



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“MEJORA DEL PLAN MANTENIMIENTO, APLICANDO LA  
METODOLOGÍA DE LA OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE  
MANTENIMIENTO, PARA EL PARQUE AUTOMOTOR DE LA  
EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

**JAIME VINICIO CANDO TINTÍN**

**ISRAEL LINDENVER MORÁN GUAMÁN**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“MEJORA DEL PLAN MANTENIMIENTO, APLICANDO LA  
METODOLOGÍA DE LA OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE  
MANTENIMIENTO, PARA EL PARQUE AUTOMOTOR DE LA  
EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES: JAIME VINICIO CANDO TINTÍN**

**ISRAEL LINDENVER MORÁN GUAMÁN**

**DIRECTOR: Ing. SERGIO RAÚL VILLACRÉS PARRA**

Riobamba – Ecuador

2023

**©2023, Jaime Vinicio Cando Tintín © Israel Linden ver Morán Guamán**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, JAIME VINICIO CANDO TINTÍN & ISRAEL LINDENVER MORÁN GUAMÁN declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de éste son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de junio de 2023



**Jaime Vinicio Cando Tintín**

**CI: 180367983-6**





**Israel Lindenver Morán Guamán**

**CI: 0604980938**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, “**MEJORA DEL PLAN MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE LA OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL PARQUE AUTOMOTOR DE LA EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A**”, realizado por los señores: **JAIME VINICIO CANDO TINTÍN** y **ISRAEL LINDENVER MORÁN GUAMÁN**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Antonio Ordóñez Viñán. MsC. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-06-07
Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-07
Ing. Alex Giovanni Tenicota García <b>MIEMBRO DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-07

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mi madre Blanca Tintín quien con su esfuerzo infinito me brindo todo su apoyo, a mi hermana Silvia Cando no se dio por vencida hasta ver cumplido mis objetivos, a mi cuñado Vinicio Pilla más que un amigo mi hermano incondicional, a mi hijo Joaquín M. Cando P. que vea en mí que a pesar de las dificultades nunca debe dejar de luchar.

Jaime

Dedico está tesis a mi familia por haberme brindado ese apoyo económico y moral y afrontar los retos que se ponen en mi vida y poder salir de esta meta anhelada que se han presentado durante mi carrera estudiantil. Agradezco a mi madre a mis hermanos y a toda mi familia que me han aguantado tanto para poder culminar mi carrera

Israel

## **AGRADECIMIENTO**

Al hacedor de todo que con su infinita misericordia me permitió caminar diariamente, a cometer errores y aprender, a caer y levantarme sin resentimiento, observar el desarrollo de toda existencia de vida. A mi Carrera de Mantenimiento Industrial, a todos sus tutores que compartieron sus conocimientos, experiencias a diario con el fin de concluir mi formación profesional.

A mi madre Blanca Tintín, mi hermana Silvia Cando, mi cuñado Vinicio Pilla, quienes no me permitieron rendirme en mis estudios universitarios.

Jaime

Dedico esta tesis a mi familia por haberme brindado ese apoyo económico y moral y afrontar los retos que se ponen en mi vida y poder salir de esta meta anhelada que se han presentado durante mi carrera estudiantil. Agradezco a mi madre a mis hermanos y a toda mi familia que me han aguantado tanto para poder culminar mi carrera

Israel

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN... ..	xiv
SUMMARY... ..	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. <b>DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA</b> .....	2
1.1. <b>Antecedentes</b> .....	2
1.2. <b>Planteamiento del problema.</b> .....	2
1.3. <b>Justificación y actualidad</b> .....	3
1.4. <b>Objetivos</b> .....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2. <b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	5
2.1. <b>Evaluación de la gestión del plan de mantenimiento vigente de la empresa</b> .....	5
2.1.1. <i>Criterios de ponderación de evaluación del plan de mantenimiento</i> .....	6
2.1.1.1. <i>Media aritmética</i> .....	6
2.1.1.2. <i>Media ponderada</i> .....	7
2.2. <b>Inventario técnico jerárquico</b> .....	7
2.3. <b>Estructura de codificación</b> .....	9
2.3.1. <i>Codificación</i> .....	9
2.3.2. <i>Nivel uno (planta)</i> .....	10
2.3.3. <i>Nivel dos (área)</i> .....	10
2.3.4. <i>Nivel tres (máquina-sistema)</i> .....	10
2.3.5. <i>Nivel cuatro (equipo-subunidad)</i> .....	10
2.4. <b>Plan de mantenimiento</b> .....	11
2.5. <b>Metodología optimización del plan de mantenimiento PMO</b> .....	11
2.6. <b>Optimización del plan de mantenimiento PMO</b> .....	11



2.7.	<b>Circulo vicioso del mantenimiento</b> .....	12
2.8.	<b>Características de la metodología del PMO</b> .....	12
2.9.	<b>Diferencia RCM y PMO</b> .....	13
2.10.	<b>Beneficios del PMO</b> .....	14
2.11.	<b>Implementación del PMO.</b> .....	14
2.11.1.	<i>Paso uno: Recopilación de tareas</i> .....	15
2.11.2.	<i>Paso dos: Análisis de los modos de fallo</i> .....	15
2.11.3.	<i>Paso tres: Racionalización y revisión de los modos de fallo</i> .....	16
2.11.4.	<i>Paso cuatro: Análisis funcional</i> .....	16
2.11.5.	<i>Paso cinco: Evaluación de los efectos</i> .....	17
2.11.6.	<i>Paso seis: Determinación de las nuevas políticas de mantenimiento</i> .....	18
2.11.7.	<i>Paso siete: Agrupación en rutinas</i> .....	19
2.11.8.	<i>Paso ocho: Aprobación e implementación</i> .....	20
2.11.9.	<i>Paso nueve: Programa dinámico</i> .....	20

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	21
3.1.	<b>Generalidades de la EERSA</b> .....	21
3.1.1.	<i>Área de transporte y mecánica automotriz de la EERSA</i> .....	23
3.1.2.	<i>Dirección de relaciones industriales</i> .....	23
3.1.3.	<i>Recursos necesarios para realizar el mantenimiento</i> .....	24
3.1.4.	<i>Equipos de la empresa a mantener</i> .....	24
3.2.	<b>Evaluación de la gestión del plan de mantenimiento vigente de la empresa</b> .....	24
3.2.1.	<i>Ejecución de la evaluación del plan de mantenimiento</i> .....	25
3.3.	<b>Equipos de la empresa a mantener</b> .....	26
3.4.	<b>Inventario técnico</b> .....	30
3.4.1.	<i>Nivel uno (planta)</i> .....	30
3.4.2.	<i>Nivel dos (área)</i> .....	30
3.4.3.	<i>Nivel tres (máquina)</i> .....	30
3.4.4.	<i>Nivel cuatro (equipos-subsistema)</i> .....	31
3.5.	<b>Estructura de codificación general</b> .....	32
3.6.	<b>Aplicación de la metodología PMO</b> .....	33
3.6.1.	<i>Paso uno: Recopilación de información</i> .....	33
3.6.2.	<i>Paso dos: Análisis de los modos de falla</i> .....	34
3.6.3.	<i>Paso tres: Racionalización y revisión de los modos de fallo</i> .....	35
3.6.4.	<i>Paso cuatro: Análisis Funcional</i> .....	37

3.6.5.	<i>Paso cinco: Evaluación de los efectos</i> .....	38
3.6.6.	<i>Paso seis: Determinación de las tareas de mantenimiento</i> .....	39
3.6.7.	<i>Paso siete: Agrupación y revisión</i> .....	40
3.6.8.	<i>Paso ocho: Aprobación e Implementación</i> .....	45
3.6.9.	<i>Paso nueve: Programa dinámico</i> .....	45
3.7.	<b>Logística de mantenimiento</b> .....	45
3.7.1.	<i>Requerimientos logísticos</i> .....	47
3.7.2.	<i>Nuevo cronograma de actividades</i> .....	49
3.7.3.	<i>Cálculo del recorrido</i> .....	50
3.8.	<b>Capacitación</b> .....	59
3.8.1.	<i>Generalidades</i> .....	59
3.8.2.	<i>Objetivo de la capacitación</i> .....	59
3.8.3.	<i>Estructura y desarrollo</i> .....	59
3.8.4.	<i>Modalidad y recursos de la capacitación</i> .....	60
3.8.5.	<i>Revisión y aprobación</i> .....	60

#### **CAPÍTULO IV**

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	61
4.1.	<b>Estado de la evaluación del plan de mantenimiento</b> .....	61
4.1.1.	<i>Resumen general de la evaluación</i> .....	64
4.2.	<b>Recopilación de datos</b> .....	65
4.3.	<b>Análisis funcional</b> .....	65
4.4.	<b>Evaluación de consecuencias</b> .....	67
4.5.	<b>Resultados del nuevo plan de mantenimiento optimizado</b> .....	67

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	69
--	---------------------------	----

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	70
--	------------------------------	----

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Criterios de ponderación.....	6
<b>Tabla 2-2:</b>	Niveles jerárquicos según ISO 14224: 2016.....	9
<b>Tabla 3-2:</b>	Estructura de codificación.....	10
<b>Tabla 4-2:</b>	Fuentes de información.....	15
<b>Tabla 5-2:</b>	Modelo análisis de los modos de falla.....	15
<b>Tabla 6-2:</b>	Modelo racionalización y revisión de los modos de falla.....	16
<b>Tabla 7-2:</b>	Metodologías para el análisis funcional.....	16
<b>Tabla 8-2:</b>	Tipos de consecuencias.....	18
<b>Tabla 9-2:</b>	Tareas de mantenimiento.....	19
<b>Tabla 10-2:</b>	Procesos de gestión de activos.....	20
<b>Tabla 1-3:</b>	Cargo asignado de la EERSA.....	22
<b>Tabla 2-3:</b>	Personal evaluado.....	24
<b>Tabla 3-3:</b>	Evaluadores.....	25
<b>Tabla 4-3:</b>	Evaluación y calificación al personal administrativo.....	25
<b>Tabla 5-3:</b>	Evaluación y calificación al personal técnico.....	26
<b>Tabla 6-3:</b>	Lista de vehículos livianos.....	26
<b>Tabla 7-3:</b>	Lista de vehículos livianos Chevrolet.....	28
<b>Tabla 8-3:</b>	Lista de vehículos livianos tipo Jeep.....	29
<b>Tabla 9-3:</b>	Lista de vehículos pesados.....	29
<b>Tabla 10-3:</b>	Estructura nivel uno planta.....	30
<b>Tabla 11-3:</b>	Estructura nivel dos (área).....	30
<b>Tabla 12-3:</b>	Estructura nivel tres (máquina) vehículos livianos.....	31
<b>Tabla 13-3:</b>	Estructura nivel tres (máquina) vehículos pesados.....	31
<b>Tabla 14-3:</b>	Estructura nivel cuatro (equipo-subsistema).....	31
<b>Tabla 15-3:</b>	Estructura codificación vehículos livianos.....	32
<b>Tabla 16-3:</b>	Estructura codificación vehículos pesados o especiales.....	32
<b>Tabla 17-3:</b>	Pasó uno, tareas iniciales de la EERSA.....	33
<b>Tabla 18-3:</b>	Análisis modos de falla.....	34
<b>Tabla 19-3:</b>	Revisión de los modos de falla.....	36
<b>Tabla 20-3:</b>	Criterios de evaluación del flujograma de criticidad.....	37
<b>Tabla 21-3:</b>	Análisis funcional de los vehículos pesados.....	38
<b>Tabla 22-3:</b>	Ejemplo de la evaluación de efectos y consecuencias.....	38
<b>Tabla 23-3:</b>	Agrupación de tareas en rutinas.....	40
<b>Tabla 24-3:</b>	Evaluación de los efectos y consecuencias-selección de tareas.....	42

<b>Tabla 25-3:</b>	Frecuencia y responsable que ejecutará la actividad. ....	43
<b>Tabla 26-3:</b>	Frecuencia y responsable que ejecutará la actividad. ....	44
<b>Tabla 27-3:</b>	Logística de mantenimiento.....	46
<b>Tabla 28-3:</b>	Logística de materiales y herramientas. ....	47
<b>Tabla 29-3:</b>	Logística de repuestos.....	48
<b>Tabla 30-3:</b>	Listado de herramientas.....	49
<b>Tabla 31-3:</b>	Nuevo cronograma de actividades.....	50
<b>Tabla 32-3:</b>	Cálculo de recorrido.....	50
<b>Tabla 33-3:</b>	Calculo de los UOPS en vehículo Mazda BT 50.....	52
<b>Tabla 34-3:</b>	Cálculo de los UOPS en vehiculo pesado/Grúa FREIGHTLINER.....	53
<b>Tabla 35-3:</b>	Cálculo de los UOPS brazo hidráulico.....	53
<b>Tabla 36-3:</b>	Plan de mantenimiento preventivo de vehiculos livianos de LA EERSA 2023	54
<b>Tabla 37-3:</b>	Plan de mantenimiento preventivo de vehiculos pesados de la EERSA 2023...	55
<b>Tabla 38-3:</b>	Costos de mantenimiento vehículos livianos.....	56
<b>Tabla 39-3:</b>	Costos de mantenimiento vehículos pesados.....	57
<b>Tabla 40-3:</b>	Costos de mantenimiento vehículos pesados (continuación).....	58
<b>Tabla 41-3:</b>	Generalidades de la capacitación.....	59
<b>Tabla 42-3:</b>	Estructura y desarrollo de la capacitación.....	59
<b>Tabla 43-3:</b>	Personal quien aprueba el proyecto.....	60
<b>Tabla 1-4:</b>	Resultados obtenidos de la evaluación.....	61
<b>Tabla 2-4:</b>	Resultados de la evaluación al personal técnico.....	63
<b>Tabla 3-4:</b>	Resultados de la evaluación al personal administrativo.....	64
<b>Tabla 4-4:</b>	Resultados del análisis funcional parcial.....	66

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustracion 1-2:</b>	Taxonomía según ISO 14224:2016.....	8
<b>Ilustracion 2-2:</b>	Círculo vicioso del mantenimiento .....	12
<b>Ilustracion 3-2:</b>	Relación costo-tiempo beneficio del RCM y PMO.....	13
<b>Ilustracion 4-2:</b>	Diferencia RCM y PMO .....	13
<b>Ilustracion 5-2:</b>	Flujograma de criticidad .....	17
<b>Ilustracion 6-2:</b>	Clasificación de las fallas según el RCM.....	18
<b>Ilustracion 1-3:</b>	Ubicación de la empresa eléctrica Riobamba S.A.....	21
<b>Ilustracion 2-3:</b>	Organigrama de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.....	22
<b>Ilustracion 3-3:</b>	Organigrama de la Dirección de Relaciones Industriales.....	23
<b>Ilustración 1-4:</b>	Resultados de la evaluación al personal técnico .....	63
<b>Ilustración 2-4:</b>	Resultados de la evaluación al personal administrativo .....	63
<b>Ilustración 3-4:</b>	Resumen general de la evaluación .....	64
<b>Ilustración 4-4:</b>	Tareas iniciales .....	65
<b>Ilustración 5-4:</b>	Resultados del análisis funcional parcial .....	66
<b>Ilustración 6-4:</b>	Evaluación de las consecuencias.....	67
<b>Ilustración 7-4:</b>	Resultados del nuevo plan de mantenimiento .....	68

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN
- ANEXO B:** PREGUNTAS Y ATRIBUTOS DEL FLUJOGRAMA DE CRITICIDAD
- ANEXO C:** ANÁLISIS FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS CRÍTICOS
- ANEXO D:** DIAGRAMA DE DECISION DEL RCM
- ANEXO E:** PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO VEHÍCULOS LIVIANOS
- ANEXO F:** PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VEHÍCULOS PESADOS  
DE LA EERSA 2023

## RESUMEN

El presente trabajo técnico tuvo como objetivo mejorar el plan mantenimiento aplicando la metodología de la optimización del plan de mantenimiento, para el parque automotor de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. Se utilizó la metodología efectiva porque racionaliza el mantenimiento preventivo (PM) y genera un valor agregado para la gestión del mantenimiento, se ordenó la información de documentos técnicos, historiales de fallos, planes de mantenimiento y manuales de operación de la flota vehicular mediante recolección, análisis y clasificación de datos técnicos inherentes al funcionamiento y mantenimiento. Luego se analizó los fallos funcionales, consecuencias y funcionamiento para formular tareas de mantenimiento por cada grupo de equipos, también se diseñó el plan de mantenimiento preventivo optimizado mediante la agrupación, priorización y dimensionamiento de las nuevas tareas de mantenimiento, con el análisis funcional de criticidad para determinar los sistemas críticos donde se evalúa las consecuencias de fallo designando la tarea adecuada para cada modo de falla en relación a sus consecuencias. Como resultado se obtuvo del nuevo plan optimizado conformado por 56 tareas para su flota vehicular, luego de haber optimizado el plan de mantenimiento se puede apreciar que el nuevo plan está estructurado por un total de 46 tareas, es decir esta reducción del 17.86% se debe a que en el plan vigente hubo la existencia de tareas repetitivas y tareas ineficaces. Además, se puede decir que la evaluación del plan de mantenimiento vigente en el área alcanzo un promedio general de 67%. Concluyendo que a través de la implementación de propuestas o acciones correctivas se podrá aumentar la eficiencia y eficacia de la planificación y programación del mantenimiento. Y se recomienda aplicar el nuevo el plan de mantenimiento para poder distribuir correctamente el tiempo, y que no se acumulen las tareas de mantenimiento en los diferentes vehículos.

**Palabras clave:** <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO (PMO) >, <MODOS DE FALLA>, <FLOTA VEHICULAR>, <ANÁLISIS DE CRITICIDAD>.

