

La seguridad es la actividad más importante en la profesión ferroviaria. Esta en la obligación de los trabajadores la obediencia a las Normas Operacionales y esencialmente para realizar un trabajo seguro y por lo tanto mantenerse en la actividad ferroviaria (Loredo, 2006)

3.2.1.2 Disponibilidad de la flota ferroviarias Feve Macosa 2300.

La disponibilidad de unidades ferroviarias es el indicador más objetivo en la operación de la empresa, puesto que mientras más se asegure la mayor cantidad de autovagones disponibles, mayor será las utilidades de la empresa.

3.2.1.3 Eficiencia de los costos de mantenimiento Feve Macosa 2300.

Este es un punto muy importante como empresa, este ayuda a visualizar como la empresa gestiona y reduce los costos a largo plazo mediante los mantenimientos preventivos y sobre todo activando los mantenimientos predictivos.

3.2.2 *Clasificación de los tipos de mantenimiento ejecutados en la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300.*

3.2.2.1 Mantenimiento diario

Esta inspección se realiza de manera diaria en diferentes turnos antes que las unidades salgan a operación y trasladen pasajeros al pueblo de Machu Picchu, donde se realizan diversas revisiones como la verificación de niveles de combustible, niveles de lubricantes, niveles de líquido refrigerante, estado de las luces, verificación de componentes, pruebas de arranque, calentamiento de unidad, estanqueidades de los componentes que trabajan con lubricantes.

3.2.2.2 Mantenimientos preventivos de la Flota Ferroviaria Feve Macosa 2300.

En este caso se maneja una rutina con la siguiente frecuencia de mantenimiento el cual es sugerida por el fabricante. Estos están divididos en 04 rutinas: R1 constituye un recorrido de 10,000Km, R2 constituye un recorrido de 20,000 Km, un R3 constituye un recorrido de 60,000 Km y un R4 constituye un recorrido de 120,000 Km. Donde estas rutinas están descritas por un número de actividades que se tienen que realizar en cada una de las rutinas que se describieron anteriormente. Para más detalle se describe en la tabla 12 los tipos de rutinas de mantenimientos que se realizan en cada uno de ellos.

Tabla 17

Frecuencia de mantenimientos preventivos de la flota FEVE MACOSA 2300

Rutina de Mantenimiento	Frecuencia (Km)	Actividades
R1	10,000	Básicas (cambio de lubricante + filtros, verificaciones de estado de componentes)
R2	20,000	Semi-básicas (cambio de lubricante + filtros, sistema de purificación de motor y verificaciones de estado de componentes)
R3	60,000	Semi-Completa (Cambio de lubricantes de todos los sistemas y sustitución de algunos elementos que sufrieron desgaste)
R4	120,000	Completa (Cambio de lubricantes de todos los sistemas y sustitución de componentes que cumplieron su ciclo de vida (Overhaul a los 240,000 Km para reiniciar su ciclo de vida)

Nota, en esta tabla se muestra el resumen de la frecuencia de mantenimientos preventivos de la flota ferroviaria Feve Macosa 2300. Elaboración Propia (2024)

3.2.2.3 Plan de mantenimiento de preventivo de la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300

Aquí se presenta la tabla 13 el cual no presenta el plan de mantenimiento preventivo que se realiza a las unidades de esta flota, estas son cuantificadas por cada rutina de mantenimiento preventivo que actividades se tienen que realizar a cada componente de la unidad.

Tabla 18

Plan de mantenimiento preventivo de actividades por componentes de la flota Ferroviaria

FEVE MACOSA 2300

COD - COMPONENTE	N°	COMPONENTE y ACTIVIDADES	R1 10,000	R2 20,000	R3 60,000	R4 120,000
ME - CIV - 00 - CPO	1	CAJA HIDROMECÁNICA VOITH - Verificar nivel de aceite de caja Voith - Sustituir aceite de transmisión hidráulica - Limpiar filtro de aceite - Lavar tapa del Carter y malla metálica	X	X	X	X
ME - CJI - 00 - CPO	2	CAJA REDUCTORA - Verificar si hay eventuales fuga de aceite por el sello de la caja - Verificar nivel de aceite de la caja - Sustituir aceite de la caja - Desmontar el carter de la caja de engranes holgura de los rodamientos	X	X	X	X
ME - TUR - 00 - CP4	3	TURBOCOMPRESOR - Verificar el correcto funcionamiento del turno, libre de ruidos extraños - Verificar estado de las cañerías de aceite - Verificar manguera que acopla al turbo - Medir la holgura radial y axial de la turbina del turbo - Sustituir turbo	X	X	X	X
EL - ARR - 00 - CPO	4	ARRANCADOR				

COD - COMPONENTE	N°	COMPONENTE y ACTIVIDADES	R1 10,000	R2 20,000	R3 60,000	R4 120,000
		- Probar arranque del motor desde la cabina	X	X	X	X
		- Verificar el estado de las escobillas			X	X
		- Sustituir arrancador				
NE - CIL - 00 - CPO	5	CILINDRO DE FRENO				
		- Inspeccionar y lubricar palancajes	X	X	X	X
		- Regular pistón de cilindro freno 10cmm				
		- Regular pistones de freno	X	X	X	X
		- Inspeccionar presión máxima cilindro de freno 3.5+-0.1BAR leído en los manómetros de la unidad	X	X	X	X
		- Cambio de resortes y diafragma				X
NE - COM - 00 - CP4	6	COMPRESORA DE AIRE (MOTOR)				
		- Verificar el buen funcionamiento de los compresores, la ausencia de ruidos extraños	X	X	X	X
		- Verificar sustentación de compresores	X	X	X	X
		- Inspeccionar niveles de aceite	X	X	X	X
		- Medir el rendimiento de los compresores y registrar los valores obtenidos				X
		- Sustituir el compresor				
NE - VDI - 00 - CPO	7	VALVULA DISTRIBUIDORA				
		Inspección de válvula con cambio de O´rins y empaquetaduras			X	
		- Probar el freno de emergencia desde la cabina para confirmar el apriete máximo y el corte de aceleración			X	X
		- Probar el funcionamiento y verificar la estanqueidad del sistema de freno y registrar los valores obtenidos				X
		- Sustituir la Válvula Distribuidora del freno neumático				X
EL - ALT - 13 - CP4	8	ALTERNADOR				

COD - COMPONENTE	N°	COMPONENTE y ACTIVIDADES	R1 10,000	R2 20,000	R3 60,000	R4 120,000
		- Verifique el funcionamiento de los alternadores, ausencia de ruidos extraños	X	X		
		- Sopletear los filtros de aire	X	X	X	X
		- Verificar tensión de las correas de transmisión	X	X	X	X
		- Verificar anclaje del alternador	X	X	X	X
		- Cambio de alternador			X	X
EL - BAT - 12 - ALL	9	BATERIA				
		- Verificar el funcionamiento del sistema de carga de baterías	X	X	X	X
		- Verificar el nivel de electrolito de las baterías y rellenar si es necesario	X	X		
		- Verificar sustentación de baterías	X	X	X	X
		- Medir tensión de la batería durante el arranque del motor Diesel	X	X	X	X
		- Pulverizar la caja de baterías	X	X	X	X
		- Limpiar, reapretar y lubricar los bornes de batería y que no roce ningún cable	X	X		
		Sustituir las baterías aproximadamente 02 años			X	X
AA - COM - 00 CP5/4	10	COMPRESORA AIRE ACONDICIONADO				
		- Verificar el nivel de aceite	X	X	X	X
		- Verificar sustentación de compresora A/A	X	X	X	X
		- Limpieza general	X	X	X	X
		- Limpieza y ajuste de contactos eléctricos	X	X	X	X
		- Verificar del estado de faja, polea tensora y manguera de alta y baja presión	X	X	X	X
		- Carga de gas refrigerante	X	X	X	X
		- Cambio de compresora (OH)				
AA - CON - 00 CP5		UNIDAD CONDENSADORA				
		- Limpieza del serpentín condensador	X	X	X	X
		- Limpieza del motoventilador de la unidad condensadora	X	X	X	X
		- Limpieza y ajuste de contactos eléctricos	X	X	X	X

COD - COMPONENTE	N°	COMPONENTE y ACTIVIDADES	R1 10,000	R2 20,000	R3 60,000	R4 120,000
		Cambio de condensadora				
AA - EVA - 00 - CP5		UNIDAD EVAPORADORA				
		- Limpieza del serpentín evaporador	X	X	X	X
		- Lubricación y limpieza de Moto Ventilador del evaporador	X	X	X	X
		- Limpieza de la bandeja de drenaje	X	X	X	X
		- Limpieza y ajuste de contacto eléctrico	X	X	X	X
		- Revisión de válvula expansión	X	X	X	X
		Cambio de evaporadora				
ET-INV-00-CP4/5	11	INVERSOR				
		- Limpiar, verificar el estado y conexiones				
		- Revisar terminales				
		- Inspección General (Proveedor)				
ME-MDI-00-CP4/5/FEVE	12	MOTOR DIESEL				
		- Verificar funcionamiento del Motor Diesel: vibraciones, ruidos, humos, etc.	X	X	X	X
		- Verificar el estado de los apoyos del M.D.	X	X	X	X
		- Pulverizar el Motor exteriormente	X	X	X	X
		- Regular las válvulas de admisión y escape				X
		Engrase y Mantenimiento				
		- Cambiar aceite del Motor Diesel	X	X	X	X
		- Cambiar filtros de aceite	X	X	X	X
		- Cambiar los filtros de combustible	X	X	X	X
		- Lavar el filtro primario de combustible	X	X	X	X
		- Verificar estado filtros de admisión de aire	X	X	X	X
		- Purgar el tanque de combustible			X	X
		- Cambiar los Inyectores				X
		Sistema de Refrigeración				
		- Verificar nivel de agua y mezcla de anticongelante	X	X	X	X
		- Verificar el estado de todas las mangueras y cambiarlas de ser necesario	X	X	X	X
		- Sacar muestra de agua para análisis	X	X	X	X
		Seguridad Motor Diesel				

COD - COMPONENTE	N°	COMPONENTE y ACTIVIDADES	R1 10,000	R2 20,000	R3 60,000	R4 120,000
		- Verificar si el Motor Diesel para por falta de agua	X	X	X	X
		- Verificar si el Motor Diesel para por falta de aceite	X	X	X	X
		- Sustituír el presostato de aceite del M.D.				
		- Sustituír el termostato				
ME-BHI-00-CP4/5/FEVE	13	BOMBA HIDRAULICA				
		- Verificar fuga y nivel de aceite hidráulico	X	X	X	X
		- Verificar mangueras del sistema hidráulico	X	X	X	X
		- Cambiar aceite del sistema hidráulico				X
		- Cambiar filtro del sistema hidráulico				X
		- Tomar muestra de aceite hidráulico			X	X
ME-MHI-00-CP4/5/FEVE	14	MOTOR HIDRAULICO				
		- Medir la velocidad de giro del ventilador a 1000 y 1500rpm del M.D, el giro debe ser entre el 25 a 30% superior al giro del M.D.				X
		- Verificar fuga de aceite	X	X	X	X
		- Verificar ruidos o rozamientos del ventilador	X	X	X	X
		- Pulverizar Motor hidráulico y el protector	X	X	X	X
ME-RAD-00-CP4/5/FEVE	15	RADIADOR				
		- Verificar conexiones de mangueras (abrazaderas), fugas de agua.	X	X	X	
		- La tapa debe ser limpiada, puede ser cambiada si no ajusta adecuadamente	X	X	X	
		- Verificar sustentación de radiadores	X	X	X	X
		- Pulverizar el radiador exteriormente y verificar aletas de enfriamiento	X	X	X	
		- Sustituir radiador (al año)				X
ME-BAS-00-CP0/FEVE	16	BASTIDORES				

COD - COMPONENTE	N°	COMPONENTE y ACTIVIDADES	R1 10,000	R2 20,000	R3 60,000	R4 120,000
		- Inspección visual de bastidores, detectar rajaduras, fracturas	X	X	X	X
		- Verificar el estado de los rodets cónicos y apoyos laterales				
		- Lubricar los rodets cónicos				
		- Verificar el estado de resbaladera	X	X	X	X
		- Comprobar estado de las hojas guías	X	X	X	X
		- Verificar puesta a tierra (bogie-bastidor)	X	X	X	X
ME-RUE-00-ALL	17	RUEDAS				
		- Inspección visual de las ruedas, detectar rajaduras en los centros de rueda	X	X	X	X
		- detectar defectos en la superficie de rodamiento (llanta)	X	X	X	X
		- Medir y registrar los diámetros de rueda				X
		- Efectuar pruebas de ultrasonido a todas las ruedas de manera ANUAL				X
ME-EJE-00CPO/FEVE	18	EJE DE RUEDA				
		- Verificar tapa de rodamientos si hay calentamiento	X	X	X	X
		- Verificar fuga de grasa por la tapa y parte de la rueda	X	X	X	X
		- Sustituir grasa lubricante en la caja de rodamientos				X
		- Efectuar prueba de ultrasonido a todos los ejes de manera ANUAL				X
ME-CAR-00-CPO/FEVE	19	CARDANES				
		- Inspeccionar los cardanes detectar posibles holguras	X	X	X	X
		- Verificar protectores de caída de cardanes	X	X	X	X
		- Lubricar las estrillas y cardán	X	X	X	X
		- Engrasar cardan del alternador principal (GENERADOR)	X	X	X	X
ET-REG-00-CPO	20	REGISTRADOR DE EVENTOS				

COD - COMPONENTE	N°	COMPONENTE y ACTIVIDADES	R1 10,000	R2 20,000	R3 60,000	R4 120,000
		- Verificar su funcionamiento y conexiones eléctricas	X	X	X	
		- Verificar el buen estado de los sensores de temperatura, RPM y presión de aceite	X	X	X	X
		- Mantenimiento general con cambio de baterías a los CP 9400				X
ME-BHI- 00 CPO/FEVE	21	BOMBA DE INYECCION				
		- Comprobar apriete y ajustes de sus conexiones	X	X		
		- Cambio de Bomba de Inyección			X	X
EL-GEN-15- FEVE	22	GENERADOR (FEVE intermedio)				
		- Verificar sustentación del generador	X	X	X	X
		- Comprobar estado general generador y caja de conexiones	X	X	X	
		- Comprobar tubería y fuelle canal de ventilación	X	X	X	X
		- Inspección general (tercero)				
ME-BAG-00- CPO/FEVE	23	BOMBA DE AGUA				
		- Verificar fuga de agua (llorona)	X	X	X	
		- Verificar condición de las mangueras de agua y cambiar si fuera necesario	X	X	X	X
		- Cambio de Bomba de Agua				X
AA-EVA-13- CPO/FEVE	24	VALVULA DE EXPANSION				
		- Verificar conexiones eléctricas	X	X	X	
		- Cambio Válvula de Expansión				X
ET-PRE-00-CPO	25	PCL CPU REGISTRADOR DE EVENTOS				
		- Verificar conexiones eléctricas seguras	X	X	X	X
		- Chequear vida de las baterías de Motor	X	X	X	X
		- Chequear limpieza y sujeción de los elementos	X	X	X	X
ET-PMR-00-CPO	26	PLC MODULO REGISTRADOR DE EVENTOS				

COD - COMPONENTE	N°	COMPONENTE y ACTIVIDADES	R1	R2	R3	R4
			10,000	20,000	60,000	120,000
		- Controlar conexiones seguras	X	X	X	X
		- Controlar la limpieza y sujeción de los elementos	X	X	X	X
		- Inspeccionar los tornillos están apretados	X	X	X	X
ET-PPR-00-CPO	27	PLC PANTALLA REGISTRADOR DE EVENTOS				
		- Visualizar sujeción del elemento	X	X	X	X
		- Limpieza de la pantalla	X	X	X	X
		- Inspeccionar vibraciones	X	X	X	X

Nota, en esta tabla se muestra el plan de mantenimientos preventivos donde se detalla las actividades que se deben realizar en cada rutina y por cada componente de la flota ferroviaria Feve Macosa 2300. Elaboración Propia (2024)

3.2.2.3.1 Histórico de ejecución de los mantenimientos preventivos de la Flota Ferroviaria

FEVE MACOSA 2300.

El estudio comprende analizar los mantenimientos preventivos ejecutados en el periodo de los años desde el 2018 hasta el año 2022, este análisis representa los 05 años incluido los años que las unidades estuvieron detenidas por temas de la pandemia mundial. Este objetivo de cuantificar los mantenimientos preventivos nos será de gran utilidad para poder verificar la disponibilidad operacional de la flota en forma anual y por consiguiente saber cuál de las unidades de la flota genera mayor distorsión en la disponibilidad. Entonces se muestra en las siguientes figuras los programas de mantenimiento ejecutados a lo largo del periodo antes indicado.

Figura 17

Programa de Mantenimientos Preventivos realizados y kilometrajes del 2018

ATV	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Jun-18	Jul-18	Ago-18	Set-18	Oct-18	Nov-18	Dic-18
941	-	-	-	-	-	21 109,852 10,000	-	24 120,164 20,000	-	19 129,977 10,000	-	-
943	-	-	-	19 84,831 10,000	-	6 96,824 20,000	20 108,490 10,000	-	21 119,752 20,000	-	-	14 130,700 10,000
951	-	-	-	20 111,150 10,000	-	21 122,537 20,000	-	24 132,634 10,000	-	17 142,544 20,000	-	17 150,615 10,000
952	-	-	-	-	-	11 119,168 10,000	-	4 131,043 20,000	-	1 140,998 20,000	-	12 150,818 20,000
953	-	-	-	-	-	11 87,474 10,000	-	4 99,350 20,000	-	2 109,299 10,000	-	22 121,279 20,000
954	-	-	-	19 73,642 10,000	-	21 85,129 20,000	-	25 95,547 10,000	-	18 105,439 20,000	-	4 113,485 10,000

Figura 18

Programa de Mantenimientos Preventivos realizados y kilometrajes del 2019

MANTENIMIENTOS REALIZADOS Y KILOMETRAJES 2019												
ATV	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19
941	7 141,245 20,000	-	-	4 152,633 10,000	-	1 166,141 60,000	8 173,792 10,000	29 185,755 20,000	-	16 195,541 10,000	-	3 206,118 20,000
943	-	26 140,041 20,000	-	-	13 150,093 60,000	24 159,570 10,000	-	27 174,090 20,000	-	11 183,745 10,000	-	7 193,727 20,000
951	-	-	-	4 161,644 60,000	22 172,770 10,000	-	10 184,271 20,000	-	19 200,572 10,000	-	4 210,124 20,000	23 221,429 10,000
952	-	-	25 161,533 10,000	-	-	1 172,533 60,000	11 183,703 10,000	26 193,162 20,000	-	10 203,735 10,000	-	6 213,620 20,000
953	-	-	8 132,869 10,000	-	13 142,362 60,000	-	8 155,461 10,000	-	17 169,564 20,000	-	7 179,704 10,000	-
954	-	18 124,726 20,000	-	28 136,826 60,000	-	6 146,303 10,000	-	31 163,693 20,000	-	-	1 174,892 10,000	25 187,865 20,000

Figura 19

Programa de Mantenimientos Preventivos realizados y kilometrajes del 2020

MANTENIMIENTOS REALIZADOS Y KILOMETRAJES 2020												
ATV	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
941	25 216,269 10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
943	-	18 204,507 10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
951	-	26 232,174 120,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
952	-	19 224,344 10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
953	6 189,542 20,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
954	-	-	3 197,025 10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 20

Programa de Mantenimientos Preventivos realizados y kilometrajes del 2021

MANTENIMIENTOS REALIZADOS Y KILOMETRAJES 2021												
ATV	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21
941	-	-	-	-	1 223,840 120,000	-	-	-	-	-	16 225,144 10,000	-
943	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22 215,408 10,000	-	-
951	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16 242,409 10,000	-
952	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 234,816 10,000	-	21 245,816 20,000
953	-	-	-	-	-	-	-	23 197,891 10,000	-	25 200,157 10,000	-	-
954	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12 208,910 10,000

Figura 21

Programa de Mantenimientos Preventivos realizados y kilometrajes del 2022

MANTENIMIENTOS REALIZADOS Y KILOMETRAJES 2022												
ATV	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
941	-	25 235,935 20,000	-	-	-	28 245,181 10,000	-	-	-	-	-	-
943	-	28 225,453 60,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
951	-	21 252,581 20,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
952	-	-	-	-	-	15 257,416 10,000	-	-	-	-	-	-
953	16 212,288 20,000	-	-	27 222,036 10,000	-	-	-	-	7 232,489 20,000	-	-	-
954	-	20 288,689 60,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2.2.4 Mantenimiento correctivo Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.

El mantenimiento correctivo en las unidades ferroviarias son críticas y es el aspecto que con este estudio se piensa reducir significativamente el porcentaje de estos mantenimientos, puestos que los costos de mantenimiento correctivo hacen que la gestión no sea una óptima cuando se trata de analizar los cálculos financieros de la empresa. Este concepto de mantenimiento correctivo en la flota ferroviaria Feve Macosa 2300 se basa en auxiliar y dar solución de algún problema que suceda en la operación al instante para que la unidad no se detenga y la operación continúe; pero el detalle es saber que a largo plazo al acumularse la mayor cantidad de estos

mantenimientos correctivos causara efectos de falla que dañaran sistemas que causaran costos mayores que el haber ejecutado un mantenimiento preventivo eficaz de menor costo.

El estudio conlleva gestionar implementando el Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad en la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300, el cual tiene como meta proyectar la reducción de los mantenimientos correctivos y por tal motivo reducir los costos que conllevan esta clase de mantenimiento.

3.2.2.4.1 Ejecución de mantenimientos correctivos en la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.

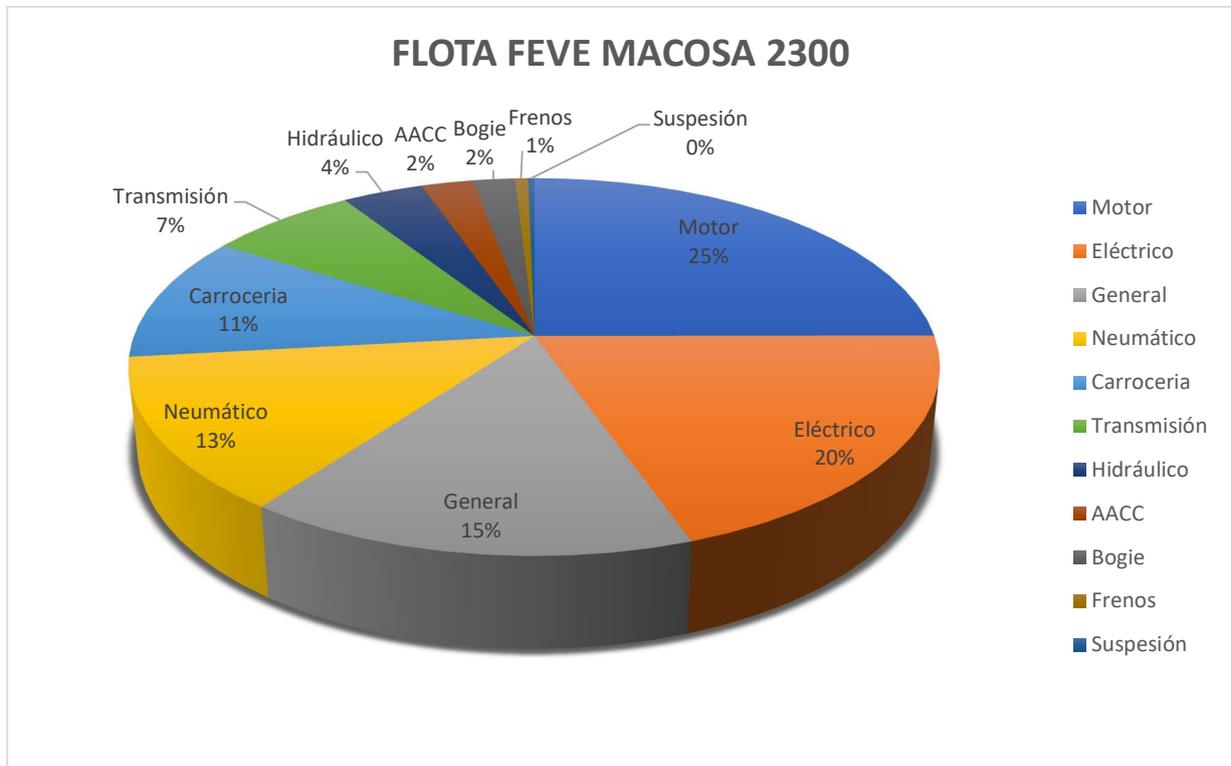
Para el estudio se realizó un gráfico de análisis del comportamiento del mantenimiento correctivo en la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300 en el periodo 2018-2022 y el porcentaje de fallas correctivos significativas que se han solucionado en el periodo estudiado, a continuación, se visualizará en la figura 21 el porcentaje de fallas correctivas en el periodo 2018-2022.

Donde el porcentaje de mantenimientos correctivos según sistema se describe a continuación:

- Sistema Propulsión (Motor), tiene un 25% de mantenimientos correctivos
- Sistema Eléctrico, tiene un 20% de mantenimientos correctivos
- Sistema Neumático, tiene un 13% de mantenimientos correctivos
- Sistema Carroceria, tiene un 11% de mantenimientos correctivos
- Sistema Transmisión, tiene un 7 % de mantenimientos correctivos
- Sistema Bogie's, tiene un 2 % de mantenimientos correctivos

Figura 22

Distribución de fallas correctivos de la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300



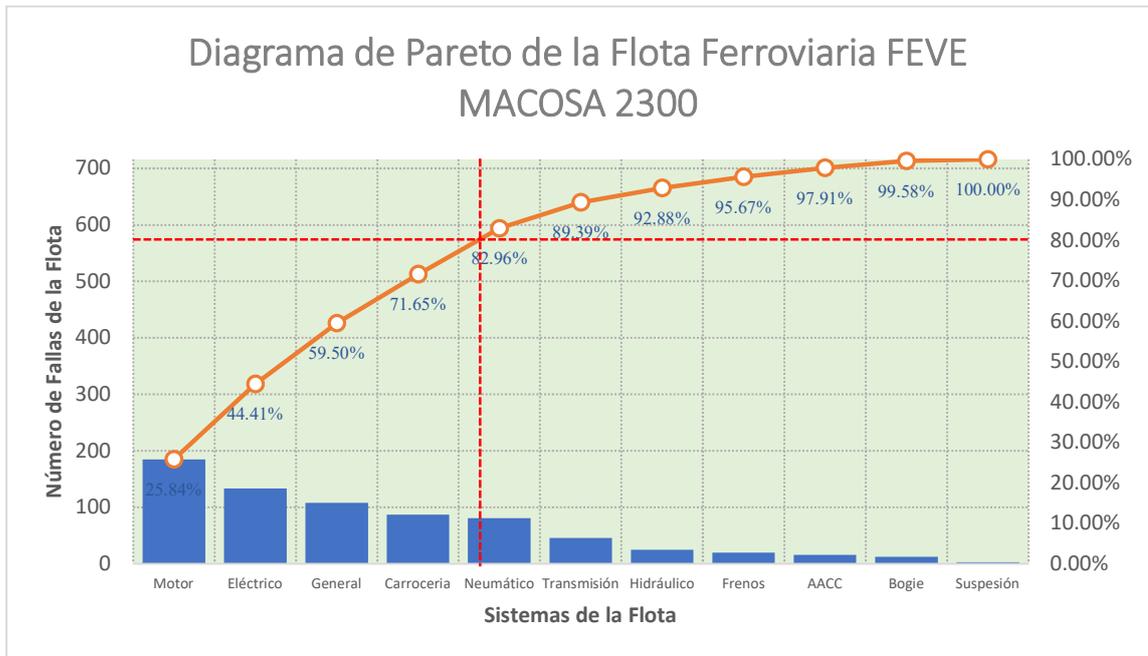
Nota, este gráfico muestra el comportamiento de los mantenimientos correctivos en el periodo estudiado de la flota ferroviaria Feve Macosa 2300. Elaboración Propia (2024)

3.2.2.4.2 Principio de la Distribución de Wilfredo Pareto en la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.

A continuación, se realizará un diagrama de Pareto para analizar el impacto que tiene la información referente a las fallas que se encontraron en el periodo estudiado, el propósito que tiene este diagrama es identificar los problemas o causa más significativas que tiene nuestro conjunto de información. Donde según la teoría en los diversos casos el 80% de los efectos se generan a consecuencia del 20 % de las causas. En la siguiente figura 22 se analizará el estado situacional y como está comportándose cada sistema de la flota.

Figura 23

Diagrama de Pareto de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300



Nota, este gráfico muestra que el 80% de las fallas son a consecuencia del 20% de los sistemas que comprenden el Sistema de Motor, Sistema Eléctrico, y la Carrocería con referencia a la flota ferroviaria Feve Macosa 2300. Elaboración Propia (2024)

Entonces en conclusión se visualiza que las fallas consecuentes en la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300 son mayormente en los sistemas de motor, sistema eléctrico y la carrocería, los cuales serán punto de partida para poder analizar y mitigar dichas fallas correctivas.

3.2.2.5 Indicadores de mantenimiento de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

Una buena gestión de mantenimiento se basa en mantener en óptimas condiciones y con una mejoría eficaz de los activos los cuales generan utilidades que cualquier organización que maneja activos tiene, entonces para poder medir dichos conceptos la teoría indica que se debe de

analizar mediante indicadores de gestión de mantenimiento (MTTR, MTBF y Disponibilidad), estos indicadores son números que apoyan a la toma de decisiones en la organización.

En el presente la empresa Inca Rail tiene el departamento de Mantenimiento, el cual tiene la tarea de realizar la conservación de sus activos los cuales son estos autovagones estudiados. Por este motivo en el estudio se analizó el comportamiento de estos indicadores en el tiempo, para iniciar se realizó la tabla 14 para verificar los tiempos de paradas que tuvieron las unidades por temas de mantenimiento (TTR, tiempo medio de reparación), y por consiguiente con esta información evaluaremos los indicadores de mantenimiento y como han estado actuando durante el periodo estudiado.

Tabla 19

Tiempo de parada por Mantenimiento

Sistemas	ATV941 (hr.)	ATV943 (hr.)	ATV951 (hr.)	ATV952 (hr.)	ATV953 (hr.)	ATV954 (hr.)
Motor	217	320	621	544	621	729
Carrocería	340	140	446	266	320	328
General	262	232	240	208	280	400
Eléctrico	216	176	224	192	184	208
Neumático	24	32	240	280	216	248
Transmisión	16	31	156	164	188	214
Hidráulico	24		192	168	96	120
AACC	192	48	48	48		144
Bogie	56	66	112	24	18	48
Frenos	32		42	48	24	100
Suspensión	24	24	24			
Tiempo de Parada	1403	1069	2345	1942	1947	2539

Nota, Elaboración Propia

3.2.2.5.1 M.T.T.R. (Mean Time To Repair)

Este indicador este entrelazado a la mantenibilidad, el cual corresponde a realizar el trabajo después de una falla. En otro contexto el M.T.T.R. está dirigida analizar el tiempo medio de

reparación después de la falla. El cual constituye que el indicador nos mide que tan efectivo somos en el área de mantenimiento en poder reducir este tiempo y dejar operativo cualquier unidad ferroviaria.

Para poder tener los resultados de la flota se realizó el cálculo con la ecuación 10, donde los resultados se detallan en la tabla

Ecuación 10

Cálculo del M.T.T.R. con respecto al número de paradas

$$M.T.T.R = \frac{\Sigma \text{Sumatoria de tiempo de parada(reparación)}}{\Sigma \text{Número de paradas}}$$

Nota, esta ecuación se utiliza para obtener un promedio del tiempo medio entre fallas (Mora, 2009)

Tabla 20

Mean Time To Repair (MTTR) Flota Ferroviaria FEVE MACOSA

Autovagones	ATV941 (hr.)	ATV943 (hr.)	ATV951 (hr.)	ATV952 (hr.)	ATV953 (hr.)	ATV954 (hr.)
Tiempo de Parada	1403	1069	2345	1942	1947	2539
# de paradas	78	68	142	122	133	161
MTTR	17.99	15.72	16.51	15.92	14.64	15.77

Nota, Elaboración Propia

3.2.2.5.2 M.T.B.F. (Mean Time Between Failure)

El M.T.B.F. o tiempo medio entre fallas es un indicador que actualmente se usa para medir el buen funcionamiento de los autovagones con respecto a los tiempos de operación. Esta herramienta es fundamental para la medición de la confiabilidad de las unidades ferroviaria en

estudio puesto que se tomará los datos del número de paradas que tuvieron las unidades en el periodo analizado y por siguiente se realizara la división según la ecuación 11.

Ecuación 11

Cálculo del M.T.B.F. con respecto al número de paradas

$$M.T.B.F = \frac{\Sigma \text{Sumatoria de Tiempo Operativo}}{\Sigma \text{Número de paradas}}$$

Nota, esta ecuación se utiliza para obtener un promedio del tiempo medio entre fallas (Mora, 2009)

Tabla 21

Mean Time Between Failure (MTBF) de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

Autovagones	ATV941 (hr.)	ATV943 (hr.)	ATV951 (hr.)	ATV952 (hr.)	ATV953 (hr.)	ATV954 (hr.)
# paradas	78	68	142	122	133	161
Tiempo Operativo	43752	43752	43752	43752	43752	43752
MTBF	560.92	643.41	308.11	358.62	328.96	271.75

Nota, Elaboración Propia

3.2.2.5.3 Disponibilidad de Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

La disponibilidad es el principal indicador de mantenimiento de la flota ferroviaria, puesto que este indicador nos da referencia a la operatividad de alguna unidad de la flota. Este indicador es objeto de estudio puesto que cada mes se presenta a la gerencia para ver el comportamiento de cada unidad en el tiempo. Para poder tener este indicador se da uso a la ecuación 5, el cual implica que el indicador está relacionada al M.T.B.F y al M.T.T.R para su obtención.

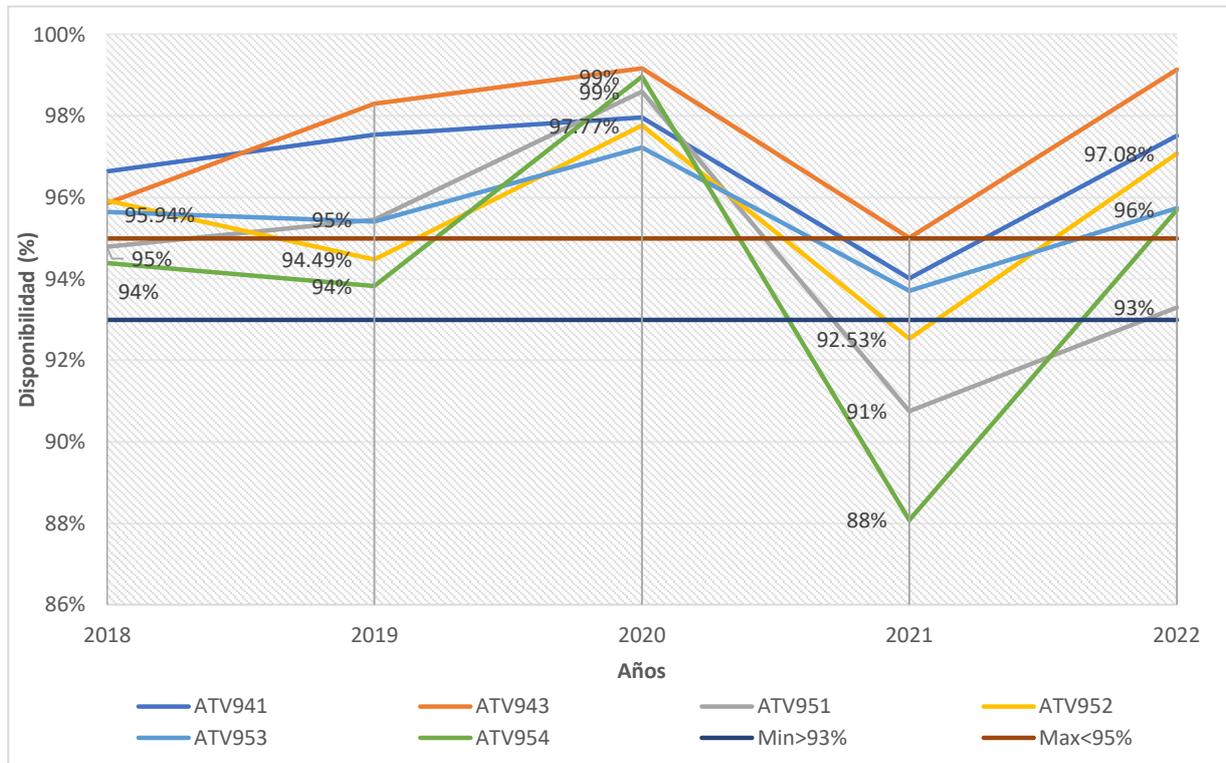
El rango porcentual que la empresa requiere es que todas sus unidades es que estas pasen el 95% de disponibilidad y no bajen del 93% de dicha disponibilidad, puesto que ahí se está

midiendo que mientras la unidad baja ese porcentaje la gestión de mantenimiento no es efectiva en esa unidad.