1135-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The objective of this technical work was to improve the maintenance plan by applying the maintenance plan optimization methodology for the automotive fleet at Empresa Eléctrica Riobamba S.A. The effective methodology was used because it rationalizes preventive maintenance (PM) and generates added value for maintenance management, the information from technical documents, failure histories, maintenance plans and operation manuals of the vehicle fleet was ordered through collection, analysis and classification of technical data inherent to operation and maintenance. Then the functional failures, consequences and operation were analyzed to formulate maintenance tasks for each group of equipment, the optimized preventive maintenance plan was also designed by grouping, prioritizing and dimensioning the new maintenance tasks, with the criticality functional analysis. to determine the critical systems where the consequences of failure are evaluated, designating the appropriate task for each failure mode in relation to its consequences. As a result, it was obtained from the new optimized plan made up of 56 tasks for its vehicle fleet, after having optimized the maintenance plan it can be seen that the new plan is structured by a total of 46 tasks, that is, this reduction of 17.86% is due because in the current plan there was the existence of repetitive tasks and ineffective tasks. In addition, it can be said that the evaluation of the current maintenance plan in the area reached a general average of 67%. Concluding that through the implementation of proposals or corrective actions, the efficiency and effectiveness of maintenance planning and programming can be increased. And it is recommended to apply the new maintenance plan to be able to correctly distribute the time, and that the maintenance tasks in the different vehicles do not accumulate.

**Keywords:** <MAINTENANCE PLAN> <MAINTENANCE PLAN OPTIMIZATION (PMO)>  
<FAILURE MODES> <CONSEQUENCES OF FAILURE> <VEHICLE FLEET>  
<CRITICALITY ANALYSIS>.



**Lic. Sandra Paulina Porrás Pumalema**

**C.I. 060335706-2**



## **INTRODUCCIÓN**

La tecnología en la industria se ha desarrollado gracias a la investigación en favor de la sociedad, como el caso de la industria automotriz con un crecimiento vehicular del 57%, según el censo ecuatoriano ((INEC) 2017). Sin embargo, según publicaciones en medios nacionales de alto prestigio como (EL COMERCIO 2019) en el Ecuador se encuentran circulando alrededor del 32% de vehículos con más de 12 años de antigüedad, los cuales podrían estar obsoletos bajo la gestión pública o privadas.

Según fabricantes especializados como (VOLKSWAGEN 2019) dicen para que un automóvil tenga buenas condiciones en su desempeño por un tiempo prolongado, requiere de varios procesos de mantenimiento que aseguran evitar o mitigar fallos en los automotores, logrando una prevención de incidentes antes de que estos ocurran. (VOLKSWAGEN 2019)

EL presente trabajo ha sido desarrollado en la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.(EERSA), que ha tenido un crecimiento en diferentes áreas y departamentos, uno de ellos es el de mantenimiento. De la misma manera su flota vehicular ha obtenido un aumento progresivo, con la finalidad de brindar servicios en todos los requerimientos que la institución presenta.

En la actualidad la EERSA cuenta con una flota vehicular de número considerable con vehículos livianos, pesados y equipo camionero, situación por la que es necesario mejorar el plan de mantenimiento, aplicando la metodología de la optimización del plan de mantenimiento, con la finalidad de aprovechar los recursos adquiridos por la empresa y así obtener actividades de mantenimiento eficientes que conllevan a un perfecto estado de todos los vehículos de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. y por consecuencia se realizará de manera satisfactoria todas las actividades designadas.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

La Empresa Eléctrica Riobamba S.A, Localizada en Ecuador en la provincia de Chimborazo, es referente a nivel nacional en el suministro el servicio público de energía eléctrica en todas las áreas con una alta calidad y efectividad, aportando al cuidado del medio ambiente y contribuyendo al desarrollo socioeconómico de la ciudad. ((EERSA) 2017).

La Empresa Eléctrica Riobamba S.A, en el intento de cumplir con su objetivo de generar, distribuir y comercializar energía eléctrica, ha creado varias áreas de mantenimiento que trabajan conjuntamente, con una sola finalidad que es el de velar por el servicio en el suministro de energía, con la implementación de alta tecnología y un buen rendimiento del talento humano capacitado.

La EERSA cuenta con una flota vehicular de 139 unidades divididas en dos grupos que son los pesados (grúas, canastas, volquetes, y montacargas), y livianos (tipo todoterreno, camionetas), que son utilizados para el transporte de personal, equipos, maquinaria y herramientas, y dar cumplimiento con las actividades de mantenimiento preventivo, correctivo del tendido eléctrico.

Una de las áreas importantes es el taller automotriz, en donde se realizan las actividades de mantenimiento preventivas y correctivas de toda la flota vehicular. Actividades desempeñadas con la finalidad de que todos los vehículos se encuentren en óptimas condiciones para las distintas actividades designadas. Pero, en la actualidad al no contar con un plan eficiente de mantenimiento provoca una baja disponibilidad vehicular lo que conlleva a problemas en el servicio de mantenimiento del tendido eléctrico y retraso en el cumplimiento de los objetivos de la EERSA.

#### 1.2. Planteamiento del problema.

La Empresa Eléctrica Riobamba S.A, en el cumplimiento de generar, distribuir y comercializar energía eléctrica, con la aplicación de tecnología de punta y mano de obra especializada ha creado departamentos encargados de las funciones de mantenimiento.

Entre los departamentos de mantenimiento se encuentra el área de mantenimiento vehicular (Talleres), mismo que es encargado de realizar distintas actividades para obtener un correcto funcionamiento y una buena predisposición de la flota vehicular.

En la actualidad existe un programa de mantenimiento vigente pero no cuenta con una correcta planificación en lo referente a la logística de mantenimiento. Por consiguiente, los vehículos tienen baja disponibilidad de 78%, debido a que el taller de la Empresa Eléctrica Riobamba no cuenta con un plan de mantenimiento que este elaborado de forma correcta, donde consta los requerimientos como materiales y repuestos, lo que provoca grandes tiempos en la compra de los repuestos de manera individual por lo que se va a realizar una mejora optimización del plan de mantenimiento PMO.

El presente trabajo busca mejorar el cronograma de actividades actual que posee el área de mantenimiento, mediante la implementación de la metodología PMO, para evitar que a futuro se presenten fallos imprevistos en los vehículos y así cumplir con todas las actividades designadas a la flota vehicular.

### **1.3. Justificación y actualidad**

La conformidad de los habitantes de una nación puede considerarse por el acceso a los servicios básicos que se ofrece. La Empresa Eléctrica Riobamba S.A. tiene por objetivo el de suministrar el servicio de energía eléctrica a la provincia de Chimborazo.

El Gobierno Nacional con la implementación del Plan Nacional del Buen Vivir, que va de la mano con el cambio de la matriz productiva ha realizado cambios en la matriz energética, impulsando principalmente a la formación de fuentes de energía renovable.

Estas políticas gubernamentales se han direccionado en políticas intersectoriales y sectoriales, siendo parte de estas la EERSA, que comprometida con el plan estratégico y alineada a los objetivos nacionales ha logrado establecer un buen servicio en el sector, con una cantidad de población atendida de alrededor de 472 436 habitantes.

Este incremento realmente considerable de usuario ha llevado consigo nuevos objetivos entre ellos la formación de nuevos departamentos que ayudan al buen funcionamiento de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. Entre los departamentos se considera al área de mantenimiento automotriz (Talleres), encargado del mantenimiento preventivo y correctivo vehicular, además de asegurar el buen funcionamiento de los automotores para cumplir con todos los servicios que la EERSA planifica.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Mejorar el plan mantenimiento aplicando la metodología de la optimización del plan de mantenimiento, para el parque automotor de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

Evaluar la gestión del plan de mantenimiento vigente de la empresa.

Realizar el inventario jerárquico de cada unidad móvil, levantamiento fotográfico, manuales y características técnicas de cada vehículo.

Elaborar el nuevo plan de mantenimiento utilizando la metodología del PMO

Definir la logística necesaria para cada tarea de mantenimiento del nuevo plan.

Capacitar al personal de mantenimiento en el nuevo plan

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Evaluación de la gestión del plan de mantenimiento vigente de la empresa

Una evaluación dentro del dominio del mantenimiento se puede definir como un proceso sistemático, independiente y documentado para determinar en qué medida se han cumplido los criterios que se van a evaluar (ISO 19011, 2018, Carrillo, 2021: p.7). La evaluación de la gestión del mantenimiento contempla las fases de implementación, evaluación, calificaciones del cuestionario y análisis de los resultados.

Para evaluar la situación del plan de mantenimiento actual, se elabora un cuestionario, dirigida al personal técnico y administrativo del taller automotriz. Estas preguntas permiten evaluar criterios relacionados con; órdenes de trabajo, repuestos, materiales, tiempos de ejecución, manejo de inventarios, análisis de modos de falla, documentación técnica, planificación de mantenimiento, herramientas y equipos de protección personal, como se detalla en el siguiente listado.

Listado de preguntas de evaluación al personal administrativo

1. ¿Existe un plan de mantenimiento preventivo? ¿Para la maquinaria pesada?
2. ¿El plan de mantenimiento cuenta con rutinas programadas?
3. ¿Se cuenta con el número necesario de personas para la gestión de mantenimiento?
4. ¿Se encuentran codificados los activos para el área de mantenimiento?
5. ¿Se supervisan el mantenimiento externo?
6. ¿Cuentan con un formato de solicitud de trabajo?
7. ¿Cuenta con un formato de OT correctivas?
8. ¿Cuenta con un formato de OT preventivas?
9. ¿Cuenta con un formato de permisos de trabajo?
10. ¿Cuenta con un formato de solicitud de repuestos y materiales?
11. ¿Se realizan capacitaciones oportunas al personal técnico?
12. ¿Existe un control de inventario de bodega?
13. ¿Se elabora un listado de repuestos mínimos para bodega?

Listado de preguntas de evaluación al personal técnico

1. ¿Se ejecuta todo lo programado en el plan de mantenimiento

2. ¿Practican mantenimiento autónomo
3. ¿Se registra las tareas formales e informales realizadas?
4. ¿Tienen un modelo de registro de historial de falla?
5. ¿Se analizan los modos de falla de la maquina pesada?
6. ¿Se supervisan el mantenimiento externo?
7. ¿Las tareas ejecutadas son en base a especificaciones técnicas?
8. ¿Cuentan con las herramientas y equipos necesarios para la ejecución de tareas de mantenimiento?
9. ¿Cuentan con el número de personas necesario para realizar tareas de mantenimiento?
10. ¿Se realizan las actividades con equipo de protección adecuada y la seguridad que amerita?

### 2.1.1. Criterios de ponderación de evaluación del plan de mantenimiento

Para esta evaluación, es necesario definir los niveles de referencia que permitan una identificación válida y estandarizada de todos los resultados, en la tabla 1-2 se detalla los criterios de ponderación del plan de mantenimiento

**Tabla 1-2:** Criterios de ponderación

Calificación	Valoración	Códigos de colores
>80% y ≤100%	Excelente	
>60% y ≤80%	Bueno	
>50% y ≤60%	Poco aceptable	
≤50%	No aceptable	

Fuente: (Capelo 2017).

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

En la ejecución de cálculos para los criterios de la ponderación se propone la fórmula de la media aritmética y la media ponderada.

#### 2.1.1.1. Media aritmética

La media aritmética es la medida de tendencia central más conocida, familiar a todos nosotros y de mayor uso, también es fácil de calcular, ya sea de datos no tabulados (datos simples) como de datos tabulados (datos agrupados). Sin embargo, la media aritmética es el valor obtenido sumando todas las observaciones y dividiendo el total por el número de observaciones que hay en el grupo. Por lo tanto, la media resume en un valor las características de una variable teniendo en cuenta todos los casos y solo puede utilizarse con variables cuantitativas. Además, la media aritmética

simple toma cada uno de los datos como un punto medio o marca de clase. (Anon n.d.) Como se indica en la formula siguiente.

$$\text{Media aritmética } (X) = \frac{\sum Y_i}{N} \quad (1)$$

De donde:

X = media aritmética

$Y_i$  = Representa los valores de la variable o valores a promediar

$\Sigma$  = Es la letra griega sigma, y se lee suma o sumatoria

N = Es el número total de casos o número de valores a promediarse.

#### 2.1.1.2. *Media ponderada*

Una media ponderada (X) es una media o promedio de cantidades a las que se ha asignado una serie de coeficientes, llamados pesos, para tener en cuenta adecuadamente su importancia relativa. (Inga Karim Paz n.d.) Como se indica en la formula siguiente.

$$\text{Media aritmética } (X) = \frac{\sum n_i y_i}{N} \quad (2)$$

X = media aritmética ponderada

$\Sigma$  = Es la letra griega sigma, y se lee suma o sumatoria =

$y_i$  = Representa los valores de la variable o valores a promediar

$n_i$  = Frecuencia

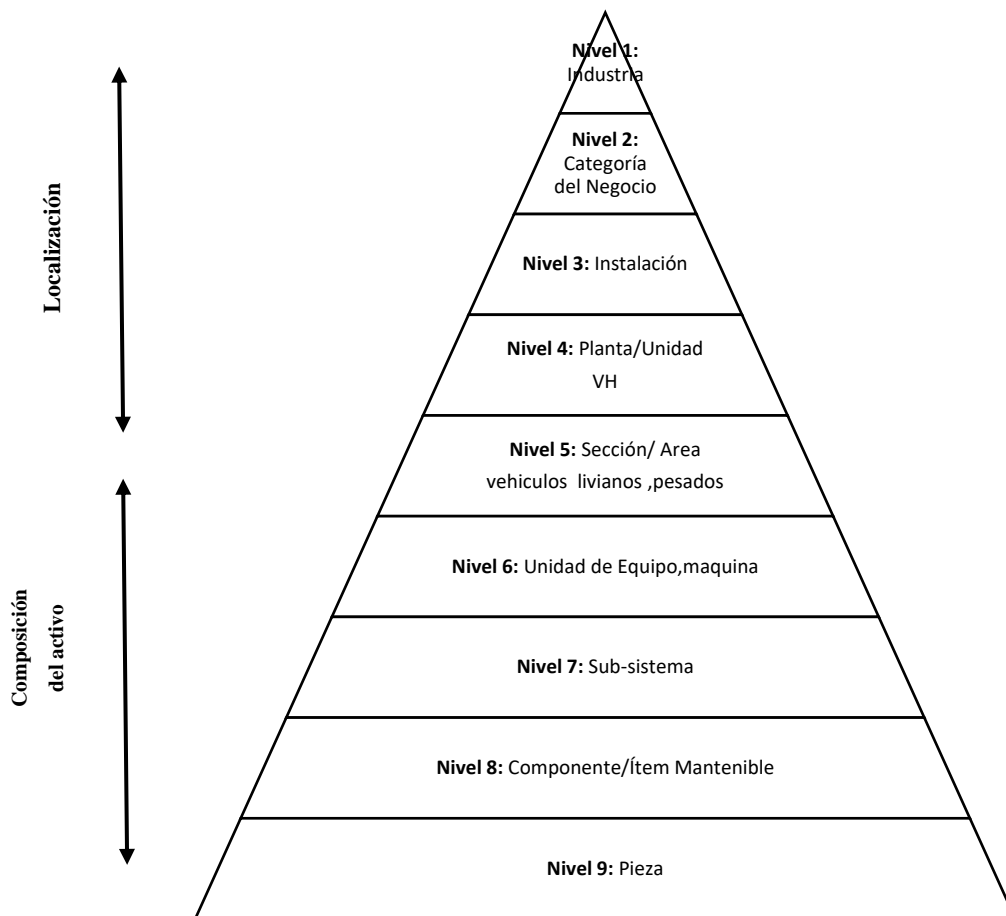
N = Es el número total de casos o número de valores a promediarse.

## 2.2. **Inventario técnico jerárquico**

Un inventario técnico es la información detallada de los equipos de forma estructurada y jerarquizada (dividida en niveles), obtenida y respaldada por documentos como manuales, catálogos, fichas técnicas, planos y datos técnicos, es apta para todo tipo de empresas, también debe ser actualizado. Con esta información documentada facilita organizar, categorizar y elaborar planes de mantenimiento. Según la norma (ISO 14224 and The British Standards Institution 2016, p 39) se dividen en 9 niveles, donde los niveles 1 a 5 están relacionados con el tipo de industria y los niveles 6 a 9 están directamente relacionados con el tipo de equipo.

Nivel 1: Industria

- Nivel 2: Categoría del Negocio
- Nivel 3: Instalación
- Nivel 4: Planta/Unidad
- Nivel 5: Sección/ Sistema
- Nivel 6: Unidad de Equipo
- Nivel 7: Sub-unidad
- Nivel 8: Componente/Ítem Mantenible
- Nivel 9: Pieza



**Ilustración 1-2:** Taxonomía según ISO 14224:2016

**Fuente:** Norma ISO 14224: 2016

**Realizado por:** Cando J. & Morán I., 2023.

Para realizar este inventario técnico de activos se establecen cuatro niveles de análisis, desde el nivel uno planta hasta el nivel cuatro sub sistema. La tabla 3-2 muestra de forma categórica, nivel, jerarquía y definición.



**Tabla 2-2: Niveles jerárquicos según ISO 14224: 2016**

Categoría principal	Nivel	Jerarquía	Definición	Ejemplos
Localización	1	Categoría de planta	Tipo de planta (Vehículos)	
	2	Área	Área/Sistema principal vehículos livianos, pesados	Canastas, volquetes, grúas, camionetas.
Composición del activo	3	Clase de Equipo o maquina	Clase de equipos similares. Cada clase de equipo contiene unidades como motor de combustión interna	Motor combustión interna, motor a diésel motor hidráulicos, bombas hidráulicas. Compresores de brazos hidráulicos
	4	Subsistema	Sistema de transmisión capacidad necesario para la función del equipo.	Sub-unidad sistema de transmisión, sistema de lubricación, sistema de frenos, sistema eléctrico, sistema hidráulico.

Fuente: Norma ISO 14224: 2016

Realizado por: Cando J. & Morán I., 2023.

### 2.3. Estructura de codificación

Los códigos son componentes que identifican y ubican cada equipo distribuido en la empresa, permiten elaborar un histórico de fallas e intervenciones, calcular indicadores involucrando áreas, equipos, sistemas, elementos y control de costos. (García, 2003, p.13)

Existen dos formas básicas para elaborar una codificación:

- Sistemas de codificación no significativos. - Son un sistema de asignación de un número o código relacionado a cada dispositivo, compuesto por cuatro dígitos, de forma simplificada. De esta manera, una fábrica o empresa puede codificar en su mayor parte, pero el número o código no brinda ninguna información adicional ya que no ayuda a identificar la ubicación del equipo. (García, 2003, p.13)
- Sistemas de codificación significativos o inteligentes. – El código asignado brinda información valiosa, el tipo de dispositivo, la zona en la que se encuentra, la familia a la que pertenece, la dificultad de agregar más información aumenta el tamaño del código. (García, 2003, p.13)

#### 2.3.1. Codificación

La codificación se realiza en orden alfabético y numérico, para el nivel I planta se asignó las letras (VH) de la palabra vehículos, el nivel II área divididos en dos grupos, vehículos livianos (VL) y vehículos pesados (VP) o especiales, el nivel III maquina se toma como referencia el número asignado por la EERSA a cada vehículo, para el nivel IV subunidad se toma en cuenta el tipo de familia a la pertenece el subsistema estos pueden ser, mecánicos (M), eléctricos (E),

electrónicos/instrumentación (I), civiles (C), dos letras para tipo de subsistema, motor combustión interna (MC)

División de equipos:

Vehículo Liviano (VL): camionetas doble cabina y Jeep todo terreno.

Vehículos Pesados (VP): volqueta, grúas, canastas, montacargas.

**Tabla 3-2:** Estructura de codificación

Estructura de codificación										
V	H	V	L	1		M	M	C	0	1
Nivel I		Nivel II		Nivel III			Nivel IV			
Planta		Área		Sistema/máquina			Sub-unidad			

Realizado por: Cando, J. & Morán I, 2023.

### 2.3.2. Nivel uno (planta)

Lugar o localidad al cual pertenece el equipo o centro donde se desarrolla el trabajo. (Escobar & Flores 2018, p. 14-15)

### 2.3.3. Nivel dos (área)

Es una parte de la planta, en la cual el equipo está ubicado. (Escobar & Flores 2018, p.14-15)

### 2.3.4. Nivel tres (máquina-sistema)

Son sistemas o maquinas que están dentro del área el cual cumple su función. (Escobar & Flores, 2018, p.14-15)

### 2.3.5. Nivel cuatro (equipo-subunidad)

Son componentes que conforman a un sistema se los puede clasificar en eléctricos, mecánicos, civiles, de seguridad, informáticos. (Escobar & Flores, 2018, p.14-15)

## **2.4. Plan de mantenimiento**

El plan de mantenimiento es conceptualizado según la norma (UNE EN 13306, 2018 pág. 7) como “el conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen actividades, procedimientos, recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento.

Para realizar el plan de mantenimiento se utiliza tres métodos como son

- Catálogos
- Protocolos genéricos
- Mantenimiento Centrado en la confiabilidad

## **2.5. Metodología optimización del plan de mantenimiento PMO**

Según la Real Academia de España (2018), define el término optimización como encontrar la mejor manera de realizar la actividad requerida.

Cuando se habla de optimización se está evaluando las condiciones en las que se encuentra la planta, asumiendo costos de mantenimiento, riesgos y resultados a alcanzar.

Al contar con un programa de análisis procesable, los empleados pueden comprender fácilmente cómo optimizar cualquier proceso de mantenimiento, comenzando con el plan de mantenimiento existente de la empresa para comprender sus debilidades y mejorar a través de la optimización.

## **2.6. Optimización del plan de mantenimiento PMO**

El PMO es una metodología de mantenimiento que posee una serie de pasos que están adecuadamente fundamentados, la cual es vista según las organizaciones como una alternativa de la implementación del RCM debido a su complejidad durante su ejecución; que trabajara en conjunto con la confiabilidad, la cual es una función impulsora de los negocios en el mejoramiento de las industrias, siendo un aporte valioso asociado al negocio, que contribuye a la productividad y desempeño de los activos. (OMCS Latin America, 2010)g

El dilema del personal de mantenimiento que se enfrenta cada día consiste en que son gestores, que aisladamente deben mejorar la confiabilidad dentro de las organizaciones, disponiendo escasamente de recursos suficientes para mantener las plantas en funcionamiento. (OMCS Latin America, 2010).

## 2.7. Círculo vicioso del mantenimiento

El mantenimiento es un dilema para las empresas, ya que deben mejorar la confiabilidad de los activos donde los recursos para mantener las fábricas en funcionamiento son escasos. Los escasos recursos de mantenimiento se asignan cuantitativamente, las fallas se consumen y el mantenimiento preventivo se ve perjudicado, lo que inevitablemente conduce a una mayor frecuencia de fallas, lo que genera un círculo vicioso de mantenimiento, como se muestra en la figura 1-2 (Turner, 2009, p.2)



### **Ilustración 2-2:** Círculo vicioso del mantenimiento

**Fuente:** (Turner 2009)







**Realizo por:** Cando J. & Morán I, 2023.

Según (Turner, 2009, p.2) El círculo vicioso gradualmente se alimenta a si mismo llevando a las organizaciones a ser casi totalmente reactivas.

## 2.8. Características de la metodología del PMO

- El RCM considera todos los modos de falla posibles.
- PMO no considera fallas intrascendentes.
- Con el PMO los modos de fallas se unen y se determina una sola conclusión.
- RCM estudia por separado cada modo de falla.

Otra de las características es el costo beneficio como se muestra en la figura 2-2

	Costos	Tiempo	Beneficios
<b>RCM Convencional</b>			
<b>PM Mejoramiento</b>			

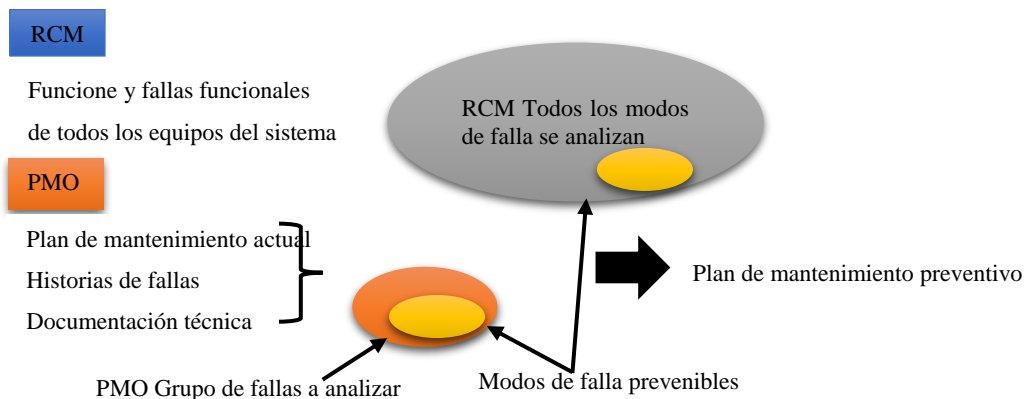
**Ilustración 3-2:** Relación costo-tiempo beneficio del RCM y PMO

Fuente: (Turner 2009)

Realizo por: Cando J. & Morán I, 2023.

## 2.9. Diferencia RCM y PMO

El RCM y PMO son dos metodologías de mantenimiento completamente diferentes pero que tiene como finalidad el cumplimiento de un mismo objetivo; el cual es definir los requerimientos del departamento de mantenimiento. Se puede decirse que RCM es aplicado al desarrollar inicial del plan de mantenimiento y PMO se utiliza cuando el plan de mantenimiento se encuentra en función.



**Ilustración 4-2:** Diferencia RCM y PMO

Fuente: (OMCS Latin America, 2010).

Sin embargo, la diferencia principal del RCM y PMO reside en la forma en que se generan los modos de falla

RCM genera una lista de modos de falla a través de un análisis riguroso de todas las funciones, después de considerar todas las fallas funcionales posibles y evaluar los modos de falla asociados

con cada falla funcional. RCM está diseñado para analizar todos los modos de falla de cada dispositivo en el sistema a analizar. (Turner 2009, p. 20)

PMO genera una lista de modos de falla en función de los programas de mantenimiento actuales, las evaluaciones del historial de fallas y las revisiones de la documentación técnica. (Turner 2009, p. 20)

Además, estas dos orientaciones es que PMO maneja una cantidad mucho menor de modos de falla que RCM y puede ingresar a modos de falla más rápido. (Turner 2009, p. 20)

La metodología tradicional de los departamentos de mantenimiento en muchas plantas, parte de la creación de tareas de mantenimiento, aumento injustificado de áreas innecesarias; los requerimientos de mantenimiento y órdenes de trabajo preventivas exceden los recursos disponibles, el mantenimiento correctivo consume más horas hombre de las que son necesarias, desperdiciando recursos y tiempos que se pueden utilizar en otras tareas de gran importancia.

## **2.10. Beneficios del PMO**

El comportamiento de falla de los equipos está determinado por el uso adecuado de los recursos disponibles de la empresa, eliminando los modos de falla y las paradas no planificadas, lo que aumentará la disponibilidad de los equipos y por ende reducirá las horas hombre (García, 2011 pág. 18)

## **2.11. Implementación del PMO.**

Para la implementación de la optimización del mantenimiento preventivo se recomienda las siguientes actividades:

- a) Recopilación de tareas
- b) Análisis de modo de fallos
- c) Racionalización y revisión de los modos de fallo
- d) Análisis funcional Evaluación de los efectos
- e) Determinación de las nuevas políticas de mantenimiento
- f) Agrupación en rutinas
- g) Aprobación e implementación
- h) Programa dinámico
- i) Logística de mantenimiento

### 2.11.1. Paso uno: Recopilación de tareas

La metodología “PMO” comienza por recolectar toda la información necesaria referente a las tareas de mantenimiento que se deben realizar en el activo, indistintamente si las tareas se encuentran registradas en el plan de mantenimiento. La información que debe ser recolectada es: la descripción de las tareas de mantenimiento, la frecuencia de ejecución y el técnico responsable. Para ello el planificador puede utilizar las siguientes fuentes de información que se detalla en la tabla 4-2. (Olmedo, 2019, p.12).

**Tabla 4-2:** Fuentes de información

Fuente	Descripción
Procedimientos estándar de operación	Información necesaria de tareas que se presentan en operación
Manuales de fabricantes	Proporcionan una guía recomendable de como ejecutar las tareas de mantenimiento de un activo
Programación de contratistas	Los proveedores de servicio cuentan con experiencia en áreas especiales de mantenimiento, además de poseer tecnología que facilitan el trabajo
Administración de Mantenimiento	Datos e información que puede ser obtenida de un software de mantenimiento
Rondas de operación	Los operarios inspeccionan el activo buscando la detección de fallas
Rondas de monitoreo por condición	Todas las tareas de mantenimiento basado en condición realizadas con personal externo e interno
Memoria y tradición	Tareas que se ejecutan frecuentemente
Rondas de lubricación	Tareas de lubricación en puntos establecidos

Fuente: (Carlos / Holguín, 2012)

Realizado por: Cando J. & Morán I, 2023.

### 2.11.2. Paso dos: Análisis de los modos de fallo

En esta etapa se realiza una identificación y análisis de todos los modos de falla que se están tratando de evitar o eliminar mediante las tareas de mantenimiento iniciales. (Ponce, 2018, p.32). La siguiente tabla muestra un ejemplo de cómo organizar dicha información.

**Tabla 5-2:** Modelo análisis de los modos de falla

Descripción de tarea	Frecuencias	Técnico responsable	Modo de fallas
Tarea 1	Diario	Operario	Falla A
Tarea 2	Diario	Operador	Falla B
Tarea 3	6 meses	Instalador	Falla C
Tarea 4	6 meses	Instalador	Falla A
Tarea 5	Anual	Electricista	Falla B
Tarea 6	Semanal	Operador	Falla C

Fuente:(Turner 2009)

Realizado por: Cando J. & Morán I, 2023.

### 2.11.3. Paso tres: Racionalización y revisión de los modos de fallo

Una vez obtenido el listado de los modos de fallo, se procede a realizar una revisión de los mismos, esto consiste en organizar y estandarizar el detalle de cada modo de falla con el fin de identificar tareas repetitivas que estén atacando un mismo modo de falla, como se observa en la tabla 6-2.(Ponce, 2018, p.32)

**Tabla 6-2:** Modelo racionalización y revisión de los modos de falla

Descripción de tarea	Técnico responsable	Modo de fallas
Tarea 1	Operario	Falla A
Tarea 2	Instalador	Falla A
Tarea 3	Mecánico	Falla A
Tarea 4	Operador	Falla B
Tarea 5	Electricista	Falla B
Tarea 6	Instalador	Falla C
.....	Operador	Falla C
Nuevo modo de falla		Falla D

Fuente:(Turner 2009)

Realizado por: Cando J. & Morán I, 2023.

### 2.11.4. Paso cuatro: Análisis funcional

En este paso se identificó a los equipos críticos en función del impacto global que tienen sobre el mantenimiento, con el objetivo de tomar decisiones de manera fácil y óptima. El análisis funcional cualitativo que permite fijar prioridades en sistemas con alta complejidad, a la vez ayuda a administrar recursos escasos y determina el impacto en la organización. (Parra, C & Crespo, A; 2012). Para realizar dicho análisis existen varias metodologías, las mismas se detallan en la siguiente tabla

**Tabla 7-2:** Metodologías para el análisis funcional

TIPO	METODOLOGÍA
CUALITATIVA	Método del flujograma de análisis de criticidad
SEMICUANTITATIVA	Criticidad total por riesgo CTR
	Matriz de criticidad por riesgo MCR
CUANTITATIVA	Proceso de análisis jerárquico AHP

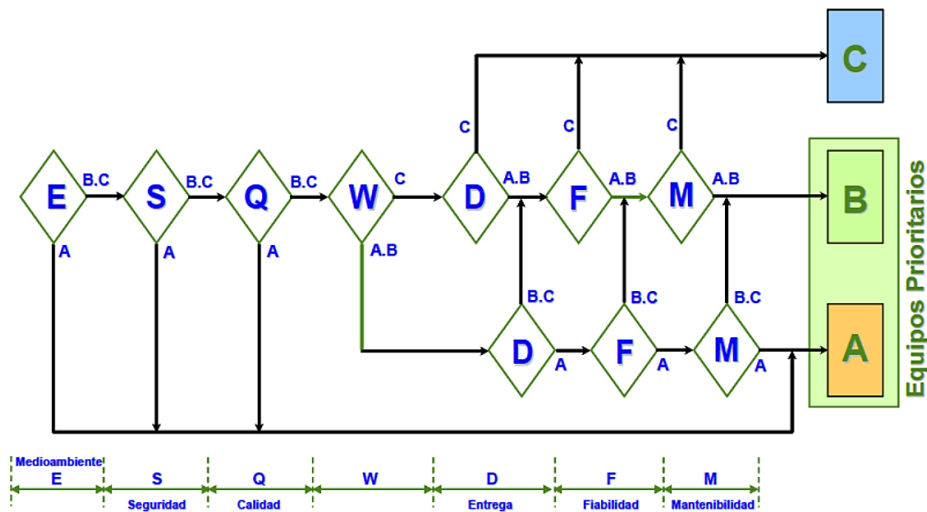
Fuente: (Parra, C; Crespo, A: 2012)

Realizado por: Cando J. & Morán I, 2023.

*Método del flujograma de análisis de criticidad.* - La metodología consiste en realizar un análisis totalmente cualitativo, sobre el cual se va siguiendo de forma secuencial un flujograma (ver gráfico 2-2), mientras el equipo que realiza el análisis va contestando una serie de preguntas agrupadas en distintos atributos (ver anexo), siendo el resultado una clasificación de los sistemas en 3 niveles que son: A, B y C; siendo A los sistemas de mayor criticidad, B de media criticidad



y por último C el de menor criticidad. Los atributos analizados son: E (medio ambiente), S (seguridad), Q (calidad), W (tiempo de trabajo), D (entrega), F (fiabilidad) y M (mantenibilidad).