En la figura 24 se evaluó la disponibilidad anual de este periodo estudiado de las 06 unidades ferroviarias, donde los resultados que nos arrojaron en el versus de la disponibilidad (%) con respecto al tiempo (años) es que la unidad ferroviaria ATV954 entrega una disponibilidad en el año 2021 menor a lo que estaba trazado en la meta con un porcentaje de disponibilidad del 88%. Ahora la unidad ATV951 entrega una disponibilidad 91% el cual también es preocupante. Y por último la unidad ferroviaria ATV952 tiene una disponibilidad del 92.5%. Por consiguiente, procederemos a analizar estas 03 unidades ferroviarias para poder tomar una decisión referente a estas unidades y mejorar su disponibilidad aplicando esta metodología que estamos realizando (R.C.M).

Figura 24

Disponibilidad Anual de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300



Nota, aquí se visualiza el comportamiento de la disponibilidad de las unidades con respecto al tiempo y por consiguiente evaluar a estas 03 unidades que tienen una baja disponibilidad. Elaboración Propia (2024).

3.2.3 Confiabilidad de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300.

Según la figura 24 de la disponibilidad de Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300 se encontró que 03 unidades se encuentran en estado crítico en el año 2021, por lo cual encontraremos la causa raíz de este alto índice de indisponibilidad.

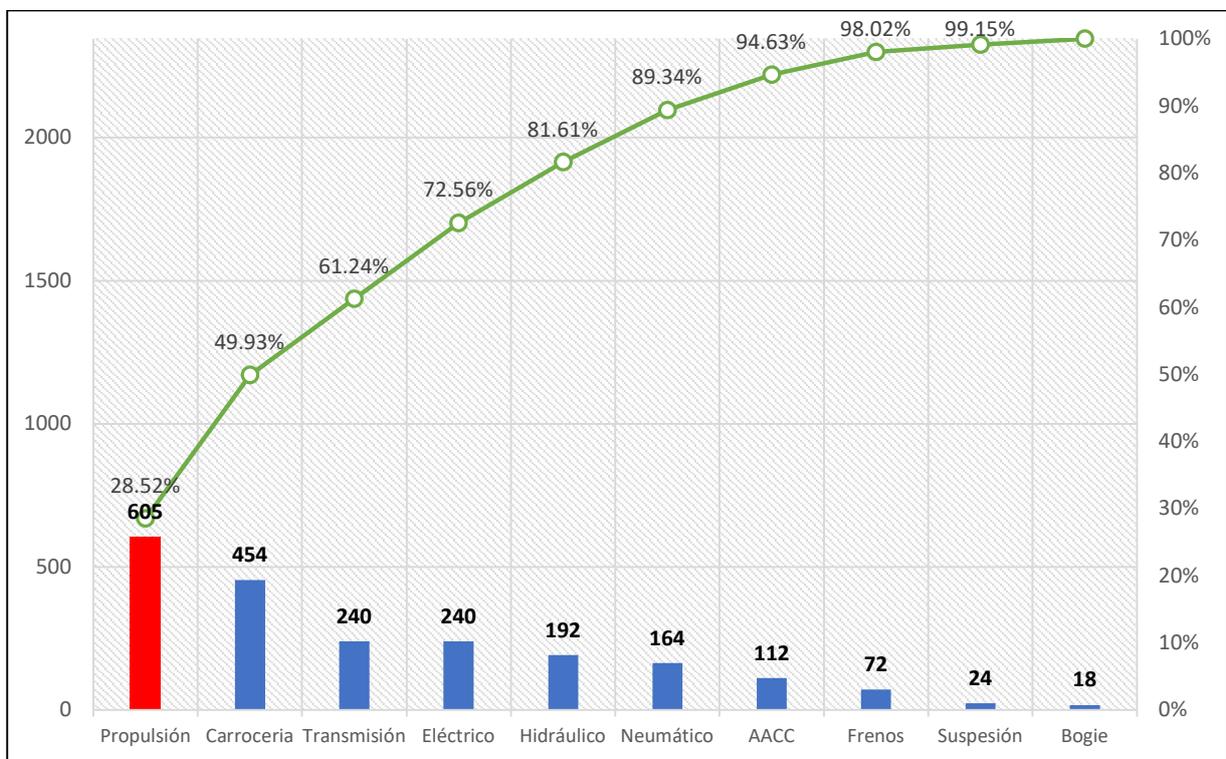
Para ello analizaremos los diagramas de Pareto de las 03 unidades para visualiza el 80% de las fallas que producen el 20% de los sistemas de cada unidad.

3.2.3.1.1 Análisis de Confiabilidad del Autovagón Ferroviario ATV951.

- Como primer punto para poder hallar la confiabilidad de esta Autovagón, analizaremos el diagrama de Pareto de los sistemas de esta unidad ATV951, el cual según la Figura 25 nos entrega los componentes que están dentro del área de criticidad.

Figura 25

Diagrama de Pareto de los Sistemas Críticos del Autovagón ATV951



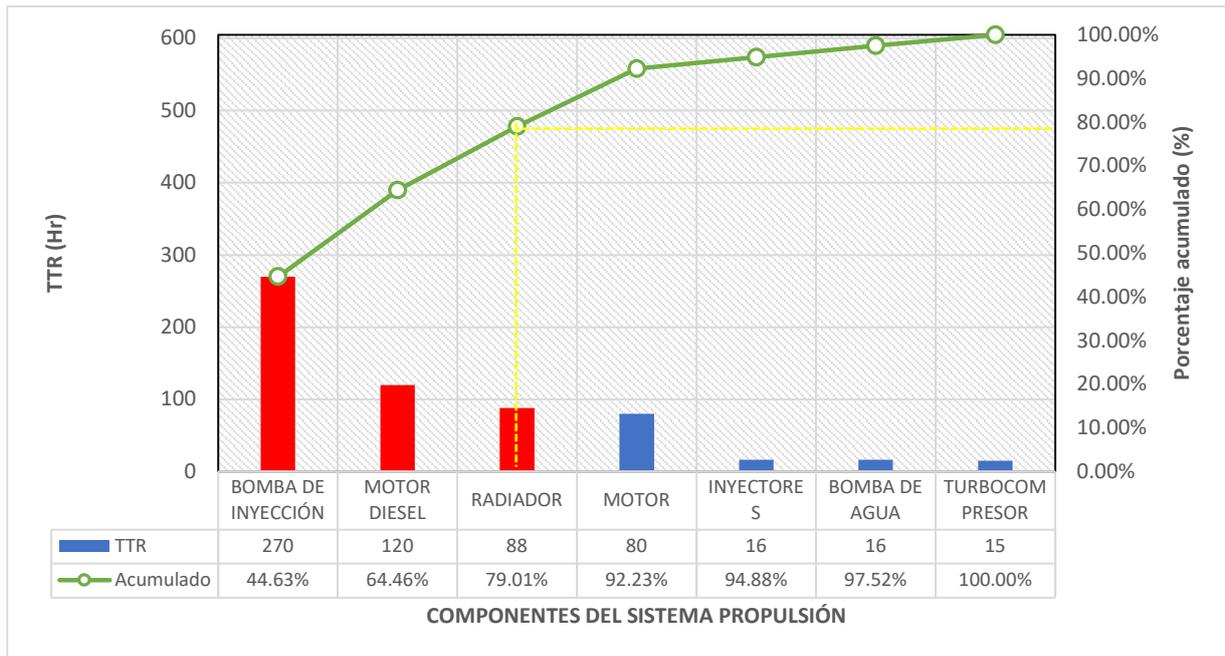
Nota, Se verifica el comportamiento de la gráfica del Diagrama de Pareto por sistemas de la unidad ferroviaria ATV 951. Elaboración Propia

- Como segundo punto tenemos que analizar el sistema de propulsión que según la Figura 25 sería el más crítico de esta unidad, por ende, en la Figura 26 se procederá

analizar los componentes según el 80% 20% de Pareto para poder hallar las confiabilidades de los componentes críticos de este sistema de Propulsión.

Figura 26

Diagrama de Pareto de Componentes del Sistema de Propulsión del ATV 951

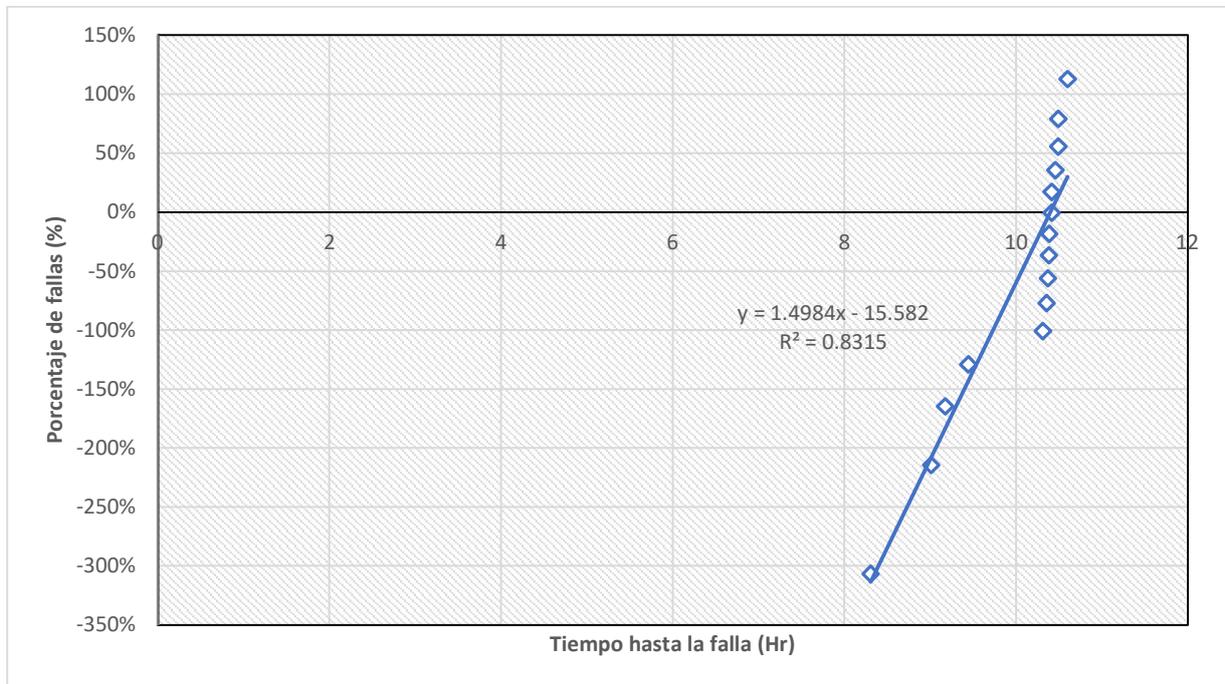


Nota, Se verifica el comportamiento de la gráfica del Diagrama de Pareto de los componentes del Sistema de Propulsión de la unidad ferroviaria ATV 951. Elaboración Propia

- Como tercer punto analizaremos la confiabilidad de los 03 componentes críticos los cuales son la Bomba de Inyección que se representa en la Figura 27, el Motor Diesel que se representa en la Figura 28 y el Radiador que se representa en la Figura 29 de este Sistema de Propulsión de la unidad ATV951, para luego realizar la comparativa de con los datos que se obtendrán con el R.C.M.

Figura 27

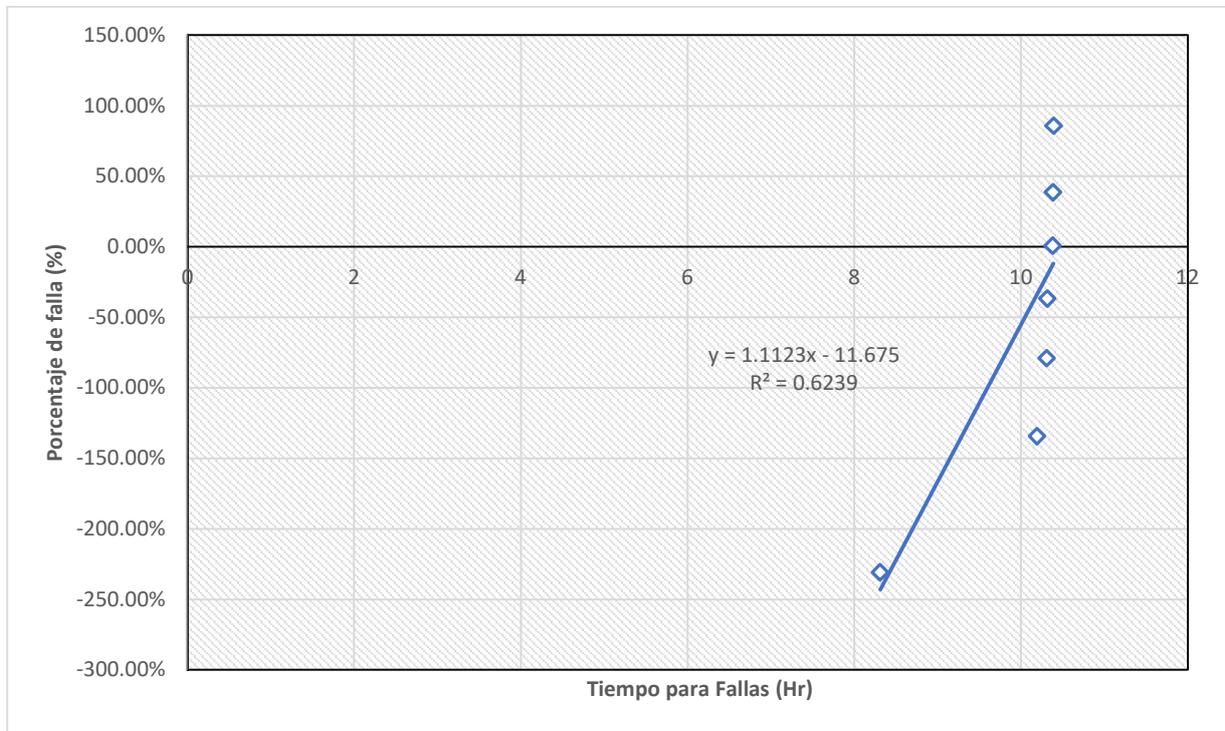
Confiabilidad de la Bomba de Inyección del ATV 951



Nota, Según la gráfica del de Confiabilidad de la Bomba de Inyección nos entrega que el componente tiene un $\beta=1.4984$, $\text{cte}=-15.5823$, $\eta=32841.829$ h y un MTBF = 29651.15 h. Donde “ β ” que es parámetro de forma indica que es mayor a la unidad, el cual significa que estas Bombas de Inyección está en una etapa de desgaste y el “ η ” significa que pasando las 32841.829 horas el 63,2 % del sistema de la Bomba de Inyección fallara. Elaboración Propia

Figura 28

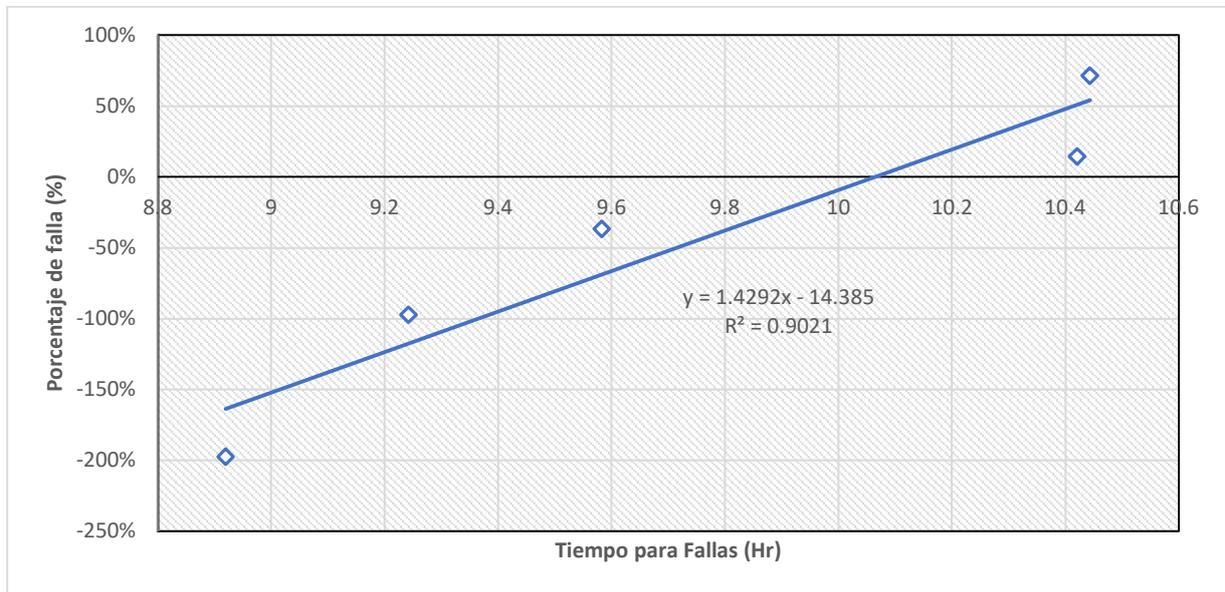
Confiabilidad del Motor Diesel del ATV951



Nota, Según la gráfica del de Confiabilidad del Motor Diesel nos entrega que el componente tiene un $\beta=1.1123$, $\text{cte} = -11.675$, $\eta=36202.53$ h y un $\text{MTBF} = 34806.77$ h. Donde “ β ” que es parámetro de forma indica que es mayor a la unidad, el cual significa que el Motor Diesel, está en una etapa de desgaste y el “ η ” significa que pasando las 36202.53 horas el 63,2 % del sistema del Motor Diesel fallara. Elaboración Propia

Figura 29

Confiabilidad del Radiador del ATV951



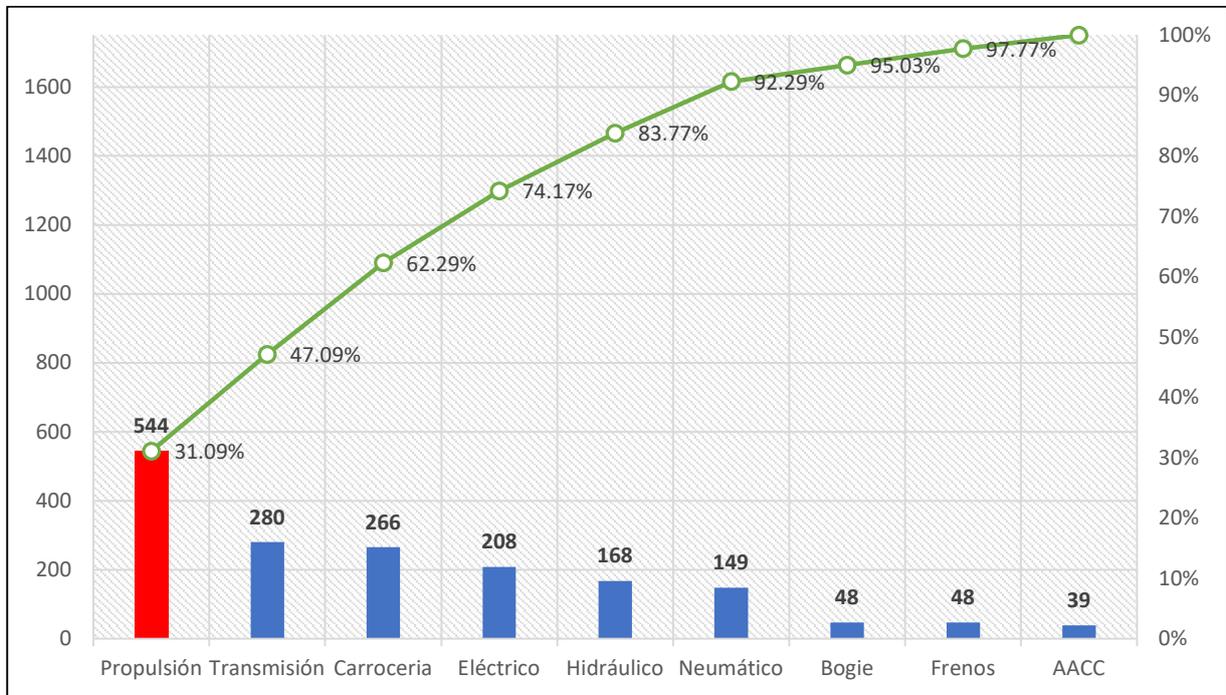
Nota, Según la gráfica del de Confiabilidad del Radiador nos entrega que el componente tiene un $\beta=1.4392$, $cte= -14.385$, $\eta=23510.82$ h y un $MTBF = 21361.47$ h. Donde “ β ” que es parámetro de forma indica que es mayor a la unidad, el cual significa que el Radiador, está en una etapa de desgaste y el “ η ” significa que pasando las 23510.82 horas el 63,2 % de componentes del Radiador fallara. Elaboración Propia

3.2.3.1.2 Análisis de Confiabilidad del Autovagón Ferroviario ATV952.

- Como primer punto para poder hallar la confiabilidad de esta Autovagón, analizaremos el diagrama de Pareto de los sistemas de esta unidad ATV952, el cual según la Figura 30 nos entrega los componentes que están dentro del área de criticidad.

Figura 30

Diagrama de Pareto de los Sistemas Críticos del Autovagón ATV952

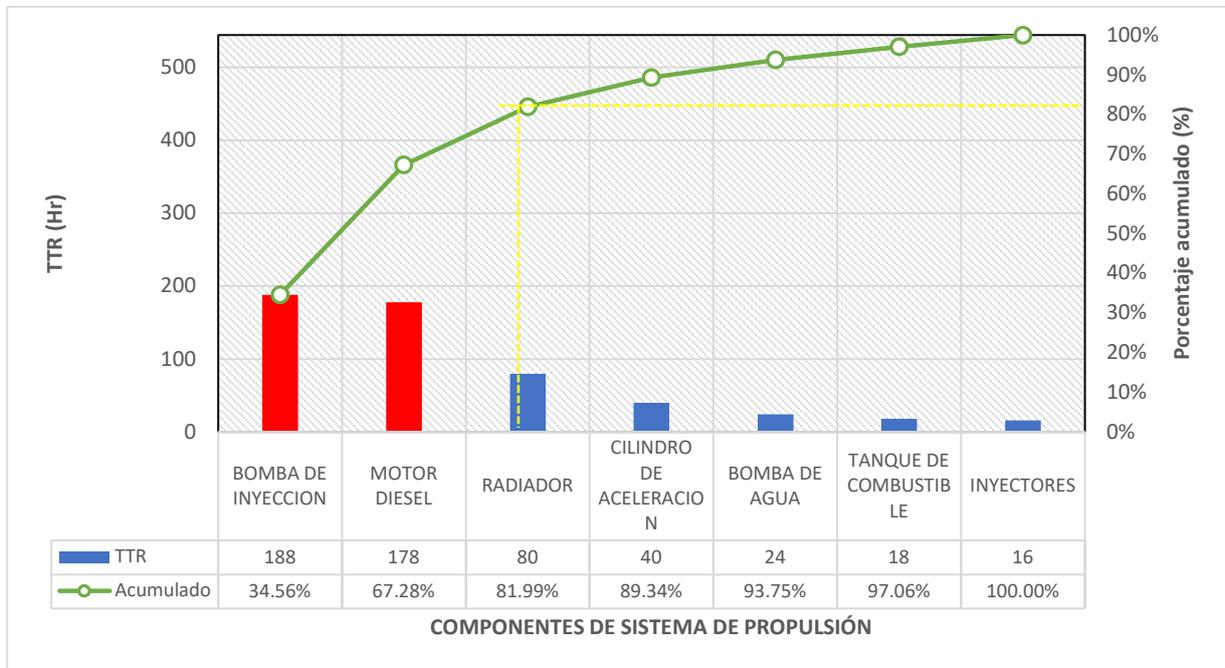


Nota, Se verifica el comportamiento de la gráfica del Diagrama de Pareto por sistemas de la unidad ferroviaria ATV 952. Elaboración Propia

- Como segundo punto tenemos que analizar el sistema de propulsión que según la Figura 30 sería este el más crítico de esta unidad, por ende, en la Figura 31 se procederá analizar los componentes según el 80% 20% de Pareto para poder hallar las confiabilidades de los componentes críticos de este sistema de Propulsión.

Figura 31

Diagrama de Pareto de Componentes del Sistema de Propulsión del ATV 952

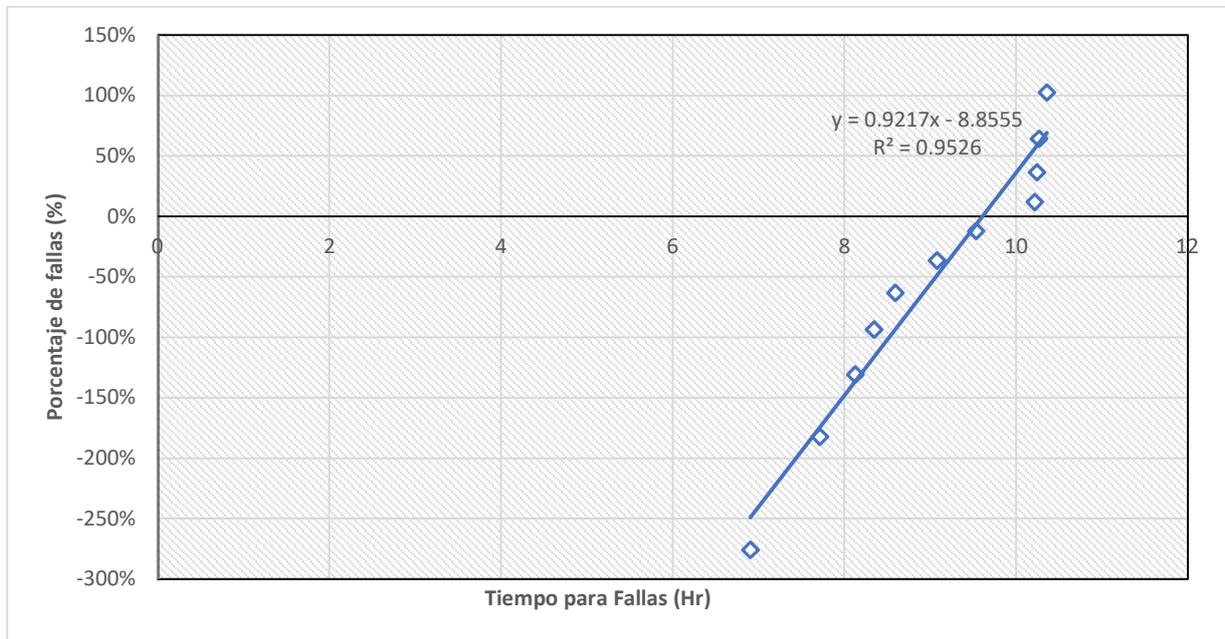


Nota, Se verifica el comportamiento de la gráfica del Diagrama de Pareto de los componentes del Sistemas de Propulsión de la unidad ferroviaria ATV 952. Elaboración Propia

- Como tercer punto analizaremos la confiabilidad de los 02 componentes críticos los cuales son la Bomba de Inyección que se representa en la Figura 32 y el Motor Diesel que se representa en la Figura 33 de este Sistema de Propulsión de la unidad ATV952, para luego realizar la comparativa de con los datos que se obtendrán con el R.C.M.

Figura 32

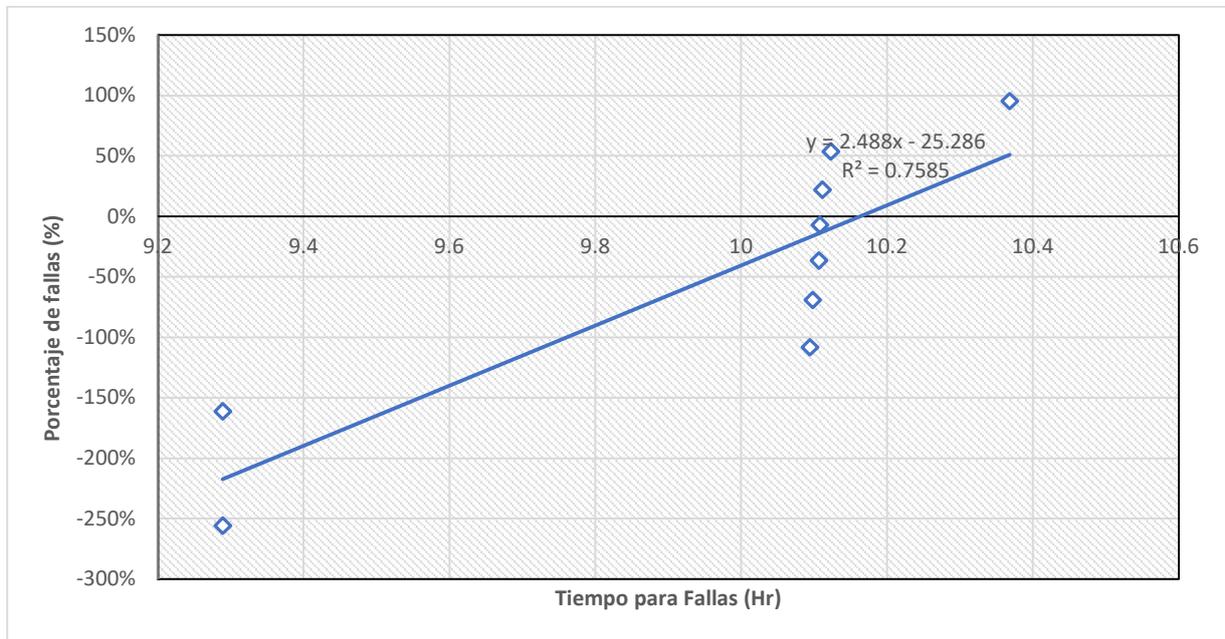
Confiabilidad de la Bomba de Inyección ATV952



Nota, Según la gráfica del de Confiabilidad de la Bomba de Inyección nos entrega que el componente tiene un $\beta=0.9217$, $cte=-8.8554$, $\eta=14884.23$ h y un $MTBF = 15464.12$ h. Donde “ β ” que es parámetro de forma indica que es mayor a la unidad, el cual tiene un significado que estas Bombas de Inyección está en una etapa de mortalidad infantil o fallas tempranas que con el RCM tendríamos maximizar la vida de estos activos y el “ η ” significa que pasando las 14884.23 horas el 63,2 % del sistema de la Bomba de Inyección fallara. Elaboración Propia

Figura 33

Confiabilidad del Motor Diesel del ATV952



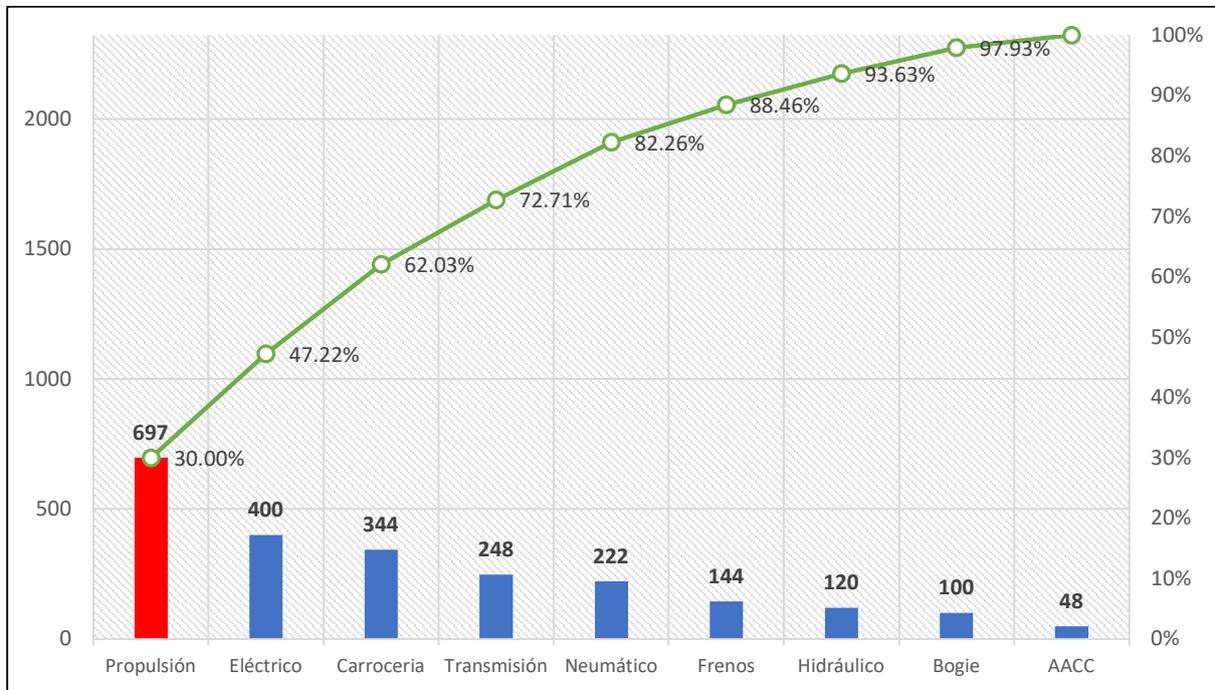
Nota, Según la gráfica del de Confiabilidad del Motor Diesel nos entrega que el componente tiene un $\beta=2.4881$, $cte=-25.2855$, $\eta=25922.052$ h y un MTBF = 22997.03 h. Donde “ β ” que es parámetro de forma indica que es mayor a la unidad, el cual significa que estas Bombas de Inyección está en una etapa de desgaste y el “ η ” significa que pasando las 25922.052 horas el 63,2 % del sistema de la Motor Diesel fallara. Elaboración Propia

3.2.3.1.3 Análisis de Confiabilidad del Autovagón Ferroviario ATV954.

- Como primer punto para poder hallar la confiabilidad de esta Autovagón, analizaremos el diagrama de Pareto de los sistemas de esta unidad ATV952, el cual según la Figura 30 nos entrega los componentes que están dentro del área de criticidad.

Figura 34

Diagrama de Pareto de los Sistemas Críticos del Autovagón ATV954

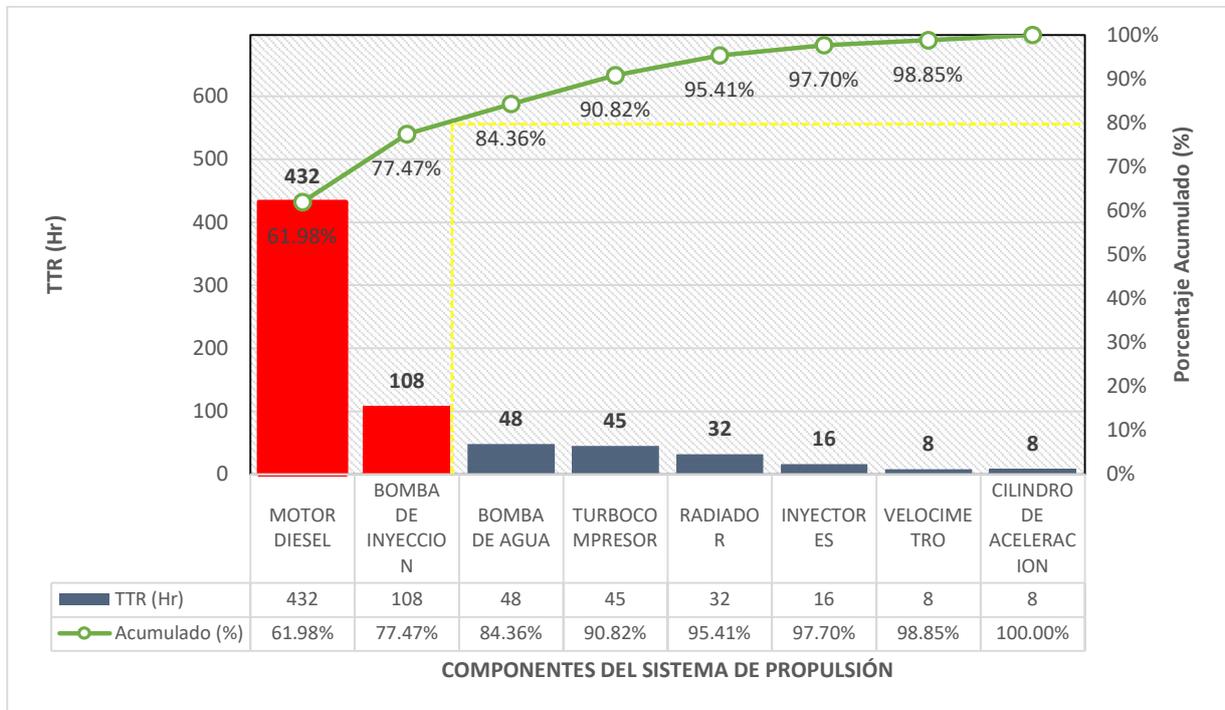


Nota, Se verifica el comportamiento de la gráfica del Diagrama de Pareto por sistemas de la unidad ferroviaria ATV 954. Elaboración Propia

- Como segundo punto tenemos que analizar el sistema de propulsión que según la Figura 34 sería este el más crítico de esta unidad, por ende, en la Figura 35 se procederá analizar los componentes según el 80% 20% de Pareto para poder hallar las confiabilidades de los componentes críticos de este sistema de Propulsión.