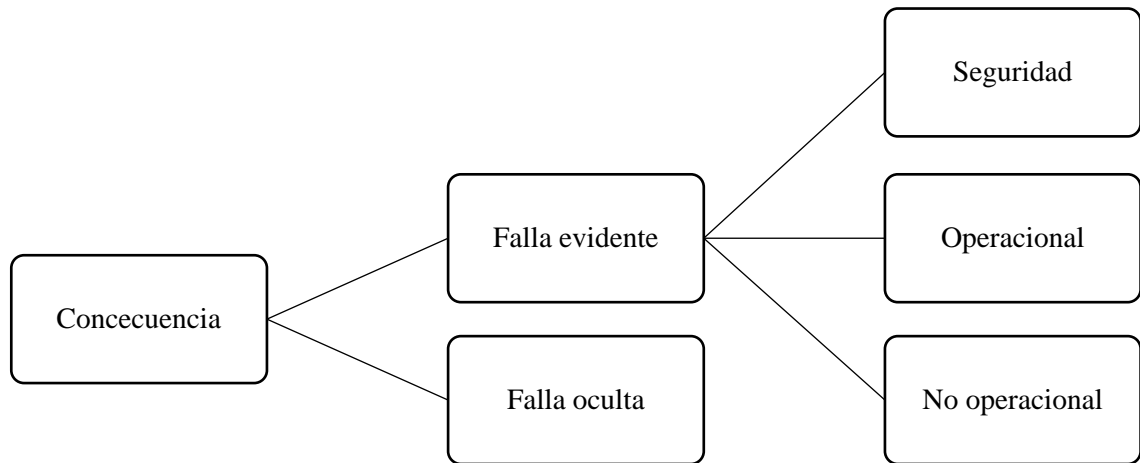
**Ilustración 5-2:** Flujograma de criticidad

Fuente: (Parra, C; Crespo, A: 2012)

### 2.11.5. Paso cinco: Evaluación de los efectos

En este punto se realiza una evaluación de cada modo de fallo para determinar si los fallos en caso de suceder son evidentes u ocultos. Para los fallos clasificados como evidentes se debe proceder a evaluar las consecuencias de los modos de falla para definir el impacto que tienen sobre el mantenimiento. Estas consecuencias se clasifican en consecuencias operacionales y no operacionales (costos de la reparación). Para realizar este análisis se puede hacer uso del diagrama de decisión de la metodología “RCM” (ver anexo E). (Mayorga et al. n.d, 2019, p.15)

El gráfico 3-2 indica la clasificación de los efectos según la falla de acuerdo al RCM.



**Ilustración 6-2:** Clasificación de las fallas según el RCM

**Fuente:** (Moubray, J, 2004)

**Realizado por:** Cando J. & Morán I, 2023.

La tabla 8-2 muestra los tipos de consecuencias obtenidos del diagrama de decisión del RCM.

**Tabla 8-2:** Tipos de consecuencias

Descripción de tarea	Técnico responsable	Modo de fallas	Función requerida	Consecuencias
Tarea 1	Operario	Falla A	Función 1	Operacional
Tarea 4	Instalador	Falla A		No operacional
Tarea 7	Mecánico	Falla A		Seguridad
Tarea 2	Operador	Falla B	Función 1	Ocultas
Tarea 5	Electricista	Falla B		
Tarea 3	Instalador	Falla C	Función 2	
Tarea 6	Operador	Falla C		
		Falla D	Función 1	

**Fuente:** (Turner, 2009)

**Realizado por:** Cando J. & Morán I, 2023.

### 2.11.6. Paso seis: Determinación de las nuevas políticas de mantenimiento

Según (Turner, 2009, p.11) este paso está basado en los principios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, en las que luego de la evaluación de las consecuencias se continúa analizando las mismas mediante el diagrama de decisión del RCM hasta llegar a establecer las nuevas políticas de mantenimiento. Al establecer nuevas políticas de mantenimiento se debe considerar lo siguiente:

- Los elementos del programa actual de mantenimiento que son costos efectivos y los que no lo son, estos últimos deben eliminarse.

- Que tareas serían más efectivas y menos costosas si fueran basadas en condición, en lugar de llevarlas a falla y viceversa.
- Que tareas no aportan beneficios y deben ser eliminadas del programa.
- Que tareas serían más efectivas si se realizaran bajo diferentes rutinas.
- Que fallas se manejarían mejor por medio del uso de tecnología avanzada o simple.
- Qué tipo de información se debe recolectar para predecir mejor el comportamiento del equipo durante su ciclo de vida.

Definidas las políticas de mantenimiento que se va a aplicar es de suma importancia también establecer la frecuencia, esto se realiza mediante un análisis de vida del componente o revisando manuales del fabricante, experiencia de los técnicos y plan de mantenimiento vigente. En la tabla 9-2 se observa cómo organizar las nuevas tareas de mantenimiento.(BSG 2017)

**Tabla 9-2:** Tareas de mantenimiento

Modo de fallas	Función requerida	Consecuencias	Política	Frecuencia
Falla A	Función 1	Operacional	Inspección	Diaria
Falla A				
Falla A				
Falla B	Función 1	Operacional	No PM	
Falla B				
Falla C	Función 2	Ocultas	Pruebas	Anual
Falla C				
Falla D	Función 1	No operacional	Inspección	Semanal

Fuente: (Turner 2009)

Realizado por: Cando J. & Morán I, 2023.

### **2.11.7. Paso siete: Agrupación en rutinas**

Al contar con la lista definida de las tareas, el siguiente paso es agruparlas en rutinas, ya sea según la frecuencia de ejecución o si es realizada por el mismo especialista, con la finalidad de conformar rutinas de mantenimiento más eficientes y efectivas. (CMMS 2020)

En este paso existe el traspaso de responsabilidades en el cumplimiento de las tareas del plan de mantenimiento entre los expertos de mantenimiento y los operadores para lograr eficacia y ganancias en producción.

### **2.11.8. Paso ocho: Aprobación e implementación**

Completado los pasos anteriores con total responsabilidad, de forma sistemática y cronológica, se debe dar paso a la aprobación del nuevo plan de mantenimiento, acción que lo realiza el coordinador del departamento de mantenimiento, o por especialistas encargados del mantenimiento. En esta fase se debe tomar un tiempo prudencial por que se realiza el último análisis evaluando si puede existir algún tipo de dificultad o inconveniente para su implementación.

### **2.11.9. Paso nueve: Programa dinámico**

En esta fase el plan de mantenimiento entra en función, se consolida y toma control de la gestión de mantenimiento. De este punto en adelante el mejoramiento puede acelerarse fácilmente y los recursos que se liberen pueden enfocarse a corregir defectos de diseño o limitaciones inherentes a la operación. (Turner, 2009, p.12)

El objetivo de este paso, es crear una cultura de mantenimiento eficaz cuyo fin sea ir mejorando de manera continua sus procesos vitales referentes a la Gestión de activos, dichos procesos se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 10-2:** Procesos de gestión de activos

Reportes y eliminación de fallas
Estrategia de producción y mantenimiento
Medición de desempeño
Planeación y programación
Talleres y practica de mantenimiento
Gestión de inventarios

**Fuente:** (Turner 2009)

**Realizado por:** Cando J & Morán I, 2023.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Generalidades de la EERSA

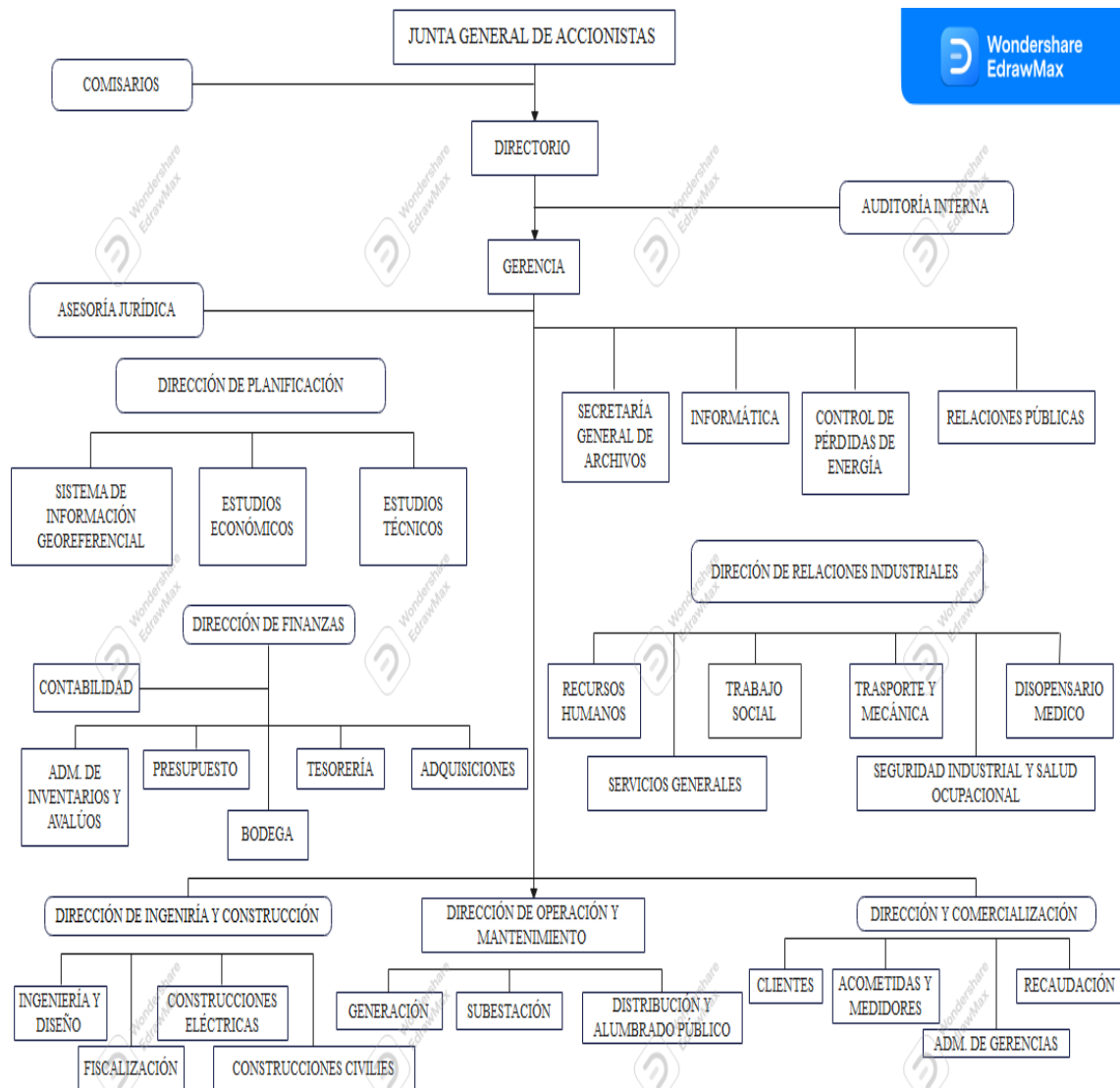
La Empresa Eléctrica Riobamba Sociedad Anónima, está ubicada en la provincia de Chimborazo, sus actividades iniciaron en el año de 1963, contemplando dentro de sus objetivos generar, distribuir y comercializar energía eléctrica, con el propósito de suministrar el servicio público de energía eléctrica en todas las áreas de concesión con calidad y efectividad preservando el medio ambiente y contribuyendo al desarrollo socioeconómico. La empresa se encuentra localizada en la ciudad de Riobamba entre las calles Juan Larrea y Primera Constituyente, como se muestra en la figura 1-3.



**Ilustración 1-3:** Ubicación de la empresa eléctrica Riobamba S.A.

**Fuente:** Google Mapa, 2023.

La estructura organizacional de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A, se encuentra dividida en cuatro departamentos, una de ellas es la Dirección de Relaciones Industriales, la cual se encarga de dirigir el área de Transporte y Mecánica Automotriz, donde se realiza el mantenimiento y control de la flota vehicular de la empresa, el gráfico 1-3 muestra el Organigrama de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A y la tabla 1-3 muestra los nombres y cargos asignados por la EERSA a su personal.



**Ilustración 2-3:** Organigrama de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.

Fuente: Empresa Eléctrica Riobamba S.A, 2023.

**Tabla 1-3:** Cargo asignado de la EERSA

Cargo	Nombres
Gerente Empresa Eléctrica Riobamba S. A	Ing. Patricio Lalama Salas
Auditor Interno Jefe	Mgs. María Gabriela de la Torre
Asesor Jurídico	Dr. Wilson Rojas
Director de Planificación	Ing. Renzo Córdova
Director de Finanzas	Ing. Mercy Suárez
Director de Relaciones Industriales	Dr. Edwin Lara
Director de Ingeniería y Construcciones	Ing. Rubén Naspud
Director de Operación y mantenimiento	Ing. Jhonny Vizuet
Director de Comercialización	Ing. Jaime Ruiz
Subdirector de Seguridad, Ambiente y Relaciones con la Comunidad	Ing. Irene Fernández

Fuente: Empresa Eléctrica Riobamba S.A.

Realizado por: Cando J & Moran I, 2023.

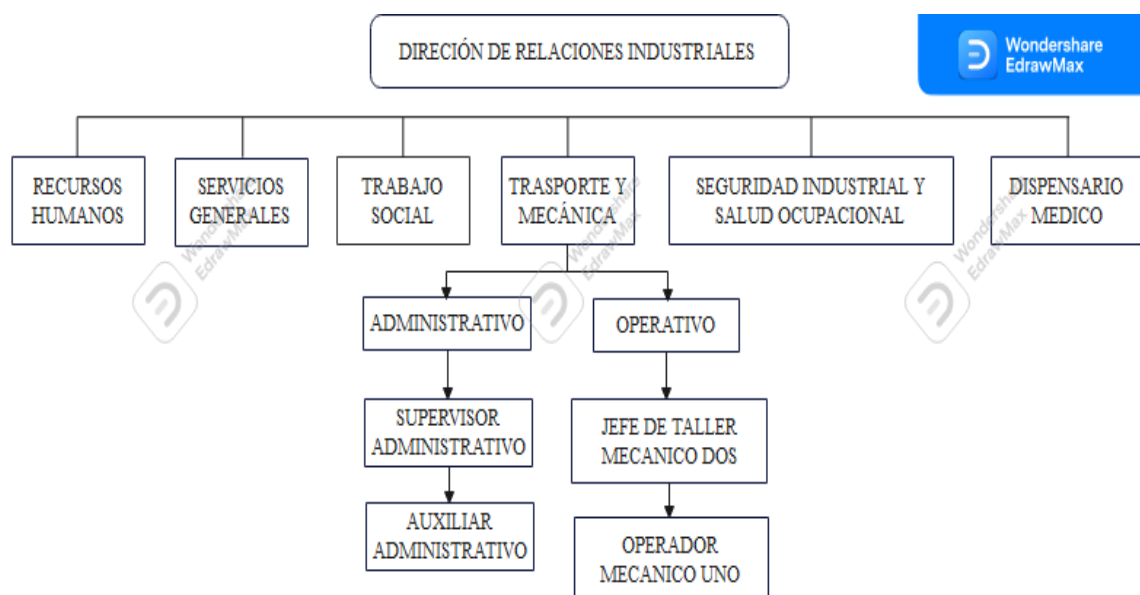
### 3.1.1. Área de transporte y mecánica automotriz de la EERSA

El área de transporte y mecánica automotriz tiene como objetivo brindar un servicio de mantenimiento preventivo y correctivo al parque automotor de la empresa. El área se encuentra conformado por personal administrativo y operativo; el personal administrativo cuenta con cinco trabajadores los cuales son: un supervisor Ing. Mario Haro) y cuatro auxiliares que se encargan de gestionar y administrar todos los trabajos de mantenimiento realizados. En tanto que la parte operativa consta de cuatro trabajadores, éstos son: un jefe mecánico (Ing. William Bastidas) y tres operadores también llamados mecánicos uno. Todo este grupo de personas trabajan para mantener en buenas condiciones de funcionamiento la flota vehicular a disposición de la EERSA.

El taller de transporte y mecánica automotriz trabaja bajo reglamento dispuesto por parte de la EERSA para sus respectivos mantenimientos y control de los vehículos, este reglamento aprobado el 09 de diciembre del 2021, resolución administrativa N° 322-GER-21, consta de obligaciones, responsabilidades que deben cumplir los responsables del área y conductores.

### 3.1.2. Dirección de relaciones industriales

La Dirección de Relaciones Industriales a cargo del Dr. Edwin Lara, tiene bajo su dependencia seis áreas, entre las cuales se encuentra el área de “transporte y mecánica automotriz”, como se muestra en el siguiente gráfico.



**Ilustración 3-3:** Organigrama de la Dirección de Relaciones Industriales

**Fuente:** Empresa Eléctrica Riobamba S.A, 2023.

### 3.1.3. Recursos necesarios para realizar el mantenimiento

La EERSA mantiene una bodega general donde se almacena repuestos y materiales que adquiere la empresa para el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos. Además, el taller está equipado de tres elevadores hidráulicos, y una variedad de herramientas para realizar toda actividad necesaria que este a su alcance.

### 3.1.4. Equipos de la empresa a mantener

La EERSA tiene a disposición 137 vehículos livianos y pesados, en su mayoría son camionetas doble cabina de marca Mazda BT50 4x4, Chevrolet D-MAX y Jeep todo terreno. Entre los vehículos pesados se encuentran: grúas, canastas, montacargas y volquetas.

## 3.2. Evaluación de la gestión del plan de mantenimiento vigente de la empresa

Para optimizar la planificación del mantenimiento del parque automotor, fue necesario en primer lugar realizar una evaluación del plan de mantenimiento vigente en el área, con el fin de conocer el estado actual del mismo.

La recolección de la información para la evaluación se obtuvo mediante entrevistas y observación directa. El instrumento de evaluación utilizado se puede observar en el capítulo II. El personal involucrado para la evaluación fue: el personal evaluado y el personal evaluador, sus nombres y cargos se detallan en las tablas 2-3 y 3-3 respectivamente.

**Tabla 2-3:** Personal evaluado

Nombre	Cargo	Nº C. I
<b>Personal administrativo</b>		
Ing. Mario Haro	Encargado de talleres	170487496-3
Ing. Milton Haro	Asistente de talleres	060334470-6
Ing. Mónica Malón	Asistente de talleres	060334595-0
Ing. Paulina Valdez	Asistente de talleres	
<b>Personal técnico</b>		
Ing. William Bastidas	Servidor Público de Apoyo (mecánico 2)	060400531-4
Tnlgo. Danilo Bonilla	Servidor Público (mecánico 1)	060463220-5
Tnlgo. Gustavo Bravo	Servidor Público de Apoyo (mecánico 1)	060493340-8
Tnlgo. Guillermo Eugenio	Técnico de mantenimiento automotriz	060267490-5

Fuente: Empresa eléctrica Riobamba S.A, 2022

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.