Figura 35

Diagrama de Pareto de Componentes del Sistema de Propulsión del ATV 954

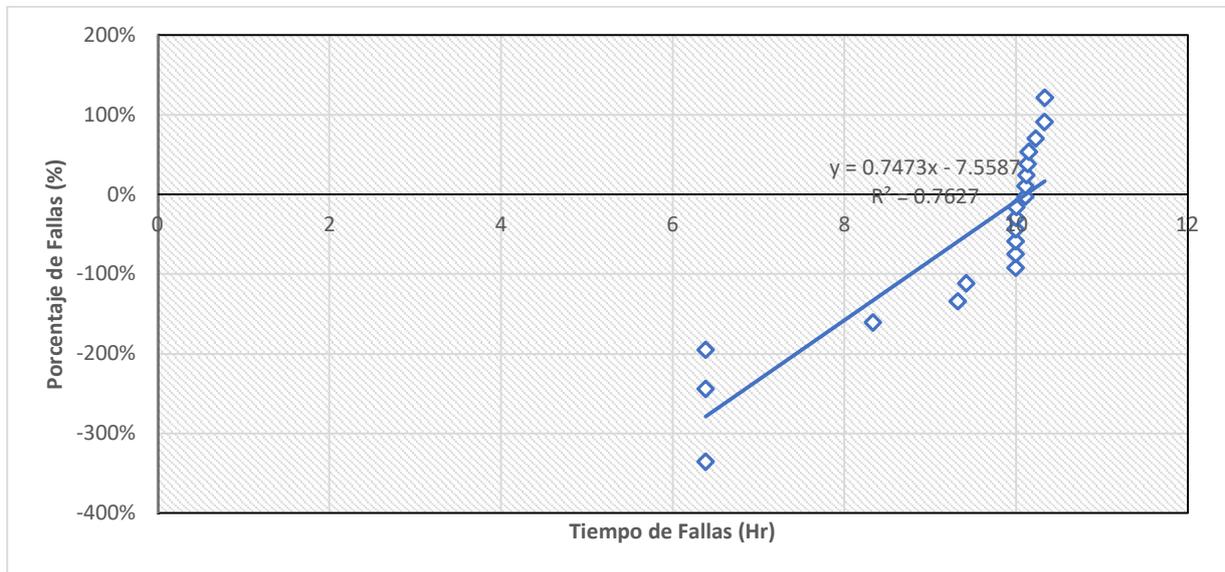


Nota, Se verifica el comportamiento de la gráfica del Diagrama de Pareto de los componentes del Sistemas de Propulsión de la unidad ferroviaria ATV 954. Elaboración Propia

- Como tercer punto analizaremos la confiabilidad de los 02 componentes críticos, los cuales son el Motor Diesel que se representa en la Figura 36 y el Bomba de Inyección que se representa en la Figura 37 de este Sistema de Propulsión de la unidad ATV954, para luego realizar la comparativa de con los datos que se obtendrán con el R.C.M.

Figura 36

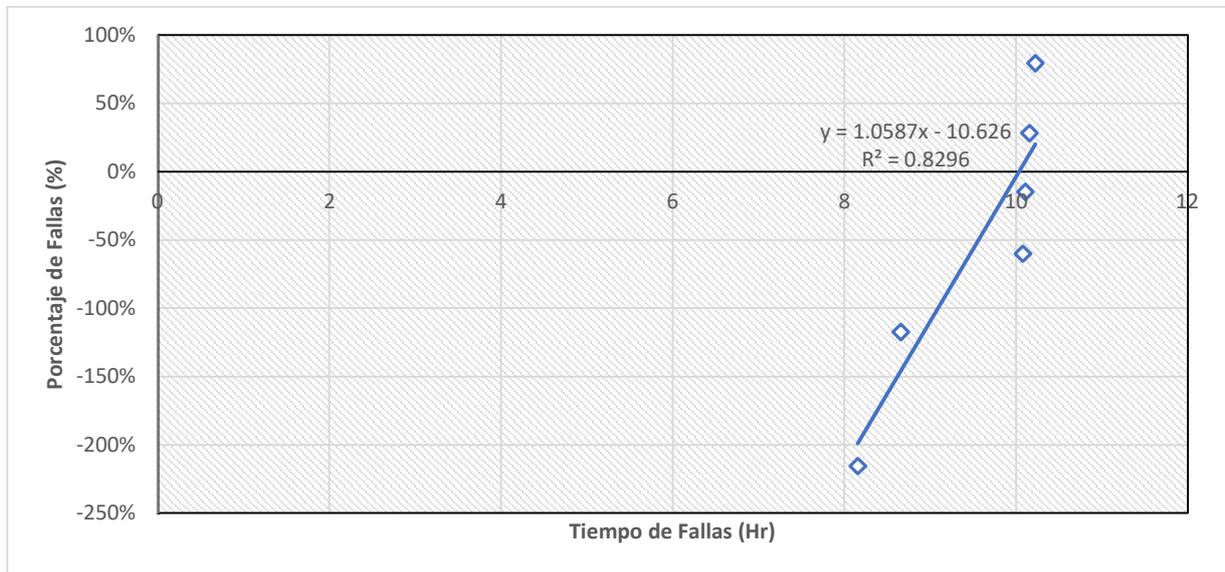
Confiabilidad del Motor Diesel del ATV954



Nota, Según la gráfica del de Confiabilidad de la Bomba de Inyección nos entrega que el componente tiene un $\beta=0.7473$, $cte=-7.559$, $\eta=24714.31$ h y un $MTBF = 29514.72$ h. Donde “ β ” que es parámetro de forma indica que es menor a la unidad, el cual tiene un significado que estos Motores Diesel está en una etapa de mortalidad infantil o fallas tempranas que con el RCM tendríamos maximizar la vida de estos activos y el “ η ” significa que pasando las 14884.23 horas el 63,2 % del sistema de los Motores Diesel fallaran. Elaboración Propia

Figura 37

Confiabilidad de la Bomba de Inyección ATV954.



Nota, Según la gráfica del de Confiabilidad de la Bomba de Inyección nos entrega que el componente tiene un $\beta=1.0587$, $cte=-10.626$, $\eta=22868.19$ h y un MTBF = 22361.06 h. Donde “ β ” que es parámetro de forma indica que es mayor a la unidad, el cual significa que estas Bombas de Inyección está en una etapa de desgaste y el “ η ” significa que pasando las 22361.06 horas el 63,2 % del sistema de la Bomba de Inyección fallara. Elaboración Propia

3.2.4 Resultados de la confiabilidad de los componentes críticos

Según el Registro de la confiabilidad en los componentes estudiados, visualizaremos como se comportan estos componentes de la flota en el tiempo y que se debería mejorar para tener una disponibilidad mejorada con esta metodología del RCM.

Tabla 22

Resumen de los valores de la confiabilidad de los componentes críticos de la FLOTA FEVE

MACOSA 2300

Autovagón	Componente	β	Cte	η (Hr)	R²	MTBF (Hr)
	Bomba de Inyección	1.498	-15.582	32841.829	0.831	29651.715
ATV951	Motor Diesel	1.112	-11.675	36202.526	0.624	34806.770
	Radiador	1.429	-14.385	23510.820	0.902	21361.466
ATV952	Bomba de Inyección	0.922	-8.855	14884.226	0.953	15464.116
	Motor Diesel	2.488	-25.286	25922.052	0.758	22997.027
ATV954	Bomba de Inyección	1.059	-10.626	22868.189	0.830	22361.061
	Motor Diesel	0.747	-7.559	24714.312	0.763	29514.724

Nota, En este cuadro se contempla como actúa en los diversos componentes, entregándonos las 03 fases de la curva de la bañera del mantenimiento.

3.2.4.1 Mantenimiento predictivo de la flota ferroviaria Feve Macosa 2300.

El mantenimiento predictivo se utiliza para el monitoreo de condiciones para predecir posibles fallas que ocurriesen, con este tipo de mantenimiento podemos reducir costos a largo plazo los cuales se han estado ejecutando hasta la actualidad.

- Monitoreo de análisis de muestras de lubricantes, esto para poder verificar el estado de los lubricantes en las diferentes cajas de rotación que tienen las unidades.
- Monitoreo de análisis vibracional, para verificar donde se efectúa la mayor frecuencia de vibración que a la larga genera rupturas o incomodidad al pasajero.
- Monitoreo de análisis de temperatura con herramientas infrarrojos, para poder verificar que componente o conexión tiene una temperatura mayor a lo que recomienda el fabricante.
- Monitoreo de pruebas de ultrasonido, para verificar desgaste interno en materiales y componentes sólidos de la unidad.
- Monitoreo de opacidad, para verificar que como está generando la mezcla interna de combustible dentro del motor y también verificar cuanto de porcentaje de CO₂ expulsa la unidad al medio ambiente.

CAPITULO IV. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE COMPONENTE

4.1 Definición de la criticidad en la Flota Ferroviaria FEVE-MACOSA 2300

En el desarrollo de este capítulo comprendemos la importancia del análisis de criticidad en la flota ferroviaria de autovagones de la flota FEVE MACOSA 2300 con el objeto de jerarquizar e identificar los componentes con respecto a su criticidad de falla. La secuencia del análisis de criticidad se describe a continuación:

La criticidad de las Flota Ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 concierne con el registro del análisis de los parámetros de frecuencias de fallas con referencia a las consecuencias de estas, las cuales generan respuestas del comportamiento de los componentes en toda de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300. Esta data se obtiene con referencia el historial de fallas de toda la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300, el cual siguiendo las designaciones y parámetros del análisis de criticidad se visualizó el comportamiento que tiene cada uno de los componentes con mayor incidencia de fallas según la criticidad de estas, con estos resultados se hizo un análisis de ponderación de valores con referencia a las fallas criticas y se pudo jerarquizar según la criticidad de falla de cada componente, en los siguientes párrafos se expondrá el detalle de la obtención de esta información, el análisis y la toma de decisiones de este proceso.

4.2 Criterios y análisis de las Consecuencias de Falla.

En este párrafo se visualiza la tabla 22 donde se expone los criterios del análisis de las consecuencias de falla, como los ponderamos con valores numéricos según los criterios de evaluación de la criticidad que se visualizan en la tabla 05, tabla 06, tabla 07, tabla 08, tabla 09.

Tabla 23*Ponderación de las consecuencias que genera cada componente de la Flota Ferroviaria FEVE**MACOSA 2300*

Componentes	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costos De Mantenimiento	Impacto en la Seguridad
Motor Diesel	5	3	5	4
Bomba de inyección	5	3	5	2
Salón	2	2	4	3
Compresora	3	1	5	2
Turboacoplador	4	2	5	2
Techo	2	1	4	3
Caja Voith	5	1	5	2
Radiador	3	2	4	2
Registrador de Eventos	1	1	4	1
Alternador	4	1	3	2
Válvula distribuidora	4	1	4	1
Cilindro de freno	4	1	3	2
Bomba de agua	3	1	3	1
Bomba Hidráulica	3	1	3	1
Motor Hidráulico	3	1	2	1
Arrancador	4	1	2	2
Eléctrico	2	2	2	4
Cilindro de Aceleración	1	1	4	1
baterías	2	1	3	3
Cables	2	2	4	3
Carrocería	1	3	2	4
GPS	1	1	2	1
Vidriería	1	2	4	2
Inyectores	3	3	1	2
Presostato	3	2	1	1
Electroválvula	3	1	2	1
Tuberías de aire	3	2	2	2
Turbocompresor	4	3	3	2
Neumático	1	2	1	3
Baño	1	3	2	2
Bogie	3	3	4	4
Luces	1	2	1	1
Zapatas	4	2	2	2
Válvula reguladora	3	1	2	2
Caja reductora	3	3	4	3
Cardan grande	4	3	3	2

Componentes	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costos De Mantenimiento	Impacto en la Seguridad
Muelles	3	2	2	3
AACC	2	2	2	1
Evaporadores	2	1	3	1
Llaves de paso	2	1	2	2
Válvula de frenado	3	1	2	2
Sensores	2	1	1	1
Compresor AACC	4	2	2	2
Tanque de Expansión	3	3	1	3
Velocímetro	2	1	1	1
Tanque de combustible	4	3	2	3
Ruedas	3	3	1	4
Termostato	2	1	1	1
Válvula reguladora de presión	3	1	1	2
Mangueras	1	2	1	2
Condensador	2	1	1	1
Hydrodump	3	3	1	2
suspensión	2	2	2	2
Enganche	4	2	1	2

Nota, Elaboración Propia

4.3 Criterios de estimación de la consecuencia por componentes.

Los resultados de los criterios de estimación de la consecuencia según el análisis de criticidad se generarán según la ecuación 9, el cual realizando dicha ecuación por cada componente estudiado nos entrega los siguientes resultados que nombramos en la tabla siguiente.

Tabla 24

Resultados de las Consecuencias de falla de cada componente de la Flota Ferroviaria FEVE

MACOSA 2300

COMPONENTES	CONSECUENCIA
Motor Diesel	120
Bomba de Inyección	110
Salón	55
Compresora	50
Turboacoplador	75
Techo	45

COMPONENTES	CONSECUENCIA
Caja Voith	60
Radiador	60
Registrador de Eventos	30
Alternador	45
Válvula Distribuidora	45
Cilindro de Freno	45
Bomba de Agua	35
Bomba Hidráulica	35
Motor Hidráulico	30
Arrancador	40
Eléctrico	50
Cilindro De Aceleración	30
Baterías	40
Cables	55
Carrocería	45
GPS	20
Vidriería	40
Inyectores	60
Presostato	32
Electroválvula	24
Tuberías de Aire	40
Turbocompresor	68
Neumático	24
Baño	28
Bogie	51
Luces	12
Zapatas	36
Válvula Reguladora	21
Caja Reductora	48
Cardan Grande	51
Muelles	33
AACC	21
Evaporadores	18
Llaves De Paso	18
Válvula De Frenado	14
Sensores	8
Compresor AACC	24
Tanque De Expansión	13
Velocímetro	4
Tanque De Combustible	17
Ruedas	14
Termostato	4
Válvula Reguladora De Presión	6

COMPONENTES	CONSECUENCIA
Mangueras	5
Condensador	4
Hydrodump	12
Suspensión	8
Enganche	11

Nota, Elaboración Propia

4.4 Criterios para la evaluación para el análisis de criticidad.

El criterio de evaluación que se opta en este análisis de criticidad estas dada por la ecuación 9, estos resultados hacen una comparativa de 02 criterios donde la consecuencia realiza un producto hacia la frecuencia de falla el cual nos entrega el siguiente resultado que se detalla en la siguiente tabla 24.

Tabla 25

Resultado de la Criticidad de los componentes de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

COMPONENTES	CRITICIDAD
Motor Diesel	600
Bomba de Inyección	550
Salón	275
Compresora	250
Turboacoplador	375
Techo	225
Caja Voith	300
Radiador	300
Registrador de Eventos	150
Alternador	225
Válvula Distribuidora	225
Cilindro de Freno	225
Bomba de Agua	175
Bomba Hidráulica	175
Motor Hidráulico	150
Arrancador	200
Eléctrico	250
Cilindro De Aceleración	150

COMPONENTES	CRITICIDAD
Baterías	200
Cables	275
Carrocería	225
GPS	100
Vidriería	200
Inyectores	300
Presostato	128
Electroválvula	96
Tuberías de Aire	160
Turbocompresor	272
Neumático	96
Baño	112
Bogie	153
Luces	36
Zapatas	108
Válvula Reguladora	63
Caja Reductora	144
Cardan Grande	153
Muelles	99
AACC	63
Evaporadores	54
Llaves De Paso	54
Válvula De Frenado	28
Sensores	16
Compresor de AACC	48
Tanque de Expansión	13
Velocímetro	4
Tanque De Combustible	17
Ruedas	14
Termostato	4
Válvula Reguladora De Presión	6
Mangueras	5
Condensador	4
Hydrodump	12
Suspensión	8
Enganche	11

Nota, Elaboración Propia

4.5 Cálculo de Matriz de criticidad.

Teniendo el resultado de la criticidad por componentes, se procede analizar la matriz de criticidad el cual se detalla en la figura 23, donde las filas de la figura 23 se visualiza el rango de frecuencia de fallas que está dividido en múltiplos de 24 unidades y en columnas hace referencias a la frecuencia de fallas tienen un rango de 5 casilleros. Dentro de la matriz se visualiza los tipos de criticidad (B: Baja Criticidad, M: Media Criticidad, MA: Alta Criticidad)

Figura 38

Matriz de criticidad de la Flota Ferroviaria FEVE-MACOSA 2300

5	M	M	A	A	A
4	M	M	A	A	A
3	B	M	M	A	A
2	B	B	M	M	A
1	B	B	B	M	A
	24	48	72	96	120

Nota, Elaboración Propia

4.6 Jerarquización de sistemas en función de su criticidad.

En esta tabla 22 se jerarquizó el nivel de criticidad de cada componente según los estándares del análisis de criticidad

Tabla 26

Análisis de Criticidad de componentes de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

SUBSISTEMA	CRITICIDAD	TIPO
Motor Diesel	600	Alta Criticidad
Bomba de Inyección	550	Alta Criticidad
Turboacoplador	375	Alta Criticidad
Caja Voith	300	Alta Criticidad
Radiador	300	Alta Criticidad
Inyectores	300	Alta Criticidad
Salón	275	Alta Criticidad
Cables	275	Alta Criticidad
Turbocompresor	272	Alta Criticidad
Compresora	250	Alta Criticidad
Eléctrico	250	Alta Criticidad
Techo	225	Media Criticidad
Alternador	225	Media Criticidad
Válvula Distribuidora	225	Media Criticidad
Cilindro de Freno	225	Media Criticidad
Carrocería	225	Media Criticidad
Arrancador	200	Media Criticidad
Baterías	200	Media Criticidad
Vidriería	200	Media Criticidad
Bomba de Agua	175	Media Criticidad
Bomba Hidráulica	175	Media Criticidad
Tuberías de Aire	160	Media Criticidad
Bogie	153	Media Criticidad
Cardan Grande	153	Media Criticidad
Registrador De Eventos	150	Media Criticidad
Motor Hidráulico	150	Media Criticidad
Cilindro de Aceleración	150	Media Criticidad
Caja Reductora	144	Media Criticidad
Presostato	128	Media Criticidad
Baño	112	Media Criticidad
Zapatas	108	Media Criticidad

GPS	100	Media Criticidad
Muelles	99	Media Criticidad
Electroválvula	96	Media Criticidad
Neumático	96	Media Criticidad
Válvula Reguladora	63	Baja Criticidad
AACC	63	Baja Criticidad
Evaporadores	54	Baja Criticidad
Llaves De Paso	54	Baja Criticidad
Compresor AACC	48	Baja Criticidad
Luces	36	Baja Criticidad
Válvula de Frenado	28	Baja Criticidad
Tanque de Combustible	17	Baja Criticidad
Sensores	16	Baja Criticidad
Ruedas	14	Baja Criticidad
Tanque de Expansión	13	Baja Criticidad
Hydrodump	12	Baja Criticidad
Enganche	11	Baja Criticidad
Suspensión	8	Baja Criticidad
Válvula Reguladora de Presión	6	Baja Criticidad
Mangueras	5	Baja Criticidad
Velocímetro	4	Baja Criticidad
Termostato	4	Baja Criticidad
Condensador	4	Baja Criticidad

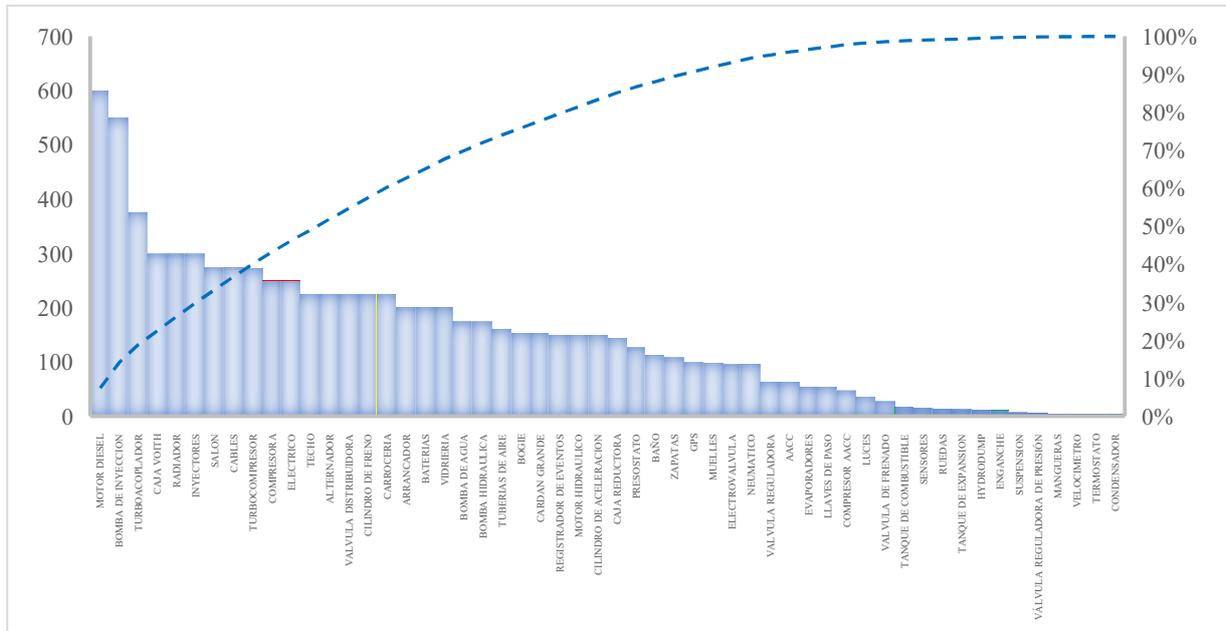
Nota. Elaboración Propia

4.7 Diagrama de Pareto.

En la Figura 39 se visualiza el diagrama de Pareto según el análisis de criticidad, donde dividimos según el 80% por 20% los componentes críticos que se va a verificar, y por consiguiente realizar el análisis de modos de fallas y efectos de estos componentes para así entender cuál serían las soluciones efectivas para esta Flota Ferroviaria.

Figura 39

Análisis de Criticidad de Componentes de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300



Nota. Elaboración Propia

CAPITULO V. ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLAS

5.1 Criterios para analizar los Modos y Efectos de Fallas con referencia a los sistemas críticos.

El análisis y modos de efectos y fallas está contemplado a los componentes con alto porcentaje de fallas el cual amerita su estudio y encontrar la solución de estos efectos de falla, para entonces se aplicó el criterio del diagrama de Pareto que se tiene en la Figura 39 con el análisis componentes más críticos de la operación (color rojo) los cuales indican que estas tuvieron más números de paradas y también mayor número de horas de reparación (TTR).

5.2 Análisis Funcional de los Modos y Efectos de Fallas de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

5.2.1 *Funciones de los componentes.*

Para continuar con el proceso del AMFE (análisis de modos de fallas) se procedió a desarrollar cuales son las funciones que realizan cada uno de los componentes que tienen alta criticidad de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300 el cual se visualiza en la Figura 39.

5.2.1.1 Motor Diesel MAN D2866 UH

Entrega la potencia útil para la propulsión del Autovagón.

5.2.1.2 Bomba de inyección BOSCH VE

Suministrar precisamente el combustible al motor Diesel

5.2.1.3 Turboacoplador VOITH T211

Transmitir de potencia del motor Diesel

5.2.1.4 Caja Voith DIWA 506.380

Transmisión automática de potencia del motor a la caja reductora

5.2.1.5 Radiadores

Mantener refrigerado a temperaturas normales de funcionamiento del motor

5.2.1.6 Inyectores

Inyecta el combustible Diésel al interior de la cámara de combustión, atomizando y entregando dicho combustible con la cantidad exacta y el momento indicado.

5.2.1.7 Salones internos de los coches de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

Entregar Confort y bienestar para el pasajero

5.2.1.8 Cables

Transmitir la energía eléctrica por todo el Autovagón

5.2.1.9 Turbocompresor

Eleva la cantidad de aire a la cámara de combustión para mejorar compresión y entregarnos más eficacia al motor

5.2.1.10 Compresa de aire de pistones KNORR-BREMSE

Generar aire comprimido para impulsión de sistema de frenos, aceleración y marcha

5.2.1.11 Componentes eléctricos

Gestiona y entrega el correcto funcionamiento de la energía y señales eléctricos necesarios para el funcionamiento del autovagón.

5.2.2 *Fallas funcionales de los componentes.*

En la flota en estudio se encuentran distintas fallas funcionales, los cuales se presenta y describe de acuerdo con los componentes críticos que nos arrojó el diagrama de Pareto:

5.2.2.1 Motor Diesel MAN D2866 UH

El motor Diesel presenta las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Ausencia de Arranque
- Fuga de combustible
- Calentamiento de motor $>120^{\circ}\text{C}$
- Desgaste de cigüeñal
- Falla en el sistema de escape
- Exceso de vibración
- Desgaste de pistones

5.2.2.2 Bomba de Inyección BOSCH VE

La Bomba de Inyección presenta las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Fisuras o desgastes alrededor de la carcasa de la bomba
- Desgaste o atascamientos de pistones
- Fallo en la válvula de control de caudal
- Obstrucción de válvula de escape
- Fugas de combustible
- Falla de motor de accionamiento
- Lubricación ineficiente
- Obstrucción en las cañerías de combustible
- Descalibrado de los tiempos de inyección

5.2.2.3 Turboacoplador VOITH T211

El Turboacoplador presenta las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Perdidas de fluido hidráulico
- Desgaste físico de componentes mecánicos internos

5.2.2.4 Caja Voith DIWA 506.380

La Caja Voith presenta las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Ruptura o fatiga de discos internos
- Falla en el control de válvulas, gobernador de marcha
- Desgaste y fatiga de engranajes
- Fisuras en la carcasa
- Falla del sensor de velocidad
- Desgaste o quiebre de banda de transmisión
- Fugas por cañerías de aceite

5.2.2.5 Radiadores

Los Radiadores presentan las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Obstrucción en los paneles de ventilación del radiador
- Fugas del sistema de refrigeración
- Corrosión de vías internas del radiador
- Falla del termostato
- Desalineación del radiador

5.2.2.6 Inyectores

Los inyectores presentan las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Obstrucción total
- Variación de flujo
- Fugas de combustible
- Pulverización defectuosa

5.2.2.7 Salones internos de los coches de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

El salón de pasajeros presenta las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Falla del sistema de AACC
- Falla en las puertas (Catering, baños, interconexiones y de arribo)
- Iluminación del salón defectuoso
- Falla de los asientos
- Problemas en los baños

5.2.2.8 Cables Eléctricos

Los cables eléctricos presentan las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Cables expuestos al ambiente
- Interferencia de flujo
- No hay transmisión de energía
- Exceso de calentamiento y deterioro de recubrimiento aislante

5.2.2.9 Turbocompresor

El Turbocompresor presenta las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Falta de presión en el interior del componente
- Detenimiento de turbocompresor
- Pérdida de presión en la sobrealimentación
- Presión ineficiente en la admisión
- Vibración excesiva o ruidos anormales

5.2.2.10 Compresión de aire de pistones KNORR-BREMSE

La compresora de aire presenta las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Sobrecalentamiento de compresor
- Falla en cardán de motor a compresor
- Desgaste de anillos y pistones
- Fugas o atascamiento de válvulas de entrada y salida (Pérdida de presión < 8.5Bar)

5.2.2.11 Componentes eléctricos

Los componentes eléctricos presentan las siguientes fallas funcionales que se describen a continuación:

- Información errónea
- Fallo en los activadores
- Falla en las señales de alerta visuales
- Falla en el sistema de iluminación del Autovagón

5.3 Análisis de modos de fallas y sus efectos de los componentes.

El análisis de modos de falla y sus efectos es una técnica que ordena el nivel de criticidad de los modos de falla, donde en este párrafo se expondrá como es el comportamiento de los componentes que se consideraron como críticos según el diagrama de Pareto verificado en la Figura 39 y dar una solución a cada modo de Falla que se estudia.

5.3.1 Análisis de modos de fallas y efectos del Motor Diesel

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos del Motor Diesel:

Tabla 27

Análisis de Modos de Fallas y Efectos del Motor Diesel

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR	
1. Entrega la potencia útil para la propulsión del Autovagón	A Ausencia de Arranque	1 Problemas en la carga de batería	Motor no entrega energía para el funcionamiento	Validación	4	4	7	112	
		2 Inconvenientes al momento de encender		Validación	7	4	2	56	
	B Fuga de combustible	1 Desgaste de mangueras de paso de combustible	Pérdida de combustible y potencia	Ninguno	8	3	4	96	
		2 Rupturas en las entradas de conexión	Riesgo de incendio	Validación	6	4	5	120	
	C Calentamiento de motor >120°C		1 Fugas de refrigerante en el sistema		Validación	8	4	5	160
			2 Bomba de agua dañada	Daño severo al motor	Ninguno	9	2	3	54
			3 Enfriador de aceite defectuoso	Reducción de vida útil	Ninguno	8	2	3	48

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR	
		4 Sensor de temperatura defectuoso		Validación	7	5	5	175	
		5 Termostato defectuoso		Validación	6	5	7	210	
	D Desgaste de cigüeñal	1 Carencia de lubricación	Desincronización de motor Posible atascamiento de cigüeñal	Validación	6	8	2	96	
		2 Baja calidad del lubricante		Ninguno	5	5	8	200	
		3 Desproporción de temperatura		Ninguno	8	8	4	256	
		1 Incremento de emisiones de gases contaminantes							72
		2 Posible daño del turbocompresor		Obstrucción del mofle de escape o filtro de aire	Validación	6	3	4	0
	3 Excesiva quema de combustible, mezcla rica	0							
	F Exceso de vibración	1 Desgaste de componentes rotatorios	Fatiga prematura de componentes	Ninguno	7	3	3	63	
		2 Desgaste en los soportes		Validación	4	3	7	84	
	G Desgaste de pistones	1 No seguir la periodicidad de los mantenimientos	Reducción de potencia Generación excesiva de gases Posibilidad de gravedad de daño	Validación	8	6	3	144	
		2 Desproporcionalidad de temperatura		Ninguno	7	6	6	252	
		3 Calidad de combustible perjudicial		Validación	8	5	3	120	
		4 Desgaste de anillos		Ninguno	9	5	10	450	

Nota, Elaboración Propia

5.3.2 Análisis de modos de fallas y efectos de la Bomba de Inyección.

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos de la Bomba de Inyección:

Tabla 28

Análisis de Modos de Fallas y Efectos de la Bomba de Inyección

FUNCIÓN	MODO	FALLA FUNCIONAL	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR
2 Suministrar precisamente el combustible al motor Diesel	A Fisuras o desgastes alrededor de la carcasa de la bomba	1 Golpe al cuerpo por algún agente exterior	Posibles fugas de combustibles	Validación	8	2	9	144
		2 Vibraciones anormales	Presión baja de combustible	Validación	5	4	8	160
		3 Baja calidad del material de la carcasa		Validación	4	3	8	96
	B Desgaste o atascamientos de pistones	1 Combustible contaminado	Eficiencia baja de la inyección	Ninguno	8	5	8	320
		2 No tiene buena lubricación	Pulverización de combustible deficiente	Ninguno	5	5	6	150
	C Fallo en la válvula de control de caudal	1 Partículas contaminantes en el combustible	Inyección descontinuada del combustible	Ninguno	4	2	8	64
		2 Desgaste por ciclo de vida	Consumo de combustible excesiva	Perdida de eficiencia del motor	Validación	2	2	2
	D Obstrucción de válvula de escape	1 Carbonilla generada por la combustión	Atascamiento en el flujo de combustible	Ninguno	3	6	8	144

FUNCIÓN	MODO	FALLA FUNCIONAL	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR	
E	Fugas de combustible	1	Desgaste o cuarteado de sellos, empaques y juntas	Perdida de combustible y contaminación	Validación	10	8	6	480
		2	Temperaturas altas >200°C	Riesgo de incendio	Validación	5	6	7	210
F	Falla de motor de accionamiento	1	Desgaste del motor	Bomba ineficiente Pérdida de potencia	Validación	5	2	5	50
		2	Falta de mantenimiento		Validación	5	6	5	150
G	Lubricación ineficiente	1	Obstrucción por algún agente en la lubricación	Daño en los componentes móviles de la bomba	Ninguno	4	4	9	144
		2	Fuga en el sistema de lubricación	Reducción de la vida útil	Validación	6	5	2	60
H	Obstrucción en las cañerías de combustible	1	Combustible contaminado	Fallo en la inyección hacia el motor	Ninguno	4	5	8	160
		2	Atascamiento por partículas	Aumento de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes al exterior	Ninguno	3	3	8	72
I	Descalibrado de los tiempos de inyección	1	Desgaste componentes de control	Combustión pobre	Ninguno	3	3	7	63

Nota, Elaboración Propia

5.3.3 Análisis de modos de fallas y efectos del Turboacoplador

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos del Turboacoplador:

Tabla 29

Análisis de Modos de Fallas y Efectos del Turboacoplador

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR	
3 Transmitir potencia del motor Diesel a las ruedas	A Perdidas de fluido hidráulico	1	Resecado de retenes, sellos y empaques	Perdida de lubricante Contaminación ambiental	Ninguno	4	3	4	48
		2	Temperatura alta del lubricante que realiza la expulsión del perno fusible hacia el exterior						Validación
	B Desgaste físico de componentes mecánicos internos	1	Sobrecarga de potencia	Perdida de potencia	Ninguno	6	5	5	150

Nota, Elaboración Propia

5.3.4 Análisis de modos de fallas y efectos de la Caja Hidromecánica – Voith

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos de la Caja Hidromecánica – Voith:

Tabla 30

Análisis de modos de fallas y efectos de la Caja Hidromecánica – Voith

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR		
4	A	Ruptura o fatiga de discos internos	1	Uso excesivo de cambios de marcha	Pérdida de tracción Dificultad en el cambio de marcha	Validación	4	9	8	288
			2	Falta de lubricación		Validación	9	4	8	288
	B	Falla en el control de válvulas, gobernador de marcha	1	Cortocircuito en conexiones	Cambio de marcha inmovilizado	Ninguno	7	5	5	175
			2	Contaminación del sistema hidráulico	Fallo del sistema electrónico	Ninguno	6	3	8	144
	C	Desgaste y fatiga de engranajes	3	Sobrecarga de potencia	Obstrucción de cambio de marcha	Ninguno	5	4	5	100
			4	Falta de lubricación		Validación	9	4	8	288
	D	Fisuras en la carcasa	1	Mantenimiento deficiente	Fugas y pérdidas excesivas de hidrolina	Ninguno	7	5	8	280
			2	Sobrecarga de potencia		Ninguno	5	7	5	175
	E	Falla del sensor de velocidad	1	Desgaste de medidor de velocidad	Falla en el sistema electrónico	Validación	8	2	6	96

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR
		2 Conexiones dañadas	Alteración de datos de velocidad	Validación	5	4	5	100
		3 Componentes electronicos dañados		Validación	6	5	6	180
F	Desgaste o quiebre de piñon de ataque	1 Desgaste excesivo del piñon	Cambio de marcha inmovilizado	Validación	5	2	3	30
		2 Sobrecarga de potencia	Pérdida de potencia	Ninguno	5	7	5	175
G	Fugas por cañerías de aceite	1 Corrosión en la cavidad interna de las tuberías	Presión hidráulica baja Pérdida de eficiencia del sistema	Validación	8	3	4	96

Nota, Elaboración Propia

5.3.5 Análisis de modos de fallas y efectos del Radiador

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos del Radiador:

Tabla 31

Análisis de modos de fallas y efectos del Radiador

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR	
5 Mantener refrigerado a temperaturas normales de funcionamiento del motor	A Obstrucción en los paneles de ventilación del radiador	1	Acumulación de partículas de polvo, agentes contaminantes o restos de lubricantes en la entrada del panel.	Reducción del flujo de aire y posibles sobrecalentamientos del motor Fallo potencial del radiador	Validación	6	9	7	378
		1	Deterioro de la vida útil de las juntas		Ninguno	5	10	6	300
	B Fugas del sistema de refrigeración	2	Fisuras en el circuito de mangueras hacia el radiador	Pérdida de líquido refrigerante y posible sobrecalentamiento del motor	Validación	6	7	9	378
		3	Fisuras en el panel del radiador	Posible fundición de motor Diesel	Validación	8	6	8	384
		4	Sondeo de radiador defectuoso	Ninguno	4	3	3	36	

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR	
C	Corrosión de vías internas del radiador	1	Uso de agua y no refrigerante con alta concentración de minerales	Reducción de la eficiencia térmica con riesgo de sobrecalentamiento	Ninguno	4	8	7	224
		2	Exposición a agentes de oxido	Fallos en el sistema de refrigeración	Ninguno	6	8	7	336
		3	Sondeo y limpieza externa defectuosa		Validación	6	3	4	72
D	Falla del termostato	1	Defectos de funcionamiento del sensor de temperatura	Control inadecuado de la temperatura del radiador Sobrecalentamiento o enfriamiento excesivo de temperatura	Ninguno	4	9	6	216
		2	Desgaste o ruptura del termostato		Validación	7	6	3	126
E	Desalineación del radiador	1	Instalación de la posición del radiador incorrecta		Validación	3	8	6	144
		2	Desgaste por vibración de las gomas y soportes de radiador	Daño por vibraciones	Validación	3	4	5	60
		3	Fallos estructurales de diseño		Validación	5	4	6	120

Nota, Elaboración Propia

5.3.6 Análisis de modos de fallas y efectos de los Inyectores

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos de los Inyectores:

Tabla 32

Análisis de modos de fallas y efectos de los Inyectores

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR		
6 Inyectar combustible en cantidades precisas para la normal explosión dentro de la cámara de combustión	A	Obstrucción total	1	Quemado de bobina por corte circuito	Motor apagado o falla de cilindro	Validación	10	4	10	400
			2	Obstrucción de toberas		Validación	8	4	6	192
	B	Variación de flujo	1	Desgaste de válvula de inyector	Alto consumo de combustible y emisión de gases color negro o blanco	Validación	2	1	2	4
			2	Presión de combustible irregular		Validación	4	6	4	96
	C	Fugas de combustible	1	Sellos y retenes dañados	Manchas de combustible alrededor	Ninguno	7	8	5	280
			2	Grietas anormales en el interior de toberas		Ninguno	1	5	2	10
	D	Pulverización defectuosa	1	Toberas defectuosas	Combustión incompleta/ carbonización	Validación	4	7	2	56

Nota, Elaboración Propia

5.3.7 Análisis de modos de fallas y efectos del Salón de pasajeros

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos del Salón de pasajeros:

Tabla 33

Análisis de modos de fallas y efectos del Salón de pasajeros

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR	
Confort y 7 bienestar para el pasajero	A Falla del sistema de AACC	1	Falla de compresora de AACC	Incomodidad al pasajero en temperaturas calurosas	Validación	8	4	6	192
		2	Falla de evaporadores		Validación	7	4	6	168
		3	Ductos Obstruidos		Validación	5	7	4	140
	B Falla en las puertas (Catering, baños, interconexiones y de arriba)	1	Fallas en los mecanismos de la puerta	Obstruye el acceso a cualquier ambiente del salón	Validación	8	6	4	192
		2	Problemas en los activadores de las puertas		Ninguno	5	4	3	60
		3	Problemas en los aseguradores		Validación	6	7	1	42
	C Iluminación del salón defectuoso	1	Cortocircuito en conexiones	Reducción de visibilidad del pasajero en el salón, creando un ambiente inseguro	Ninguno	10	4	3	120
		2	Quemadura de focos		Ninguno	5	4	3	60
		3	Problemas en los paneles de control		Ninguno	6	2	8	96
	D Falla de los asientos		1	Estructura quebrada del asiento	Crea incomodidad al pasajero en las horas de viaje	Validación	8	4	3
2			Desgaste en los mecanismos de inclinación del asiento	Validación		9	3	3	81

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR
		3 Asientos y fundas rotas		Validación	7	3	1	21
		4 Esponjas de asiento desgastadas		Ninguno	5	2	2	20
E	Problemas en los baños	1 Inodora y lavatorios atorados	Antihigiénico para la salubridad del pasajero	Validación	9	6	5	270

Nota, Elaboración Propia

5.3.8 Análisis de modos de fallas y efectos de Cables Eléctricos

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos del Cables Eléctricos:

Tabla 34

Análisis de modos de fallas y efectos de Cables Eléctricos

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR	
8 Transmitir la energía eléctrica por todo el Autovagón	A	Cables expuestos al ambiente	1 Cortocircuito	Riesgo de incendio e interrupción de fluido	Validación	10	4	1	40
	B	Interferencia de flujo	1 Terminales sulfatados u oxidados	Fallas inesperadas de fluido eléctrico	Ninguno	8	5	1	40
	C	No hay transmisión de energía	1 Cables seccionados	Perdida de alimentación en los sistemas críticos	Ninguno	10	3	1	30
	D	Exceso de calentamiento y deterioro de recubrimiento aislante	1 Mal diseño de carga	Riesgo de incendio y falla en cascada de los componentes eléctricos	Ninguno	6	10	1	60

Nota, Elaboración Propia

5.3.9 Análisis de modos de fallas y efectos del Turbocompresor

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos del Turbocompresor:

Tabla 35*Análisis de modos de fallas y efectos del Turbocompresor*

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR	
9	A	Falta de presión en el interior del componente	1 Fisuras en la carcasa o ductos de aire	Disminución de potencia del motor e incremento de consumo de combustible	Validación	9	2	2	36
	B	Detenimiento de turbocompresor	1 Cojinetes dañados por desgaste	Expulsión de humo negro con reducción de rendimiento del motor y posible daño del eje	Ninguno	6	6	4	144
	C	Pérdida de presión en la sobrealimentación	1 Ruptura o fisura de las aletas	Motor sin eficiencia, Parada de motor por ahogamiento (no hay suficiente presión)	Ninguno	2	5	7	70
	D	Presión ineficiente en la admisión	1 Deterioro de la válvula de descarga (Wastegate)	Posibles daños en la cámara de combustión o pistones, perdiendo la eficiencia entregada.	Ninguno	2	3	2	12
	E	Vibración excesiva o ruidos anormales	1 Desbalanceo del conjunto rotor	Posible daño interno al turbo, reducción de vida útil del motor y aumento de fallos.	Validación	2	5	3	30

*Nota, Elaboración Propia***5.3.10 Análisis de modos de fallas y efectos de la Compresora de Aire**

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos de la Compresora de Aire:

Tabla 36

Análisis de modos de fallas y efectos de la Compresora de Aire

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR		
10 Generar aire comprimido para impulsión de sistema de frenos, aceleración y marcha	A	1	Válvula de seguridad en mal estado	Perdida de eficiencia operacional por sobrecalentamiento	Ninguno	5	2	6	60	
		2	Desgaste de juntas, empaques y deficiencia en el montaje	Fugas de lubricantes	Ninguno	7	2	6	84	
	B	Falla en cardán de motor a compresor	1	Sobre revolución de transmisión de energía	Genera falla prematura de compresor	Validación	8	5	5	200
			2	Desprendimiento de seguros de cardan	Golpe a carcasa y posible fisura de cardán o carcasa	Ninguno	10	6	3	180
			3	Desalineamiento de cardán		Ninguno	8	4	8	256
	C	Desgaste de anillos y pistones	1	Falta de lubricación por mantenimiento	Compresor no genera la potencia necesaria para los demás sistemas	Validación	8	7	3	168
			2	Generación de carbonilla dentro de la cámara de compresión		Ninguno	6	5	8	240
	D	Fugas o atascamiento de válvulas de entrada y salida (Perdida de presión < 8.5Bar)	1	Atascamientos de carbonilla en las entradas y salidas de las válvulas	Perdida de la eficiencia en la compresión y entrega reducida de la presión requerida	Ninguno	6	5	9	270

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR
E	Desgaste y falla en rodamientos	1 Falta de lubricación	Vibración y sonido extraño en el funcionamiento	Validación	7	7	3	147
		2 Sobresfuerzo de la compresora		Validación	9	3	6	162
F	Fallo en el sistema de refrigeración	1 Fugas de refrigerante en el sistema	Sobrecarga térmica del compresor	Ninguno	6	4	4	96
		2 Radiador con fisuras		Validación	7	2	2	28
		3 Intercambiador de calor en mal estado		Ninguno	6	2	2	24

Nota, Elaboración Propia

5.3.11 Análisis de modos de fallas y efectos de los Componentes Eléctricos

Se presenta a continuación los modos de fallas y efectos de los Componentes Eléctricos:

Tabla 37

Análisis de modos de fallas y efectos de los Componentes Eléctricos

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONTROL	G	O	D	NPR		
11 Monitorear, controlar, iluminar, interconectar las funciones eléctricas del Autovagón	A	Información errónea	1	Pantalla de control desactivada	El usuario pierde el control y por ende se toma decisiones erróneas	Validación	8	5	1	40
			2	Falla en los sensores de control	No se puede operar partes críticas del Autovagón	Ninguno	1	6	6	36
	B	Fallo en los activadores	1	Fallo en los botones y perillas de activación	No se puede operar partes críticas del Autovagón	Validación	8	6	2	96
	C	Falla en las señales de alerta visuales	1	Focos quemados	No se visualiza indicadores de alerta en la vía	Validación	10	3	1	30
			2	Conexiones sueltas	Visibilidad reducida o iluminación inestables que incomoda a los pasajeros del Autovagón	Ninguno	7	4	3	84
	D	Falla en el sistema de iluminación del Autovagón	1	No se cuenta con iluminación o esta tiene un parpadeo continuo	Validación	3	2	1	6	
			2	Sobrecalentamiento de las luminarias	Validación	10	3	10	300	

Nota, Elaboración Propia

5.4 Diagrama de Decisiones del RCM, consecuencia de fallas de los componentes y tareas que se tienen que realizar.

Siguiendo la metodología del RCM se procederá a analizar y tomar decisiones según el criterio estadístico y de experiencia para poder tener una disminución de paradas en los activos estudiados, que conllevará al aumento de la disponibilidad de estas unidades.

Ahora se presentara las hojas de decisiones de cada componente critico y asi tener por ultimo un nuevo plan de mantenimiento preventivo y predictivo que tiene que mejor varios aspectos tanto economicos como operacionales:

5.4.1 Hoja de decisiones del componente Motor Diesel

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al componente Motor Diesel:

Tabla 38

Hoja de decisiones del componente Motor Diesel

HOJA DE DECISIÓN RCM		SISTEMA: MOTOR DIESEL											FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Fecha: 21.12.2024	Hoja: 01 De: 01		
		SUB-SISTEMA/COMPONENTE: MOTOR DIESEL																
Referencia de Información		Evaluación de las consecuencias					H ₁	H ₂	H ₃	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por:		
F	FF	MF	H	S	E	O	S ₁	S ₂	S ₃	O ₁	O ₂	O ₃	H ₄	H ₅	S ₄			
1	A	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	-	-	-	Ejercer uso del analizador de baterías	10,000 Km	Técnico Electricista
1	A	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	-	-	-	Mantenimiento de arrancador	60,000 Km	Técnico Electricista
1	B	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	-	-	-	Verificación visual de mangueras	Diario	Técnico Mecánico
1	B	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	-	-	-	Verificación visual de entradas	Diario	Técnico Mecánico
1	C	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	-	-	-	Verificación visual sistema de refrigeración	Diario	Técnico Mecánico
1	C	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	-	-	-	Sustitución de bomba de agua	240,000 Km	Técnico Mecánico
1	C	3	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	-	-	-	Revisión el estado del enfriador	10,000	Técnico Mecánico
1	C	4	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	-	-	-	Sustitución de sensor de temperatura	120,00 Km	Técnico Electricista
1	C	5	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	-	-	-	Sustitución de termostato	60,000 Km	Técnico Electricista
1	D	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	-	-	-	Sustitución de aceite de motor	10,000 Km	Técnico Mecánico
1	D	2	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	-	-	-	Verificación de espectroscopías con muestreos de aceite	20,000 Km	Técnico Mecánico
1	D	3	N	N	N	S	S	-	-	-	-	-	-	-	-	Muestreo con la cámara termográfica	10,000 Km	Técnico Mecánico

HOJA DE DECISIÓN RCM		SISTEMA: MOTOR DIESEL SUB-SISTEMA/COMPONENTE: MOTOR DIESEL											FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Fecha: 21.12.2024	Hoja: 01 De: 01	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H ₁ S ₁ O ₁	H ₂ S ₂ O ₂	H ₃ S ₃ O ₃	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por:		
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄					
1	E	1	S	N	S		N	S	-	-	-	-	Sustitución de filtro de aire	20,000 Km	Técnico Mecánico		
1	E	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Mantenimiento correctivo programado de turbocompresor	240,000 Km	Técnico Mecánico		
1	E	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de inyectores	120,000 Km	Técnico Mecánico		
1	F	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Sustitución de aceite de motor	10,000 Km	Técnico Mecánico		
1	F	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación visual de soportes de motor	10,000 Km	Técnico Mecánico		
1	G	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Tener una programación de actividades de mantenimiento	Semanal	Planner de Mantenimiento		
1	G	2	N	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Muestreo con la cámara termográfica	10,000 Km	Técnico Mecánico		
1	G	3	S	N	S	-	S	-	-	-	-	-	Muestreo de combustible	Mensual	Técnico Mecánico		
1	G	4	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Sustitución de aceite de motor	10,000 Km	Técnico Mecánico		

Nota, Elaboración Propia

5.4.2 Hoja de decisiones del componente Bomba de Inyección

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al componente Bomba de Inyección:

Tabla 39

Hoja de decisiones del componente Bomba de Inyección

HOJA DE DECISIÓN RCM		SISTEMA: PROPULSIÓN SUB-SISTEMA/COMPONENTE: BOMBA DE INYECCIÓN											FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Hoja: 01
													Fecha: 21.12.2024	De: 01	
Referencia de Información		Evaluación de las consecuencias				H ₁ S ₁ O ₁	H ₂ S ₂ O ₂	H ₃ S ₃ O ₃	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄			
2	A	1	N	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Pruebas y ensayos no destructivos	60,000 Km	Técnico Soldador
2	A	2	N	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Análisis vibracional	240,000 Km	Especialista en análisis vibracional
2	A	3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Verificación del producto	Al ingreso al almacén	Control de Calidad
2	B	1	N	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de filtro de combustible	10,000 Km	Técnico Mecánico
2	B	2	N	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de filtro de combustible	10,000 Km	Técnico Mecánico
2	C	1	N	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de filtro de combustible	10,000 Km	Técnico Mecánico
2	0	2	N	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de válvula de control	240,000 Km	Laboratorista de Bombas
2	D	1	S	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Mantenimiento general de Bomba de Inyección	240,000 Km	Técnico Mecánico
2	E	1	N	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Mantenimiento general de Bomba de Inyección	240,000 Km	Laboratorista de Bombas

HOJA DE DECISIÓN RCM		SISTEMA: PROPULSIÓN											FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Hoja: 01	
		SUB-SISTEMA/COMPONENTE: BOMBA DE INYECCIÓN											Fecha: 21.12.2024		De: 01	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H ₁	H ₂	H ₃	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄				
2	E	2	S	S	-	-	S	-	-	-	-	-	Muestreo con la cámara termográfica	120,000 Km	Técnico Electricista	
2	F	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de motor de accionamiento	240,000 Km	Técnico Electricista	
2	F	2	N	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de filtro de combustible	10,000 Km	Técnico Mecánico	
2	G	1	N	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de filtro de combustible	10,000 Km	Técnico Mecánico	
2	G	2	N	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación de la bomba de inyección	10,000 Km	Técnico Mecánico	
2	H	1	N	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de filtro de combustible	10,000 Km	Técnico Mecánico	
2	H	2	N	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de filtro de combustible	10,000 Km	Técnico Mecánico	
2	I	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Mantenimiento general de bomba de inyección	240,000 Km	Laboratorista de Bombas	

Nota, Elaboración Propia

5.4.3 Hoja de decisiones del componente Turboacoplador

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al componente Bomba de Inyección:

Tabla 40

Hoja de decisiones del componente Turboacoplador

HOJA DE DECISIÓN			SISTEMA: TRANSMISIÓN										FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Hoja: 01
RCM			SUB-SISTEMA/COMPONENTE: TURBOACOPLADOR										Fecha: 21.12.2024		De: 01
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias			H ₁	H ₂	H ₃	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄			
3	A	A	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Mantenimiento general de turboacoplador	240,000 Km	Técnico Mecánico
3	A	2	S	N	S	-	N	N	N	-	-	N	Rediseño de componente.	2 años	Jefe de Mantenimiento
3	B	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Mantenimiento general de turboacoplador	240,000 Km	Técnico Mecánico

Nota, Elaboración Propia

5.4.4 Hoja de decisiones del componente Caja Hidromecánica Voith

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al componente Caja Hidromecánica Voith:

Tabla 41

Hoja de decisiones del componente Caja Hidromecánica Voith

HOJA DE DECISIÓN RCM			SISTEMA: TRANSMISIÓN										FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA			Hoja: 01
			SUB-SISTEMA/COMPONENTE: CAJA HIDROMECAÁNICA VOITH										Fecha: 21.12.2024			De: 01
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H ₁ H ₂ H ₃			Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄				
4	A	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de discos de caja Voith	480,000 Km	Técnico Mecánico	
4	A	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Sustitución de lubricante y filtro	60,000 Km	Técnico Mecánico	
4	B	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Muestreo con la cámara termográfica	10,000 Km	Técnico Mecánico	
4	B	2	N				N	N	S	-	-	-	Sustitución de aceite hidráulico	60,000 Km	Técnico Mecánico	
4	C	3	N	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Revisión de engranajes	240,000 Km	Técnico Mecánico	
4	C	4	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de aceite hidráulico	60,000 Km	Técnico Mecánico	
4	D	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación del exterior de carcasa	Diario	Técnico Mecánico	
4	D	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Revisión de engranajes	240,000 Km	Técnico Mecánico	
4	E	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de sensor de velocidad	120,000 Km	Técnico Electricista	
4	E	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de conexiones	10,000 Km	Técnico Electricista	
4	E	3	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de componentes electrónicos	10,000 Km	Técnico Electricista	
4	F	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Revisión de junta de piñón de ataque	240,000 Km	Técnico Mecánico	
4	F	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Revisión de dientes de piñón de ataque	240,000 Km	Técnico Mecánico	
4	G	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Mantenimiento general de cañerías	120,000 Km	Técnico Mecánico	

Nota, Elaboración Propia

5.4.5 Hoja de decisiones del componente Radiador

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al componente Radiador:

Tabla 42

Hoja de decisiones del componente Radiador

HOJA DE DECISIÓN		SISTEMA: MOTOR											FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Hoja: 01	
RCM			SUB-SISTEMA/COMPONENTE: MOTOR DIESEL											Fecha: 21.12.2024		De: 01
Referencia de Información		Evaluación de las consecuencias				H ₁ H ₂ H ₃ S ₁ S ₂ S ₃ O ₁ O ₂ O ₃			Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄				
5	A	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Limpieza con presión de agua baja	10,000 Km	Técnico Mecánico	
5	B	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de juntas	60,000 Km	Técnico Mecánico	
5	B	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de fisuras	10,000 Km	Técnico Mecánico	
5	B	3	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de fisuras	10,000 Km	Técnico Mecánico	
5	B	4	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Sondeo de radiador con presión de aire	120,000 Km	Técnico Mecánico	
5	C	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de refrigerante 50/50	60,000 Km	Técnico Mecánico	
5	C	2	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Limpieza con presión de agua baja	10,000 Km	Técnico Mecánico	
5	C	3	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Sondeo de radiador con presión de aire	120,000 Km	Técnico Mecánico	
5	D	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de sensor de temperatura	60,000 Km	Técnico Mecánico	
5	D	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de sensor de temperatura	10,000 Km	Técnico Electricista	
5	E	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de soportes de radiador	10,000 Km	Técnico Mecánico	
5	E	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de gomas de soporte	120,000 Km	Técnico Mecánico	
5	E	3	N	-	-	-	N	N	N	-	-	-	Rediseño de estructura de diseño de radiador	2 años	Jefe Mantenimiento	

Nota, Elaboración Propia

5.4.6 Hoja de decisiones del componente Inyectores

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al componente Inyectores:

Tabla 43

Hoja de decisiones del componente Inyectores

HOJA DE DECISIÓN			SISTEMA: PROPULSIÓN										FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Hoja: 01	
RCM			SUB-SISTEMA/COMPONENTE: INYECTORES										Fecha: 21.12.2024		De: 01	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H ₁	H ₂	H ₃	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	O ₁	O ₂	O ₃	H ₄	H ₅	S ₄				
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de bobina de inyectores	240,000 Km	Laboradorista de Bombas	
6	A	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de bobina de inyectores	240,000 Km	Laboradorista de Bombas	
6	B	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de válvula de inyector	240,000 Km	Laboradorista de Bombas	
6	B	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de presiones de combustible	20,000 Km	Laboradorista de Bombas	
6	C	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de resúmenes de combustible alrededor	10,000 Km	Laboradorista de Bombas	
6	C	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de toberas	240,000 Km	Laboradorista de Bombas	
6	D	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de toberas	240,000 Km	Laboradorista de Bombas	

Nota, Elaboración Propia

5.4.7 Hoja de decisiones del subsistema Salón de Pasajeros

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al subsistema Salón de Pasajeros:

Tabla 44

Hoja de decisiones del subsistema Salón de Pasajeros

HOJA DE DECISIÓN RCM		SISTEMA: CARROCERIA SUB-SISTEMA/COMPONENTE: SALÓN DE PASAJEROS											FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA Hoja: 01 Fecha: 21.12.2024 De: 01			
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H ₁ S ₁ O ₁	H ₂ S ₂ O ₂	H ₃ S ₃ O ₃	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄				
7	A	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Mantenimiento preventivo de compresora	10,000 Km	Técnico de AACC	
7	A	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Mantenimiento preventivo de compresora	10,000 Km	Técnico de AACC	
7	A	3	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Limpieza de ductos	10,000 Km	Técnico de AACC	
7	B	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación de puertas y reparación si es necesario	Diario	Técnico de Salón	
7	B	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación de activadores de puertas y reparación si es necesario	Diario	Técnico electricista	
7	B	3	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación de aseguradores y reparación si es necesario	Diario	Técnico de Salón	
7	C	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación y reparación si es necesario	Diario	Técnico electricista	
7	C	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de focos	60,000 Km	Técnico electricista	

HOJA DE DECISIÓN RCM		SISTEMA: CARROCERIA											FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA Hoja: 01		
		SUB-SISTEMA/COMPONENTE: SALÓN DE PASAJEROS											Fecha: 21.12.2024 De: 01		
Referencia de Información	Evaluación de las consecuencias				H ₁	H ₂	H ₃	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por	
	F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄				H ₅
7	C	3	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación de paneles con cámara termografica	20,000 Km	Técnico electricista
7	D	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación y reparación si es necesario	Diario	Técnico de Salón
7	D	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación y reparación si es necesario	Diario	Técnico de Salón
7	D	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de fundas	60,000 Km	Técnico de Salón
7	D	4	N	-	-	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de Esponjas	120,000 Km	Técnico de Salón
7	E	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación de accesorios de baños y reparación si es necesario	Diario	Técnico de Salón

Nota, Elaboración Propia

5.4.8 Hoja de decisiones del componente Cables Eléctricos

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al componente Cables Eléctricos:

Tabla 45

Hoja de decisiones del componente Cables Eléctricos

HOJA DE DECISIÓN RCM		SISTEMA: ELÉCTRICO											FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Hoja: 01	
		SUB-SISTEMA/COMPONENTE: CABLES ELÉCTRICOS											Fecha:		De: 01	
Referencia de Información		Evaluación de las consecuencias				H₁ H₂ H₃			Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas		Frecuencia Inicial	A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	N₁	N₂	N₃	H₄	H₅	S₄				
8	A	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación de conexiones y cables		Diario	Técnico electricista
8	B	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Limpieza de uniones y conexiones		10,000 Km	Técnico electricista
8	C	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación de conexiones y cables		Diario	Técnico electricista
8	D	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Verificación termográfica de los componentes		120,000 Km	Técnico Electricista

Nota, Elaboración Propia

5.4.9 Hoja de decisiones del componente Turbocompresor

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al componente Turbocompresor:

Tabla 46

Hoja de decisiones del componente Turbocompresor

HOJA DE DECISIÓN RCM			SISTEMA: PROPULSIÓN											FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Hoja: 01	
			SUB-SISTEMA/COMPONENTE: TURBOCOMPRESOR											Fecha: 21.12.2024		De: 01	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H ₁	H ₂	H ₃	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas		Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄					
9	A	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de presiones con manómetros a las salidas		60,000 Km	Técnico Mecánico	
9	B	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustitución de rodamientos		240,000 Km	Técnico Mecánico	
9	C	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de compresiones de cilindros de motor		120,000 Km	Técnico Mecánico	
9	D	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de compresiones de cilindros de motor		120,000 Km	Técnico Mecánico	
9	E	1	N	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Análisis vibracional		240,000 Km	Especialista en análisis vibracional	

Nota, Elaboración Propia

5.4.10 Hoja de decisiones del componente Compresora

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al componente Compresora:

Tabla 47

Hoja de decisiones del componente Compresora

HOJA DE DECISIÓN RCM			SISTEMA: NEUMÁTICO SUB-SISTEMA/COMPONENTE: COMPRESORA										FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Hoja: 01 Fecha: 21.12.2024 De: 01	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H ₁ S ₁ O ₁	H ₂ S ₂ O ₂	H ₃ S ₃ O ₃	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄				
10	A	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de válvula de seguridad	60,000 Km	Técnico Mecánico	
10	A	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de juntas, empaques de compresora	120,000 Km	Técnico Mecánico	
10	B	1	N	-	-	-	N	N		-	-	-	Verificación de relación de engranajes y piñones	10,000 Km	Técnico Mecánico	
10	B	2	N	-	-	-	N	S		-	-	-	Verificación de acoples y seguros	10,000 Km	Técnico Mecánico	
10	B	3	N	-	-	-	S			-	-	-	Verificación de espectroscopías con muestreos de aceite	10,000 Km	Especialista	
10	C	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de lubricante	60,000 Km	Técnico Mecánico	
10	C	2	N	-	-	-	N	S		-	-	-	Mantenimiento general de compresora	120,000 Km	Técnico Mecánico	
10	D	1	N	-	-	-	N	S		-	-	-	Mantenimiento general de compresora	120,000 Km	Técnico Mecánico	
10	E	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Sustitución de lubricante	60,000 Km	Técnico Mecánico	
10	E	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Revisión de sistema eléctrico de la compresora	10,000 Km	Técnico electricista	

HOJA DE DECISIÓN RCM			SISTEMA: NEUMÁTICO										FACILITADOR: ALEX SONCCO		Hoja: 01	
			SUB-SISTEMA/COMPONENTE: COMPRESORA										LABRA		Fecha: 21.12.2024	De: 01
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H ₁	H ₂	H ₃	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄				
10	F	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de todo el sistema de refrigeración		10,000 Km	Técnico Mecánico
10	F	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación visual de fisuras		10,000 Km	Técnico Mecánico
10	F	3	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Limpieza de aletas de ventilación		10,000 Km	Técnico Mecánico

Nota, Elaboración Propia

5.4.11 Hoja de decisiones del componente Componentes Eléctricos

Aquí se presenta la hoja de decisiones referente al componente Componentes Eléctricos:

Tabla 48

Hoja de decisiones del componente Componentes Eléctricos

HOJA DE DECISIÓN RCM			SISTEMA: ELÉCTRICO											FACILITADOR: ALEX SONCCO LABRA		Hoja: 01
			SUB-SISTEMA/COMPONENTE: COMPONENTES ELÉCTRICOS											Fecha: 21.12.2024		De: 01
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H ₁ S ₁ O ₁	H ₂ S ₂ O ₂	H ₃ S ₃ O ₃	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₄				
11	A	1	S	S	-	-	N	-	-	-	-	-	Verificación de sistema electrónico	Diario	Técnico Electricista	
11	A	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de controladores de la pantalla	Diario	Técnico Electricista	
11	B	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Sustituir botones y perillas de activación	120,000 Km	Técnico Electricista	
11	C	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación del estado de las luces	Diario	Técnico Electricista	
11	C	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Verificación de cableado en general	10,000 Km	Técnico Electricista	
11	D	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación de la luminaria del Autovagón	Diario	Técnico Electricista	
11	D	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Verificación de la luminaria del Autovagón	Diario	Técnico Electricista	

Nota, Elaboración Propia

5.5 Plan de Mantenimiento de Componentes Críticos de la Flota Ferroviaria FEVE

MACOSA 2300

En este párrafo se presenta el plan de mantenimiento de los componentes que afectan directamente a la disponibilidad de la flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300, de las cuales se analizaran 03 componentes críticos:

- Bomba de Inyección
- Motor Diesel
- Radiador

5.5.1 Plan de mantenimiento de la Hoja de Decisiones del RCM, Bomba de Inyección

Según la hoja de decisiones pudimos encontrar que tenemos un nuevo plan para este componente, aquí en la tabla 50 se presenta el nuevo plan con los costos totales por cada actividad:

Tabla 49*Plan de mantenimiento del componente Bomba de Inyección*

Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por	HH (Hr)	Costo (s./ Hr)	Repuesto (s./.)	Total (s./.)
Sustitución de filtro de combustible	10,000	Técnico Mecánico	1	S/ 11.52	S/ 50.00	S/ 61.52
Sustitución de filtro de combustible	10,000	Técnico Mecánico	1	S/ 11.52	S/ 50.00	S/ 61.52
Sustitución de filtro de combustible	10,000	Técnico Mecánico	1	S/ 11.52	S/ 50.00	S/ 61.52
Sustitución de filtro de combustible	10,000	Técnico Mecánico	1	S/ 11.52	S/ 50.00	S/ 61.52
Sustitución de filtro de combustible	10,000	Técnico Mecánico	1	S/ 11.52	S/ 50.00	S/ 61.52
Verificación de la bomba de inyección	10,000	Técnico Mecánico	2	S/ 23.04		S/ 23.04
Sustitución de filtro de combustible	10,000	Técnico Mecánico	1	S/ 11.52	S/ 50.00	S/ 61.52
Sustitución de filtro de combustible	10,000	Técnico Mecánico	1	S/ 11.52	S/ 50.00	S/ 61.52
Pruebas y ensayos no destructivos	60,000	Técnico Soldador	1	S/ 11.52	S/ 350.00	S/ 361.52
Muestreo con la cámara termográfica	120,000	Técnico Electricista	2	S/ 23.04	S/ 2,500.00	S/ 2,523.04
Análisis vibracional	240,000	Especialista en análisis vibracional	48	S/ 552.96	S/ 4,000.00	S/ 4,552.96
Sustitución de válvula de control	240,000	Laboratorista de Bombas	2	S/ 23.04	S/ 500.00	S/ 523.04
Mantenimiento general de Bomba de Inyección	240,000	Técnico Mecánico	168	S/ 1,935.36	S/ 2,750.00	S/ 4,685.36
Mantenimiento general de Bomba de Inyección	240,000	Laboratorista de Bombas	168	S/ 1,935.36	S/ 2,750.00	S/ 4,685.36
Sustitución de motor de accionamiento	240,000	Técnico Electricista	2	S/ 23.04	S/ 200.00	S/ 223.04
Mantenimiento general de bomba de inyección	240,000	Laboratorista de Bombas	168	S/ 1,935.36	S/ 2,750.00	S/ 4,685.36
Verificación del producto	Al ingreso al almacén	Control de Calidad	1	S/ 11.52		S/ 11.52

Nota, Elaboración Propia

5.5.2 Plan de mantenimiento de la Hoja de Decisiones del RCM, Motor Diesel

Según la hoja de decisiones pudimos encontrar que tenemos un nuevo plan para este componente, aquí en la tabla 50 se presenta el nuevo plan con los costos totales por cada actividad:

Tabla 50

Plan de mantenimiento del componente Motor Diesel

Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por	HH (Hr)	Costo (s./ Hr)	Repuesto (s./)	Total (s./)
Ejercer uso del analizador de baterias	10,000	Técnico Electricista	0.5	S/ 5.76	S/ 1,500.00	S/1,505.76
Revisión el estado del enfriador	10,000	Técnico Mecánico	8	S/ 92.16	S/ 1,600.00	S/1,692.16
Sustitución de aceite de motor	10,000	Técnico Mecánico	0.5	S/ 5.76		S/ 5.76
Muestreo con la cámara termográfica	10,000	Técnico Mecánico	0.25	S/ 2.88		S/ 2.88
Sustitución de aceite de motor	10,000	Técnico Mecánico	1	S/ 11.52		S/ 11.52
Verificación visual de soportes de motor	10,000	Técnico Mecánico	4	S/ 46.08	S/ 7,500.00	S/ 7,546.08
Muestreo con la cámara termográfica	10,000	Técnico Mecánico	1	S/ 11.52		S/ 11.52
Sustitución de aceite de motor	10,000	Técnico Mecánico	2	S/ 23.04	S/ 450.00	S/ 473.04
Sustitución de sensor de temperatura	120000	Técnico Electricista	2	S/ 23.04	S/ 300.00	S/ 323.04
Sustitución de inyectores	120,000	Técnico Mecánico	4	S/ 46.08		S/ 46.08
Verificación de espectrocopías con muestreos de aceite	20,000	Técnico Mecánico	24	S/ 276.48	S/ 60.00	S/ 336.48

Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por	HH (Hr)	Costo (s./ Hr)	Repuesto (s./)	Total (s./)
Sustitución de filtro de aire	20,000	Técnico Mecánico	2	S/ 23.04	S/ 2,500.00	S/ 2,523.04
Sustitución de bomba de agua	240,000	Técnico Mecánico	0.5	S/ 5.76	S/ 500.00	S/ 505.76
Mantenimiento correctivo programado de turbocompresor	240,000	Técnico Mecánico	96	S/ 1,105.92	S/ 5,000.00	S/ 6,105.92
Mantenimiento de arrancador	60,000	Técnico Electricista	120	S/ 1,382.40	S/ 7,500.00	S/ 8,882.40
Sustitución de termostato	60,000	Técnico Electricista	4	S/ 46.08	S/ 2,500.00	S/ 2,546.08
Verificación visual de mangueras	Diario	Técnico Mecánico	0.5	S/ 5.76		S/ 5.76
Verificación visual de entradas	Diario	Técnico Mecánico	16	S/ 192.00		S/ 192.00
Verificación visual sistema de refrigeración	Diario	Técnico Mecánico	2	S/ 23.04	S/ 2,500.00	S/ 2,523.04
Muestreo de combustible	Mensual	Técnico Mecánico	96	S/ 1,105.92	S/ 120.00	S/ 1,225.92
Tener una programación de actividades de mantenimiento	Semanal	Planer de Mantenimiento	4	S/ 46.08	S/ 2,500.00	S/ 2,546.08

Nota, Elaboración Propia

5.5.3 Plan de mantenimiento de la Hoja de Decisiones del RCM, Motor Diesel

Según la hoja de decisiones pudimos encontrar que tenemos un nuevo plan para este componente, aquí en la tabla 51 se presenta el nuevo plan con los costos totales por cada actividad:

Tabla 51

Plan de mantenimiento del componente Radiador

Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	Realizado por	HH (Hr)	Costo (s/. Hr)	Repuesto (s/.)	Total (s/.)
Limpieza con presión de agua baja	10,000	Técnico Mecánico	2	S/ 23.04		S/ 23.04
Verificación de fisuras	10,000	Técnico Mecánico	8	S/ 92.16		S/ 92.16
Verificación de fisuras	10,000	Técnico Mecánico	8	S/ 92.16		S/ 92.16
Limpieza con presión de agua baja	10,000	Técnico Mecánico	2	S/ 23.04		S/ 23.04
Verificación de sensor de temperatura	10,000	Técnico Electricista	1	S/ 11.52		S/ 11.52
Verificación de soportes de radiador	10,000	Técnico Mecánico	1	S/ 11.52		S/ 11.52
Sustitución de juntas	60,000	Técnico Mecánico	5	S/ 57.60	S/ 700.00	S/ 757.60
Sustitución de refrigerante 50/50	60,000	Técnico Mecánico	4	S/ 46.08	S/ 450.00	S/ 496.08
Sustitución de sensor de temperatura	60,000	Técnico Mecánico	2	S/ 23.04	S/ 500.00	S/ 523.04
Sondeo de radiador con presión de aire	120,000	Técnico Mecánico	48	S/ 552.96	S/ 1,200.00	S/ 1,752.96
Sondeo de radiador con presión de aire	120,000	Técnico Mecánico	48	S/ 552.96	S/ 450.00	S/ 1,002.96
Sustitución de gomas de soporte	120,000	Técnico Mecánico	8	S/ 92.16	S/ 850.00	S/ 942.16
Rediseño de estructura de diseño de radiador	2 años	Jefe Mantenimiento	168	S/ 1,935.36	S/ 1,200.00	S/ 3,135.36

Nota, Elaboración Propia

CAPITULO VI. ANÁLISIS TECNOECONOMICO DE RESULTADOS

6.1 Costos de mantenimiento de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

Los costos de mantenimiento de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300 que se analizaron están reflejados en el análisis de criterios de confiabilidad de los cuales para este capítulo se llegaron a tomar en cuenta las unidades con baja disponibilidad, donde se encontraron 03 unidades para su estudio los cuales se muestran en la Figura 24, por consiguientes de estas 03 unidades se le realizó un diagrama de Pareto para cada unidad.