**Tabla 3-3:** Evaluadores

Nombre	Detalle	Cédula
Jaime V. Cando T.	Egresados de la Carrera de Mantenimiento Industrial	1803679826
Israel L. Morán G.	Egresados de la Carrera de Mantenimiento Industrial	0604980938

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

### 3.2.1. Ejecución de la evaluación del plan de mantenimiento

Luego de que la organización autorice la evaluación hacia su personal, se procedió a realizar la ejecución. Como se mencionó anteriormente para la ejecución se utilizó un cuestionario conformado por preguntas relacionadas a cómo se gestiona el plan de mantenimiento vigente de la empresa, el mismo consta de 26 preguntas (ver anexo A). Para la ponderación de los criterios se siguió lo detallado en la tabla 1-2, al final de la evaluación la ponderación permitirá evidenciar y cualificar en qué estado se encuentra el plan de mantenimiento vigente.

En las tablas 4-3 y 5-3 se presentan los resultados luego de haber realizado las entrevistas correspondientes al personal administrativo y técnico del área de mantenimiento.

**Tabla 4-3:** Evaluación y calificación al personal administrativo

Preguntas	Promedio	Calificación
1 ¿Existe un plan de mantenimiento preventivo? ¿Para la maquinaria pesada?	72%	Bueno
2 ¿El plan de mantenimiento cuenta con rutinas programadas?	32%	No aceptable
3 ¿Se cuenta con el número necesario de personas para la gestión de mantenimiento?	69%	Bueno
4 ¿Se encuentran codificados los activos para el área de mantenimiento?	68%	Bueno
5 ¿Se supervisan el mantenimiento externo?	57%	Poco aceptable
6 ¿Cuentan con un formato de solicitud de trabajo?	78%	Bueno
7 ¿Cuenta con un formato de OT correctivas?	59%	Poco aceptable
8 ¿Cuenta con un formato de OT preventivas?	90%	Excelente
9 ¿Cuenta con un formato de permisos de trabajo?	92%	Excelente
10 ¿Cuenta con un formato de solicitud de repuestos y materiales?	80%	Excelente
11 ¿Se realizan capacitaciones oportunas al personal técnico?	44%	No aceptable
12 ¿Existe un control de inventario de bodega?	56%	Poco aceptable
13 ¿Se elabora un listado de repuestos mínimos para bodega?	79%	Bueno

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

**Tabla 5-3:** Evaluación y calificación al personal técnico

Preguntas	Promedio	Calificación
1 ¿Se ejecuta todo lo programado en el plan de mantenimiento	72%	Bueno
2 ¿Practican mantenimiento autónomo	59%	Poco aceptable
3 ¿Se registra las tareas formales e informales realizadas?	70%	Bueno
4 ¿Tienen un modelo de registro de historial de falla?	50%	No aceptable
5 ¿Se analizan los modos de falla de la maquina pesada?	53%	Poco aceptable
6 ¿Se supervisan el mantenimiento externo?	52%	Poco aceptable
7 ¿Las tareas ejecutadas son en base a especificaciones técnicas?	66%	Bueno
8 ¿Cuentan con las herramientas y equipos necesarios para la ejecución de tareas de mantenimiento?	59%	Poco aceptable
9 ¿Cuentan con el número de personas necesario para realizar tareas de mantenimiento?	81%	Excelente
10 ¿Se realizan las actividades con equipo de protecciones adecuadas y la seguridad que amerita?	79%	Bueno

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

### 3.3. Equipos de la empresa a mantener

La EERSA tiene a su disposición una flota vehicular conformada por 139 vehículos distribuidos en cada departamento de la empresa. La flota está compuesta por vehículos livianos y pesados. En la tabla 6-3 y 7-3 se muestra la clasificación de los vehículos livianos de acuerdo con su marca, principalmente son camionetas en su gran mayoría de marca Mazda BT-50 doble cabina con 72 unidades, Chevrolet D MAX doble cabina con 37 unidades y Jeep todo terreno 13 unidades. También 18 vehículos de gran tamaño como: 5 grúas, 6 canastas, 2 montacargas, 1 volqueta y 4 camiones mercedes para construcciones.

**Tabla 6-3:** Lista de vehículos livianos

Lista de vehículos livianos Mazda de la EERSA				
Móvil	Marca	Modelo	Clase	Tipo
1	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
2	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
3	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
4	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
5	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
8	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
11	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
12	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
13	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
14	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
15	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
16	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
17	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
18	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
20	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
21	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
23	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina

24	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
25	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
26	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
27	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
28	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
29	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
30	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
31	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
32	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
33	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
34	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
35	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
40	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
41	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
42	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
45	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
46	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
47	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
48	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
49	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
51	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
52	Mazda	BT-50 CD 4X4 STD GAS 2.6 FL	Camioneta	D-cabina
53	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
55	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
56	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
58	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
60	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
62	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
63	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
67	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
68	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
69	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
71	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
73	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
75	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
76	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
77	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
78	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
79	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
80	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
90	Mazda	BT-50 CD 4X4 STD GAS 2.6 FL	Camioneta	D-cabina
94	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
95	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
96	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
97	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
98	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
99	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
102	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
103	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
105	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
109	Mazda	BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
110	Mazda	BT-50 ACTION FL AC 2.6 CD 4X4 TM	Camioneta	D-cabina
112	Mazda	BT-50 CD 4X4 STD GAS 2.6	Camioneta	D-cabina
121	Mazda	BT-50 CD 4X4 STD GAS 2.6 FL	Camioneta	D-cabina

Fuente: Empresa eléctrica Riobamba S.A, 2022

Realizado por: Cando J. & Morán I. 2023.

**Tabla 7-3:** Lista de vehículos livianos Chevrolet

<b>Lista de vehículos livianos Chevrolet de la EERSA</b>				
<b>Móvil</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Clase</b>	<b>Tipo</b>
43	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4	Camioneta	D-cabina
50	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
54	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4 EXTREM	Camioneta	D-cabina
59	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4 EXTREM	Camioneta	D-cabina
66	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
70	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
72	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4 EXTREM	Camioneta	D-cabina
84	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
85	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
86	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4	Camioneta	D-cabina
87	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4	Camioneta	D-cabina
88	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4	Camioneta	D-cabina
104	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
107	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
108	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4	Camioneta	D-cabina
111	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4	Camioneta	D-cabina
116	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4 EXTREM	Camioneta	D-cabina
117	Chevrolet	LUV D-MAX 3.5L V6 CD TM 4X4 EXTREM	Camioneta	D-cabina
118	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
119	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
120	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
125	Chevrolet	D-MAX CRDI 2.5 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
126	Chevrolet	D-MAX CRDI 2.5 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
127	Chevrolet	D-MAX CRDI 2.5 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
128	Chevrolet	D-MAX CRDI 2.5 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
129	Chevrolet	D-MAX CRDI 2.5 CD 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
130	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 2.5 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
131	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 2.5 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
132	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 2.5 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
133	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 2.5 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
134	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 2.5 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
135	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 2.5 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
136	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 2.5 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
137	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 2.5 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
138	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 2.5 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina
139	Chevrolet	D-MAX CRDI AC 2.5 4X4 TM DIESEL	Camioneta	D-cabina

Fuente: Empresa eléctrica Riobamba S.A, 2022

Realizado por: Cando J. &amp; Morán I. 2023.

**Tabla 8-3:** Lista de vehículos livianos tipo Jeep

Lista de vehículos livianos tipo Jeep de la EERSA				
Móvil	Marca	Modelo	Clase	Tipo
6	Chevrolet	CHEVROLET GRAND 2.0 L 5P DLX TM 4X2	Jeep	Jeep
7	Chevrolet	CHEVROLET GRAND 2.0 L 5P DLX TM 4X2	Jeep	Jeep
9	Suzuki	GRAND VITARA SZ NEXT AC 2.0 5P	Jeep	Jeep
10	Suzuki	GRAND VITARA SZ NEXT AC 2.0 5P	Jeep	Jeep
22	Suzuki	GRAND VITARA SZ NEXT AC 2.0 5P 4X2	Jeep	Jeep
57	Suzuki	GRAND VITARA SZ NEXT AC 2.4 5P 4X4	Jeep	Jeep
74	Suzuki	GRAND VITARA SZ NEXT AC 2.0 5P 4X2	Jeep	Jeep
106	Chevrolet	VITARA 3P STD T/M	Jeep	Jeep
113	Chevrolet	CHEVROLET GRAND 2.0 L 5P DLX TM 4X2	Jeep	Jeep
114	Suzuki	GRAND VITARA SZ NEXT AC 2.4 5P 4X4	Jeep	Jeep
115	Suzuki	GRAND VITARA SZ NEXT AC 2.0 5P	Jeep	Jeep
122	Toyota	NEW FORTUNER AC 2.7 5P 4X4 TM	Jeep	Jeep

Fuente: Empresa eléctrica Riobamba S.A, 2022

Realizado por: Cando J. & Morán I. 2023.

**Tabla 9-3:** Lista de vehículos pesados

Lista de vehículos especiales de la EERSA				
Móvil	Marca	Modelo	Clase	Tipo
19	Hino	GH8JGSD7.7 2P 4X2 TM DIESEL CN	Volqueta	Volqueta
36	Mercedes Benz	VARIO 814D A	Camión	Camión
37	Mercedes Benz	VARIO 814D A	Camión	Camión
38	Mercedes Benz	VARIO 814D A	Camión	Camión
39	Mercedes Benz	VARIO 814D A	Camión	Camión
64	Freightliner	M2106C AC 6.4 2P 4X2 TM DIESEL	Especial	Grúa
65	Freightliner	M2106ST 6X4 CE AC 6.4 2P 6X4 TM	Especial	Grúa
81	Mercedes Benz	ACTROS 2031	Especial	Grúa
82	Mercedes Benz	ACTROS 2031 A	Especial	Grúa
83	Mercedes Benz	ACTROS 2031 A	Especial	Grúa
89	Hino	FC9JISA TM 5.12 2P 4X2	Especial	Canasta
91	Hino	FC9JISA TM 5.12 2P 4X2	Especial	Canasta
92	Hino	FC9JISA TM 5.12 2P 4X2	Especial	Canasta
93	Hino	FC9JISA TM 5.12 2P 4X2	Especial	Canasta
100	Caterpillar	MONTACARGA	Montacarga	Montacarga
101	Toyota	MONTACARGA	Montacarga	Montacarga
123	Ud trucks	MKE 210 LWB AC 5.1 2P 4X2 TM DIESEL	Especial	Canasta
124	Ud trucks	MKE 210 LWB AC 5.1 2P 4X2 TM DIESEL	Especial	Canasta

Fuente: Empresa eléctrica Riobamba 2021

Realizado por: Cando J & Morán I, 2023.

### 3.4. Inventario técnico

Para desarrollar el inventario técnico se utilizó la taxonomía que menciona la norma UNE-EN ISO 14224, estableciendo así cuatro niveles jerárquicos, los primeros dos niveles (Ubicación, Área) se refieren a la localización del activo y los dos niveles restantes (Sistemas, Equipos) indican la familia a la que pertenece el equipo. A continuación, se detalla la estructura de codificación con más exactitud.

#### 3.4.1. Nivel uno (planta)

El primer nivel jerárquico se compone de dos letras alfabéticas de la palabra vehículo (VH), como se presenta en la tabla 10-3.

**Tabla 10-3:** Estructura nivel uno planta

Nivel I	Codificación	Descripción
Planta	VH	Dos dígitos alfabéticos
	VH	Vehículo

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

#### 3.4.2. Nivel dos (área)

El segundo nivel jerárquico ocupa dos dígitos alfabéticos, las cuales representan el tipo de vehículo como: livianos (VL) y pesados (VP), como se presenta en la tabla 11-3.

**Tabla 11-3:** Estructura nivel dos (área)

Nivel II	Codificación	Descripción
Área	VP	Vehículos pesados
	VL	Vehículos Livianos

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

#### 3.4.3. Nivel tres (máquina)

El tercer nivel jerárquico está compuesto por cuatro dígitos que son; dos letras mayúsculas alfabéticas y dos dígitos numéricos, para su codificación se usó la primera y última letra de la palabra camioneta (CA), tomando como numeración el código numérico asignado por la EERSA para cada uno de los activos, como se muestra en la tabla 12-3.

**Tabla 12-3:** Estructura nivel tres (máquina) vehículos livianos

Nivel III	Codificación	Descripción
Sistema / máquina	CA01	Cuatro dígitos, dos alfabéticos y dos numéricos.
	1	Uno

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

De la misma manera para los vehículos pesados, de la palabra "Volqueta" se tomó la primera y la última letra (VA) como numeración el código numérico asignado por la EERSA para cada uno de los activos, como muestra en la tabla 13-3.

**Tabla 13-3:** Estructura nivel tres (máquina) vehículos pesados

Nivel III	Codificación	Descripción
Sistema / máquina	VA19	Cuatro dígitos, dos alfanuméricos y dos numéricos.
	VA	Volqueta
	1	Uno
	9	Nueve

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

#### 3.4.4. Nivel cuatro (equipos-subsistema)

El cuarto nivel jerárquico ocupa 5 dígitos, una letra mayúscula alfabética la cual describe al tipo de familia al que pertenece el equipo, estos pueden ser: mecánicos (M), eléctricos (E), civiles (C), entre otros. Seguido luego de dos letras para describir el tipo de subsistema como, por ejemplo, motor de combustión interna (MC) y por último dos dígitos numéricos secuenciales, la tabla 14-3 muestra un ejemplo.

**Tabla 14-3:** Estructura nivel cuatro (equipo-subsistema)

Nivel IV	Codificación	Descripción
Equipo	MMC01	Cinco dígitos, tres alfabéticos y dos numéricos
	M	Mecánico
	MC	Motor combustión interna
	0	Cero
	1	Uno

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

### 3.5. Estructura de codificación general

Una vez definida la estructura de codificación para cada nivel se procedió a unificar de forma general y concreta. La tabla 15-3 muestra un ejemplo de la estructura de codificación para vehículos livianos y la tabla 16-3 para vehículos pesados.

**Tabla 15-3:** Estructura codificación vehículos livianos

Inventario y codificación								
Nivel 1: Planta		Nivel 2: Áreas		Nivel 3: Sistemas/maquinas		Nivel 4: Equipos		Código de equipo completo
Cód.	Desc.	Cód. Área	Desc. área	Cod. Sistema	Desc. Sistema	Cód. Equipo	Desc. Equipos	
VH	Vehículos	VL	Vehículos livianos	1	Camioneta Mazda BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM -HEI1225	MMC01	Motor de combustión Interna	VH-VL-1-MMC01
						MTP01	Transmisión de potencia	VH-VL-1-MTP01
						MCC01	Chasis y carrocería	VH-VL-1-MCC01
						MSF01	Sistema de frenos	VH-VL-1-MSF01
						EEC01	Sistema eléctrico	VH-VL-1-EEC01
						MSM01	Sistema de suspensión	VH-VL-1-MSM01
						MDC01	Sistema de dirección	VH-VL-1-MDC01

Realizado por: Cando, J. & Morán I, 2023.

**Tabla 16-3:** Estructura codificación vehículos pesados o especiales

Inventario y codificación vehículos pesados								
Nivel I: planta		Nivel II: área		Nivel III: equipo/maquina		Nivel IV: subsistema		Código de equipo completo
Cod. Planta	Desc. Planta	Cod. Área	Desc. Área	Cod. Equipo	Desc. Equipo	Cod. Subsistema	Desc. Subsistema	
VH	Vehículos	VP	Vehículos pesados	19	Volqueta HINO- GH8JGSD7.7 2P 4X2 TM DIESEL CN- HEA0809	MMC01	Motor de combustión interna	VH-VP-19-MMC01
						MTP01	Transmisión de potencia	VH-VP-19-MTP01
						MCC01	Chasis y carrocería	VH-VP-19-MCC01
						MSF01	Sistema de frenos	VH-VP-19-MSF01
						EEC01	Sistema eléctrico	VH-VP-19-EEC01
						MSM01	Sistema de suspensión	VH-VP-19-MSM01
						MDC01	Sistema de dirección	VH-VP-19-MSM01
						HSB01	Sistema Brazo hidráulico	VH-VP-19-MDC01

Realizado por: Cando, J. & Morán I, 2023.



### 3.6. Aplicación de la metodología PMO

Como se mencionó anteriormente, el área de mantenimiento ya cuenta con un plan de mantenimiento vigente para los 139 vehículos disponibles. Con la aplicación de la metodología PMO se busca optimizar dicho plan. A continuación, se detalla el desarrollo de la metodología siguiendo el proceso mencionado en el capítulo anterior.

#### 3.6.1. Paso uno: Recopilación de información

El primer paso consistió en realizar una recolección de toda la información disponible que la empresa tiene sobre la planificación y programación de las tareas de mantenimiento preventivo, para posteriormente ordenarlas, identificar su frecuencia y el responsable de la misma. Para ello, el personal administrativo del área facilitó la entrega del cronograma de mantenimiento, de donde se pudo obtener toda la información necesaria.

La tabla 17-3 muestra las tareas recopiladas de las diferentes fuentes de información que maneja la empresa. En la primera columna se puede observar la descripción de las y la segunda columna muestra las frecuencias de ejecución para cada una de las tareas de mantenimiento.