Aquí se eligió el sistema de Propulsión como sistema de estudio puesto que este se contabilizo con un mayor número de paradas por reparación (MTTR), esto servirá para poder mitigar y reducir estos números de parada. Por consiguiente, tomando la decisión de estudiar este sistema de propulsión se procedió a realizar a cada unidad su propio diagrama de Pareto, para luego fijar cuales fueron los componentes críticos de cada unidad que causaron mayor cantidad de paradas por reparación y luego analizar la confiabilidad de cada uno de estos componentes críticos por unidad y hacer una comparativa de costos de confiabilidad con el R.C.M.

6.1.1 Costos totales de mantenimiento del componente Bomba de Inyección de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA.

Se toma a la bomba de inyección como componente crítico puesto que este tuvo un alcance muy alto en las tres unidades, generándose así una falla paralela en toda la flota. En esta tabla 50 se presentará los costos de mantenimientos en el año 2018, que fue el año con mayor número de incidencias:

Tabla 52

Costo anual de mantenimiento de la Bomba de Inyección de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

Tipo de mantenimiento	Costo (s/.)
Costo del Preventivo	17,403.90
Costo del Correctivo	33,480.60

Nota, Estos resultados son la suma de los costos que se acumularon en el año 2018. Elaboración Propia

6.1.1.1 Costos Globales de mantenimiento de la bomba de Inyección con referencia a la confiabilidad.

La figura 40 explica el comportamiento de las bombas de Inyección del sistema de propulsión que es el más crítico de la flota crítica, este va ligado con referencial al gasto por mantenimiento que tubo estos componentes en el año 2018, el cual como se visualiza en la figura 40, esta tiene un desplazamiento exponencial decreciente con referencia a la confiabilidad del componente calculados en la tabla 53, donde en la figura 40 se verifica que el punto de equilibrio de los costos de mantenimiento se da a partir de un año y medio de operación según la data histórica (esto indica que mientras más mantenimiento preventivos se tuviese este valor del Costo Global

Total debería disminuir en el tiempo y suprimir al costo de mantenimientos correctivos y tener un costo total solo mantenimientos preventivos)

Tabla 53

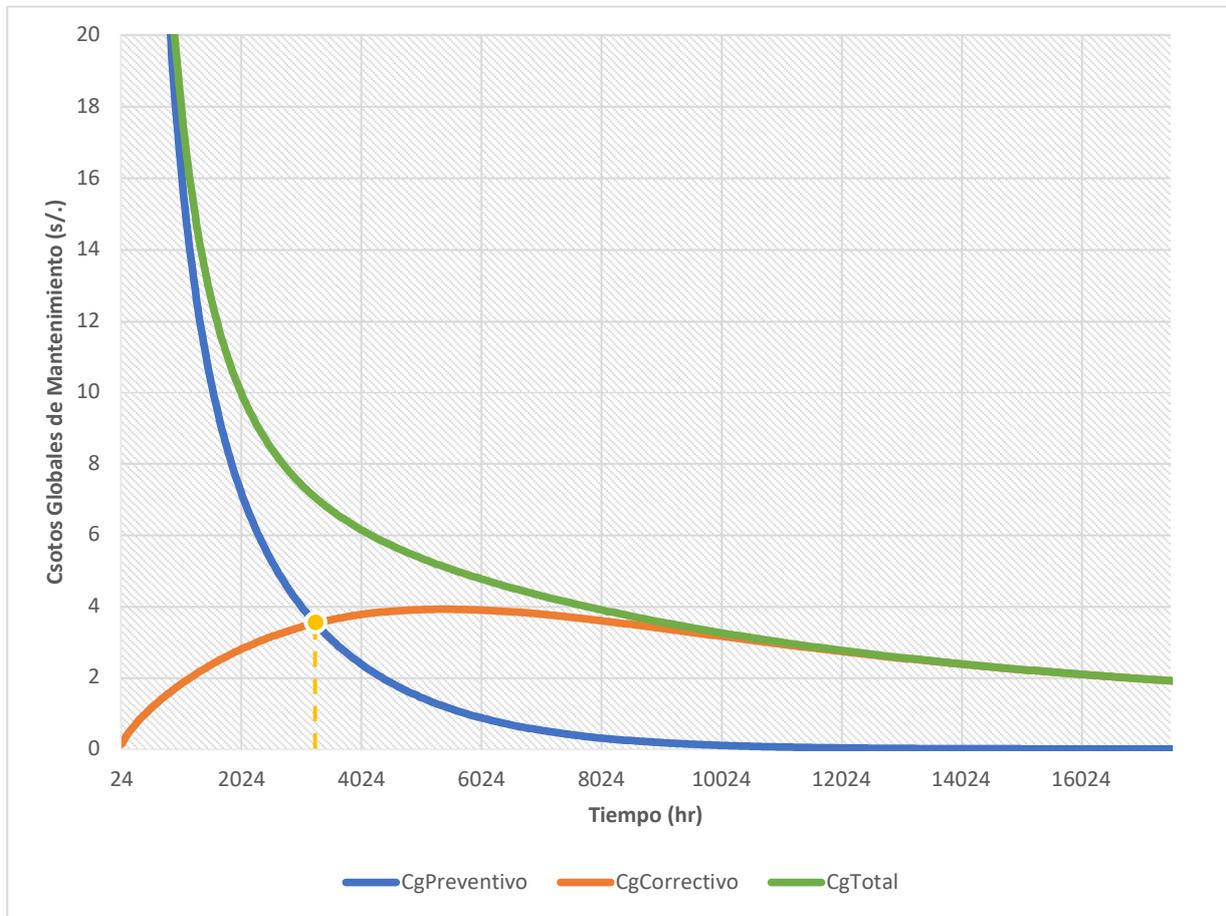
Comportamiento de los Costos de Mantenimiento con respecto a la confiabilidad de la Bomba de Inyección.

Tiempo (h)	F(t)	R(t)	CgPreventivo (s/.)	CgCorrectivo (s/.)	CgTotal (s/.)
24	0%	100%	725.10	0.1	725.2239735
48	0%	100%	362.47	0.2	362.6822182
72	0.1%	99.9%	241.57	0.3	241.8557927
96	0.1%	99.9%	181.11	0.3	181.4564223
120	0.1%	99.9%	144.82	0.4	145.2269761
144	0.2%	99.8%	120.62	0.5	121.0819533
168	0.3%	99.7%	103.33	0.5	103.8419575
192	0.3%	99.7%	90.35	0.6	90.9173498
216	0.4%	99.6%	80.25	0.6	80.86947796
240	0.5%	99.5%	72.17	0.7	72.83517469
264	0.6%	99.4%	65.55	0.7	66.26516812
288	0.7%	99.3%	60.04	0.8	60.79328879
312	0.7%	99.3%	55.37	0.8	56.16604346
336	0.8%	99.2%	51.36	0.8	52.20237207
360	1.0%	99.0%	47.88	0.9	48.76950233
384	1.1%	98.9%	44.84	0.9	45.76785902
408	1.2%	98.8%	42.15	1.0	43.12129956
432	1.3%	98.7%	39.76	1.0	40.77060452
456	1.4%	98.6%	37.62	1.0	38.66902385
480	1.6%	98.4%	35.69	1.1	36.77915926
504	1.7%	98.3%	33.95	1.1	35.0707374
528	1.8%	98.2%	32.36	1.2	33.51899042
552	2.0%	98.0%	30.91	1.2	32.10345895
576	2.1%	97.9%	29.57	1.2	30.80709444
600	2.3%	97.7%	28.35	1.3	29.61557687
624	2.4%	97.6%	27.21	1.3	28.51678999
648	2.6%	97.4%	26.16	1.3	27.50041311
672	2.8%	97.2%	25.19	1.4	26.55760046
696	2.9%	97.1%	24.27	1.4	25.68072682
720	3.1%	96.9%	23.42	1.4	24.86318407

Nota, Estos resultados son la suma de los costos que se acumularon en el año 2018, solo se toma de referencia 01 mes de comportamiento. Elaboración Propia

Figura 40

Costos globales de mantenimiento de la Bomba de Inyección



Nota, Elaboración Propia

6.1.2 Costos total de mantenimiento del componente Motor Diesel de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA.

Se toma al Motor Diesel como uno de los componentes también críticos puesto que este tuvo un alcance muy alto en las tres unidades, generándose así una falla paralela en toda la flota. En esta tabla 54 se presentará los costos de mantenimientos de los cuatro años del análisis, el cual en todo este tiempo analizado se encontró diferentes fallas que sumaron un costo total con referencia a los otros años.

Tabla 54

Costo anual de mantenimiento del Motor Diesel de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

Tipo de mantenimiento	Costo (s/.)
Costo del Preventivo	247,967.30
Costo del Correctivo	267,889.28

Nota, Estos resultados son la suma de los costos que se acumularon en el año 2021. Elaboración Propia

6.1.2.1 Costos Globales de mantenimiento del Motor Diesel con referencia a la confiabilidad.

La figura 41 explica el comportamiento de los mantenimientos del Motor Diesel a largo de esto 4 años de análisis en el sistema de propulsión siendo este uno de los más crítico de la flota critica, estos resultados van ligado con referencia al gasto por mantenimiento que tubo estos componentes en los años ya mencionados (2018, 2019, 2020 y 2021), estos datos que se analizaron en la tabla 55 dan reflejo del comportamiento del motor con referencia a las paradas que hizo unidad y disminuyó la disponibilidad de esta flota. Los resultados que nos entrega nos da una curva exponencial decreciente en el tiempo donde se verifica que le punto de equilibrio de los costos de

mantenimiento se dio en 02 años y medio de la operación según la data histórica, esto indica que en ese año fue el gasto menos eficiente para esta unidad (esto indica que mientras más mantenimiento preventivos se tuviese este valor del Costo Global Total debería disminuir en el tiempo y suprimir al costo de mantenimientos correctivos y tener un costo total solo mantenimientos preventivos)

Tabla 55

Comportamiento de los Costos de Mantenimiento con respecto a la confiabilidad del Motor

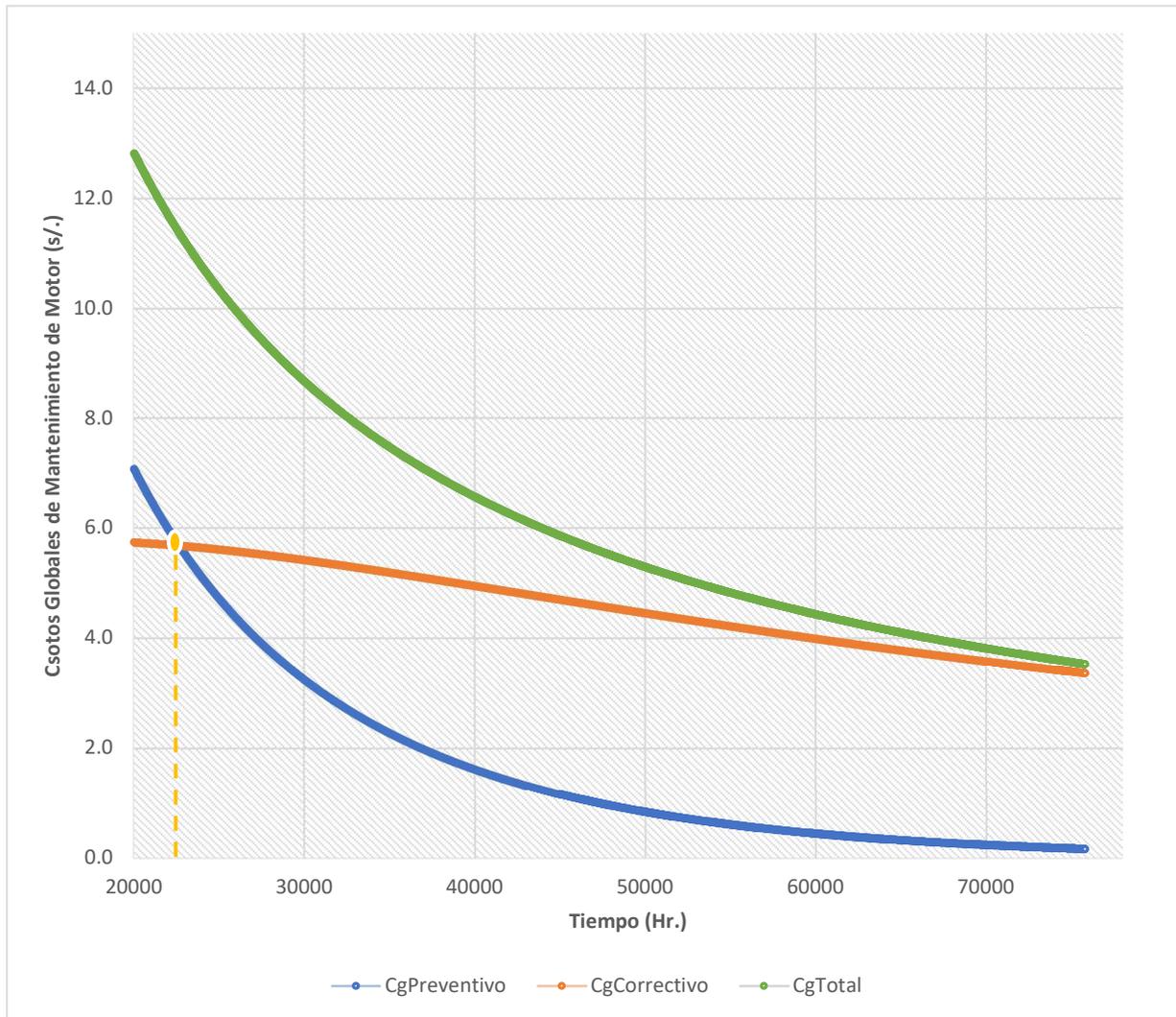
Diesel

Tiempo (h)	F(t)	R(t)	CgPreventivo(s/.)	CgCorrectivo(s/.)	CgTotal(s/.)
24	0%	100%	10330.80	1.3	10332.0649
48	0%	100%	5164.58	1.5	5166.09858
72	0.0%	100.0%	3442.42	1.7	3444.11626
96	0.1%	99.9%	2581.30	1.8	2583.12865
120	0.1%	99.9%	2064.60	1.9	2066.53836
144	0.1%	99.9%	1720.11	2.0	1722.14644
168	0.1%	99.9%	1474.03	2.1	1476.15341
192	0.2%	99.8%	1289.46	2.2	1291.65957
216	0.2%	99.8%	1145.90	2.3	1148.16512
240	0.2%	99.8%	1031.04	2.3	1033.37017
264	0.2%	99.8%	937.06	2.4	939.447556
288	0.3%	99.7%	858.74	2.4	861.179153
312	0.3%	99.7%	792.46	2.5	794.952426
336	0.3%	99.7%	735.64	2.5	738.186996
360	0.3%	99.7%	686.40	2.6	688.990585
384	0.4%	99.6%	643.31	2.6	645.943989
408	0.4%	99.6%	605.29	2.7	607.961934
432	0.4%	99.6%	571.48	2.7	574.20032
456	0.5%	99.5%	541.24	2.8	543.992753
480	0.5%	99.5%	514.01	2.8	516.806118
504	0.5%	99.5%	489.38	2.8	492.208847
528	0.6%	99.4%	466.99	2.9	469.847839

Tiempo (h)	F(t)	R(t)	CgPreventivo(s/.)	CgCorrectivo(s/.)	CgTotal(s/.)
552	0.6%	99.4%	446.54	2.9	449.431403
576	0.6%	99.4%	427.79	2.9	430.716463
600	0.7%	99.3%	410.54	3.0	413.498835
624	0.7%	99.3%	394.62	3.0	397.605749
648	0.7%	99.3%	379.87	3.0	382.890031
672	0.8%	99.2%	366.18	3.0	369.22553
696	0.8%	99.2%	353.43	3.1	356.503499
720	0.8%	99.2%	341.53	3.1	344.629687

Figura 41

Costos Globales de mantenimiento del Motor Diesel



Nota, Elaboración Propia

6.1.3 Costos totales de mantenimiento del componente Radiador de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA.

Se toma al radiador como componente crítico puesto que este también tuvo un alcance muy alto en las tres unidades, generándose así una falla paralela en toda la flota. En esta tabla 56 se presentará los costos totales de mantenimientos en el año 2021, que fue el año con mayor número de incidencias:

Tabla 56

Costo anual de mantenimiento del Radiador de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

Tipo de mantenimiento	Costo (s/.)
Costo del Preventivo	2534.40
Costo del Correctivo	7758.40

Nota, Estos resultados son la suma de los costos que se acumularon en el año 2021. Elaboración Propia

6.1.3.1 Costos Globales de mantenimiento del Radiador

La figura 42 explica el comportamiento de los radiadores del sistema de propulsión que es uno de los más crítico de la flota critica, este va ligado con referencial al gasto por mantenimiento que tubo estos componentes en el año 2021, el cual como se visualiza en la figura 42, se verifica que le punto de equilibrio de los costos de mantenimiento se da al años aproximadamente de operación, esto indica que mientras más mantenimiento preventivos tuviéramos de este valor, el Costo Global Total debería disminuir en el tiempo y suprimir al costo de mantenimientos correctivos e ir de la mano con el costo de mantenimientos preventivos.

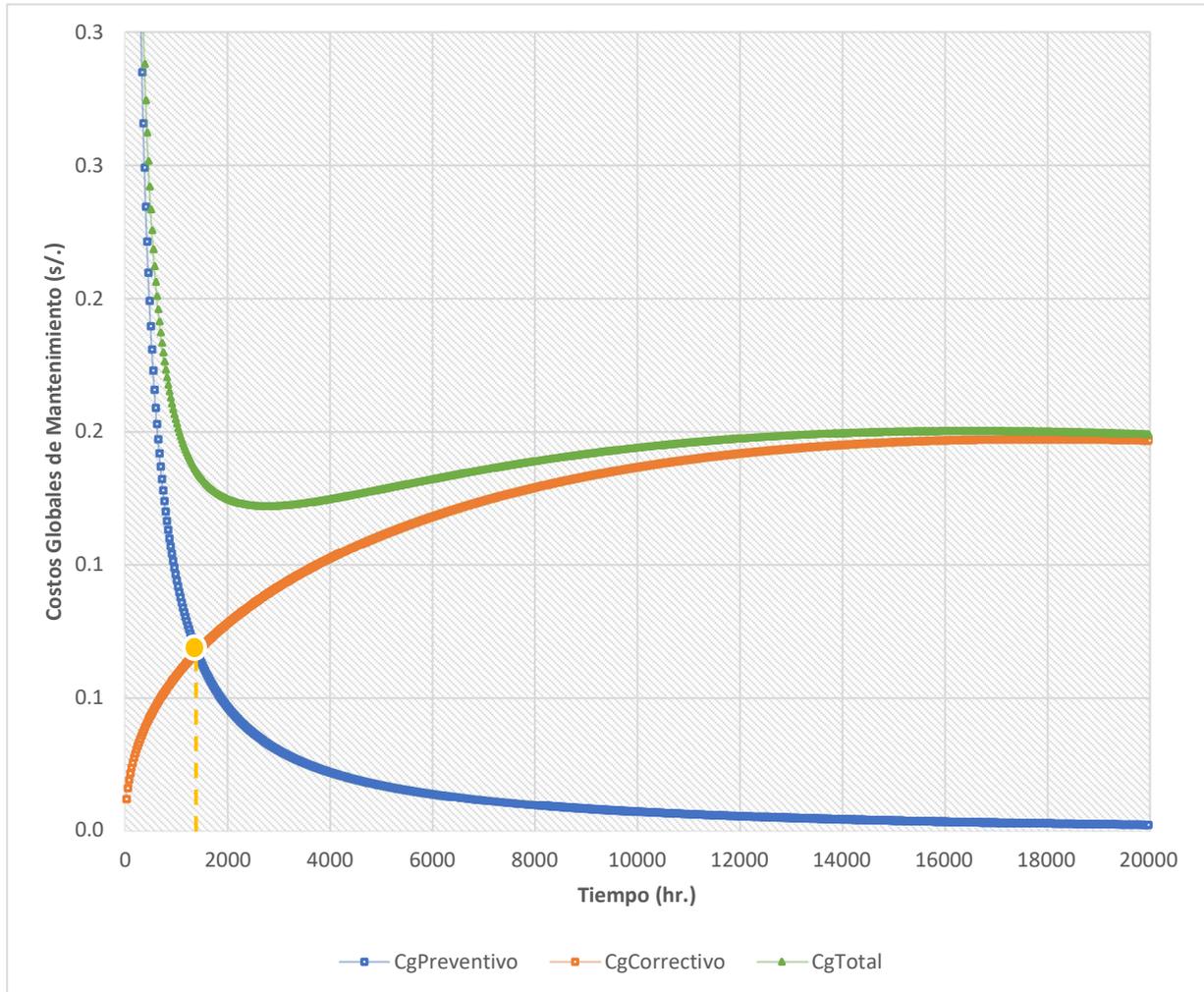
Tabla 57*Comportamiento de los Costos de Mantenimiento con respecto a la confiabilidad del Radiador*

Tiempo (h)	F(t)	R(t)	CgPreventivo(s/.)	CgCorrectivo(s/.)	CgTotal(s/.)
24	0%	100%	4.00	0.0	4.01039535
48	0%	100%	2.00	0.0	2.01505463
72	0.0%	100.0%	1.33	0.0	1.35157575
96	0.0%	100.0%	1.00	0.0	1.0207974
120	0.1%	99.9%	0.80	0.0	0.82297997
144	0.1%	99.9%	0.67	0.0	0.69157715
168	0.1%	99.9%	0.57	0.0	0.59808466
192	0.1%	99.9%	0.50	0.0	0.52825873
216	0.1%	99.9%	0.44	0.0	0.47419107
240	0.1%	99.9%	0.40	0.0	0.43113987
264	0.2%	99.8%	0.36	0.0	0.3960897
288	0.2%	99.8%	0.33	0.0	0.3670317
312	0.2%	99.8%	0.31	0.0	0.34257621
336	0.2%	99.8%	0.28	0.0	0.32173138
360	0.3%	99.7%	0.27	0.0	0.30377043
384	0.3%	99.7%	0.25	0.0	0.28814876
408	0.3%	99.7%	0.23	0.0	0.27445024
432	0.3%	99.7%	0.22	0.0	0.26235152
456	0.4%	99.6%	0.21	0.0	0.25159756
480	0.4%	99.6%	0.20	0.0	0.24198451
504	0.4%	99.6%	0.19	0.0	0.23334751
528	0.4%	99.6%	0.18	0.0	0.2255518
552	0.5%	99.5%	0.17	0.0	0.21848619
576	0.5%	99.5%	0.17	0.0	0.21205808
600	0.5%	99.5%	0.16	0.0	0.2061898
624	0.6%	99.4%	0.15	0.0	0.20081569
648	0.6%	99.4%	0.15	0.0	0.19587988
672	0.6%	99.4%	0.14	0.0	0.19133452
696	0.7%	99.3%	0.14	0.1	0.18713842
720	0.7%	99.3%	0.13	0.1	0.18325592

Nota, Elaboración Propia

Figura 42

Costos Globales de mantenimiento del Radiador



Nota, Elaboración Propia

CAPITULO VII. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.1 Costos de mantenimiento de flota de autovagones ferroviarios de la serie FEVE

MACOSA 2300

En este capítulo se evaluó y realizó la comparativa del antes y después de esta metodología que es el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad aplicado en una flota ferroviaria, especialmente en la Flota de FEVES MACOSA 2300.

7.1.1 *Comportamiento del análisis de costos, antes de una implementación de la metodología del R.C.M.*

En el proceso de selección de la información para poder cuantificar como fue el comportamiento de los costos de mantenimiento, se tomó la información del año 2021 puesto que en este año según la figura 24 tuvimos una disminución de la disponibilidad de la flota de la serie FEVE MACOSA 2300 del 92%, valor que reduce el índice de costos en cualquier tipo de mantenimiento. Por consiguiente, a continuación, se presenta en la tabla 58 el cual primeramente se analizó el comportamiento de los costos que el año 2021 en las unidades más críticas de la figura 24, donde el total de presupuesto asignado superaba a lo esperado.

Tabla 58

Costos de Autovagones Críticos

Costo/ATV	ATV951	ATV952	ATV954
Costo anual de Mantenimientos Correctivo	S/139,410.83	S/ 71,930.02	S/ 152,712.20
Costo anual de Mantenimientos Preventivos	S/ 52,457.15	S/ 78,169.43	S/ 82,498.17
Total, de Costos de Mantenimiento	S/191,867.99	S/150,099.44	S/ 235,210.37

Nota, información del año 2021

7.1.2 Comportamiento del análisis de costos al implementar la metodología del R.C.M.

En este párrafo se determinó que factibilidad tecno económico de poder implementar esta metodología, puesto que según el estudio que se realizó nos arrojaron estos resultados que se presenta en la tabla 59, donde se adjuntan los costos con y sin el RCM visualizándose que tenemos un ahorro del 4 % en el año 2021 que prácticamente en estas 03 unidades criticas suman un total de 22,383.95 nuevos soles de ahorro anual.

En el ATV 951, se verifica que tenemos un ahorro del 4% en este año lo cual también se refleja en la disponibilidad mostrada en la figura 24.

En el ATV 952, verificamos que el costo de RCM está en signo negativo, esto es a causa de que este año se hicieron un exceso de descontrol de mantenimientos preventivos los cuales generaron un alto índice de costo habiendo un descontrol en realizar dichos mantenimientos.

Con respecto a este resultado la metodología nos indica que el RCM entrega información ordenada y sin descontrol de sus materiales (mano de obra y repuestos) siguiendo firmemente los parámetros que se determinaron en el estudio y así poder tener un análisis de costos eficientes.

En el ATV 954, se visualiza que tenemos un porcentaje alto de mejora con el RCM, esto también se reflejado en la tabla 60 de indicadores que arrojaron el resultado que esta unidad tuvo el menor porcentaje de disponibilidad ese año 2021 por tener un alto índice de correctivos, entonces en la tabla 59 se verifica que aplicando la metodología del RCM, este indicador de costo anuales debe generar un ahorro del sostenible a la empresa.

Tabla 59*Análisis de Costos de la metodología del RCM*

Metodología	ATV951	ATV952	ATV954	Costos Totales
Sin RCM	S/ 191,867.99	S/ 150,099.44	S/ 235,210.37	S/ 577,177.80
Con RCM	S/ 184,931.29	S/ 184,931.29	S/ 184,931.29	S/ 554,793.86
Diferencia	-S/ 6,936.70	S/ 34,831.84	-S/ 50,279.09	S/ 22,383.95
Porcentaje	4%	-23%	21%	4%

*Nota, información del año 2021***7.2 Disponibilidad de la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300**

Siguiendo el análisis de resultados ahora nos enfocamos en como aplicando eficazmente la metodología del RCM nuestros indicadores de mantenimiento aumentan, generando así una satisfacción al cliente que es el área de operaciones de la empresa.

7.2.1 Comportamiento de la disponibilidad, antes de una implementación de la metodología del R.C.M.

En este párrafo se presenta la tabla 60 que refiere al análisis de los indicadores de mantenimiento de la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300, donde se evidencia efectivamente que la disponibilidad en el 2021 cae en un 92% por estas unidades críticas antes mencionadas (ATV951, ATV952 y ATV954), las cuales afectan considerablemente los costos de mantenimiento de esta flota ferroviaria.

Tabla 60*Indicadores de mantenimiento de flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300*

Indicadores	ATV941	ATV943	ATV951	ATV952	ATV953	ATV954
Tiempo Mtto (Hr)	524	437	810	654	551	1044
# paradas	27	28	49	43	38	68
Tiempo Dis. (Hr)	8760	8760	8760	8760	8760	8760
Kilómetros recorridos (Km)	72315.1	65127.3	70726.2	65627.8	66129	69850
MTTF (Hr)	305.04	297.25	162.24	188.51	216.03	113.47
MTTR (Hr)	19.41	15.61	16.53	15.21	14.50	15.35
MTBF (Hr)	324.44	312.86	178.78	203.72	230.53	128.82
Disponibilidad	94%	95%	91%	93%	94%	88%

*Nota, información del año 2021***7.2.2 Comportamiento de la disponibilidad al implementar la metodología del R.C.M.**

Con esta tabla 61 confirmamos que el estudio fue factible porque mejoramos la disponibilidad en la flota ferroviaria, llegando a un 97% aplicando la metodología del RCM. Donde aumentamos un 5% en promedio de flota, que es un indicador muy bueno según la teoría de mantenimiento.

Tabla 61*Análisis de la disponibilidad de la metodología del RCM*

Metodología	ATV941	ATV943	ATV951	ATV952	ATV953	ATV954	FLOTA
Sin RCM	94%	95%	91%	93%	94%	88%	92%
Con RCM	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%
Diferencia	3%	2%	6%	4%	3%	9%	5%

Nota, información del año 2021

CONCLUSIONES

- El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad no es una política general de mantenimiento, es un criterio de valoración del mantenimiento aplicado, guiado por las Normas SAE JA1011 y SAE JA1012, que muestra si una tarea de mantenimiento es adecuada para mitigar las consecuencias de falla de cada modo de falla, donde se verifico efectivamente que con esta metodología nos valorara un incremento del 5 % de disponibilidad anual, lo que significa que las unidades no tendrían modos de falla o fallas tempranas que afecten la operación.
- Con el R.C.M. se estableció un ordenamiento y jerarquización de todos los componentes de las unidades de la flota, en consecuencia, esto ayudara a la mejoría en el control de estas unidades en estudio. Estableciéndose codificaciones al sistema, subsistema y cada componente de estas unidades, así para obtener una trazabilidad del comportamiento desde el inicio de la vida útil del componente hasta su fin. Con esta información se tendrá una base de datos real y concisa del comportamiento de dichos componentes en la flota ferroviaria para luego tener un análisis de los modos de fallas que existen en cada componente.
- Según el criterio de AMFE (Análisis modal de fallas y efectos) que se realizó a los componentes críticos de la flota, se verifica que debemos tener bien mapeado en realizar los mantenimientos efectivos a 03 componentes que superaron los 400 NPR (Índice de Prioridad de Riesgo) los cuales son: El motor tiene el modo de falla que es el desgaste de anillos que implica un gasto elevado cuando esto suele pasar, para este caso se tiene que usar la hoja de decisiones y mitigar este modo de falla, también tenemos otro problema crítico en la bomba de inyección, el cual esta si no se realizan los mantenimientos descritos

en la hoja de decisiones, este componente podría expulsar bastantes cantidades de combustible presurizado al exterior y generar un alto riesgo de incendio que afectaría seriamente a la operación y por último, los inyectores tuvieron un alto NPR puesto que tienen un modo de falla de que implica el quemado de bobina y estas ocasiones un corte al circuito de combustión y por consecuencia detenga la unidad se detenga por completo.

- Siguiendo con el desarrollo de las herramientas para la ejecución de la implementación del R.C.M. en estas unidades ferroviarias se encontró que en el análisis de criticidad tenemos 11 componentes críticos con severidad de fallas en los 04 años de estudio en esta flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300, esto implica que la metodología ya está advirtiendo que esta tendrá una mayor probabilidad de falla en un corto plazo, en consecuencia estos parámetros analizados darían un aumento en los costos de intervención, que a la larga afectarían seriamente el estado financiero del área y en consecuencia de la Empresa.
- En el tema de costos nos arrojó que esta metodología reduce considerablemente en el costo total y anual del mantenimiento considerando un 4% de reducción en la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300 que en monedas nacionales equivalen a s/. 22,383.95 soles anuales de ahorro para el área y consecuentemente para la empresa, generando utilidades para ella.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con la implementación del R.C.M. como metodología de análisis y planeamiento de actividades de mantenimiento. Donde esta herramienta no solo permitirá verificar la parte técnica del mantenimiento frente a los modos de falla identificados, sino que también a base de resultados obtenidos proyecta un incremento de la disponibilidad anual, por ende, se sugiere aplicar progresivamente el R.C.M. en las otras series de las flotas de la empresa, con el fin de reducir la tasa de fallas existentes en el presente.
- Es aconsejable mantener y optimizar la secuencia y la jerarquía de las unidades de flota, creadas por la metodología RCM, ya que esta estructura contribuye significativamente al control técnico y operativo de las unidades investigadas. También se propone continuar con la introducción del código, el subsistema y la codificación de componentes para garantizar la trazabilidad efectiva del comportamiento de cada elemento desde el principio hasta el comienzo de su uso hasta el final. Esta trazabilidad debe consolidarse en una base de datos real, actualizada y precisa, lo que permite un análisis detallado de errores y facilita las decisiones estratégicas para el mantenimiento ferroviario.
- Es aconsejable priorizar la atención y la planificación de la intervención preventiva y la planificación de 11 componentes críticos identificados con el análisis de criticidad adecuado para la flota ferroviaria FEVE MACOSA 2300. Si se toman las medidas relevantes, el aumento en los costos de intervención correctiva puede afectar negativamente la sostenibilidad económica del área de mantenimiento y, en consecuencia, de la compañía en su conjunto.
- Es recomendable seguir con la implementación del R.C.M. como una estrategia de mantenimiento eficaz, puesto que esta metodología según los resultados obtenidos nos

arrojó una reducción considerable de costos operativos del 4% que en dinero equivalen a s/. 22,383.95 de ahorro anuales, con este panorama implica una mejora significativa de ahorro para el área de mantenimiento. Entonces se sugiere también aplicar esta metodología en las demás series de toda la flota de la empresa, con el fin de reflejar el mismo impacto tecno-económico que tuvo en esta flota ferroviaria estudiada.

BIBLIOGRAFIA

- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1994, Noviembre). *NBR- 5462 Confiabilidade e mantenabilidade*. Rio de Janeiro-Brasil: ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. Obtenido de <https://www.abnt.org.br/>
- Allasi, D. (2016). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA VEHICULAR MEGALOG*. Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76463/ALLALI%20-%20Propuesta%20de%20un%20plan%20de%20mantenimiento%20para%20la%20flota%20vehicular%20MEGALOG.pdf>
- Allauca, N. (2019). *PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA CALDERO DE 50 BHP, CASO: HOSPITAL CIUDAD DEL CUSCO*. Cusco. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/07d4657d-25a2-421a-840a-ad8caa8c288a/content>
- Allauca, N. (2019). *PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA CALDERO DE 50 BHP, CASO: HOSPITAL CIUDAD DEL CUSCO*. Cusco.
- Arques, J. (2009). *Ingeniería y Gestión del mantenimiento en el sector ferroviario*. España: Díaz de Santos.
- Barrera, J. (2020). *Propuesta de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM, a los activos críticos del sistema eléctrico de distribución a nivel de subestaciones, en la empresa Continental Tire Andina S.A.* Ecuador. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9963/1/15593.pdf>

- Barros, C., & Massala, M. (2020). *Reliability Centered Maintenance (RCM) - Implementation and Benefits*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Obtenido de <https://manwinwin.com/wp-content/uploads/2021/04/Reliability-Centered-Maintenance-RCM-Implementation-and-Benefits.pdf>
- Barros, J., & Martínez, J. (2018). Modelo para detección y simulación de fallas bajo. *Información Técnica*, 11-25.
- Campos O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1), 51-59. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>
- Condori Mamani, N. R. (2022). *Propuesta de un modelo de plan de mantenimiento usando criterios de RCM para una flota de tracto camiones INTERNATIONAL 9200I de transporte de mineral de Chalhuhuacho Imata [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]*,(2022). Repositorio Institucional, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14863>
- Condori, A. (2021). *APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD RCM AL EQUIPO DE FLOTA AUXILIAR VOLVO FMX MOTOR D13A DE LA EMPRESA CONFIPETROL ANDINA S.A. UNIDAD MINERA ANTAPACCAY ESPINAR CUSCO*. Cusco.
- Condori, M. (2021). *APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD RCM AL EQUIPO DE FLOTA AUXILIAR VOLVO FMX MOTOR D13A DE LA EMPRESA CONFIPETROL ANDINA S.A. UNIDAD MINERA ANTAPACCAY ESPINAR CUSCO*.

- Espinar. Obtenido de
http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/7217/T036_47170692_T_.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cruz, C. (2019). *EL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) Y SU INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS UNIDADES DE LA FLOTA VEHICULAR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL - CALLAO 2018*. Callao. Obtenido de
<http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4309/EL%20PLAN%20DE%20MANTENIMIENTO%20CENTRADO%20EN%20LA%20CONFIABILIDAD%20%28RCM%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cruzado, R. (2020). *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a bombas de carga en una refinería*. Piura. Obtenido de
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4479/IME_2003.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Flores, M., Medina, D., Vargas, D., & Remache, V. (2020). Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo. *IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación*, 9, 1-14.
- Florez, F. (2014). *ANÁLISIS DE CALIDAD DEL SERVICIO A BORDO OFRECIDO EN LOS TRENES TURÍSTICOS DE LA EMPRESA PERURAIL, RUTA OLLANTAYTAMBO–AGUAS CALIENTES-2012-2013*. Cusco . Obtenido de
<https://core.ac.uk/download/pdf/198122332.pdf>
- García, O. (2006). *EL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ, ESTRATEGIA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL*.

Gargallo Suardíaz, J. (2019). *Planificación operativa del mantenimiento de material rodante ferroviario de alta velocidad [Tesis Doctoral, Universidad de la Rioja]*. Repositorio Institucional.

Guzman, C. (2020). *“PROPUESTA DE MEJORA EN BASE A LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y ORIENTADOS A LA DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS DE LA FLOTA DE VEHÍCULOS PESADOS DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE PEREDA*. Lima. Obtenido de <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/4639/GUZMAN%20ACEVEDO%20CELY%20JACKELINE%20-%20TITULO%20PROFESIOANAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

International Organization for Standardization. (2016). *ISO 14224: Petroleum, petrochemical and natural gas industries-Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. Ginebra: ISO.

Jimenez, J. (2020). *Propuesta de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM, a los activos críticos del sistema eléctrico de distribución a nivel de subestaciones, en la empresa Continental Tire Andina S.A*. Cuenca.

Loredo, R. G. (2006). *Código General de Normas Operacionales*. Cusco: Ferrocarril Transandino.

Miranda, F., Chamorro, A., & Rubio, L. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. Madrid, España: Delta Publicaciones.

Mora, L. (2009). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*. Alfaomega Grupo Editor.

Morales, J. (2022). *“PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA HVAC DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHAVEZ UTILIZANDO LA METODOLOGIA RCM”*. Lima.

Moubray, J. (1997). *Reliability-centred Maintenance II (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)* (Vol. 2). (S. y. Ellmann, Trad.) 6 Deerfield Rd, Asheville, North Carolina, USA: Aladon LLC.

Navarro, J. (2004). *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. Madrid, España: ALCION.

openstreetmap. (21 de 10 de 2024). *openstreetmap*. Obtenido de openstreetmap: <https://www.openstreetmap.org/#map=15/-13.24840/-72.28716>

OREDA. (2002). *Offshore Reliability Data Handbook (OREDA)*. Norway: Det Norske Veritas (DNV).

Pachao, J. (2022). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo programado para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota de camiones 797F en el proyecto operaciones Mina Toquepala de la empresa Ferreyros S. A. Arequipa*. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12418>

Ramírez, J. (2017). *ELABORACIÓN DE UN ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y DISPONIBILIDAD PARA LA ATRACCIÓN X-TREME DEL PARQUE MUNDO AVENTURA, TOMANDO COMO REFERENCIA LAS NORMAS, SAE JAI011 Y SAE JAI012*. Bogotá. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7854/MorenoRobayolHugo;jessionid=80134D4A910E24A4718014181B8C2B70?sequence=1>

Society of Automotive Engineers. (2009). SAE J1739: Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA), Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA). Warrendale: SAE International.

Society of Automotive Engineers. (2009). *SAE JA1011: Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes*. Warrendale: SAE International.

Tavares, L. A. (s.f.). *Adminitración Moderna de Mantenimiento*. Novo Polo Publicacoes-Brasil.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (Diciembre de 2015). APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE LAS EMBARCACIONES PESQUERAS DE LA SERIE INTRÉPIDO DE UNA EMPRESA PESQUERA. *PESQUIMAT, XVIII(2)*, 05-18.

Universidad Pemex. (2007). Matriz de criticidad. *Revista Sistema de Confiabilidad Operacional - Análisis Criticidad*.

Yanez, J. (2021). *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA UNA FLOTA DE BUSES URBANOS EN EL SUR DE QUITO*. Quito. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/2344/1/YANEZ%20JARAMILLO%20JOSE%20ALFONSO.pdf>

Casa, J. (2012). Modelo de análisis de planes de mantenimiento de material rodante ferroviario. Zaragoza: Universidad de Zaragoza

- SGS. (2021). *“Servicio de inspección del material rodante”*. Lima: SGS. LOURIVAL
- AUGUSTO TAVARES (1967), *“Administración Moderna del Mantenimiento”*, 1ra edición
- Roberto Hernández Sampieri (2010), *“Metodología de la investigación”*, 5ta edición, McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- ESPAÑA EXPORTACIÓN E INVERSIONES, El mercado ferroviario en Perú, INCEX España Exportación e Inversiones NIPO: 114-19-038-4 2019
- Tesis de pregrado (2017) *“Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad del camión volquete Volvo FMX-440 en el proyecto el Toro”*, Universidad Nacional del Centro del Perú. Repositorio Institucional
- Tesis de postgrado (2016) *“Mejora de la disponibilidad mecánica y confiabilidad de una flota cosechadora de caña de azúcar de 40 t/h de capacidad”*, [Tesis de licenciatura, Pontífice Universidad Católica del Perú].

ANEXOS

8.1 Matriz de consistencia

“IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE LA FLOTA FERROVIARIA FEVE-MACOSA 2300 DE LA EMPRESA INCARAIL – OLLANTAYTAMBO-CUSCO”

Problema	Objetivo/s	Hipótesis	Contenido	Metodología
<p>Problema General ¿En qué medida la implementación de un Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad mejorará la disponibilidad de la Flota Ferroviaria Feve-Macosa 2300 de la Empresa Incarail en Ollantaytambo-Cusco?</p>	<p>Objetivo General Implementar el Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (R.C.M., en sus siglas en ingles) para incrementar la disponibilidad operacional de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco.</p>	<p>Hipótesis General El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M., en sus siglas en inglés) influye directa y significativamente en la mejora de la disponibilidad operacional de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco.</p>	<p>Capitulo I. Marco Referencial II. Marco Teórico</p>	<p>Tipo: Aplicado Nivel: Explicativo Diseño: Transaccional-no experimental Método: Lógico - deductivo Enfoque: Cuantitativo Población: 6 unidades ferroviarias FEVE-MACOSA 2300 Muestra: 2 unidades ferroviarias (puntero e intermedio) Técnica: Análisis documental</p>
<p>Problemas Específicos PE1.- ¿Cuál sería la metodología apropiada para diagnosticar de forma jerarquizada los tipos de fallas de los sistemas de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la</p>	<p>Objetivos Específicos OE1.- Desarrollar el diagnóstico de los sistemas y por consiguiente jerarquizar las fallas críticas que se dan en los sistemas, subsistemas y componentes de las unidades de la flota</p>	<p>Hipótesis Especifica HE1.- Con el registro histórico de los mantenimientos de los sistemas se procedió diagnosticar y jerarquizar el nivel de criticidad de las fallas de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la</p>	<p>III. Diagnóstico y análisis de Componentes</p>	<p>Instrumento: Cuestionario</p>

Problema	Objetivo/s	Hipótesis	Contenido	Metodología
<p>empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco?</p> <p>PE2.- ¿Cuál sería la técnica idónea para organizar la información y el diagnóstico del análisis de componentes para aplicarlo en una estrategia de mantenimiento de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco?</p> <p>PE3.- ¿Cuál sería la metodología más efectiva para determinar el nivel de criticidad de fallas en los sistemas, subsistemas y componentes de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco?</p> <p>PE4.- ¿Será posible que al aplicar la metodología del Mantenimiento Basado en la</p>	<p>ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco.</p> <p>OE2.- Aplicar la técnica del Análisis Modal de Fallas y Efectos (A.M.F.E.) para las atender y priorizar los sistemas, subsistemas y componentes críticos de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco.</p> <p>OE3.- Generar una Matriz de Análisis de Criticidad de los sistemas, subsistemas y componentes de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail-Ollantaytambo-Cusco.</p> <p>OE4.- Analizar como el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (R.C.M., en sus siglas en inglés)</p>	<p>empresa Inca Rail-Ollantaytambo-Cusco.</p> <p>HE2.- La metodología del Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE) permitió priorizar los modos de fallas de los sistemas, subsistemas y componentes de la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail-Ollantaytambo-Cusco.</p> <p>HE3.- Con la Matriz de Análisis de Criticidad se pudo definir la criticidad de los sistemas, subsistemas y componentes de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail-Ollantaytambo-Cusco.</p> <p>HE4.- El Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (R.C.M., en sus siglas en</p>	<p>IV. Análisis Modal de Efectos y Fallas</p> <p>V. Análisis de Criticidad de componentes</p> <p>VI. Análisis tecno-económicos de resultados</p>	

Problema	Objetivo/s	Hipótesis	Contenido	Metodología
Confiabilidad se podrá reducir los costos de mantenimiento de la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail en Ollantaytambo-Cusco?	repercuten en el resultado tecno-económico de la gestión de mantenimiento en la flota ferroviaria FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail-Ollantaytambo-Cusco.	inglés) genera una variación de costos favorable a la flota de triplas de autovagones ferroviarios FEVE-MACOSA 2300 de la empresa Inca Rail-Ollantaytambo-Cusco.		

8.2 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual de la variable	Definición operacional	Dimensiones	Definición de dimensiones	Indicadores
Plan de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad de la flota FEVE-MACOSA	Se define que el MCC como una metodología de gestión, que contribuye como ejemplo para conocer las actividades del mantenimiento con sus respectivos intervalos a los equipos más prioritarios de un proceso de producción en el cual se maneje programas y proyecciones del área de mantenimiento. (Mora 2011, p. 67)	“Método de crear y establecer un plan de mantenimiento dentro de una organización y que nos muestra ciertas ventajas sobre otras técnicas sobre todo que apoyen en la toma de decisiones en el área de mantenimiento.”	Confiabilidad	Según la norma NBR-5462, se entiende como el porcentaje o probabilidad de un correcto funcionamiento, dentro de un determinado período de tiempo, de las máquinas, sistemas y/o ítems incluidos en la cadena de producción. Esta medición se realiza considerando datos relacionados con el historial de desempeño del equipo y su estimación cualitativa de funcionamiento futuro.	<ul style="list-style-type: none"> • Funciones • Fallas funcionales • Análisis de modos de fallas y sus efectos (AMFE). • Consecuencias de falla. • Tareas de mantenimiento • Acciones a falta de mantenimiento
Disponibilidad de unidades ferroviarias	La disponibilidad es el objetivo principal del mantenimiento que puede definirse como la confianza de un componente o sistema que ha sido objeto de mantenimiento. En la práctica, la disponibilidad es expresada porcentualmente hacia el tiempo que el sistema está listo para funcionar o crear, esto es en sistemas que trabajan constantemente. Pinto (2017)	“Representa el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto y operativo. Para calcular este indicador se toma en cuenta la suma de tiempo transcurrido en paradas planificadas (procesos rutinarios de mantenimiento preventivo o predictivo), también se toma en cuenta la sumatoria de tiempo en paradas no planificadas” (fallos e imprevistos operativos).	Fiabilidad Eficacia	Representa la probabilidad de que el equipo, caracterizado por una tasa de fallos constante, no se averíe durante el tiempo de funcionamiento. Se refiere al nivel de logro de los objetivos del área de mantenimiento y se mide en términos de la calidad del servicio producido que a su vez se traduce en la satisfacción que la empresa tiene con la capacidad y condición de sus activos.	<p>M.T.B.F. (Mean Time Between Failure) o Tiempo medio entre fallas se calcula como el cociente de “horas reales de operación” y “cantidades de fallas ocurridas”.</p> $MTBF = \frac{\text{Horas reales de operación}}{\text{Cantidad de fallas ocurridas}}$ <p>M.T.T.R. (Mean Time To Repair) Tiempo medio de reparación, donde se calcula las “horas con equipo en falla” y “cantidades de fallas ocurridas”.</p> $MTTR = \frac{\text{Horas con equipo en falla}}{\text{Cantidad de fallas ocurridas}}$

Tabla 62

Historial de Maquina del Autovagón 941 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

		FORMATO							MANT-F-03			
		HISTORIAL DE ATV							Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev: JAC/COC Aprob: GMANT			
ATV:	941						Modelo:	FEVE MACOSA -2300				
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad				Costos		
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MTTR (Hr.)	HH	REPUESTOS	
1	1/01/2018	Proyecto de remodelación MAPI TRAN	4022321			* Overhaul de motores	R.Acosta	D. Liviac	862	S/	59,596.24	S/ 678,906.80
2	12/01/2018	Descarga de ATV	4022321			*Mantenimiento general de carrocería(pintura, interior y	C.Rivera	D. Liviac	8	S/	221.24	S/ 54.60
3	7/04/2018	Cambio de generador	4022575				R.Acosta	D. Liviac	16	S/	442.48	S/ 7,208.50
4	20/04/2018	Instalación de GPS	4022648				W.Urteaga	D. Liviac	4	S/	82.96	S/ 4,149.60
5	4/05/2018	Retiro de generador	4022802			Desmontaje de generador	R.Acosta	D. Liviac	4	S/	82.96	S/ 7.20
6	21/06/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4023024			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	C.Rivera	G.Huaman	8	S/	479.35	S/ 3,229.19
7	22/06/2018	Instalación de generador	4023034			montaje de generador reparado	R.Acosta	D. Liviac	16	S/	737.46	S/ 7,208.50
8	24/08/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4023469			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-F-17 Reporte de mantenimiento R2	C.Rivera	G.Huaman	8	S/	497.79	S/ 3,469.81
9	24/08/2018	Cambio de arrancador	4023469				J.Dinos	D. Liviac	2	S/	23.05	S/ 585.00
10	19/10/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4023819			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	C.Rivera	G.Huaman	8	S/	479.35	S/ 3,229.19
11	8/11/2018	Trabajos de instalación de sistemas de protección de motor y control de	4024019				M.Arias	D. Liviac	7	S/	129.06	S/ 5,938.40
12	16/11/2018	Fijación de paneles de techo en el interior y hermetizado del techo	4024102				W.Urteaga	D. Liviac	15	S/	138.27	S/ 2,028.00
13	16/11/2018	Pintado lateral y de techo.	4024103				W.Urteaga	D. Liviac	25	S/	460.91	S/ 1,332.50
14	19/11/2018	Cambio de baterías	4024123				M.Arias	D. Liviac	1	S/	50.70	S/ 3,120.00
15	20/11/2018	Instalación de nuevos evaporadores y condensadores.	4024104				R.Acosta	D. Liviac	16	S/	368.73	S/ 3,366.31
16	18/12/2018	Cambio de radiador	4024404				C.Rivera	D. Liviac	4	S/	73.75	S/ 999.70
17	7/01/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4024550			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-F-17 Reporte de mantenimiento R2	C.Rivera	G.Huaman	8	S/	497.79	S/ 3,469.81
18	4/04/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4025283			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	V.Zecenarr o	G.Huaman	8	S/	479.35	S/ 3,229.19
19	4/05/2019	Trabajo de soldadura de tanque de aceite	4025524				C.Rivera	D. Liviac	6	S/	69.14	S/ 159.90
20	1/06/2019	Mantenimiento preventivo de 60,000 Km	4025659			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	C.Rivera	G.Huaman	8	S/	608.41	S/ 8,815.11
21	9/06/2019	Cambio de alternador	4025840				M.Arias	D. Liviac	2	S/	23.05	S/ 975.00
22	25/06/2019	Cambio de motor Diesel	4025958				C.Rivera	D. Liviac	24	S/	719.03	S/ 16,192.80
23	3/07/2019	Cambio de compresora de AAC	4026104				P.Garcia	D. Liviac	2	S/	23.05	S/ 856.70
24	5/07/2019	Cambio de bomba de agua (instalada en ATV 923)	4026106				C.Rivera	D. Liviac	4	S/	73.75	S/ 1,025.70
25	6/07/2019	Reparación de motor por parte de AUTRISA	4026121			proveedor AUTRISA, hizo las reparaciones en taller de Huayrajunko	J.Oscohuaman	D. Liviac	48	S/	1,438.05	S/ 20,135.70
26	10/07/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4026151			Se realizo mantenimiento preventivo de 60,000 Km de acuerdo al MANT-F-18 Reporte de mantenimiento R3	J.Oscohuaman	G.Huaman	8	S/	479.35	S/ 3,229.19
27	29/08/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4026555			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-F-17 Reporte de mantenimiento R2	L.Osishuaman	G.Huaman	8	S/	497.79	S/ 3,469.81
28	1/10/2019	Cambio de alternador	4026838				M.Arias	D. Liviac	2	S/	23.05	S/ 975.00
29	14/10/2019	Cambio de arrancador	4027017				R.Moscoso	D. Liviac	2	S/	23.05	S/ 585.00
30	16/10/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4027057			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	L.Lovón	G.Huaman	8	S/	479.35	S/ 3,229.19
31	16/10/2019	Cambio de resortes de suspensión primaria	4027061				L.Lovón	G.Huaman	8	S/	147.49	S/ 596.70
32	1/12/2019	Cambio de turbocompresor	4027465				R.Moscoso	G.Huaman	5	S/	92.18	S/ 2,468.70
33	3/12/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4027466			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-F-17 Reporte de mantenimiento R2	L.Barriga	J.Bustamante	8	S/	497.79	S/ 3,469.81
34	25/01/2020	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4027057			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	L.Barriga	J.Bustamante	8	S/	479.35	S/ 3,229.19
35	30/01/2020	Cambio de bomba de inyección	4027872				L.Barriga	G.Huaman	8	S/	165.93	S/ 7,134.40
36	1/02/2020	Verificación de motor	4027874				C.Rivera	G.Huaman	8	S/	239.68	S/ 1,329.90
37	9/02/2020	Cambio de bomba hidráulica	4027988				R.Salas	G.Huaman	4	S/	202.80	S/ 595.40
38	12/12/2020	Proyecto de sanitación	4028433				P.Garcia	G.Huaman	48	S/	995.58	S/ 3,192.80
39	17/12/2020	Cambio de generador *Pruebas con nuevo generador	4028888				M.Arias	G.Huaman	56	S/	2,581.12	S/ 7,208.50
40	5/03/2021	Preoperacional	4029133				J.Chahuara /I.Alvarez	J.Bustamante	56	S/	3,871.68	S/ 592.80

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo



FORMATO

HISTORIAL DE ATV

MANT-F-03

Versión: 01
 Fecha: 25.03.2019
 Elab.: JMANT
 Rev: JAC/COC
 Aprob: GMANT

ATV: 941 Modelo: FEVE MACOSA -2300

Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad				Costos		
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MTTR (Hr.)	HH	REPUESTOS	
41	7/03/2021	Mantenimiento de valvula distribuidora FM3	4029154				V. Mila	J. Bustamante	8	S/	92.18	S/ 2,975.70
42	9/03/2021	Mantenimiento de cilindros de freno	4029158				V. Mila/J. Valenas	J. Bustamante	8	S/	147.49	S/ 305.50
43	11/03/2021	Fijación de techo	4029169				A. Calla/D. Tito	G. Huaman	28	S/	580.75	S/ 735.93
44	19/03/2021	Reparación de portafiltro de aire	4029175				J. Hanco	G. Huaman	4	S/	73.75	S/ 302.90
45	29/03/2021	Revisión humedecimiento de cajas reductoras y reparar.	4029239				Y. Zambrano	J. Bustamante	16	S/	442.48	S/ 6,307.60
46	29/03/2021	Proyecto de lectura y control de temperatura	4029240				R. Quispe	J. Bustamante	4	S/	82.96	S/ 333.19
47	1/04/2021	Mantenimiento preventivo de 120,000 Km	4029180			Se realizo mantenimiento preventivo de 120,000 Km de acuerdo al MANT-F-19 Reporte de mantenimiento R4	J. Chahuara	J. Bustamante	8	S/	774.34	S/ 10,504.27
48	7/04/2021	Cambio de electrovalvula de baño	4029254				A. Calla	J. Bustamante	4	S/	36.87	S/ 73.06
49	8/04/2021	Cambio de burletes	4029303				A. Calla/D. Tito	G. Huaman	8	S/	147.49	S/ 621.40
50	9/04/2021	Pintado de tubo de escape	4029305				A. Calla/D. Tito	G. Huaman	16	S/	294.99	S/ 1,332.50
51	9/04/2021	Pintado de puerta de ATV	4029306				A. Calla/D. Tito	G. Huaman	8	S/	147.49	S/ 592.80
52	13/04/2021	Instalación de accesorios anti-covid	4029321				A. Calla	J. Bustamante	8	S/	73.75	S/ 592.80
53	3/05/2021	Instalación de led en equipo de sanitización	4029463				P. Garcia	J. Bustamante	8	S/	184.37	S/ 2,004.60
54	22/07/2021	Reparación de cilindro de freno	4029858				V. Mila	G. Huaman	4	S/	46.09	S/ 308.10
55	23/07/2021	Cambio y regulación de zapatas	4029862				V. Mila	J. Bustamante	16	S/	184.37	S/ 15.60
56	11/08/2021	Reparación de generador electrico	4030005				F. Mujica/L. Palma/M. Ari	G. Huaman	48	S/	995.58	S/ 3,192.80
57	25/09/2021	Mantenimiento de cilindro de freno	4030467				J. Valenas	J. Bustamante	4	S/	73.75	S/ 305.50
58	9/10/2021	Recableado de iluminación de salón	4030610				F. Mujica/J. Dinos	G. Huaman	16	S/	331.86	S/ 144.30
59	14/11/2021	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4019240			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-19 Reporte de mantenimiento R1	C. Rivera	W. Murrillo	8	S/	479.35	S/ 3,229.19
60	15/11/2021	Fabricación de vitrina	4030122				A. Calla	G. Huaman	16	S/	147.49	S/ 159.90
61	16/11/2021	Reparación de alternador	4019263				J. Dinos	D. Liviac	4	S/	73.75	S/ 975.00
62	29/11/2021	Reparación y hermetizado de techo	4031079				F. López/P. Garcia	G. Huaman	18	S/	331.86	S/ 1,976.00
63	6/12/2021	Mantenimiento de motor-ventilador de AA CC	4031200				J. Mamani	G. Huaman	6	S/	69.14	S/ 332.80
64	8/01/2022	Cambio de gomas de carter de motor Diesel	4031459				J. Chahuara	G. Huaman	16	S/	479.35	S/ 733.20
65	25/01/2022	Cambio de bogie libre	4031561				L. Lovon	G. Huaman	4	S/	110.62	S/ 6,483.56
66	25/01/2022	Cambio de bogie libre	4031562				L. Lovon	G. Huaman	4	S/	110.62	S/ 6,483.56
67	3/02/2022	Cambio valvula de retencion	4019710				C. Rivera	D. Liviac	2	S/	23.05	S/ 1,129.70
68	14/02/2022	Cambio de bateria	4019710				C. Rivera	D. Liviac	1	S/	11.52	S/ 3,120.00
69	25/02/2022	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4019861			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-F-17 Reporte de mantenimiento R2	C. Rivera	W. Murrillo	8	S/	497.79	S/ 3,469.81
70	30/06/2022	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4020729			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	C. Rivera	W. Murrillo	8	S/	479.35	S/ 3,229.19

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 2-2

Tabla 63

Historial de Maquina del Autovagón 943 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

		FORMATO				MANT-F-03					
		HISTORIAL DE ATV				Versión: 01	Fecha: 25.03.2019	Elab.: JMANT	Rev.: JAC/COC	Aprob.: GMANT	
ATV:	943					Modelo:	FEVE MACOSA -2300				
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad				Costos	
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MTR (Hr.)	HH	REPUESTOS
1	15/02/2018	descarga de ATV	4022254				C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 221.24	S/ 70.98
2	3/03/2018	Cambio termostato	4022388				R.Acosta	D.Liviac	2	S/ 23.05	S/ 782.47
3	1/04/2018	Proyecto de remodelación de MAFI TRAN	4022254			* Overhaul de motores *Mantenimiento general de carroceria(pintura, interior	R.Acosta	D.Liviac	862	#####	#####
4	16/04/2018	Cambio de radiador	4022622				C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
5	19/04/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4022637			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
6	20/04/2018	instalación de GPS	4022649				M.Arias	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 5,394.48
7	27/04/2018	Cambio de motor electrico AACC	4022683				R.Acosta	D.Liviac	2	S/ 23.05	S/ 1,318.59
8	9/06/2018	Cambio de alternador	4023004				J.Dinos	D.Liviac	2	S/ 23.05	S/ 1,267.50
9	14/06/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4022988			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-F-17 Reporte de mantenimiento R2	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
10	31/07/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4023323			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
11	8/08/2018	Cambio de radiador	4023404				C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
12	8/08/2018	Cambio de suspension primaria	4023408				C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 147.49	S/ 4,858.75
13	21/09/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4023634			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-F-17 Reporte de mantenimiento R2	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
14	26/09/2018	Cambio de motor Diesel	4023665				C.Rivera	D.Liviac	24	S/ 719.03	S/ 20,903.61
15	26/09/2018	Cambio de bomba de inyección	4023666				C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
16	27/10/2018	Cambio de cardan corrugado	4023718				M.Arias	D.Liviac	3	S/ 82.22	S/ 407.29
17	2/11/2018	Fijación de paneles de techo en el interior y hermetizado del techo	4024023				W.Urteaga	D.Liviac	15	S/ 138.27	S/ 2,636.40
18	2/11/2018	Pintado lateral y de techo.	4024025				W.Urteaga	D.Liviac	25	S/ 460.91	S/ 1,732.25
19	2/11/2018	Instalación de nuevos evaporadores y condensadores.	4024026				R.Acosta	D.Liviac	16	S/ 368.73	S/ 4,376.20
20	8/11/2018	Trabajos de instalación de sistemas de protección de motor y control de	4024020				M.Arias	D.Liviac	7	S/ 129.06	S/ 7,719.92
21	14/12/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4024323			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
22	1/02/2019	Verificación y cambio de sistema de palancaje	4024747				V.Mila	D.Liviac	2	S/ 38.87	S/ 1,446.64
23	26/02/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4024833			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-F-17 Reporte de mantenimiento R2	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
24	7/05/2019	Cambio radiador	4025543				C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
25	13/05/2019	Mantenimiento preventivo de 60,000 Km	4025605			Se realizo mantenimiento preventivo de 60,000 Km de acuerdo al MANT-F-18 Reporte de mantenimiento R3	V.Zecenarro	G.Huaman	8	S/ 608.41	S/ 11,459.64
26	24/05/2019	Cambio de arrancador	4025671				C.Rivera	D.Liviac	2	S/ 23.05	S/ 760.50
27	24/06/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4025951			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
28	10/07/2019	Cambio de radiador	4026148				R.Salas	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
29	11/07/2019	Cambio de arrancador	4026156				J.Mamani	D.Liviac	2	S/ 18.44	S/ 760.50
30	27/08/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4026536			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-F-17 Reporte de mantenimiento R2	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
31	10/10/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4026949			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
32	10/10/2019	Cambio de generador	4026958				M.Arias	D.Liviac	16	S/ 442.48	S/ 9,371.05
33	22/10/2019	Verificación de generador	4027110				M.Arias	D.Liviac	2	S/ 23.05	S/ 20.28
34	7/12/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4027577			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-F-17 Reporte de mantenimiento R2	C.Rivera	J.Bustamante	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
35	24/12/2019	Cambio de generador	4027727				C.Rivera	G.Huaman	16	S/ 442.48	S/ 9,371.05
36	7/01/2020	Cambio de arrancador	4027860				M.Arias	G.Huaman	2	S/ 18.44	S/ 760.50
37	14/01/2020	Cambio de atlenador	4027836				M.Arias	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 1,267.50
38	18/02/2020	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4027999			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-F-16 Reporte de mantenimiento R1	J.Oscohuaman	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
39	26/11/2020	Proyecto de sanitización	4028434				P.Garcia	G.Huaman	48	S/ 995.58	S/ 4,150.64
40	3/05/2021	Instalación de led en equipo de sanitización	4029435				P.Garcia	J.Bustamante	8	S/ 184.37	S/ 2,605.98

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

		FORMATO				MANT-F-03					
		HISTORIAL DE ATV				Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev.: JAC/COC Aprob.: GMANT					
ATV:	943				Modelo:	FEVE MACOSA -2300					
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad		Costos			
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MITR (Hr.)	HH	REPUESTOS
41	26/08/2021	Preoperacional	4030087			L.Cusihuaman/C.Rivera	J.Bustamante		56	S/ 3,871.68	S/ 770.64
42	28/08/2021	Reparación de motor Diesel	4030204			L.Barriga/L.Cusihuaman/L.Lovon/C.Rivera	J.Bustamante		56	S/ 1,548.67	S/ 15,208.31
43	28/08/2021	Cambio de bomba de agua	4030205			L.Barriga/C.Rivera	G.Huaman		4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
44	28/08/2021	Cambio de bomba de agua	4030279			L.Barriga/C.Rivera	G.Huaman		4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
45	29/08/2021	Cambio de turbocompresor	4030206			L.Barriga/C.Rivera	G.Huaman		5	S/ 92.18	S/ 3,209.31
46	29/08/2021	Cambio de turbocompresor	4030280			L.Barriga/C.Rivera	G.Huaman		5	S/ 92.18	S/ 3,209.31
47	30/08/2021	Fabricación de porta baterías	4030219			F.Mujica/H.Sucno	G.Huaman		4	S/ 82.96	S/ 4,056.00
48	31/08/2021	Cambio de inyectores reparados	4030211			L.Barriga/C.Rivera	G.Huaman		8	S/ 147.49	S/ 4,145.57
49	31/08/2021	Cambio de llave torneira	4030160			J.Vallenias/H.Sucno	G.Huaman		3	S/ 34.57	S/ 481.65
50	31/08/2021	Mantenimiento de cilindros de freno	4030218			V.Mila/J.Vallenias/H.Sucno	J.Bustamante		8	S/ 92.18	S/ 775.71
51	31/08/2021	Mantenimiento de válvula distribuidora FMS	4030283			V.Mila	J.Bustamante		8	S/ 92.18	S/ 3,868.41
52	31/08/2021	Cambio de controlador de RPM	4030221			F.Mujica/F.Palomino	G.Huaman		2	S/ 23.05	S/ 381.10
53	1/09/2021	Modificación y soldado de base y visor de sensor de temperatura	4030276			H.Sucno/R.Takechi	J.Bustamante		2	S/ 23.05	S/ 432.64
54	4/09/2021	Cambio de motoventilador	4030317			P.Garcia/D.Portilla	G.Huaman		2	S/ 23.05	S/ 1,318.59
55	4/09/2021	Modificación de porta filtro de aire	4030277			H.Sucno/J.Hanco	J.Bustamante		2	S/ 23.05	S/ 581.36
56	6/09/2021	Verificación de sistema de generador principal	4030323			D.Callañaupa/R.Takechi/F.Mujica/F.Palomino	J.Bustamante		2	S/ 23.05	S/ 20.28
57	9/09/2021	Hermetizado de techo	4030333			F.Lopez	J.Bustamante		16	S/ 294.99	S/ 2,568.80
58	13/09/2021	Cambio de generador principal	4030374			Mguel	G.Huaman		16	S/ 442.48	S/ 9,371.05
59	13/09/2021	Cambio de generador principal	4030375			Mguel	G.Huaman		16	S/ 442.48	S/ 9,371.05
60	9/10/2021	Recableado de iluminación de salón	4030610			J.Dinos	G.Huaman		4	S/ 82.96	S/ 186.24
61	16/11/2021	Reparación de arrancador	4019264			J. Dinos	D. Liviac		4	S/ 73.75	S/ 760.50
62	24/11/2021	cambio de valvula de control	4019215			C.Rivera	D. Liviac		2	S/ 23.05	S/ 1,275.95
63	2/02/2022	Cambio de faja de alternador	4019711			C.Rivera	D. Liviac		1	S/ 11.52	S/ 422.50
64	9/03/2022	cambio de alternador y fajas de alternador	4029957			C.Rivera	D. Liviac		1	S/ 11.52	S/ 1,690.00

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 2-2

Tabla 64

Historial de Maquina del Autovagón 951 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

		FORMATO						MANT-F-03			
		HISTORIAL DE ATV						Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev: JAC/COC Aprob: GMANT			
ATV: 951						Modelo:		FEVE MACOSA -2300			
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	DESCRIPCIÓN	Criterios de la actividad		Costos		
						RESPONS.	LIBERAD.	MTR (Hr.)	HH	REPUESTOS	
1	12/01/2018	descarga de ATV	4022129				C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 221.24	S/ 70.98
2	22/02/2018	cambio de valvula de distribución	4022258			se retiro de ATV 954	C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 46.09	S/ 4,387.24
3	19/04/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4022636			Se realizo mantenimiento preventivo de 10.000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	W. Murillo	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
4	21/04/2018	Instalación de GPS	4022650				M.Arias	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 5,394.48
5	4/06/2018	Mantenimiento preventivo de AACC	4022944				P.Garcia	D.Liviac	8	S/ 184.37	S/ 432.64
6	21/06/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4023022			Se realizo mantenimiento preventivo de 20.000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	W. Murillo	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
7	21/06/2018	Cambio de bomba de inyección M1	4023026				C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
8	21/06/2018	Instalación de polea templadora	4023037				C.Rivera	D.Liviac	3	S/ 55.31	S/ 427.57
9	9/07/2018	cambio de caja Voith M1	4023143				C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 221.24	S/ 26,833.82
10	24/08/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4023468			Se realizo mantenimiento preventivo de 10.000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	W. Murillo	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
11	24/08/2018	Mantenimiento preventivo de AACC	4023470				P.Garcia	D.Liviac	8	S/ 184.37	S/ 432.64
12	16/10/2018	Cambio de bomba hidraulica M1	4023719				C.Rivera	D.Liviac	6	S/ 110.62	S/ 774.02
13	17/10/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4023779			Se realizo mantenimiento preventivo de 20.000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
14	20/10/2018	Cableado de Jumper	4023826				M.Arias	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 188.24
15	8/11/2018	Instalacion de registradores de eventos	4023981				M.Arias	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 7,695.58
16	17/11/2018	Verificacion de radiador	4024116				V.Milla	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 21.97
17	6/12/2018	Fijación de paneles de techo en el interior y hermetizado del techo	4024295				W.Urteaga	D.Liviac	15	S/ 138.27	S/ 2,636.40
18	6/12/2018	Pintado lateral y de techo.	4024296				W.Urteaga	D.Liviac	25	S/ 460.91	S/ 1,732.25
19	6/12/2018	Instalación de nuevos evaporadores y condensadores.	4024297				R.Acosta	D.Liviac	16	S/ 368.73	S/ 4,376.20
20	6/12/2018	Cambio de caja Voith	4024318				C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 221.24	S/ 26,833.82
21	15/12/2018	Instalacion de compresor de AACC reparado	4024393				R.Acosta	D.Liviac	3	S/ 34.57	S/ 1,318.59
22	17/12/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4024322			Se realizo mantenimiento preventivo de 10.000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	W. Murillo	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
23	24/12/2018	Cambio de turbocoplador M2	4024413				C.Rivera	D.Liviac	7	S/ 193.58	S/ 15,203.24
24	26/12/2018	Cambio de bomba de inyección de M1	4024407				C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
25	29/12/2018	Cambio de ventana panorámica	4024322				F.López	D.Liviac	4	S/ 36.87	S/ 174.07
26	26/01/2019	Cambio de compresor de AACC-COPELAND	4024657				R.Acosta	D.Liviac	3	S/ 34.57	S/ 1,318.59
27	13/02/2019	Cambio de turbocoplador M1	4024839				C.Rivera	D.Liviac		S/ -	S/ 15,203.24
28	27/02/2019	Cambio de alterandor	4024841				J. Dinos	D.Liviac	2	S/ 23.05	S/ 1,267.50
29	28/02/2019	Cambio de bomba de inyeccion M1	4024856				C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
30	5/03/2019	Cambio de motor hidráulico M1	4024955				C.Rivera	D.Liviac	6	S/ 110.62	S/ 774.02
31	26/03/2019	Cambio de ventana panorámica	4025145				F.López	D.Liviac	4	S/ 36.87	S/ 174.07
32	30/03/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4025124			Se realizo mantenimiento preventivo de 20.000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
33	31/03/2019	Cambio de radiador de M2	4025174				C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
34	3/04/2019	Mantenimiento preventivo de 60,000 Km	4025278			Se realizo mantenimiento preventivo de 60.000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 608.41	S/ 11,459.64
35	8/04/2019	Cambio bomba hidraulica M1	4025315				C.Rivera	D.Liviac	6	S/ 110.62	S/ 774.02
36	13/05/2019	Cambio de registrador de eventos	4025606				M.Arias	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 7,695.58
37	22/05/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4025658			Se realizo mantenimiento preventivo de 10.000 Km de acuerdo al MANT-	R.Salas	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
38	30/05/2019	Cambio preventivo de tuberías de alta presión M1 y M2	4025695				R.Salas	D.Liviac	4	S/ 73.75	S/ 380.25
39	2/07/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4026080			Se realizo mantenimiento preventivo de 20.000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
40	9/07/2019	Cambio de bomba de inyeccion	4026138				R.Moscoso	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