**Tabla 17-3:** Paso uno, tareas iniciales de la EERSA

Recopilación de tareas de la EERSA			
No	Tarea	Frecuencia (km)	Fuente
1	Cambio aceite de caja	20000	Programa de mantenimiento
2	Cambio aceite diferencial delantero	20000	Programa de mantenimiento
3	Cambio aceite diferencial posterior	20000	Programa de mantenimiento
4	Cambio aceite hidráulico dirección	50000	Programa de mantenimiento
5	Cambio aceite transfer	20000	Programa de mantenimiento
6	Cambio bujías	20000	Manual de mantenimiento
7	Cambio de aceite y filtro de motor	5000	Manual de mantenimiento
8	Cambio de filtro de aire	10000	Manual de mantenimiento
9	Cambio de filtro de combustible	10000	Manual de mantenimiento
10	Cambio de rotulas superiores e inferiores	100000	Manual de mantenimiento
11	Cambio de tapa de radiador	50000	Técnicos
12	Cambio de termostato	50000	Técnicos
13	Cambio líquido de frenos y embrague	50000	Técnicos
14	Cambio pre filtros del tanque de combustible	50000	Técnicos
15	Cambio refrigerante	50000	Técnicos
16	Cambio rodamientos y retenedores del eje delanteros	100000	Técnicos
17	Cambio termostato y tapa de radiador	100000	Técnicos
18	Engrase de rodamientos y juntas homocinéticas	35000	Historial de mantenimiento

19	Limpieza cuerpo de aceleración y sensores	10000	Historial de mantenimiento
20	Limpieza de inyectores	30000	Historial de mantenimiento
21	Limpieza y regulación de frenos	5000	Historial de mantenimiento
22	Prueba de ruta del vehículo	5000	Historial de mantenimiento
23	Reajuste general suspensión	5000	Manual de mantenimiento
24	Reemplazo bujías	10000	Manual de mantenimiento
25	Reemplazo de bandas	20000	Manual de mantenimiento
26	Reemplazo de brazos principal y auxiliar de dirección	100000	Programa de mantenimiento
27	Reemplazo de rotulas de suspensión	50000	Programa de mantenimiento
28	Reemplazo de terminales de dirección	50000	Técnicos
29	Revisión de batería, luces, neumáticos y niveles	5000	Técnicos

Fuente: EERSA, 2022

Realizado por: Cando, J. & Morán I, 2023.

### 3.6.2. Paso dos: Análisis de los modos de falla

Una vez realizada la recopilación de tareas, se procedió a realizar el análisis “AMEF” para identificar y conocer cuáles son las causas de los fallos que se están mitigando o previniendo mediante el mantenimiento vigente. La siguiente tabla muestra un extracto del análisis realizado. En el anexo se encuentra el análisis completo realizado para los vehículos livianos y pesados.

**Tabla 18-3:** Análisis modos de falla

Tarea	Frecuencia (km)	Responsable	Modo falla que previene con la tarea
Cambio de rotulas superiores e inferiores	100000	Operador	Ruidos por falta de engrasado
Cambio rodamientos y retenedores del eje delanteros	100000	Operador	Desgaste excesivo de las ruedas
Cambio termostato y tapa de radiador	100000	Operador	Sobrecalentamiento del motor, pérdida de anticongelante
Reemplazo de brazos principal y auxiliar de dirección	100000	Operador	Desalineación de las ruedas
Cambio aceite hidráulico dirección	50000	Operador	Disminución de viscosidad del aceite
Cambio de tapa de radiador	50000	Operador	Calentamiento del refrigerante
Cambio de termostato	50000	Operador	Aumento de temperatura en el motor
Cambio líquido de frenos y embrague	50000	Operador	Baja presión en el pedal de freno y embrague
Cambio prefiltros del tanque de combustible	50000	Operador	Incrementos y descensos de potencia intermitentemente del motor
Cambio refrigerante	50000	Operador	Aumento de temperatura en el motor
Reemplazo de rotulas de suspensión	50000	Operador	Desalineación de las ruedas
Reemplazo de terminales de dirección	50000	Operador	Desalineación de las ruedas
Engrase de rodamientos y juntas homocinéticas	35000	Operador	Desalineamiento de ruedas
Limpieza de inyectores	30000	Operador	Dificultad en el arranque del motor

Cambio aceite de caja	20000	Operador	Desgaste de los dientes del engrane
Cambio aceite diferencial delantero	20000	Operador	Desgaste de rodamientos del cono y corona
Cambio aceite diferencial posterior	20000	Operador	Desgaste de rodamientos del cono y corona
Cambio aceite transfer	20000	Operador	Desgaste de rodamientos
Cambio bujías	20000	Operador	Vehículo no arranca
Reemplazo de bandas	20000	Operador	Pierde sincronización en el motor
Cambio de filtro de aire	10000	Operador	Obstruye del filtro y no permite el paso del aire
Cambio de filtro de combustible	10000	Operador	Obstrucción del filtro y no permite el paso del combustible
Limpieza cuerpo de aceleración y sensores	10000	Operador	Perdida de potencia en el motor
Reemplazo bujías	10000	Operador	Vehículo no arranca
Cambio de aceite y filtro de motor	5000	Operador	Degradación de aceite del motor,
Limpieza y regulación de frenos	5000	Operador	Pastillas de freno se traban empezando a producir sonidos
Prueba de ruta del vehículo	5000	Operador	No aplica
Reajuste general suspensión	5000	Operador	Desbalanceo de ruedas
Revisión de batería, luces, neumáticos y niveles	5000	Operador	NO aplica
<b>Brazos hidráulicos vehículos pesados 1000 A 1500 /HORAS</b>			
<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>	<b>Modo de fallos</b>
Engrase de rodamientos	1000	Eléctrico	Degaste de rodamiento
Desmontaje y montaje del banco de válvulas y cambio de sellos	1000	Eléctrico	
cambio de las cañerías del sistema hidráulico	1000	Mecánico	Cañerías rotas
cambio de oring en cañerías hidráulicas	1000	Operador	Desgaste de los sellos
cambio de aceite hidráulico DTE32	1000	Eléctrico	Degradación del aceite hidráulico
Cambio de rodamiento de giro	1000	Operador	
cambio del filtro de aceite hidráulico	1000	Operador	

**Realizado por:** Cando, J. & Morán I, 2023.

### 3.6.3. Paso tres: Racionalización y revisión de los modos de fallo

Una vez realizado el análisis de los modos de fallo se continuó con la revisión de los mismos, con el fin de identificar y eliminar modos de falla repetidos o tareas idénticas que estén mitigando un mismo modo de fallo, o a su vez para agregar nuevos modos que no se hayan considerado en el plan vigente y que tengan un gran impacto en el mantenimiento. El análisis se pudo realizar gracias a la información proporcionada de la empresa como: historial de fallas, programa de

mantenimiento y manuales del fabricante, en la tabla 17-3 se muestra un ejemplo de los nuevos modos fallas que se obtuvo después de la racionalización. El anexo muestra el análisis completo.

**Tabla 19-3:** Revisión de los modos de falla

Tarea	Responsable	Modo falla
Cambio aceite de caja	Operador	Desgaste de los dientes del engrane
Cambio aceite diferencial delantero	Operador	Desgaste de rodamientos del cono y corona
Cambio aceite diferencial posterior	Operador	Desgaste de rodamientos del cono y corona
Cambio aceite hidráulico dirección	Operador	Disminución de viscosidad del aceite
Cambio aceite transfer	Operador	Desgaste de rodamientos
Cambio bujías	Operador	Vehículo no arranca
Cambio de aceite y filtro de motor	Operador	Degradación de aceite del motor,
Cambio de filtro de aire	Operador	Obstruye del filtro y no permite el paso del aire
Cambio de filtro de combustible	Operador	Obstrucción del filtro y no permite el paso del combustible
Cambio de rotulas superiores e inferiores	Operador	Ruidos por falta de engrasado
Cambio de tapa de radiador	Operador	Calentamiento del refrigerante
Cambio de termostato	Operador	Aumento de temperatura en el motor
Cambio líquido de frenos y embrague	Operador	Baja presión en el pedal de freno y embrague
Cambio prefiltros del tanque de combustible	Operador	Incrementos y descensos de potencia intermitentemente del motor
Cambio refrigerante	Operador	Aumento de temperatura en el motor
Cambio rodamientos y retenedores del eje delanteros	Operador	Desgaste excesivo de las ruedas
Cambio termostato y tapa de radiador	Operador	Sobrecalentamiento del motor, perdida de anticongelante
Engrase de rodamientos y juntas homocinéticas	Operador	Desalineamiento de ruedas
Limpieza cuerpo de aceleración y sensores	Operador	Perdida de potencia en el motor
Limpieza de inyectores	Operador	Dificultad en el arranque del motor
Limpieza y regulación de frenos	Operador	Pastillas de freno se traban empezando a producir sonidos
Prueba de ruta del vehículo	Operador	No aplica
Reajuste general suspensión	Operador	Desbalanceo de ruedas
Reemplazo bujías	Operador	Vehículo no arranca
Reemplazo de bandas	Operador	Pierde sincronización en el motor
Reemplazo de brazos principal y auxiliar de dirección	Operador	Desalineación de las ruedas
Reemplazo de rotulas de suspensión	Operador	Desalineación de las ruedas
Reemplazo de terminales de dirección	Operador	Desalineación de las ruedas
Revisión de batería, luces, neumáticos y niveles	Operador	NO aplica

**Realizado por:** Cando, J. & Morán I, 2023.

### 3.6.4. Paso cuatro: Análisis Funcional

Para realizar el análisis funcional, se seleccionó el método del flujograma de análisis de criticidad, teniendo como alcance a los vehículos pesados del parque automotor de la EERSA, entre estos se encuentran: volquetas, canastas, grúas, camiones y montacargas, los cuales suman un total de 18 sistemas.

Como se mencionó anteriormente, la metodología consiste en realizar un análisis totalmente cualitativo, sobre el cual se va siguiendo de forma secuencial un flujograma (ver gráfico 2-2), mientras el equipo de trabajo va contestando una serie de preguntas agrupadas en distintos atributos (ver tabla 20-3), siendo el resultado una clasificación de los sistemas en 3 niveles que son: A, B y C; siendo A los sistemas de mayor criticidad, B media criticidad y por último C el de menor criticidad. A continuación, en las siguientes tablas se presenta el análisis realizado.

**Tabla 20-3:** Criterios de evaluación del flujograma de criticidad

ATRIBUTO	PREGUNTA
<b>MEDIO AMBIENTE (E)</b>	<b>Categoría A:</b> si un fallo del mismo puede provocar que la empresa tenga que recurrir a dar aviso a las autoridades públicas por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente
	<b>Categoría B:</b> si un fallo del mismo provocase una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa
	<b>Categoría C:</b> si un fallo del mismo no produjese ningún tipo de contaminación medioambiental.
<b>SEGURIDAD (S)</b>	<b>Categoría A:</b> serán aquellos cuyos fallos pueden producir accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.
	<b>Categoría B:</b> podría causar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia de trabajo Categoría
	<b>Categoría C:</b> son activos cuyos fallos no pueden crear consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas
<b>CALIDAD (Q)</b>	<b>Categoría A:</b> serán aquellos cuyos fallos puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar el producto al cliente final.
	<b>Categoría B:</b> podrían sufrir fallos que producen sólo una consecuencia interna.
	<b>Categoría C:</b> podrían sufrir fallos que no ocasionan ningún impacto
<b>TIEMPO DE TRABAJO (W)</b>	<b>Categoría A:</b> corresponderán a esta categoría los activos que trabajan a tres turnos.
	<b>Categoría B:</b> los activos que trabajan a dos turnos, pertenecerán a esta categoría.
	<b>Categoría C:</b> los activos de producción que tienen en programación un solo turno de trabajo al día, los incluiremos en la categoría "C"
<b>LA ENTREGA (D)</b> Criterio relacionado con el impacto operacional de un fallo del activo	<b>Categoría A:</b> Son los que producen un paro en toda la fábrica cuando fallan.
	<b>Categoría B:</b> pueden dejar sólo una línea de producción parada al fallar.
	<b>Categoría C:</b> Por último, los activos que no producen una interrupción significativa de la producción serían de la categoría "C"
<b>LA FIABILIDAD (F)</b> Criterio relacionado con la frecuencia de fallo	<b>Categoría A:</b> Los activos con frecuencia de fallo menor de 5 h
	<b>Categoría B:</b> Los activos con frecuencias de fallo mayor de 5 h y menor de 10 h.

	<b>Categoría C:</b> Los activos con frecuencias de fallo superiores a 10 h.
<b>LA MANTENIBILIDAD (M)</b> se relaciona con el tiempo medio necesario para reparar un fallo.	<b>Categoría A:</b> Los activos que requieren un tiempo medio de reparación de más de 90 minutos.
	<b>Categoría B:</b> Los activos que requieren un tiempo medio de reparación entre 45 y 90 minutos estaría
	<b>Categoría C:</b> Aquellos activos cuyo tiempo medio de reparación es inferior a 45 minutos.

Fuente: (Parra, C; Crespo, A: 2012)

**Tabla 21-3:** Análisis funcional de los vehículos pesados

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD</b>									
<b>SISTEMAS</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>Q</b>	<b>W</b>	<b>D</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>CRITICIDAD</b>
Volqueta HINO	VH-VP-19	B	B	B	B	A	C	B	B
Camión - Mercedes Benz	VH-VP-36	B	B	B	B	B	B	B	B
Camión - Mercedes Benz	VH-VP-37	B	B	B	B	B	B	B	B
Camión - Mercedes Benz	VH-VP-38	B	B	B	B	B	B	B	B
Camión - Mercedes Benz	VH-VP-39	B	B	B	B	B	B	B	B
Grua Freightliner	VH-VP-64	B	B	B	B	A	A	A	A
Grua Freightliner	VH-VP-65	B	B	B	B	A	A	A	A
Grua Mercedes Benz	VH-VP-81	B	B	B	B	A	A	A	A
Grua Mercedes Benz	VH-VP-82	B	B	B	B	A	A	A	A
Grua Mercedes Benz	VH-VP-83	B	B	B	B	A	A	A	A
Canasta Hino	VH-VP-89	B	A						A
Canasta Hino	VH-VP-91	B	A						A
Canasta Hino	VH-VP-92	B	A						A
Canasta Hino	VH-VP-93	B	A						A
Canasta UD TRUCKS	VH-VP-123	B	A						A
Canasta UD TRUCKS	VH-VP-124	B	A						A
Montacarga - Caterpillar	VH-VP-100	B	A						A
Montacarga - Toyota	VH-VP-101	B	A						A

Realizado por: Cando, J. & Morán I, 2023.

### 3.6.5. Paso cinco: Evaluación de los efectos

En este punto se evaluó cada modo de fallo para determinar si los fallos en caso de suceder son evidentes u ocultos. Para los fallos clasificados como evidentes se procedió a evaluar las consecuencias de los modos de falla para determinar el impacto que tienen sobre el mantenimiento. Estas consecuencias se clasificaron en consecuencias operacionales y no operacionales (costos de la reparación). Es importante mencionar que para realizar este análisis se utilizó el diagrama de decisión de la metodología “RCM” (ver anexo E).

A continuación, se presenta un ejemplo de la evaluación de los efectos y consecuencias para un vehículo liviano.

**Tabla 22-3:** Ejemplo de la evaluación de efectos y consecuencias

<b>Tarea</b>	<b>Modos de fallo únicos</b>	<b>Efecto</b>	<b>Operacional</b>	<b>No operacional</b>
Cambio aceite de caja	Desgaste de los dientes del engrane	Evidente		X

Cambio aceite diferencial delantero	Desgaste de rodamientos del cono y corona	Evidente		X
Cambio aceite diferencial posterior	Desgaste de rodamientos del cono y corona	Evidente		X
Cambio aceite hidráulico dirección	Disminución de viscosidad del aceite	Evidente		X
Cambio aceite transfer	Desgaste de rodamientos	Evidente		X
Cambio bujías	Vehículo no arranca	Evidente		X
Cambio de aceite y filtro de motor	Degradación de aceite del motor,	Evidente		X
Cambio de filtro de aire	Obstruye del filtro y no permite el paso del aire	Evidente		X
Cambio de filtro de combustible	Obstrucción del filtro y no permite el paso del combustible	Evidente		X
Cambio de rotulas superiores e inferiores	Ruidos por falta de engrasado	Evidente	X	
Cambio de tapa de radiador	Calentamiento del refrigerante	Oculto		X
Cambio de termostato	Aumento de temperatura en el motor	Evidente		X
Cambio líquido de frenos y embrague	Baja presión en el pedal de freno y embrague	Oculto		X
Cambio prefiltros del tanque de combustible	Incrementos y descensos de potencia intermitentemente del motor	Oculto		X
Cambio refrigerante	Aumento de temperatura en el motor	Evidente		X
Cambio rodamientos y retenedores del eje delanteros	Desgaste excesivo de las ruedas	Evidente		X
Cambio termostato y tapa de radiador	Sobrecalentamiento del motor, perdida de anticongelante	Evidente		X
Engrase de rodamientos y juntas homocinéticas	Desalineamiento de ruedas	Evidente		X
Limpieza cuerpo de aceleración y sensores	Perdida de potencia en el motor	Evidente	X	
Limpieza de inyectores	Dificultad en el arranque del motor	Evidente		X
Limpieza y regulación de frenos	Pastillas de freno se traban empezando a producir sonidos	Evidente	X	
Prueba de ruta del vehículo	No aplica	Evidente		
Reajuste general suspensión	Desbalanceo de ruedas	Evidente		X
Reemplazo de bandas	Pierde sincronización en el motor	Evidente		X
Reemplazo de brazos principal y auxiliar de dirección	Desalineación de las ruedas	Evidente		X
Reemplazo de rotulas de suspensión	Desalineación de las ruedas	Evidente		X
Reemplazo de terminales de dirección	Desalineación de las ruedas	Evidente		X
Revisión de batería, luces, neumáticos y niveles	No aplica	Evidente		X

**Realizado por:** Cando. J. & Morán I, 2023.

### 3.6.6. Paso seis: *Determinación de las tareas de mantenimiento*

Como en la evaluación de las consecuencias para determinar las nuevas tareas de mantenimiento se procede de igual manera que en el paso anterior, es decir siguiendo y respondiendo las

preguntas del diagrama de decisión del “RCM” (ver anexo E). Al final se obtendrá 6 tipos de tareas según sea el caso, estas son: Mantenimiento basado en la condición, Sustitución cíclica o programada, Reparación, Modificación o Rediseño, Búsqueda de fallos, Ningún mantenimiento. En la tabla 23-3 se puede observar un claro ejemplo de la selección de tareas para los vehículos livianos.

### 3.6.7. Paso siete: Agrupación y revisión

Una vez definidas las tareas de mantenimiento junto con su frecuencia de ejecución se procedió a realizar la agrupación de las mismas en rutinas de mantenimiento. Para agrupar las tareas se definió que se realice en unidades de kilómetros debido a que todas las frecuencias de ejecución de las tareas de mantenimiento están dadas en unidades de kilometraje, lo que facilita un mejor manejo y programación de las mismas. La tabla 22-3 detalla las rutinas de mantenimiento para el vehículo Mazda BT50 N 25. De la misma manera se realizó para todos los demás vehículos de la flota.

**Tabla 23-3:** Agrupación de tareas en rutinas

SISTEMA	RUTINA KM	TAREA DE MANTENIMIENTO	RESPONSABLE
Mazda BT50 N 25	1000	Inspeccionar el nivel aceite del sistema hidráulico	Operador
Mazda BT50 N 25		Inspeccionar el nivel de aceite de transmisión de potencia	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25		Lubricar pines del tren de rodaje	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25		Cambiar aceite hidráulico	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25		Inspeccionar el funcionamiento de ventilador del motor	Técnico de mantenimiento
Mazda BT50 N 25		Inspeccionar mangueras y abrazaderas del motor	Técnico de mantenimiento
Mazda BT50 N 25	2000	Lubricar pines de la herramienta de trabajo	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25	5000	Cambiar aceite del motor	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25		Cambiar filtro de aceite del motor	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25		Cambiar filtro de aire	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25		Ajustar terminales de la batería	Técnico de mantenimiento
Mazda BT50 N 25	10000	Cambiar de filtros de combustible	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25		Limpiar o cambiar de filtro de aire de la cabina	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25		Cambiar aceite de los mandos finales	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25		Cambiar filtro de aceite hidráulico	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25		Inspeccionar y limpiar el respiradero del cárter	Técnico de mantenimiento
Mazda BT50 N 25		Inspeccionar y ajustar válvulas de admisión y escape	Técnico de mantenimiento
Mazda BT50 N 25	20000	Lubricar los dientes de engranaje	Operador



Mazda BT50 N 25	Engrasar los rodamientos del cono y corona	Operador
Mazda BT50 N 25	Lubricar pines del sistema de transmisión de potencia	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25	Cambiar aceite del sistema de transmisión de potencia	Lavador y lubricador
Mazda BT50 N 25	Inspeccionar banda del alternador	Técnico de mantenimiento
Mazda BT50 N 25	Inspeccionar banda del ventilador	Técnico de mantenimiento

**Realizado por:** Cando. J. & Morán I, 2023.

**Tabla 24-3:** Evaluación de los efectos y consecuencias-selección de tareas

Tareas de mantenimiento de la EERSA vehículos livianos					Ocultas		Evidentes		
Tarea	Modos de fallo únicos	Consecuencia	O P	N O OP	Trabaja r a la falla	Búsqueda de fallas	Tarea condició n	Sust. Cíclic a	Reparació n CICL
Cambio aceite diferencial delantero	Desgaste de rodamientos del cono y corona	Evidente		X				X	
Cambio aceite diferencial posterior	Desgaste de rodamientos del cono y corona	Evidente		X			X		
Cambio aceite hidráulico dirección	Disminución de viscosidad del aceite	Evidente		X			X		
Cambio aceite transfer	Desgaste de rodamientos	Evidente		X				X	
Cambio bujías	Vehículo no arranca	Evidente		X				X	
Cambio de aceite y filtro de motor	Degradación de aceite del motor,	Evidente		X			X		
Cambio de filtro de aire	Obstruye del filtro y no permite el paso del aire	Evidente		X			X		
Cambio de filtro de combustible	Obstrucción del filtro y no permite el paso del combustible	Evidente		X				X	
Cambio de rotulas superiores e inferiores	Ruidos por falta de engrasado	Evidente	X				X		
Cambio de tapa de radiador	Calentamiento del refrigerante	Ocultas		X	X		X		
Cambio de termostato	Aumento de temperatura en el motor	Evidente		X			X		
Cambio líquido de frenos y embrague	Baja presión en el pedal de freno y embrague	Ocultas		X	X			X	
Cambio prefiltros del tanque de combustible	Incrementos y descensos de potencia intermitentemente del motor	Ocultas		X	X			X	
Cambio refrigerante	Aumento de temperatura en el motor	Evidente		X				X	
Cambio rodamientos y retenedores del eje delanteros	Desgaste excesivo de las ruedas	Evidente		X			X		
Cambio termostato y tapa de radiador	Sobrecalentamiento del motor, pérdida de anticongelante	Evidente		X				X	
Engrase de rodamientos y juntas homocinéticas	Desalineamiento de ruedas	Evidente		X					X
Limpieza cuerpo de aceleración y sensores	Perdida de potencia en el motor	Evidente	X				X		
Limpieza de inyectores	Dificultad en el arranque del motor	Evidente		x					X
Limpieza y regulación de frenos	Pastillas de freno se traban empezando a producir sonidos	Evidente	X						
Prueba de ruta del vehículo	No aplica	Evidente					X		
Reajuste general suspensión	Desbalanceo de ruedas	Evidente		X					
Reemplazo de bandas	Pierde sincronización en el motor	Evidente		X					
Reemplazo de brazos principal y auxiliar de dirección	Desalineación de las ruedas	Evidente		X					X
Reemplazo de rotulas de suspensión	Desalineación de las ruedas	Evidente		X					X
Reemplazo de terminales de dirección	Desalineación de las ruedas	Evidente		X			X		
Revisión de batería, luces, neumáticos y niveles	NO aplica	Evidente		X					

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

**Tabla 25-3:** Frecuencia y responsable que ejecutará la actividad.

Tarea	Modos de fallo únicos	Nuevas tareas de mantenimiento	Frecuencia	Responsable
Cambio aceite de caja	Desgaste de los dientes del engrane	Lubricar los dientes de engranaje	20000	Lavador y lubricador
Cambio aceite diferencial delantero	Desgaste de rodamientos del cono y corona	Engrasar los rodamientos del cono y corona	20000	Operador
Cambio aceite diferencial posterior	Desgaste de rodamientos del cono y corona	Engrasar los rodamientos del cono y corona	20000	Lavador y lubricador
Cambio aceite hidráulico dirección	Disminución de viscosidad del aceite	Inspeccionar el nivel aceite del sistema hidráulico	50000	Lavador y lubricador
Cambio aceite transfer	Desgaste de rodamientos	Analizar espectros en rodamientos	20000	Lavador y lubricador
Cambio bujías	Vehículo no arranca	Cambio de bujías	20000	Lavador y lubricador
Cambio de aceite y filtro de motor	Degradación de aceite del motor,	Cambio de aceite del motor	5000	Operador
Cambio de filtro de aire	Obstruye del filtro y no permite el paso del aire	Limpieza del filtro de aire	5000	Lavador y lubricador
Cambio de filtro de combustible	Obstrucción del filtro y no permite el paso del combustible	Cambio de filtro de combustible	10000	Operador
Cambio de rotulas superiores e inferiores	Ruidos por falta de engrasado	Cambio de rotulas superiores e inferiores	100000	Lavador y lubricador
Cambio de tapa de radiador	Calentamiento del refrigerante	Cambio de tapa de radiador	50000	Lavador y lubricador
Cambio de termostato	Aumento de temperatura en el motor	Analizador de presión de temperatura	50000	Lavador y lubricador
Cambio líquido de frenos y embrague	Baja presión en el pedal de freno y embrague	Cambio líquido de frenos y embrague	50000	Lavador y lubricador

**Realizado por:** Cando. J. & Morán I, 2023.

**Tabla 26-3:** Frecuencia y responsable que ejecutará la actividad.

Cambio pre filtros del tanque de combustible	Incrementos y descensos de potencia intermitentemente del motor	Limpiar o cambiar el tanque de combustible	50000	Lavador y lubricador
Cambio refrigerante	Aumento de temperatura en el motor	Cambio refrigerante sintético	50000	Técnico de mantenimiento
Cambio rodamientos y retenedores del eje delanteros	Desgaste excesivo de las ruedas	analizar espectros en rodamientos	100000	Lavador y lubricador
Cambio termostato y tapa de radiador	Sobrecalentamiento del motor, pérdida de anticongelante	Limpiar o cambiar el termostato y tapa de radiador	100000	Técnico de mantenimiento
Engrase de rodamientos y juntas homocinéticas	Des alineamiento de ruedas	Engrase de rodamientos y juntas homocinéticas	35000	Operador
Limpieza cuerpo de aceleración y sensores	Perdida de potencia en el motor	Limpieza y lubricación cuerpo de aceleración y sensores	10000	Técnico de mantenimiento
Limpieza de inyectores	Dificultad en el arranque del motor	Limpieza y lubricaciones inyectores	30000	Técnico de mantenimiento
Limpieza y regulación de frenos	Pastillas de freno se traban empezando a producir sonidos	c	5000	Técnico de mantenimiento
Prueba de ruta del vehículo	No aplica	No aplica	5000	Técnico de mantenimiento
Reajuste general suspensión	Desbalanceo de ruedas	Rotación y alineaciones de ruedas	5000	Técnico de mantenimiento
Reemplazo de bandas	Pierde sincronización en el motor	Cambio de la banda de distribución	10000	Técnico de mantenimiento
Reemplazo de brazos principal y auxiliar de dirección	Desalineación de las ruedas	Alineación balanceo de las ruedas	20000	Técnico de mantenimiento
Reemplazo de rotulas de suspensión	Desalineación de las ruedas	Alineación balanceo de las ruedas	100000	Lavador y lubricador
Reemplazo de terminales de dirección	Desalineación de las ruedas	Alineación balanceo de las ruedas	50000	Lavador y lubricador
Revisión de batería, luces, neumáticos y niveles	No aplica	Revisión de batería, luces, neumáticos y niveles	5000	Técnico de mantenimiento

**Realizado por:** Cando. J. & Morán 2023.

### **3.6.8. Paso ocho: Aprobación e Implementación**

Una vez elaborado y optimizado el nuevo plan de mantenimiento, se programó una reunión para realizar la presentación formal del plan al Ing. Mario Haro, encargado del área de transporte y mecánica, y tras ser revisado el mismo, se aprobó y se autorizó su implementación para el periodo 2022.

### **3.6.9. Paso nueve: Programa dinámico**

Para dar cumplimiento a este apartado se utilizó una herramienta técnica desarrollada en "EXCEL" en la cual se ingresó toda la información referente al plan de mantenimiento elaborado como: la lista del inventario técnico de activos físicos, las frecuencias de mantenimiento, el personal responsable de cada tarea, el costo de la tarea, el tiempo de ejecución, toda esta información ingresada en el sistema permitirá que la planificación y la programación del mantenimiento sea más eficaz y dinámica, permitiendo su fácil revisión, control y evaluación del mismo. El departamento de talleres analiza si es factible establecer indicadores para que en el futuro se pueda medir la mejora de su gestión de mantenimiento, gracias a las herramientas técnicas que también se utilizarán para administrar, organizar y gestionar toda la información que se debe manejar en el mantenimiento de la flota vehicular.

## **3.7. Logística de mantenimiento**

La logística de mantenimiento define los recursos para realizar las tareas de mantenimiento, como: materiales, repuestos, responsable, el tiempo en que se realiza la tarea (horas-hombre) y presupuesto estimado. A continuación, se detalla cómo se definieron cada uno de estos parámetros.

**Cálculo de costos horas hombre:** Para este cálculo de la hora hombre se divide el salario del personal técnico (\$ 925) para los 30 días laborables en el mes, multiplicado por las 8 horas diarias de trabajo, las siguientes tablas indican el costo de las horas hombre de los vehículos pesados y livianos.

costos  $HH = ((\text{Remuneración básica}) / (\text{Días de trabajo por mes})) / (\text{Horas de trabajo por día})$

$$\text{costos } HH = ((925 \text{ \$/mes}) / (30 \text{ días/mes})) / (8 \text{ h/día}) = 3.85 \text{ \$}$$

**Tabla 27-3:** Logística de mantenimiento

Logística								
Tareas de mantenimiento	Tiempo Estimado	Frecuencia x Km	Consumibles	Cantidad	Unidad	Responsable	Costo x unidad	Costo total
Inspeccionar el nivel de aceite del sistema de transmisión	5 min	20000	Ninguna	55	Gls	Operador	12.5	688
Cambio de bujías	15 min	20000	Bujía NGK 7090 BKR5EGP	20	Unidad	Operador	3.4	68
Cambio del filtro de aire	10 min	10000	FILTRO BT-50 F2E 2.2	15	Unidad	Operador	7.6	114
Cambio del termostato	30 min	20000	Termostato bt50 2.2	2		Operador	1848	36.96
Cambiar aceite del motor	15 min	5000	SAE-15W40	1	gls	Operador		
Cambiar de filtros de combustible	16 min	10000	MAPCO					
Cambiar filtro de aceite del motor	15min	5000	BOSCH P-3298	55	Gls	Lavador y lubricador	12.5	689
Cambio de rotulas superior e inferior	15 min	100000	CTR					
Cambio de tapa de radiador	16 min	50000	TITAN TR-37	15	Und	Lubricador	3,88	58.31
Cambio de líquido freno y embrague	30 min	5000	DOT3 AZUL LITRO (946ML)	1	Und	Lavador y	12.83	12.83
Cambio del refrigerante sintético	15 min	50000	PAG 100			Lubricador		
Cambiar aceite del sistema de transmisión de potencia	5 min	1000	SAE 20W50	2	Lb	Lavador y	3.25	6.5
Analizar espectros de rodamientos	6 min	50000	NLGI 2			Lubricador		
Cambiar filtro de aceite hidráulico	10 min	1000		1	Und	Lavador y	22.1	22.1
Limpieza y lubricación cuerpo de aceleración y sensores	60 min	20000	Volvo aerosol W-40	1	ml	Lavador y	3.25	3.25
Ajustar terminales de la batería	10 min	10000	Llaves			Lubricador		
Inspeccionar el funcionamiento de ventilador del motor	11 min	50000	ninguno	2	ml	Lavador y	3.25	6.5
Inspeccionar mangueras y abrazaderas del motor	15 min	20000	WD-40			Lubricador		
Inspeccionar banda de distribución	15 min	10000	-----	4	Lt	Lavador y	5.25	21
Limpieza y lubricaciones inyectores	10 min	10000	WD -40			Lubricador		
Rotación y alineaciones de ruedas	15 min	20000	-----	60	Lt	Lavador y	6.12	367.2
Revisión de batería, luces, neumáticos y niveles	10 min	5000	SI-10W			Lubricador		

Realizado por: Cando. J. &amp; Morán I, 2023

### 3.7.1. *Requerimientos logísticos*

Al elaborar un plan de mantenimiento se debe definir y planificar muy detalladamente los requerimientos logísticos, los cuales son: el personal técnico necesario, lista de repuestos, lista de materiales y herramientas, la tabla 26-3 y la tabla 27-3, muestran un fragmento de los recursos planificados que se necesitan para cada una de las tareas.

**Tabla 28-3:** Logística de materiales y herramientas.

Equipo: VH-VL-CA01-MMC01	Duración (horas)	Frecuencia (semanal)	Logística			
			EP P	Materiales repuestos	Herramientas equipos	Personal
Inspección de batería	0,5	1	EP P	Agua destilada	Destornilladores	Operador
Inspección filtro de aire	0,5	1	EP P	-----	Compresor Destornillador de estrella	Ing. En mantenimiento
Inspección nivel líquido de frenos	0,5	1	EP P	Líquido de frenos	-----	Operador
Inspección nivel líquido hidráulico	0,5	1	EP P	Aceite del hidráulico	-----	Operador
Inspección nivel líquido refrigerante	0,2	1	EP P	Líquido refrigerante	-----	Operador.
Cambiar aceite y filtro de motor	2	4	EP P	Aceite para motor 10W40 Filtro de aceite	Llave de banda para filtro de aceite. Llave inglesa	Ing. En mantenimiento
Realizar ABC frenos	1	8	EP P	-----	Gata hidráulica Llaves de rueda. Destornillador de juego de alicates mecánicos. Juego de llaves.	Ing. En mantenimiento
Cambiar batería	1	42	EP P	Batería	Llave #12	Ing. Mantenimiento
Cambiar filtro de aire	0,5	8	EP P	Filtro de aire	Llave #12	Ing. Mantenimiento
Ajustar Suspensión	0,6	8	EP P	----- -	Llave #14	Ing. Mantenimiento
Inspeccionar Suspensión	0,5	8	EP P	----- -	-----	Operador

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

En la tabla 28-3 se detalla el listado de repuestos que se necesitan para realizar los recambios necesarios para las tareas de mantenimiento de sustitución cíclica, así como también se detalla el costo unitario de cada repuesto y el costo total anual. La tabla muestra un ejemplo para el vehículo liviano con código VH-VL-01-MMC01, las tablas completas de la logística de los repuestos, se encuentran en el anexo.