ATV: 951

Modelo:

FEVE MACOSA -2300

Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad		Costos			
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MITR (Hr.)	HH	REPUESTOS
41	24/08/2019	Cambio de ballestas (muelles)	4026518				L.Lovón	D.Liviac	8	S/ 147.49	S/ 4,858.75
42	9/09/2019	Cambio de bomba de agua	4026719				J.Chahuara	D.Liviac	4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
43	19/09/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4026782			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Briones	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
44	20/09/2019	Cambio de anillo de hydrodump	4026789				C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 147.49	S/ 601.64
45	29/09/2019	Cambio de radiador M2	4026833				L.Barriga	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
46	21/10/2019	Cambio de alternador M1	4027092				J.Mamani	D.Liviac	2	S/ 23.05	S/ 1,267.50
47	22/10/2019	Cambio de aceite de turbocoplador	4027112				L.Barriga	D.Liviac	2	S/ 41.48	S/ 823.03
48	4/11/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4027167			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	A. Quiquia	J.Bustamante	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
49	3/12/2019	Cambio de radiador de compresora	4027470				C.Rivera	G.Huaman	2	S/ 41.48	S/ 601.64
50	19/12/2019	cambio de perno fusible	4027675				C.Rivera	G.Huaman	1	S/ 11.52	S/ 261.95
51	23/12/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4027721			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	L.Cusihaman	J.Bustamante	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
52	26/02/2020	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4028012			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	L.Barriga	J.Bustamante	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
53	22/09/2020	Proyecto de remodelacion de MAH TRAIN	4022255			*Overhaul de motores *Mantenimiento general de	R.Acosta	D.Liviac	1163	S/ 80,406.53	S/ 882,578.84
54	26/11/2020	Proyecto de sanitización	4028429				P.Garcia	G.Huaman	48	S/ 995.58	S/ 4,150.64
55	9/12/2020	Proyecto de sanitización	4028798				P.Garcia	G.Huaman	48	S/ 995.58	S/ 4,150.64
56	16/12/2020	Reinstalación puerta conexión	4028880				W.Urteaga	G.Huaman	4	S/ 36.87	S/ 87.88
57	2/03/2021	Preoperacional	4029117				J.Chahuara/LAlvarez/L.Barriga	J.Bustamante	56	S/ 3,871.88	S/ 1,485.51
58	2/03/2021	Fijación de techo	4029124				A.Calla/D.Titto	G.Huaman	28	S/ 580.75	S/ 956.71
59	3/03/2021	Cambio de turbocompresor M1	4029128				J.Chahuara/LAlvarez	G.Huaman	5	S/ 92.18	S/ 3,209.31
60	4/03/2021	Cambio de llaves de paso	4029130				J.Valenas	G.Huaman	3	S/ 34.57	S/ 481.65
61	5/03/2021	Revisión de anillos de motor M1	4029138				L.Barriga/LAlvarez/R.Moscoso/A. Quiquia	G.Huaman	16	S/ 442.48	S/ 7,866.95
62	6/03/2021	Mantenimiento de valvula distribuidora M2	4029156				V.Milla	J.Bustamante	8	S/ 92.18	S/ 3,868.41
63	7/03/2021	Cambio de retén de turbocoplador M2	4029150				LAlvarez/A. Quiquia/L.Barriga	G.Huaman	4	S/ 82.96	S/ 4,285.84
64	7/03/2021	Modificación de sistema neumatico de bocina	4029155				V.Milla	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 376.87
65	8/03/2021	Reposición de filtro de descarga de compresor	4029153				V.Milla	J.Bustamante	1	S/ 11.52	S/ 211.25
66	8/03/2021	Mantenimiento de cilindros de freno	4029159				V.Milla/J.Valenas	J.Bustamante	8	S/ 92.18	S/ 775.71
67	10/03/2021	Cambio de valvula reguladora de presión de CG	4029160				V.Milla	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 1,519.31
68	12/03/2021	Cambio de inyectores M1	4029174				L.Barriga	G.Huaman	8	S/ 147.49	S/ 4,162.47
69	14/03/2021	Cambio de bomba hidraulica M1	4029129				J.Chahuara/LAlvarez	G.Huaman	6	S/ 110.62	S/ 774.02
70	24/03/2021	Cambio de accesorios nuevos de baño	4029216				A.Calla/D.Titto	G.Huaman	6	S/ 110.62	S/ 180.83
71	29/03/2021	Revisar humedecimiento de cajas reductora y reparar.	4029238				Y.Zambrano	G.Huaman	16	S/ 442.48	S/ 8,199.88
72	8/04/2021	Limpieza de inyectores	4029300				A. Quiquia/J.Ccohua	J.Bustamante	8	S/ 147.49	S/ 2,126.02
73	13/04/2021	Instalación de accesorios anti-covid	4029322				A.Calla	J.Bustamante	7	S/ 64.53	S/ 770.64
74	3/05/2021	Instalación de led en equipo de sanitización	4029462				P.Garcia	J.Bustamante	8	S/ 184.37	S/ 2,605.98
75	7/07/2021	Alistamiento de unidades para entrega	4029760				E.Chumpitaz/R.Quispe/V.Milla/J.Valenas	J.Bustamante	4	S/ 175.15	S/ 429.26
76	19/07/2021	Reparación de la boya de nivel de agua del M1	4029842				F.Mujica/L.Palma	G.Huaman	4	S/ 73.75	S/ 770.64
77	23/07/2021	Reparación de puerta de interconexión	4029857					G.Huaman	4	S/ 36.87	S/ 87.88
78	3/08/2021	Cambio de sensor de aceite	4029982				F.Mujica	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 807.82
79	7/08/2021	Cambio de bomba de inyección M2	4030001 4030002				F.Mujica/E.Chumpitaz	G.Huaman	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
80	13/08/2021	Inspección de sistema de ventilación	4030041				B.Llerena/D.Portilla	J.Bustamante	3	S/ 55.31	S/ 174.07

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 24

ATV: 951

Modelo:

FEVE MACOSA -2300

Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad			Costos		
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MTR (Hr.)	HH	REPUESTOS
81	18/08/2021	Instalación de helices de ventilador de motor hidraulico	4029472			L.Barriga	G.Huaman	4	S/ 46.09	S/ 774.02	
82	18/08/2021	Cambio de motor hidraulico M1	4030079 4030080			L.Barriga/F.Mujica	G.Huaman	6	S/ 110.62	S/ 774.02	
83	26/08/2021	Cambio de limpiaparabrisas	4030199			D.Tito	G.Huaman	1	S/ 9.22	S/ 43.94	
84	1/09/2021	Mantenimiento de Registrador de eventos	4029051			M.Arias/D.Callañaupa	J.Bustamante	2	S/ 23.05	S/ 21.29	
85	2/09/2021	Cambio de válvula reguladora de presión	4030214			V.Milla/J.Vallenas	G.Huaman	5	S/ 57.61	S/ 995.41	
86	17/09/2021	Revisión de motor Diesel M1	4030378			L.Lovón/V.Milla/J.Oscchuaman/L.Cusihuaman/H.Sucno/V.Milla	J.Bustamante	16	S/ 294.99	S/ 2,651.61	
87	17/09/2021	Mantenimiento de breque de mano	4030376			L.Barriga/V.Milla/J.Cochua/J.Oscchuaman	J.Bustamante	5	S/ 57.61	S/ 1,294.54	
88	17/09/2021	Revisión de motor Diesel M2	4030379			L.Lovón/V.Milla/J.Oscchuaman/L.Cusihuaman/H.Sucno/V.Milla	J.Bustamante	16	S/ 294.99	S/ 2,651.61	
89	18/09/2021	Cambio de caja Voith M2	4030382 4030383			L.Barriga/L.Cusihuaman/L.Lovón/J.Oscchuaman	G.Huaman	8	S/ 221.24	S/ 26,833.82	
90	22/09/2021	Cambio de zapatas	4030435			V.Milla/J.Vallenas	G.Huaman	8	S/ 221.24	S/ 1,333.41	
91	27/09/2021	Actualización de software de ART	4030474			M.Arias	G.Huaman	8	S/ 92.18	S/ 106.47	
92	7/10/2021	Mantenimiento de bomba de inyección	4030601			L.Barriga/A.Quiquia	J.Bustamante	16	S/ 331.86	S/ 6,082.31	
93	7/10/2021	Verificación de registrador de eventos	4030662			M.Arias	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 21.29	
94	8/10/2021	Cambio de electroválvula de parada	4019022			J. Dinos	D.Liviác	3	S/ 34.57	S/ 1,275.95	
95	8/10/2021	Reparación de infraestructura de techo	4030587			F.López/P.García	G.Huaman	8	S/ 147.49	S/ 87.88	
96	9/10/2021	Bomba de inyección desmontado M1	4030613			L.Barriga/L.Cusihuaman	G.Huaman	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
97	30/10/2021	Bomba de inyección desmontado M2	4030720			L.Barriga/A.Quiquia	J.Bustamante	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
98	6/11/2021	Cambio de conectores de Jumper	4030936			J.Dinos/R.Takechi/D.Callañaupa	G.Huaman	3	S/ 62.22	S/ 186.29	
99	14/11/2021	Cambio de motor y acoplador	4019239			C.Rivera	D.Liviác	26	S/ 778.95	S/ 25,179.31	
100	15/11/2021	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4019249			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT.	C.Rivera	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95	
101	16/11/2021	Instalación de bomba de inyección M1	4030984			L.Barriga	G.Huaman	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
102	16/11/2021	Instalación de bomba de inyección M2	4030985			L.Barriga	G.Huaman	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
103	23/11/2021	Regulación de puerta de la cabina	4031042			F.Lopez/A.Calla	G.Huaman	1	S/ 18.44	S/ 20.28	
104	24/11/2021	Reparación de sistema electrico de las puertas	4031043			M.Arias/F.Mujica/B.Llerena	G.Huaman	4	S/ 82.96	S/ 43.26	
105	29/11/2021	Desmontaje de componentes de motor Diesel	4031078			E.Chumpitaz/W.Tapara	G.Huaman	16	S/ 442.48	S/ 4,341.61	
106	11/12/2021	Cambio de ventana panoramica	4031223			A.Calla	G.Huaman	2	S/ 18.44	S/ 174.07	
107	28/12/2021	Reparación de peldaño de puerta de embarque	4031329			D.Tito/J.Hancoco	G.Huaman	4	S/ 73.75	S/ 57.46	
108	28/12/2021	Cambio de electroválvula de baño	4031330			V.Milla	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 150.41	
109	31/12/2021	Instalación de botonera auxiliar de areneros	4031417			D.Callañaupa/R.Takechi/J.Hancoco	G.Huaman	4	S/ 46.09	S/ 398.84	
110	5/01/2022	Aislamiento de cable hacia el arrancador	4031436			R.Takechi	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 185.90	
111	6/01/2022	Desmontaje de bomba de inyección M2	4031446			J.Chahuara	G.Huaman	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
112	6/01/2022	Instalación de bomba de inyección M2	4031447			J.Chahuara	G.Huaman	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
113	10/01/2022	Cambio de ventilador de motor hidraulico M1	4031464			A.Quiquia/L.Lovón	G.Huaman	4	S/ 73.75	S/ 544.18	
114	13/01/2022	Cambio de valvula de frenado	4031480			V.Milla	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 1,181.31	
115	13/01/2022	Cambio de valvula distribuidora	4031486			V.Milla	G.Huaman	4	S/ 46.09	S/ 4,387.24	
116	16/01/2022	Cambio de motor radiador	4019621			C.Rivera	D.Liviác	8	S/ 239.68	S/ 4,331.47	
117	21/01/2022	Cambio de valvula distribuidora	4031547			V.Milla	G.Huaman	4	S/ 46.09	S/ 4,387.24	
118	23/01/2022	Cambio de bogie	4019621			C.Rivera	D.Liviác	8	S/ 221.24	S/ 8,428.62	
119	28/01/2022	Cambio de caja reductora	4019634			C.Rivera	D.Liviác	8	S/ 221.24	S/ 12,600.64	
120	6/02/2022	Cambio de velocimetro	4019634			J. Dinos	D.Liviác	2	S/ 23.05	S/ 1,333.41	

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 3-4

<h1>INCARAIL</h1>		FORMATO						MANT-F-03			
		HISTORIAL DE ATV						Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev: JAC/COC Aprob: GMANT			
ATV: 951		Modelo:				FEVE MACOSA -2300					
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad			Costos		
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MTR (Hr.)	HH	REPUESTOS
121	21/02/2022	Cambio de radiador	4019712			C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61	
122	21/02/2022	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4019863			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	W. Murillo	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
123	17/03/2022	cambio de bomba de inyeccion	4020035			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
124	22/03/2022	cambio de motor cilindro de aceleracion	4020035			C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 119.84	S/ 1,333.41	
125	31/03/2022	cambio de compresora	4019918			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 147.49	S/ 8,206.64	
126	5/04/2022	cambio de presostato de traccion	4020139			C.Rivera	D.Liviac	2	S/ 23.05	S/ 99.71	
127	5/05/2022	cambio de bomba de inyeccion e inyectores	4020446			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 221.24	S/ 9,274.72	
128	9/05/2022	cambio de bomba de inyeccion y electrovalvula	402047			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 221.24	S/ 9,274.72	
129	10/05/2022	cambio de compresor	4020463			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 147.49	S/ 8,206.64	
130	13/05/2022	Cambio de presostato	4020447			C.Rivera	D.Liviac	1	S/ 11.52	S/ 99.71	
131	15/05/2022	cambio presostato de M1 y M2	4020447			C.Rivera	D.Liviac	2	S/ 23.05	S/ 99.71	
132	15/05/2022	cambio de valvula de distribucion	4020476			C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 46.09	S/ 4,387.24	
133	23/05/2022	Cambio faro proyector	4020422			J. Dinos	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 126.75	
134	29/05/2022	cambio de tope de enganche	4020422			C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 36.87	S/ 823.03	
135	15/06/2022	cambio de memoria de registrador de eventos	4020600			C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 46.09	S/ 9,783.41	
136	5/07/2022	Retiro de cardan y caja Voith	4020868			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 221.24	S/ 12,820.34	

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 44

Tabla 65

Historial de Maquina del Autovagón 952 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

		FORMATO				MANT-F-03					
		HISTORIAL DE ATV				Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev. JAC/COC Aprob: GMANT					
ATV:	952	Modelo:				FEVE MACOSA -2300					
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad			Costos		
DESCRIPCIÓN						RESPONS.	LIBERAD.	MTTR (Hr.)	HH	REPUESTOS	
1	15/02/2018	Descarga de ATV	4022322			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 221.24	S/ 70.98	
2	22/02/2018	Cambio de bomba de inyeccion	4022322			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
3	21/04/2018	Instalación de GPS	4022651			M.Arias	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 5,394.48	
4	27/04/2018	Cambio de bomba de inyeccion	4022685			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
5	14/06/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4022985			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
6	14/06/2018	Cambio de compresora de aire	4023005			V.Milla	D.Liviac	8	S/ 147.49	S/ 8,206.64	
7	14/06/2018	Cambio de bomba de inyeccion	4023006			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
8	30/07/2018	Cambio de bomba de inyeccion	4023317			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
9	13/08/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4023419			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
10	28/09/2018	Cambio de bomba de inyeccion	4023688			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
11	1/10/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4023693			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	W. Murillo	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
12	1/10/2018	Cambio de muelle de bogie M2	4023696			L.Lovon	D.Liviac	16	S/ 442.48	S/ 775.71	
13	3/10/2018	Cambio de radiador	4019127			C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61	
14	3/10/2018	Reparación de faldon delantero	4023748			L.Lovon	D.Liviac	8	S/ 294.99	S/ 787.54	
15	20/10/2018	Cambaleado de Jumper	4023827			M.Arias	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 186.29	
16	8/11/2018	Instalación de registradores de eventos	4023982			M.Arias	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 7,695.58	
17	11/11/2018	Cambio de cardan grande en M1	4024072			C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 110.62	S/ 6,736.34	
18	6/12/2018	Fijación de paneles de techo en el interior y hermetizado del techo	4024298			W.Urteaga	D.Liviac	15	S/ 138.27	S/ 2,636.40	
19	6/12/2018	Pintado lateral y de techo.	4024299			W.Urteaga	D.Liviac	25	S/ 460.91	S/ 1,732.25	
20	6/12/2018	Instalación de nuevos evaporadores y condensadores.	4024300			R.Acosta	D.Liviac	16	S/ 368.73	S/ 4,376.20	
21	12/12/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4024321			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
22	31/01/2019	Cambio de turboacoplador M1	4024665			C.Rivera	D.Liviac		S/ -	S/ 15,203.24	
23	1/02/2019	Cambio de turboacoplador M2	4024748			C.Rivera	D.Liviac		S/ -	S/ 15,203.24	
24	22/03/2019	Cambio de arrancador M1	4025105			J.Dnos	D.Liviac	2	S/ 23.05	S/ 760.50	
25	25/03/2019	Cambio de turboacoplador M1	4025126			C.Rivera	D.Liviac		S/ -	S/ 15,203.24	
26	25/03/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4025122			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
27	9/04/2019	Cambio de bomba hidraulica nueva M1	4025316			C.Rivera	D.Liviac	6	S/ 110.62	S/ 774.02	
28	28/04/2019	Cambio de Caja Voith M2	4025395			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 221.24	S/ 26,833.82	
29	28/04/2019	Cambio de bomba de inyección M1	4025396			C.Rivera	D.Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72	
30	1/05/2019	Cambio de reten de turboacoplador M2	4025521			H.Reyes	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 4,285.84	
31	30/05/2019	Cambio preventivo de tuberías de alta presión M1 y M2	4025694			R.Salas	G.Huaman	4	S/ 73.75	S/ 380.25	
32	1/06/2019	Mantenimiento preventivo de 60,000 Km	4025711			Se realizo mantenimiento preventivo de 60,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 608.41	S/ 11,459.64
33	8/07/2019	Cambio de condensador	4026126			R.Huaman	D.Liviac	3	S/ 34.57	S/ 711.49	
34	10/07/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4026152			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	R.Salas	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
35	11/07/2019	Cambio de caja voith M2	4026147			R.Salas	D.Liviac	8	S/ 221.24	S/ 26,833.82	
36	18/07/2019	Cambio de radiador M1	4026170			R.Salas	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61	
37	2/08/2019	Cambio de radiador M2	4026401			R.Salas	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61	
38	3/08/2019	Cambio de radiador M1	4026402			R.Salas	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61	
39	3/08/2019	Cambio de aceite de caja voith	4026403			L.Barriga	D.Liviac	2	S/ 41.48	S/ 959.92	
40	9/08/2019	Reparación de cardan grande	4026388			C.Rivera	D.Liviac	4	S/ 82.96	S/ 4,306.12	

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 1-3

		FORMATO							MANT-F-03		
		HISTORIAL DE ATV							Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev: JAC/COC Aprob: GMANT		
ATV:	952	Modelo:					FEVE MACOSA -2300				
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	DESCRIPCIÓN	Criterios de la actividad		Costos		
						RESPONS.	LIBERAD.	MTTR (Hr.)	HH	REPUESTOS	
41	9/08/2019	Reparación de fisura en el tanque de combustible	4026432				H.Sucno	D.Liviac	16	S/ 442.48	S/ 6.009.64
42	24/08/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4026535			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4.510.75
43	24/08/2019	Cambio de motor Diesel M1	4026516				C.Rivera	D.Liviac	24	S/ 719.03	S/ 20.903.61
44	24/08/2019	Cambio de motor Diesel M2	4026517				C.Rivera	D.Liviac	24	S/ 719.03	S/ 25.179.31
45	10/10/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4026948			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	L.Barriga	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4.197.95
46	6/12/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4027572			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	L.Barriga	J.Bustamante	8	S/ 497.79	S/ 4.510.75
47	7/12/2019	Cambio de aceite de turboacoplador	4027565				C.Rivera	G.Huaman	2	S/ 41.48	S/ 823.03
48	7/12/2019	Cambio de aceite de turboacoplador	4027578				C.Rivera	G.Huaman	2	S/ 41.48	S/ 823.03
49	9/12/2019	Cambio de reten de turboacoplador	4027595				C.Rivera	G.Huaman	4	S/ 82.96	S/ 4.285.84
50	3/01/2020	Cambio de alternador M2	4027826				R.Quispe	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 1.267.50
51	28/01/2020	Cambio de 2 baterías	4027867				F.Mujica	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 4.056.00
52	31/01/2020	Cambio de radiador	4027873				L.Barriga	G.Huaman	4	S/ 82.96	S/ 1.299.61
53	12/02/2020	Cambio de vidrio panorámico	4027989				A.Calla	G.Huaman	2	S/ 18.44	S/ 174.07
54	13/02/2020	Cambio de cilindro de aceleración	4027986				J.Chahuara	G.Huaman	4	S/ 46.09	S/ 1.007.24
55	18/02/2020	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4028000				J.Oscocahuan	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4.197.95
56	19/02/2020	Cambio de bomba de inyección M2	4028004				C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 165.93	S/ 9.274.72
57	22/09/2020	Proyecto de remodelación de MAH TRAIN	4022322			* Overhaul de motores * Mantenimiento general de	R.Acosta	D.Liviac	1152	#####	#####
58	10/11/2020	Desconexión de mangueras de motor hidráulico	4028300				J.Chahuara	G.Huaman	4	S/ 73.75	S/ 774.02
59	10/11/2020	Desmontaje de tanque de expansión	4028301				J.Chahuara	G.Huaman	3	S/ 34.57	S/ 787.54
60	13/11/2020	cambio de zapatas	4028278				J.Oscocahuan	G.Huaman	8	S/ 221.24	S/ 1.333.41
61	16/12/2020	Proyecto de sanitización	4028430				P.Garcia	G.Huaman	48	S/ 995.58	S/ 4.150.64
62	3/05/2021	Instalación de led en equipo de sanitización	4029434				P.Garcia	J.Bustamante	8	S/ 184.37	S/ 2.605.98
63	1/08/2021	Preoperacional						J.Bustamante	56	S/ 3,871.68	S/ 1.485.51
64	29/08/2021	Pintado de carrocería	4030222				D.Tito/A.Calla	J.Bustamante	36	S/ 663.72	S/ 4.319.64
65	1/09/2021	Cambio de llave torneira	4030159				J.Valenas/H.Sucno	G.Huaman	3	S/ 34.57	S/ 481.65
66	2/09/2021	Fabricación de porta baterías	4030278				H.Sucno	J.Bustamante	4	S/ 82.96	S/ 4.056.00
67	2/09/2021	Mantenimiento de válvula distribuidora FM3 M2	4030286				V.Milla/J.Valenas	J.Bustamante	8	S/ 92.18	S/ 3.868.41
68	2/09/2021	Cambio de válvula reguladora de presión	4030213				V.Milla/J.Valenas	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 770.64
69	2/09/2021	Revisión de compresión de motor M2	4030318				L.Barriga/L.Lovón	J.Bustamante	16	S/ 294.99	S/ 2.651.61
70	2/09/2021	Mantenimiento de válvulas Genebre	4030289				V.Milla/J.Valenas	J.Bustamante	4	S/ 46.09	S/ 718.25
71	3/09/2021	Hermetizado de techo	4030332				F.Lopez	J.Bustamante	16	S/ 294.99	S/ 2.568.80
72	3/09/2021	Prueba de inyectores M2	4030319				E.Chumpitaz/L.Lovón	J.Bustamante	8	S/ 147.49	S/ 824.72
73	3/09/2021	Revisión de compresión de motor M1	4030320				E.Chumpitaz/L.Lovón	J.Bustamante	16	S/ 294.99	S/ 2.651.61
74	3/09/2021	Prueba de inyectores M1	4030321				E.Chumpitaz/L.Lovón	J.Bustamante	8	S/ 147.49	S/ 824.72
75	3/09/2021	Instalación de sensores de temperatura	4030294				R.Takechi	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 106.47
76	4/09/2021	Modificación de sistema de corneta	4030292				V.Milla/J.Valenas/H.Sucno	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 488.41
77	5/09/2021	Modificación de sistema neumático de arenero	4030208				V.Milla/J.Valenas/H.Sucno	G.Huaman	8	S/ 184.37	S/ 556.01
78	6/09/2021	Cambio de cilindro de aceleración M2	4030324				V.Milla	J.Bustamante	4	S/ 46.09	S/ 1.007.24
79	6/09/2021	Mantenimiento de cilindro de aceleración M1	4030324				V.Milla	J.Bustamante	4	S/ 46.09	S/ 1.007.24
80	7/09/2021	Cambio de caja Voith M1	4030325 4030327				L.CusiHuaman/E.Chumpitaz/L.Lovón	G.Huaman	8	S/ 221.24	S/ 26.833.82

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 2-3

ATV: 952
Modelo:
FEVE MACOSA -2300

Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	DESCRIPCIÓN	Criterios de la actividad			Costos	
							RESPONS.	LIBERAD.	MITTR (Hr.)	HH	REPUESTOS
81	7/09/2021	Mantenimiento de compresora de aire	4030326				V.Milla/J.Valenas	J.Bustamante	5	S/ 92.18	S/ 8,206.64
82	8/09/2021	Instalación de motor hidráulico M1	4030330				L.Barriga/L.Lovón	G.Huamen	6	S/ 110.62	S/ 774.02
83	8/09/2021	Instalación de ventilador de motor hidráulico	4030328				L.Barriga/L.Lovón	J.Bustamante	6	S/ 69.14	S/ 544.18
84	10/09/2021	Mantenimiento de cilindro de frenos	4030336				V.Milla/J.Valenas	J.Bustamante	8	S/ 92.18	S/ 775.71
85	11/09/2021	Instalación de bomba hidráulica M1	4030337				L.Barriga/L.Lovón	G.Huamen	6	S/ 110.62	S/ 774.02
86	14/09/2021	Reparación de puerta de cabina	4030352				D.Tito/J.Hanco	G.Huamen	4	S/ 36.87	S/ 70.98
87	25/09/2021	Cambio de iluminación de cabina	4030682				F.Palomino/L.Palma	G.Huamen	4	S/ 82.96	S/ 212.26
88	27/09/2021	Actualización de software de ART	4030482				M.Arias	G.Huamen	8	S/ 92.18	S/ 106.47
89	4/10/2021	Cambio de bomba de agua motor 1	4019124			Cambio de electroválvula de parada de motor 1	C. Rivera	D. Liviac	4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
90	5/10/2021	Verificación de registrador de eventos	4030663				F.Mujica	J.Bustamante	2	S/ 23.05	S/ 21.29
91	7/10/2021	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4019063				C.Rivera	W. Murillo	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
92	9/10/2021	Cambio de bomba de inyección M2	4030612 4030614				L.Barriga/L.CusiHuamen	G.Huamen	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
93	13/10/2021	Piston recostado	4019129			Se cambio tres pistones que estaban recostados	C. Rivera	D. Liviac	56	S/ 1,548.67	S/ 15,208.31
94	19/10/2021	Reparación de cilindro de aceleración	4019124			Se reparo cilindro de aceleración	L. Barriga	D. Liviac	4	S/ 46.09	S/ 1,007.24
95	21/10/2021	Levantamiento de opacidad de motores	4030729				J.Chahuara	G.Huamen	3	S/ 34.57	S/ 770.64
96	6/11/2021	Cambio de conectores de Jumper (4 de 24 pines y 2 de 16 pines)	4030929				J.Dnos/R.Takechi/D.Callañaupa	G.Huamen	3	S/ 62.22	S/ 186.29
97	6/11/2021	Desmontaje de compresora de aire	4030933				V.Milla/A. Quiquia/E.Chumpitaz	G.Huamen	4	S/ 73.75	S/ 21.97
98	6/11/2021	Instalación de compresora de aire	4030934				V.Milla/A. Quiquia/E.Chumpitaz	G.Huamen	4	S/ 73.75	S/ 8,206.64
99	15/11/2021	Reparación de sistema de alimentación de combustible	4019246				C. Rivera	D. Liviac	16	S/ 479.35	S/ 7,904.13
100	12/12/2021	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4019429				C.Rivera	W. Murillo	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
101	24/12/2021	Cambio de cilindro de aceleración M1	4031318				E.Chumpitaz/R.Moscoso	G.Huamen	4	S/ 46.09	S/ 1,007.24
102	26/12/2021	Instalación de compresoras	4019557				C. Rivera	D. Liviac	8	S/ 147.49	S/ 8,206.64
103	13/01/2022	Cambio de válvula distribuidora	4031485 4031501				V.Milla	G.Huamen	4	S/ 46.09	S/ 4,387.24
104	20/01/2022	Desmontaje de válvula distribuidora	4031546				V.Milla	G.Huamen	4	S/ 46.09	S/ 4,387.24
105	25/01/2022	Reparación de caja de mando batería	4031563				H.Sucno	G.Huamen	4	S/ 82.96	S/ 4,056.00
106	27/01/2022	Cambio de válvula de frenado	4031565				V.Milla	G.Huamen	2	S/ 23.05	S/ 1,181.31
107	27/01/2022	Cambio de ventilador hidráulico	4031567				C. Rivera	G.Huamen	4	S/ 46.09	S/ 544.18
108	27/01/2022	Cambio de ventilador hidráulico	4031566				C. Rivera	G.Huamen	4	S/ 46.09	S/ 544.18
109	30/01/2022	Reubicación de pulsador arenero	4031581				C. Rivera	G.Huamen	2	S/ 23.05	S/ 118.13
110	14/04/2022	Cambio de bomba de inyección	4020140				C. Rivera	D. Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
111	24/05/2022	Cambio de bombas de inyección M1 y M2	4020522				C.Rivera	D. Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
112	26/05/2022	Cambio de racord	4020423				J.Dnos	D. Liviac	2	S/ 23.05	S/ 98.02
113	8/06/2022	Cambio de memoria de registrador de eventos	4020601				C.Rivera	D. Liviac	1	S/ 11.52	S/ 7,695.58
114	15/06/2022	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4020728				C.Rivera	W. Murillo	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
115	15/06/2022	Cambio de memoria de registrador de eventos	4020601				C.Rivera	D. Liviac	1	S/ 11.52	S/ 7,695.58
116	30/06/2022	Cambio de bomba de inyección	4020601				C.Rivera	D. Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo
Pág. 3-3

Tabla 66

Historial de Maquina del Autovagón 953 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

		FORMATO				MANT-F-03					
		HISTORIAL DE ATV				Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev: JAC/COC Aprob: GMANT					
ATV:	953				Modelo:	FEVE MACOSA -2300					
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad		Costos			
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MTTR (Hr.)	HH	REPUESTOS
1	16/02/2018	Descarga de ATV	4022323				C.Rivera	D. Liviac	8	S/ 221.24	S/ 70.98
2	22/02/2018	Cambio de bomba de inyeccion	4022323				C.Rivera	D. Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
3	21/04/2018	Instalacion de GPS	4022652				M.Arias	D. Liviac	4	S/ 82.96	S/ 5,394.48
4	14/06/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4022986			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
5	18/06/2018	Cambio de turbocompresor	4023003				C.Rivera	D. Liviac	5	S/ 92.18	S/ 3,209.31
6	8/08/2018	Reparacion de motor 2	4023407				C.Rivera	D. Liviac	56	S/ 1,548.67	S/ 15,208.31
7	8/08/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4023409			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
8	1/10/2018	Proyecto de remodelacion de MAM TRAIN	4022323			Overhaul de motores *Mantenimiento general de	R.Acosta	D.Liviac	1220	S/ 84,347.35	S/ 882,578.84
9	2/10/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4023694			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
10	20/10/2018	Cableado de Jumper	4023828				M.Arias	D. Liviac	4	S/ 82.96	S/ 186.29
11	2/11/2018	Fijación de paneles de techo en el interior y hermetizado del techo	4024021				W.Urteaga	D. Liviac	15	S/ 138.27	S/ 2,636.40
12	2/11/2018	Pintado lateral y de techo.	4024022				W.Urteaga	D. Liviac	25	S/ 460.91	S/ 1,732.25
13	2/11/2018	Reparacion de coche despues del impacto	4024027				F.Lopez	D. Liviac	56	S/ 516.22	S/ 4,338.23
14	8/11/2018	Instalacion de registradores de eventos	4024000				M.Arias	D. Liviac	4	S/ 82.96	S/ 7,695.58
15	19/11/2018	Cambio de ventana panoramica	4024126				F.Lopez	D. Liviac	8	S/ 73.75	S/ 174.07
16	21/11/2018	Cambio de bomba de agua de M1	4024136				C.Rivera	D. Liviac	4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
17	1/12/2018	Cambio de bomba de inyección de M1	4024269				C.Rivera	D. Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
18	3/12/2018	Cambio de alternador M2	4024270				M.Arias	D. Liviac	2	S/ 23.05	S/ 1,267.50
19	4/12/2018	Verificación y reparación de carter de M2	4024278				C.Rivera	D. Liviac	8	S/ 92.18	S/ 4,341.61
20	22/12/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4024410			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
21	6/01/2019	Cambio de termofusible y relleno de aceite	4024549				C.Rivera	D. Liviac	3	S/ 27.65	S/ 1,326.65
22	17/01/2019	Cambio de bomba de agua M2	4024619				C.Rivera	D. Liviac	4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
23	8/03/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4024953			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
24	23/03/2019	Cambio de bomba de inyección M1	4025125				C.Rivera	D. Liviac	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
25	28/04/2019	Cambio de motor diesel M2	4025393				C.Rivera	D. Liviac	24	S/ 719.03	S/ 21,050.64
26	13/05/2019	Mantenimiento preventivo de 60,000 km	4025607			Se realizo mantenimiento preventivo de 60,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 608.41	S/ 11,459.64
27	28/05/2019	cambio preventivo de tuberías de alta presión M1 y M2	4025691				R.Salas	G.Huaman	4	S/ 73.75	S/ 380.25
28	8/06/2019	Cambio de cilindro de aceleracion	4025830				R.Moscoso	D. Liviac	4	S/ 46.09	S/ 1,007.24
29	12/06/2019	Cambio de radiador	4025906				L.Barriga	D. Liviac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
30	7/07/2019	Cambio de turboacoplador M1	4026124				C.Rivera	D. Liviac		S/ -	S/ 15,203.24
31	8/07/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4026120			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	R.Salas	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
32	14/07/2019	Cambio de turboacoplador M1	4026159				L.Barriga	D. Liviac		S/ -	S/ 15,203.24
33	3/08/2019	Cambio de caja voith M1	4026400				R.Moscoso	D. Liviac	8	S/ 221.24	S/ 26,833.82
34	17/09/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4026761			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Briones	J.Bustamante	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
35	17/09/2019	Cambio de bomba de agua M2	4024619				J.Chahuara	D. Liviac	4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
36	1/11/2019	Cambio de aceite de turboacoplador	4027115				R.Moscoso	G.Huaman	2	S/ 41.48	S/ 823.03
37	1/11/2019	Cambio de aceite de turboacoplador	4027116				R.Moscoso	G.Huaman	2	S/ 41.48	S/ 823.03
38	7/11/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4027272			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
39	13/11/2019	Cambio de bomba hidraulica nueva M2	4027359				J.Chahuara	G.Huaman	6	S/ 110.62	S/ 774.02
40	21/11/2019	Cambio de valvula distribuidora FMB	4027388				R.Moscoso	G.Huaman	8	S/ 92.18	S/ 3,868.41

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 1-4

		FORMATO							MANT-F-03		
		HISTORIAL DE ATV							Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev: JAC/COC Aprob: GMANT		
ATV:	953						Modelo:	FEVE MACOSA -2300			
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	DESCRIPCIÓN	Criterios de la actividad			Costos	
						RESPONS.	LIBERAD.	MTTR (Hr.)	HH	REPUESTOS	
41	23/11/2019	Cambio de radiador M1	4027412				R.Salas	G.Huaman	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
42	25/11/2019	Cambio de reten de turboaplador M1	4027425				L.Barriga	G.Huaman	4	S/ 82.96	S/ 4,285.84
43	29/11/2019	Verificación de caja voith M1 y cambio de manquera de presostato	4027453				C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 221.24	S/ 26,833.82
44	11/12/2019	Verificación de motor Diesel	4027615				C.Rivera	G.Huaman	16	S/ 294.99	S/ 3,988.40
45	13/12/2019	Cambio de bomba hidráulica M1	4027636				C.Rivera	G.Huaman	6	S/ 110.62	S/ 774.02
46	6/01/2020	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4027821			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	R.Moscoso	J.Bustamante	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
47	14/01/2020	Verificación de Motor Diesel *cambio de pistones de cilindro 4 y	4027835				C.Rivera	G.Huaman	56	S/ 1,548.67	S/ 15,208.31
48	16/01/2020	Cambio de compresora	4027839				C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 147.49	S/ 8,206.64
49	17/01/2020	Cambio de alternador M1	4027842				C.Rivera	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 1,267.50
50	17/01/2020	Cambio de radiador M2	4027844				J.Mamani	G.Huaman	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
51	2/02/2020	Cambio de motor Diesel M1	4027876				C.Rivera	G.Huaman	24	S/ 719.03	S/ 20,903.61
52	4/02/2020	Cambio de bomba de inyección M1	4027968				C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
53	5/02/2020	Cambio de alternador M1	4027969				C.Rivera	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 1,267.50
54	5/02/2020	Cambio de arrancador M1	4027970				M.Arias	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 760.50
55	12/02/2020	Cambio de aceite M1 por 1500 Km	4027983				M.Arias	G.Huaman	2	S/ 36.87	S/ 770.64
56	26/02/2020	Cambio de radiador M1	4028013				J.Chahuara	G.Huaman	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
57	26/11/2020	Proyecto de sanitización	4028431				P.Garcia	G.Huaman	48	S/ 995.58	S/ 4,150.64
58	3/05/2021	Instalación de led en equipo de sanitización	4029436				P.Garcia	J.Bustamante	8	S/ 184.37	S/ 2,605.98
59	25/05/2021	Mantenimiento de Registrador de eventos	4029516				M.Arias	J.Bustamante	2	S/ 23.05	S/ 21.29
60	7/08/2021	Cambio de bomba de inyección M1	4030000 4030048				F.Mujica/E.Chumpitaz	G.Huaman	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
61	23/08/2021	Preoperacional	4030086				J.Chahuara/J.Oscuhuaman	J.Bustamante	56	S/ 3,871.68	S/ 1,485.51
62	23/08/2021	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4030143			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	J.Chahuara/J.Oscuhuaman/L.Palma/R.Takechi	J.Bustamante	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
63	25/08/2021	Cambio de inyectores M2	4030166				J.Chahuara	G.Huaman	8	S/ 147.49	S/ 5,862.61
64	25/08/2021	Cambio de bomba hidráulica M1	4030139 4030165				J.Oscuhuaman	J.Bustamante	6	S/ 110.62	S/ 774.02
65	26/08/2021	Cambio de inyectores M1	4030170				J.Chahuara/J.Oscuhuaman	G.Huaman	8	S/ 147.49	S/ 5,862.61
66	27/08/2021	Cambio de llave tomeira	4030158				J.Vallenas/H.Sucno	G.Huaman	3	S/ 34.57	S/ 481.65
67	27/08/2021	Modificación de sistema de cometa	4030198				V.Milla/J.Vallenas/R.Takechi	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 488.41
68	27/08/2021	Reparación de motor Diesel M2	4030203				J.Chahuara/J.Oscuhuaman	G.Huaman	56	S/ 1,548.67	S/ 15,208.31
69	27/08/2021	Modificación de sistema neumático de ahenos	4030202				R.Takechi/J.Vallenas/H.Sucno	G.Huaman	8	S/ 184.37	S/ 556.01
70	28/08/2021	Mantenimiento de compresora de aire	4030285				V.Milla/J.Vallenas	J.Bustamante	5	S/ 92.18	S/ 1,901.25
71	29/08/2021	Cambio de bomba de inyección M2	4030163 4030209				J.Chahuara/J.Oscuhuaman	J.Bustamante	8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
72	30/08/2021	Cambio de laminas UV de ventanas panorámicas	4030217				A.Calla/F.Lopez	G.Huaman	2	S/ 18.44	S/ 939.64
73	30/08/2021	Mantenimiento de válvula distribuidora FV3	4030282				V.Milla	J.Bustamante	8	S/ 92.18	S/ 3,868.41
74	30/08/2021	Mantenimiento de válvula Genebre	4030284				V.Milla	J.Bustamante	2	S/ 23.05	S/ 718.25
75	30/08/2021	Cambio de válvula reguladora de presión	4030212				V.Milla	G.Huaman	4	S/ 46.09	S/ 1,274.26
76	30/08/2021	Mantenimiento de válvula distribuidora FV3	4030281				V.Milla	J.Bustamante	8	S/ 92.18	S/ 3,868.41
77	31/08/2021	Acondicionamiento de varilla de aceleración	4030223				J.Chahuara	G.Huaman	4	S/ 46.09	S/ 1,007.24
78	31/08/2021	Cambio de electroválvula inversa	4030224				V.Milla/J.Vallenas	G.Huaman	4	S/ 46.09	S/ 961.61
79	3/09/2021	Mantenimiento de baño	4030290				F.Lopez	J.Bustamante	2	S/ 18.44	S/ 40.56
80	3/09/2021	Modificación de base de batería	4030291					J.Bustamante	4	S/ 82.96	S/ 4,056.00

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 24

		FORMATO							MANT-F-03			
		HISTORIAL DE ATV							Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev: JAC/COC Aprob: GMANT			
ATV:	953						Modelo:	FEVE MACOSA -2300				
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	DESCRIPCIÓN	Criterios de la actividad			Costos		
						RESPONS.	LIBERAD.	MTTR (Hr.)	HH	REPUESTOS		
81	3/09/2021	Mantenimiento de válvula distribuidora FMS M2	4030287				V.Milla/J.Vallenias	J.Bustamante	8	S/	92.18	S/ 3,868.41
82	4/09/2021	Cambio de cilindro de aceleración M2	4030348				V.Milla	J.Bustamante	4	S/	46.09	S/ 1,007.24
83	4/09/2021	Mantenimiento de cilindro de aceleración M1	4030348				V.Milla	J.Bustamante	4	S/	46.09	S/ 1,007.24
84	5/09/2021	Hermetizado de techo	4030334				F.Lopez	J.Bustamante	16	S/	294.99	S/ 2,568.80
85	19/09/2021	Cambio de convertidor de frecuencia	4018942				J.Dinos	D.Liviac	2	S/	23.05	S/ 618.54
86	20/09/2021	Cambio de iluminación de cabina	4030683				F.Palomino/L.Palma	G.Huaman	4	S/	82.96	S/ 212.26
87	25/09/2021	Cambio de iluminación de cabina	4030681				F.Palomino/L.Palma	G.Huaman	4	S/	82.96	S/ 212.26
88	27/09/2021	Actualización de software de ART	4030483				M.Arias	G.Huaman	8	S/	92.18	S/ 106.47
89	29/09/2021	Reparación de puerta de cabina	4030498				F.Lopez/J.Hancco	G.Huaman	4	S/	36.87	S/ 432.64
90	29/09/2021	Cambio de retrovisor del lado río	4030488				F.Lopez/J.Hancco	G.Huaman	1	S/	9.22	S/ 109.85
91	5/10/2021	Verificación de registrador de eventos	4030664				F.Mujica	J.Bustamante	2	S/	23.05	S/ 21.29
92	9/10/2021	Cambio de fase de potencia de ventiladores	4030611				F.Mujica	G.Huaman	2	S/	23.05	S/ 377.48
93	9/10/2021	Cambio de tarjeta electronica	4030606				R.Takechi	G.Huaman	2	S/	23.05	S/ 4,331.47
94	14/10/2021	Reparación tarjeta control puertos FEVES	4030655				M.Arias	G.Huaman	4	S/	82.96	S/ 2,641.47
95	21/10/2021	Levantamiento de opacidad de motores	4030725				J.Chahuara	G.Huaman	3	S/	34.57	S/ 770.64
96	21/10/2021	Levantamiento de opacidad de motores	4030728				J.Chahuara	G.Huaman	3	S/	34.57	S/ 770.64
97	2/11/2021	Cambio presostato mixto AACC	4030832				B.Llerena	G.Huaman	2	S/	23.05	S/ 1,318.59
98	4/11/2021	Corrección de señal de puerta de empujador	4030928				J.Dinos/R.Takechi/D.Callaifaupa	G.Huaman	2	S/	18.44	S/ 42.25
99	6/11/2021	Cambio de empaque de compresor de aire	4030935				V.Milla/E.Chumpitaz/A.Quiquia	G.Huaman	3	S/	55.31	S/ 4,500.47
100	7/12/2021	Cambio de caja Voith M1	4019423				C.Rivera	D.Liviac	8	S/	221.24	S/ 26,833.82
101	11/01/2022	Cambio de faro central	4018587				J.Dinos	D.Liviac	2	S/	23.05	S/ 133.51
102	16/01/2022	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4019622			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	W.Murillo	8	S/	497.79	S/ 4,510.75
103	2/02/2022	Cambio de caja Voith	4019423				C.Rivera	D.Liviac	8	S/	221.24	S/ 26,833.82
104	25/02/2022	Cambio electroválvula de aceleración	4019714				M.Arias	D.Liviac	2	S/	23.05	S/ 1,294.54
105	25/02/2022	Cambio electroválvula de desaceleración	4019714				M.Arias	D.Liviac	2	S/	23.05	S/ 1,294.54
106	4/04/2022	Cambio de capillas	4020143				C.Rivera	D.Liviac	1	S/	11.52	S/ 2,595.84
107	5/04/2022	Cambio de presostato de tracción	4020143				C.Rivera	D.Liviac	1	S/	11.52	S/ 99.71
108	7/04/2022	Cambio de alternador M1	4020143				C.Rivera	D.Liviac	2	S/	23.05	S/ 1,267.50
109	7/04/2022	Cambio de bomba hidraulica	4020143				C.Rivera	D.Liviac	6	S/	110.62	S/ 774.02
110	26/04/2022	Cambio de inyectores	4020347				J.Chahuara	D.Liviac	8	S/	147.49	S/ 5,862.61
111	26/04/2022	Cambio de bomba de inyeccion	4020346				M.Arias	D.Liviac	8	S/	165.93	S/ 9,274.72
112	27/04/2022	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4020355			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	W.Murillo	8	S/	479.35	S/ 4,197.95
113	27/04/2022	Cambio de electroválvulas	4020350				M.Arias	D.Liviac	2	S/	23.05	S/ 1,294.54
114	27/04/2022	Cambio de arrancador	4020349				M.Arias	D.Liviac	2	S/	23.05	S/ 760.50
115	27/04/2022	Cambio de válvula de distribución	4020351				M.Arias	D.Liviac	4	S/	46.09	S/ 4,387.24
116	28/04/2022	Cambio de presostato	4020348				M.Arias	D.Liviac	1	S/	11.52	S/ 99.71
117	4/05/2022	Cambio de válvula check de 3 vías	4020425				C.Rivera	D.Liviac	3	S/	34.57	S/ 956.54
118	5/05/2022	Cambio de válvula de aire	4020425				C.Rivera	D.Liviac	2	S/	23.05	S/ 1,519.31
119	28/05/2022	Cambio de culata M1	4020425				C.Rivera	D.Liviac	6	S/	69.14	S/ 2,641.47
120	30/05/2022	Cambio de presostato	4020425				C.Rivera	D.Liviac	1	S/	11.52	S/ 99.71

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 3-4

<h1>INCARAIL</h1>	FORMATO				MANT-F-03						
	HISTORIAL DE ATV				Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev: JAC/COC Aprob: GMANT						
ATV:	953			Modelo:	FEVE MACOSA -2300						
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad			Costos		
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MTTR (Hr.)	HH	REPUESTOS
121	1/06/2022	Cambio de sensor de agua	4020604				C. Rivera	D. Liviac	1	S/ 11.52	S/ 165.28
122	7/06/2022	Cambio de lector y sensor de temperatura	4020604				M.Arias	D. Liviac	2	S/ 23.05	S/ 106.47
123	17/08/2022	Cambio de zapatas	4021135				C. Rivera	D. Liviac	8	S/ 221.24	S/ 1,333.41
NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo										Pág. 4-4	

Tabla 67

Historial de Maquina del Autovagón 953 de la Flota Ferroviaria FEVE MACOSA 2300

		FORMATO				MANT-F-03				
		HISTORIAL DE ATV				Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev: JAC/COC Aprob: GMANT				
ATV: 954		Modelo:				FEVE MACOSA-2300				
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad			Costos	
DESCRIPCIÓN						RESPONS.	LIBERAD.	MITR (Hr.)	HH	REPUESTOS
1	16/10/2017	Proyecto de remodelación de MANT-TRAN	4022256			*Overhaul de motores *Mantenimiento general de	R.Acosta	D.L.wiac	1152	S/ 79,646.02 S/ 882,578.84
2	12/01/2018	Descarga de ATV	4022130				C.Rivera	D.L.wiac	8	S/ 221.24 S/ 70.98
3	15/01/2018	Instalación de PLC	4022130				C.Rivera	D.L.wiac	4	S/ 82.96 S/ 7,664.15
4	19/01/2018	Cambio de eje de cardan de caja inversora	4022130				C.Rivera	D.L.wiac	4	S/ 82.96 S/ 4,306.12
5	31/01/2018	Cambio de pistones de motor Diesel	4022130				C.Rivera	D.L.wiac	56	S/ 1,548.67 S/ 15,208.31
6	28/02/2018	Cambio fajas de alternador de la bomba hidráulica	4022256				C.Rivera	D.L.wiac	2	S/ 23.05 S/ 422.50
7	13/03/2018	Armado y desmontaje de bomba hidráulica	4022372				C.Rivera	D.L.wiac	6	S/ 110.62 S/ 774.02
8	19/04/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4022638			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35 S/ 4,197.95
9	21/04/2018	Instalación de GPS	4022653				W.Urteaga	W.Urteaga	4	S/ 82.96 S/ 5,394.48
10	21/06/2018	Cambio de bomba de inyección M1	4023027				C.Rivera	D.L.wiac	8	S/ 165.93 S/ 9,274.72
11	21/06/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4023025			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79 S/ 4,510.75
12	25/07/2018	Cambio de motor Diesel M1	4023100				C.Rivera	D.L.wiac	24	S/ 719.03 S/ 20,903.61
13	25/07/2018	Cambio de caja Voith M1	4023100				C.Rivera	D.L.wiac	8	S/ 221.24 S/ 26,833.82
14	26/07/2018	Cambio de faja de alternador motor	4023100				C.Rivera	D.L.wiac	1	S/ 9.22 S/ 422.50
15	25/08/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4023471			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35 S/ 4,197.95
16	18/10/2018	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4023807			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79 S/ 4,510.75
17	18/10/2018	Cambio de bomba hidráulica M2	4023820				C.Rivera	D.L.wiac	6	S/ 110.62 S/ 774.02
18	19/10/2018	Cambio de bomba de inyección M2	4023822				C.Rivera	D.L.wiac	8	S/ 165.93 S/ 9,274.72
19	20/10/2018	Cableado de Jumper	4023829				M.Arias	D.L.wiac	4	S/ 82.96 S/ 186.29
20	25/10/2018	Cambio de bomba de agua M2	4023894				C.Rivera	D.L.wiac	4	S/ 73.75 S/ 1,333.41
21	8/11/2018	Instalación de registradores de eventos	4024001				M.Arias	D.L.wiac	4	S/ 82.96 S/ 7,695.58
22	17/11/2018	Verificación de sistema neumático	4024116				V.Milia	D.L.wiac	3	S/ 34.57 S/ 42.25
23	26/11/2018	Fixación de paneles de techo en el interior y hermetizado del techo	4024139				W.Urteaga	D.L.wiac	15	S/ 138.27 S/ 2,636.40
24	26/11/2018	Paintado lateral y de techo.	4024140				W.Urteaga	D.L.wiac	25	S/ 460.91 S/ 1,732.25
25	1/12/2018	Instalación de nuevos evaporadores y condensadores.	4024267				R.Acosta	D.L.wiac	16	S/ 368.73 S/ 4,376.20
26	4/12/2018	Cambio de alternador del M2	4024289				M.Arias	D.L.wiac	2	S/ 23.05 S/ 1,267.50
27	4/12/2018	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4024279			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35 S/ 4,197.95
28	6/01/2019	Cambio de válvula distribuidora FM3	4024548				V.Milia	D.L.wiac	8	S/ 92.18 S/ 3,868.41
29	10/02/2019	Cambio de reten de turbocomplador M2 y aceite Mobil DTE-24					C.Rivera	D.L.wiac	4	S/ 82.96 S/ 4,285.84
30	18/02/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4024828			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79 S/ 4,510.75
31	9/03/2019	Cambio de ventana panorámica	4025021				F.López	D.L.wiac	2	S/ 18.44 S/ 174.07
32	2/04/2019	Cambio de bomba agua M1	4025277				C.Rivera	D.L.wiac	4	S/ 73.75 S/ 1,333.41
33	3/04/2019	Verificación de bogie y cambio de muelle	4025279				L.Lovón	D.L.wiac	16	S/ 442.48 S/ 775.71
34	17/04/2019	Cambio bomba hidráulica M1	4025358				C.Rivera	D.L.wiac	6	S/ 110.62 S/ 774.02
35	29/04/2019	Mantenimiento preventivo de 60,000 Km	4025392			Se realizo mantenimiento preventivo de 60,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 608.41 S/ 11,459.64
36	10/05/2019	Cambio de compresora de aire	4025604				C.Rivera	D.L.wiac	8	S/ 147.49 S/ 8,206.64
37	28/05/2019	Cambio preventivo de tuberías de alta presión M1 y M2	4025690				V.Milia	D.L.wiac	4	S/ 73.75 S/ 380.25
38	6/06/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4025937			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35 S/ 4,197.95
39	24/06/2019	Rectificado de trompa delantera	4025952				H.Sucno	D.L.wiac	24	S/ 221.24 S/ 1,732.25
40	24/06/2019	Reparación de sistema de aire acondicionado	4025953				P.García	D.L.wiac	6	S/ 69.14 S/ 427.57

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

ATV: 954

Modelo:

FEVE MACOSA-2300

Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad	RESPONS.	LIBERAD.	Costos		
									MITR (Hr.)	HH	REPUESTOS
41	4/07/2019	Cambio de par montado	4026101				C.Rivera	D.Lw/iac	6	S/ 124.45	S/ 7,750.34
42	21/07/2019	Cambio de batería	4026201				J.Dinos	D.Lw/iac	2	S/ 23.05	S/ 4,056.00
43	30/07/2019	Revisión de ruedas y bogies	4026137				C.Rivera	D.Lw/iac	7	S/ 129.06	S/ 20.79
44	11/08/2019	Cambio de compresor de aire del motor	4026438				C.Rivera	D.Lw/iac	8	S/ 147.49	S/ 7,872.02
45	15/08/2019	Armado de bogie	4026490				L.Lovón	D.Lw/iac	16	S/ 442.48	S/ 8,428.62
46	31/08/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4026554			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
47	6/09/2019	Intercambio de bogies posición 1 a 2	4026740				C.Rivera	D.Lw/iac	4	S/ 147.49	S/ 21.13
48	13/09/2019	Cambio de motor Diesel M1	4026723				C.Rivera	D.Lw/iac	24	S/ 719.03	S/ 25,179.31
49	13/09/2019	Cambio de alternador M1	4026727				M.Arias	D.Lw/iac	2	S/ 23.05	S/ 1,267.50
50	20/09/2019	Cambio de bomba agua M1	4025277				L.Barriga	D.Lw/iac	4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
51	22/09/2019	Cambio de compresora	4026803				J.Oscohuaman	D.Lw/iac	8	S/ 147.49	S/ 8,206.64
52	24/09/2019	Cambio de caja reductora 2	4026804				L.Lovón	D.Lw/iac	8	S/ 221.24	S/ 12,600.64
53	24/09/2019	Cambio de caja reductora 1	4026806				L.Lovón	D.Lw/iac	8	S/ 221.24	S/ 12,600.64
54	16/10/2019	Cambio de mangueras de sistema hidráulico	4027058				J.Chahuara	D.Lw/iac	5	S/ 92.18	S/ 430.95
55	16/10/2019	Cambio de radiador	4027059				J.Chahuara	D.Lw/iac	4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
56	1/11/2019	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4027176			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	C.Rivera	G.Huaman	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
57	1/11/2019	Cambio de aceite de turboacoplador	4027118				J.Barazorda	G.Huaman	2	S/ 41.48	S/ 823.03
58	1/11/2019	Cambio de aceite de turboacoplador	4027119				J.Barazorda	G.Huaman	2	S/ 41.48	S/ 823.03
59	19/11/2019	Cambio de motor Diesel M2	4027375				C.Rivera	G.Huaman	24	S/ 719.03	S/ 20,903.61
60	23/11/2019	Cambio de batería	4027413				F.Mujica	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 4,056.00
61	2/12/2019	Cambio de aceite por 1500 Km	4027464				J.Ccohua	G.Huaman	2	S/ 36.87	S/ 770.64
62	31/12/2019	Mantenimiento preventivo de 20,000 km	4027729			Se realizo mantenimiento preventivo de 20,000 Km de acuerdo al MANT-	R.Moscoso	J.Bustamante	8	S/ 497.79	S/ 4,510.75
63	23/01/2020	Cambio de 2 baterías	4027866				J.Dinos	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 4,056.00
64	27/02/2020	Cambio de bomba de agua M1	4028018				C.Rivera	G.Huaman	4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
65	3/03/2020	Mantenimiento preventivo de 10,000 km	4028028			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-	L.Barriga	J.Bustamante	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
66	26/11/2020	Proyecto de sanitización	4028432				P.Garcia	G.Huaman	48	S/ 995.58	S/ 4,150.64
67	16/12/2020	Reinstalación puerta conexión	4028881				W.Urteaga	G.Huaman	4	S/ 36.87	S/ 414.05
68	7/03/2021	Revisión de sistema neumático de baño	4029153				V.Milla/A.Calla/L.Barriga/J.Avarez	J.Bustamante	4	S/ 46.09	S/ 182.52
69	10/03/2021	Preoperacional	4029119				J.Chahuara/J.Avarez	J.Bustamante	56	S/ 3,871.68	S/ 1,485.51
70	10/03/2021	Cambio de válvula reguladora de presión de CG	4029161				V.Milla	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 1,519.31
71	10/03/2021	Mantenimiento de válvula distribuidora FM3 M1	4029163				V.Milla/J.Valenas	J.Bustamante	8	S/ 92.18	S/ 3,868.41
72	10/03/2021	Mantenimiento de válvula distribuidora FM3 M2	4029164				V.Milla/J.Valenas	J.Bustamante	8	S/ 92.18	S/ 3,868.41
73	11/03/2021	Cambio de bomba hidráulica M1	4029166				J.Oscohuaman/J.Ccohua	G.Huaman	6	S/ 110.62	S/ 774.02
74	11/03/2021	Recableado de alimentación de arrancador	4029171				R.Takechi/R.Quispe	G.Huaman	3	S/ 34.57	S/ 185.90
75	11/03/2021	Modificación de sistema neumático de bocina	4029168				V.Milla/R.Takechi/J.Valenas	G.Huaman	2	S/ 23.05	S/ 488.41
76	11/03/2021	Mantenimiento de compresora	4029170				V.Milla/R.Takechi/J.Valenas	J.Bustamante	8	S/ 147.49	S/ 1,901.25
77	12/03/2021	Fijación de techo	4029176				A.Calla	G.Huaman	28	S/ 580.75	S/ 956.71
78	16/03/2021	Mantenimiento de motor Diesel M1	4029198				L.Barriga/J.Oscohuaman/J.Ccohua/J.Avarez	J.Bustamante	56	S/ 1,548.67	S/ 15,208.31
79	19/03/2021	Cambio de turbocompresor M1	4029215				J.Oscohuaman	G.Huaman	5	S/ 92.18	S/ 3,209.31
80	20/03/2021	Mantenimiento de válvula de frenado	4029207				V.Milla/J.Valenas	J.Bustamante	2	S/ 23.05	S/ 1,181.31

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 24



FORMATO

MANT-F-03

HISTORIAL DE ATV

Versión: 01
 Fecha: 25.03.2019
 Elab.: JMANT
 Rev.: JAC/COC
 Aprob.: GMANT

ATV: 954

Modelo:

FEVE MACOSA -2300

Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad			Costos		
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MTR (Hr.)	HH	REPUESTOS
81	20/03/2021	Cambio de inyectores M1	4029174			J.Oscohuaman	G.Huaman		8	S/ 147.49	S/ 5,862.61
82	22/03/2021	Mantenimiento de cilindros de freno	4029212			V.Milla/J.Valenas	J.Bustamante		8	S/ 92.18	S/ 775.71
83	22/03/2021	Cambio de accesorios nuevos de baño	4029218			A.Calla/D.Tito	J.Bustamante		5	S/ 46.09	S/ 1,333.41
84	22/03/2021	Mantenimiento de motor Diesel M2	4029214			L.Barriga/A.Quiquia/IAvare	J.Bustamante		56	S/ 1,548.67	S/ 15,208.31
85	25/03/2021	Mantenimiento de Registrador de eventos	4029050			M.Arias	J.Bustamante		2	S/ 23.05	S/ 21.29
86	29/03/2021	Cambio de radiador M1	4029241 4029242			L.Barriga/A.Quiquia	G.Huaman		4	S/ 82.96	S/ 1,299.61
87	30/03/2021	Forrado de tubo de escape	4029245			L.Barriga/D.Tito/J.Hancco	G.Huaman		6	S/ 179.76	S/ 1,728.87
88	8/04/2021	Cambio de valvula solenoide	4029301			F.Palomino	G.Huaman		2	S/ 23.05	S/ 252.66
89	8/04/2021	Cambio de burletes	4029304			A.Calla/D.Tito	G.Huaman		6	S/ 110.62	S/ 772.33
90	13/04/2021	Instalación de accesorios anti-covid	4029322			A.Calla	J.Bustamante		7	S/ 64.53	S/ 770.64
91	26/04/2021	Mantenimiento de valvula de parabrisas	4029378			V.Milla	J.Bustamante		1	S/ 11.52	S/ 58.31
92	28/04/2021	Mantenimiento de valvula de parabrisa	4029378			V.Milla	J.Bustamante		1	S/ 11.52	S/ 58.31
93	3/05/2021	Instalación de led en equipo de sanitación	4029464			P.Garcia	J.Bustamante		8	S/ 184.37	S/ 2,605.98
94	6/07/2021	Eliminación de fuga de aceite de compresor	4029759			J.Valenas	G.Huaman		2	S/ 23.05	S/ 1,103.57
95	19/07/2021	Verificación de velocímetro M1	4029853			F.Mujica/L.Palma	J.Bustamante		1	S/ 9.22	S/ 454.61
96	22/07/2021	Modificación de base de electrovalvula	4029859			V.Milla	J.Bustamante		2	S/ 23.05	S/ 601.64
97	23/07/2021	Reparación de puerta catering	4029856			D.Tito	G.Huaman		5	S/ 46.09	S/ 64.22
98	24/07/2021	Cambio de reten lateral de caja reductora	4029861			Y.Zambrano	G.Huaman		4	S/ 82.96	S/ 959.92
99	27/07/2021	Cambio de bomba de inyección M2	4029873 4029875			E.Chumpitaz/J.Oscohuaman	G.Huaman		8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
100	29/07/2021	Cambio de cilindro de aceleración M2	4029985			E.Chumpitaz	G.Huaman		4	S/ 46.09	S/ 1,007.24
101	13/08/2021	Cambio de cilindro de freno	4030042			V.Milla	G.Huaman		8	S/ 92.18	S/ 775.71
102	24/08/2021	Peinado y reparación de cabina frontal	4030121			F.Lopez/D.Tito/A.Calla	J.Bustamante		16	S/ 294.99	S/ 1,461.85
103	28/08/2021	Cambio de sensor de RPM	4030201			F.Mujica/L.Palma	G.Huaman		1	S/ 11.52	S/ 425.20
104	28/08/2021	Cambio de correa de transmisión de alternador M1	4030207			F.Mujica/L.Palma	G.Huaman		1	S/ 9.22	S/ 422.50
105	2/09/2021	Cambio de válvula reguladora de presión	4030215			V.Milla/J.Valenas	G.Huaman		5	S/ 57.61	S/ 1,012.31
106	18/09/2021	Revisión de motor Diesel M1	4030380			L.Lovón/V.Milla/J.Oscohuaman/L.Cusihuamán/H.Sucno/V.Milla	J.Bustamante		16	S/ 294.99	S/ 2,651.61
107	18/09/2021	Revisión de motor Diesel M2	4030381			L.Lovón/V.Milla/J.Oscohuaman/L.Cusihuamán/H.Sucno/V.Milla	J.Bustamante		16	S/ 294.99	S/ 2,651.61
108	20/09/2021	Cambio de iluminación de cabina	4030680			F.Palomino/L.Palma	G.Huaman		4	S/ 82.96	S/ 156.33
109	27/09/2021	Actualización de software de ART	4030475			M.Arias	G.Huaman		8	S/ 92.18	S/ 106.47
110	5/10/2021	Verificación de registrador de eventos	4030673			M.Arias	G.Huaman		2	S/ 23.05	S/ 21.29
111	11/10/2021	Cambio de motor Diesel M2	4030615			L.Barriga/A.Quiquia/F.Mujica/W.Tapara	G.Huaman		24	S/ 719.03	S/ 21,050.64
112	11/10/2021	Cambio de motor Diesel M2	4030616			L.Barriga/A.Quiquia/F.Mujica/W.Tapara	G.Huaman		24	S/ 719.03	S/ 25,179.31
113	11/10/2021	Cambio de turbocompresor M2	4030620			L.Barriga/A.Quiquia/F.Mujica/W.Tapara	G.Huaman		5	S/ 92.18	S/ 3,209.31
114	11/10/2021	Cambio de turbocompresor M2	4030621			L.Barriga/A.Quiquia/F.Mujica/W.Tapara	G.Huaman		5	S/ 92.18	S/ 3,209.31
115	11/10/2021	Cambio de bomba de agua M2	4030644			L.Barriga/A.Quiquia/F.Mujica/W.Tapara	G.Huaman		4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
116	11/10/2021	Cambio de bomba de agua M2	4030645			L.Barriga/A.Quiquia/F.Mujica/W.Tapara	G.Huaman		4	S/ 73.75	S/ 1,333.41
117	13/10/2021	Cambio de alternador M2	4030646			F.Mujica/M.Arias	G.Huaman		2	S/ 23.05	S/ 1,267.50
118	13/10/2021	Cambio de alternador M2	4030647			F.Mujica/M.Arias	G.Huaman		2	S/ 23.05	S/ 1,267.50
119	13/10/2021	Cambio de arrancador M2	4030651			F.Mujica/M.Arias	G.Huaman		2	S/ 18.44	S/ 760.50
120	13/10/2021	Cambio de arrancador M2	4030652			F.Mujica/M.Arias	G.Huaman		2	S/ 23.05	S/ 760.50

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

Pág. 3-4

<h1>INCARAIL</h1>		FORMATO					MANT-F-03				
		HISTORIAL DE ATV					Versión: 01 Fecha: 25.03.2019 Elab.: JMANT Rev.: JAC/COC Aprob.: GMANT				
ATV: 954		Modelo:			FEVE MACOSA -2300						
Nº	Fecha	Actividad	OT	MP	MC	Criterios de la actividad			Costos		
						DESCRIPCIÓN	RESPONS.	LIBERAD.	MITR (Hr.)	HH	REPUESTOS
121	19/10/2021	Mantenimiento cilindro de freno FEVES	4030706			V.Milla	G.Huaman		8	S/ 92.18	S/ 775.71
122	20/10/2021	Cambio de bomba de inyección M2	4030718 4030719			L.Barriga/A.Quiquia	J.Bustamante		8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
123	22/10/2021	Mantenimiento de alternador	4030739			J.Dinos/L.Palma	J.Bustamante		4	S/ 73.75	S/ 1,267.50
124	3/11/2021	Revisión de Motor #2 ME-MOD-230-008	4030717			E.Chumpitas /C.Rivera	G.Huaman		16	S/ 294.99	S/ 2,651.61
125	6/11/2021	Cambio de conectores de Jumper (4 de 24 pines)	4030937			J.Dinos/R.Takechi/D.Callaflaupa	G.Huaman		3	S/ 62.22	S/ 186.29
126	8/11/2021	Reparación de compresora de sistema de freno	4019182			C.Rivera	D.Lviac		8	S/ 92.18	S/ 3,011.58
127	24/11/2021	Reparación de sistema eléctrico de las puertas	4031044			M.Arias/F.Mujica/B.Llerena	G.Huaman		6	S/ 69.14	S/ 505.31
128	29/11/2021	Habilitación de Caja Voith	4019353			C.Rivera	D.Lviac		8	S/ 221.24	S/ 26,833.82
129	8/12/2021	Cambio de filtro de aire de conducto principal	4031215			D.Portilla	G.Huaman		2	S/ 18.44	S/ 388.70
130	14/12/2021	Mantenimiento preventivo de 10,000 Km	4019439			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-		C.Rivera	8	S/ 479.35	S/ 4,197.95
131	22/12/2021	Cambio de compresora	4019554			C.Rivera	D.Lviac		8	S/ 147.49	S/ 8,206.64
132	24/12/2021	Revisión de compresora	4019554			C.Rivera	D.Lviac		4	S/ 46.09	S/ 1,901.25
133	27/12/2021	Cambio de electroválvula de puerta de embarque	4031323			V.Milla	G.Huaman		4	S/ 46.09	S/ 1,012.31
134	27/12/2021	Cambio de juntas de culata de M2	4031322			L.Lovón/E.Chumpitaz	G.Huaman		8	S/ 147.49	S/ 2,683.72
135	27/12/2021	Cambio de presostato M2	4031325			M.Arias/V.Milla	G.Huaman		1	S/ 11.52	S/ 99.71
136	3/01/2022	Cambio de fajas	4019596			C.Rivera	D.Lviac		8	S/ 221.24	S/ 1,333.41
137	5/01/2022	Aislamiento de cable hacia el arrancador	4031437			J.Dinos	G.Huaman		2	S/ 23.05	S/ 185.90
138	8/01/2022	Adaptación de cable de estrangulador de bomba de	4031458			J.Chahuara	G.Huaman		8	S/ 165.93	S/ 2,087.15
139	11/01/2022	Desmontaje de compresor de aire	4031468			V.Milla/L.Barriga	G.Huaman		4	S/ 73.75	S/ 20.28
140	11/01/2022	Instalación de compresor de aire	4031469			V.Milla/L.Barriga	G.Huaman		4	S/ 73.75	S/ 8,206.64
141	12/01/2022	Cambio de batería	4031473			J.Dinos	G.Huaman		2	S/ 23.05	S/ 4,056.00
142	31/01/2022	Cambio de termostato	4031584			J.Dinos	G.Huaman		1	S/ 11.52	S/ 43.26
143	16/02/2022	Cambio de electroválvula de aceleración	4019715			M.Arias	D.Lviac		2	S/ 23.05	S/ 1,294.54
144	20/02/2022	Mantenimiento preventivo de 60,000 Km	4019862			Se realizo mantenimiento preventivo de 10,000 Km de acuerdo al MANT-		C.Rivera	8	S/ 608.41	S/ 11,459.64
145	22/03/2022	Cambio de arrancador	4020036			C.Rivera	D.Lviac		2	S/ 23.05	S/ 760.50
146	24/04/2022	Cambio de bomba de inyección	4020340			C.Rivera	D.Lviac		8	S/ 165.93	S/ 9,274.72
147	25/04/2022	Cambio de inyectores	4020341			C.Rivera	D.Lviac		8	S/ 147.49	S/ 5,862.61
148	26/04/2022	Cambio de válvula de drenaje	4020340			C.Rivera	D.Lviac		3	S/ 62.22	S/ 380.25
149	27/04/2022	Cambio de electroválvula de aceleración	4020344			C.Rivera	D.Lviac		2	S/ 23.05	S/ 1,294.54
150	28/04/2022	Cambio de presostato	4020342			C.Rivera	D.Lviac		1	S/ 11.52	S/ 99.71
151	26/05/2022	Cambio de arrancador	4020342			M.Arias	D.Lviac		2	S/ 23.05	S/ 760.50
152	5/07/2022	Retro de cardan y caja voith	4020143			C.Rivera	D.Lviac		8	S/ 221.24	S/ 12,820.34

NOTA: MP = Mantenimiento Preventivo / MC = Mantenimiento Correctivo

“El hombre de mantenimiento no es aquel que solamente va a reparar una falla, sino el hombre de mantenimiento es aquel que va a dejar la necesidad de reparar la falla”