**Tabla 29-3:** Logística de repuestos.

<b>N.º de Mtto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Repuestos</b>	<b>Equipo</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
13	13 galones	Aceite de motor	EE-TA1-L01-MMC01	12	156
13	13 unidades	Filtro de aceite del motor	EE-TA1-L01-MMC01	6	78
1	1 unidad	Batería	EE-TA1-L01-MMC01	60	60
6	6 unidades	Filtro de aire	EE-TA1-L01-MMC01	10	60
3	1 galones	Aceite de caja de velocidades	EE-TA1-L01-MMC01	14	42
3	3 unidades	Filtro de combustible	EE-TA1-L01-MMC01	35	105
2	5 litros	Aceite de diferencial	EE-TA1-L01-MMC01	39	78
2	2 litros	Líquido de frenos	EE-TA1-L01-MMC01	10	20
2	2 litros	Aceite del hidráulico	EE-TA1-L01-MMC01	8	16
1	1 unidad	Banda de distribución	EE-TA1-L01-MMC01	90	90
6	6 galones	Líquido refrigerante	EE-TA1-L01-MMC01	5	30
			<b>TOTAL</b>		<b>681</b>

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.



La tabla 29-3 muestra el listado general de herramientas y materiales que se necesitaran para la ejecución de las tareas de mantenimiento.

**Tabla 30-3:** Listado de herramientas


Cantidad	Nombre	Tipo
2	Flexómetro de 5m	Mecánico
2	Calibrador de 25 in	Mecánico
1	Cepillo de cerdas metálicas	Mecánico
1	Llaves de rueda	Mecánico
1	Martillo de bola	Mecánico
1	Mazo de goma	Mecánico
1	Lima plana	Mecánico
1	Corta pernos	Mecánico
1	Juego de destornilladores estrella aislados 1000v (7 piezas)	Mecánico
1	Juego de destornilladores plano-aislados 1000v (7 piezas)	Mecánico
1	Juego de destornillador para tuerca (4 piezas)	Mecánico
1	Juego de destornilladores punta gabinete (2 piezas)	Mecánico
1	Destornillador plano probador de corriente	Mecánico
1	Destornillador rache con 47 puntas intercambiables	Mecánico
1	Destornillador multi punta con efecto rache	Mecánico
2	Juego de llaves hexagonales cortas	Mecánico
1	Juego de llaves hexagonales largas con efecto rache	Mecánico
1	Alicate de presión	Mecánico
1	Llave ajustable- pico de loro	Mecánico
1	Llave de plomerías-llave de tubo	Mecánico
1	Juego de llaves corona (24 piezas)	Mecánico
1	Extractor de poleas	Mecánico
2	Gatas hidráulicas	Mecánico
1	Compreso de aire	Eléctrico
1	Pulidora	Eléctrico
1	Taladro percutor alámbrico	Eléctrico
1	Taladro inalámbrico 12v	Eléctrico
1	Multímetro	Eléctrico
1	Alicate resistente 1000v	Eléctrico
1	Alicate de corte resistente 100v	Eléctrico
1	Tenazas de armador	Eléctrico
1	Alicate para anillos de retención	Eléctrico
1	Pelador de cables 3 en 1	Eléctrico
1	Hidrómetro de batería	Eléctrico

Realizado por: Cando, J. & Morán I, 2023.

### 3.7.2. *Nuevo cronograma de actividades*

Para el nuevo cronograma de mantenimiento se diseñó una matriz que se divide en 52 semanas, la cual contiene la siguiente información: descripción del vehículo, código técnico del vehículo, frecuencia de mantenimiento, última fecha de ejecución, última lectura del kilometraje, horas



<b>Color</b>	Blanco	<b>Placa</b>	HMA-1103			
<b>Tareas</b>	Cambio de aceite y filtro del motor					
<b>Frecuencia</b>	5000	Km				
	<b>Kilometraje (Km)</b>	<b>Km</b>	<b>Fechas</b>	<b>Fecha inicial</b>	<b>Fecha final</b>	<b>Semanas anuales</b>
1	27440		13/08/2021	2/12/2021	3/12/2021	4
2	27503	627	17/08/2021			
3	27561	583	19/08/2021			
4	27627	664	21/08/2021			
5	27707	794	26/08/2021			
6	27779	720	28/08/2021			
7	80000	446	3/12/2021			
<b>Cálculo de los UOPS</b>	<b>1280</b>	<b>Km/semanas</b>				
<b>Fecha de intervención</b>	<b>2/12/2021</b>	<b>Semanas</b>		<b>4</b>		

Fuente: Empresa Eléctrica Riobamba S. A

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

Las UOPS ayudan a calcular las fechas tentativas para la próxima ejecución del mantenimiento. Para calcular el número de veces operadas de mantenimiento para el año 2022 que se realizará para cada tarea, primero se determina la frecuencia en semanas, este valor se lo relaciona con las 52 semanas del año.

$$N^{\circ} \text{ de veces al año} = ((52 \text{ semanas}) / (\text{frecuencias de rutinas (km)})) / (40 \text{ h})$$

Se inicia con la recopilación de tareas donde se obtuvo información de la base de datos de la empresa, manuales, y experiencia del personal técnico, se tomó las últimas fechas de mantenimiento del activo que se ejecutó y las últimas lecturas en Km y horas operadas y así llegar a calcular los UOPS.

Cabe recalcar que los UOPS no es un valor fijo si no es constantemente variable y se debe recalculer en función a la carga de trabajo que tienen los activos. Las siguientes tablas muestran el cálculo realizado para vehículos livianos y vehículos pesados respectivamente.

$$\text{UOPS} = (\text{km recorridos}) / (\text{semanas de operación})$$

**Tabla 33-3: Calculo de los UOPS en vehículo Mazda BT 50**

Tarea: 'cambio de aceite y filtro del motor	Datos
Penúltima fecha: 02/12/2021	80000
Ultima fecha: 02 /01/2022	85000
Modo de operación en recorrido	5000 km
UOPS :128 Km semanas	5000/4 semanas
	1280 km/semana
UOPS = Frecuencia / UOPS en km	5000/1280 km/semana
	Cada 4 semanas interviene el vehículo al cambio de caite y filtro del motor en el nuevo cronograma 2022.
Tarea: Cambio aceite de caja cambios	Datos
Ultima fecha: 02 /01/2022	85000
Penúltima fecha: 02/12/2021	80000
Modo de operación en recorrido (frecuencia)	20000 km
UOPS :128 Km semanas	20000/4 semanas
	1280 km/semana
UOPS = Frecuencia / UOPS en km	20000/1280 km/semana
	Cada 16 semanas interviene el vehículo al cambio de aceite de caja de cambios en el nuevo cronograma 2022.
Tarea: 'Cambio de filtro de combustible	Datos
Penúltima fecha: 02/12/2021	80000
Ultima fecha: 02 /01/2022	85000
Modo de operación en recorrido (frecuencia)	10000 km
UOPS :128 Km semanas	
	1280 km/semana
UOPS = Frecuencia / UOPS en km	10000/1280 km/semana
	Cada 8 semanas interviene el vehículo al cambio de filtro de combustible en el nuevo cronograma 2022.

**Realizado por:** Cando. J. & Morán I, 2023.

**Tabla 34-3: Cálculo de los UOPS en vehículo pesado/Grúa FREIGHTLINER**

Tarea: 'cambio de aceite y filtro del motor	Datos
Penúltima fecha: 14/10/2021	110000
Última fecha: 20 /12/2021	115207
Modo de operación en recorrido ( frecuencia )	5207 km
UOPS :579 Km semanas	5207/9 semanas
	579 km/semana
UOPS = Frecuencia / UOPS en km	5000/579km/semana
	Cada 6 semanas interviene el vehículo al cambio de caite y filtro del motor en el nuevo cronograma 2022.
Tarea: 'cambio de aceite de la caja	Datos
Penúltima fecha: 14/10/2021	110000
Última fecha: 20/12/2021	115207
Modo de operación en recorrido	5207 km
UOPS :579 Km semanas	5207/9 semanas
	579 km/semana
UOPS = Frecuencia / UOPS en km	20000/579km/semana
	Cada 2 semanas interviene el vehículo al cambio de caite de caja de cambios en el nuevo cronograma 2022.
Tarea: 'Cambio de filtro de combustible	Datos
Penúltima fecha: 14/10/2021	110000
Última fecha: 20 /12/2021	115207
Modo de operación en recorrido ( frecuencia )	5207 km
UOPS :579 Km semanas	5207/9 semanas
	579 km/semana
UOPS = Frecuencia / UOPS en km	10000/579km/semana
	Cada 17 semanas interviene el vehículo al cambio de filtro de combustible en el nuevo cronograma 2022.
Tarea: 'cambio de filtro del racor	Datos
Penúltima fecha: 14/10/2021	110000
Última fecha: 20/12/2021	115207
Modo de operación en recorrido	5207 km
UOPS :579 Km semanas	5207/9 semanas
	579 km/semana
UOPS = Frecuencia / UOPS en km	20000/579km/semana
	Cada 2 semanas interviene el vehículo al cambio de filtro del racor en el nuevo cronograma 2022.

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

**Tabla 35-3: Cálculo de los UOPS brazo hidráulico**

Tarea: cambio de aceite hidráulico	Datos
Última fecha:27/08/2021	9500 h
Penúltima fecha: 01/06/2021	9000 h
Modo de operación	500 hrs y en semanas 12
UOP'S	500 hrs/ 12 semanas
	42 hrs
UOP'S = Frecuencia / UOPS en hrs	1000 hrs / 42 hrs
	24 semanas

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.





**Tabla 38-3:** Costos de mantenimiento vehículos livianos

<b>Horas promedio de trabajo al día</b>	8						
<b>Horas de trabajo a la semana</b>	40						
<b>Costo H/H</b>	\$3.37						
<b>Tareas</b>	<b>Tiempo Rutinas (horas) anual</b>	<b>N.º de veces al año que intervienen el vehículo</b>	<b>Costo H/H (rutina)</b>	<b>Costo anual H/H (rutina)</b>	<b>Costo de consumibles de Rutinas</b>	<b>Costo de consumibles anual de rutinas</b>	<b>Costo total de rutinas</b>
Cambio aceite de caja	1.32 h	4	\$1.11	\$4.45	\$15	\$60	\$64.45
Cambio de aceite y filtro del motor	4 h	12	\$1.11	\$13.50	\$25.00	\$300	\$313.50
Cambio de filtro de combustible	2.30 h	7	\$1.11	\$7.80	\$3.88	\$27.16	\$34.96
Cambio del filtro de aire	2.30 h	7	\$1.11	\$7.80	\$7.60	\$53.2	\$61.00
Cambio aceite de la caja de cambios y corona	1 h	3	\$1.11	\$3.37	\$15.00	\$45	\$48.37
Revisión de niveles (frenos, refrigerante, hidráulico)	4.30h	13	\$1.11	\$14.50	\$0.00	\$0	\$14.50
Cambio de pastillas de freno y zapatas	12 h	12	\$3.37	\$40.45	\$17.20	\$206	\$246.45
Inspección y templado de bandas de distribución	0.48 h	3	\$0.53	\$1.61	\$0.00	\$0	\$1.61
Cambio del termostato	0.5 h	1	\$1.68	\$1.68	\$19.10	\$19.10	\$20.78
Limpieza de inyectores y cuerpo de aceleración	0.66 h	2	\$1.11	\$2.22	\$0.00	\$0	\$2.22
Cambio de bujías	1.5 h	3	\$1.68	\$5.05	\$3.43	\$10.29	\$15.35
Cambio aceite transfer	1h	3	\$1.11	\$3.37	\$15.00	\$45	\$48.37
Reajuste general suspensión	4h	12	\$1.11	\$13.50	\$0.00	\$0	\$13.50
Prueba de ruta del vehículo	4h	12	\$1.11	\$13.50	\$0.00	\$0	\$13.50
Abastecimiento de líquido de frenos	4h	12	\$1.11	\$13.50	\$0.00	\$0	\$13.50
Lavado, engrasado y pulverizado del vehículo	4h	12	\$1.11	\$13.50	\$10.00	\$120	\$133.50
<b>Total, presupuesto estimado anualmente</b>							<b>\$1,045.56</b>

**Fuente:** Empresa Eléctrica Riobamba S. A  
**Realizado por:** Cando. J. & Morán I, 2023.



**Tabla 39-3:** Costos de mantenimiento vehículos pesados

<b>Horas promedio de trabajo al día</b>				8			
<b>Horas de trabajo a la semana</b>				40			
<b>Costo H/H</b>				\$3.37			
<b>Tareas</b>	<b>Tiempo Rutinas (horas) anual</b>	<b>N.º de veces al año que intervienen el vehículo</b>	<b>Costo H/H (rutina)</b>	<b>Costo anual H/H (rutina)</b>	<b>Costo de consumibles de Rutinas</b>	<b>Costo de consumibles anual de rutinas</b>	<b>Costo total de rutinas</b>
Cambio aceite de caja de cambios	0.66	2	\$1.11	\$2.22	\$15	\$30	\$32.22
cambio de aceite y filtro del motor	1.32	4	\$1.11	\$4.45	\$66	\$264.15	\$268.60
Cambio de filtro de combustible	1.25	3	\$1.38	\$4.21	\$5.57	\$17	\$20.92
Cambio del filtro de aire primario	0.2	1	\$0.67	\$3.37	\$24.65	\$24.65	\$28.02
Cambio del filtro de aire secundario	0.21	1	\$0.71	\$0.71	\$24.00	\$24.00	\$24.71
Cambio del filtro del racor	0.2	1	\$0.67	\$0.67	\$14.65	\$14.65	\$15.32
Cambio de aceite de diferencial delantero	0.2	1	\$0.67	\$0.67	\$15.00	\$15.00	\$15.67
Cambio de aceite de corona posterior	0.2	1	\$0.67	\$0.67	\$15.00	\$15.00	\$15.67
Revisión de los niveles freno, refrigerante, aceite hidráulico	1.65	5	\$1.11	\$5.56	\$0.00	\$0	\$5.56
Cambio de pastillas de freno y zapatas	5	5	\$3.37	\$16.85	\$20.00	\$100	\$116.85
Regulación de frenos delanteros y posteriores	5	5	\$3.37	\$16.85	\$0.00	\$0	\$16.86

**Fuente:** Empresa Eléctrica Riobamba S. A

**Realizado por:** Cando. J. & Morán I, 2023.

**Tabla 40-3:** Costos de mantenimiento vehículos pesados (continuación)

Inspección y templado de banda de distribución	0.5	1	1.685	\$1.68	\$0.00	\$0	\$1.68
limpieza de inyectores	1 h	1	\$3.37	\$3.37	\$0.00	\$0	\$3.37
Alineación y balanceo de neumáticos	1.5	3	\$1.68	\$5.06	\$25.00	\$75	\$80.06
Cambio de bujías	0.25	1	\$0.84	\$0.84	\$3.43	\$3.43	\$4.27
Reajuste general suspensión	2	6	\$3.37	\$6.74	\$0.00	\$0	\$6.74
Prueba de ruta del vehículo	2h	6	\$3.37	\$6.74	\$0.00	\$0.00	\$6.74
Abastecimiento de líquidos	2h	6	\$3.37	\$6.74	\$0.00	\$0.00	\$6.74
Lavado, engrasado y pulverizado del vehículo	2h	6	\$3.37	\$6.74	\$0.00	\$0.00	\$6.74
Engrase de rodamientos	1	2	\$1.68	\$3.37	\$4.33	\$8.66	\$12.03
Cambio de las cañerías del sistema hidráulico	1	2	\$1.68	\$3.37	\$42.00	\$84	\$87.37
Cambio de oring en cañerías hidráulicas	0.66	2	\$1.11	\$2.22	\$9.20	\$18.40	\$20.60
Cambio de aceite hidráulico DTE32	0.66	2	\$1.11	\$2.22	\$55.00	\$110	\$112.22
Cambio de rodamiento de giro	1	2	\$1.68	\$3.37	\$38.00	\$76	\$79.37
Cambio del filtro de aceite hidráulico	0.66	2	\$1.11	\$2.22	\$174.00	\$374	\$376.22
<b>Total, presupuesto estimado anualmente</b>							<b>\$1,364.55</b>

Fuente: Empresa Eléctrica Riobamba S. A

Realizado por: Cando. J. &amp; Morán I, 2023.

### 3.8. Capacitación

Una vez concretada toda la mejora del plan de mantenimiento, se continuó con la capacitación hacia el personal administrativo y técnico del área. La capacitación se realizó el día viernes 4 de marzo del 2022, en los Talleres de Transporte y Mecánica de la EERSA, y se trató los siguientes temas: Mejora del plan de mantenimiento mediante la metodología “PMO”, “Beneficios de la metodología “PMO”, “Programación del mantenimiento”, “Documentación de mantenimiento (ordenes de trabajo, historial de fallos, solicitud de trabajo)”.

#### 3.8.1. Generalidades

**Tabla 41-3:** Generalidades de la capacitación

Dependencia	Descripción
Área	Trasporte y mecánica
Tema	Optimización del plan de mantenimiento “PMO”
Duración	90 min
Dirigido a	Personal Administrativo Personal Técnico
Capacitadores	Jaime Cando & Israel Morán

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

#### 3.8.2. Objetivo de la capacitación

Dar a conocer la mejora realizada del plan de mantenimiento al personal administrativo y técnico del área de mantenimiento, así como temas relevantes acerca de la planificación y programación del mantenimiento.

#### 3.8.3. Estructura y desarrollo

A continuación, se presenta los temas planificados para la capacitación junto con sus tiempos de participación de cada uno de los capacitadores.

**Tabla 42-3:** Estructura y desarrollo de la capacitación

Temas tratados:	Duración	Capacitador
Evacuación del plan de mantenimiento	10 min	Jaime Cando
Inventario Técnico Jerárquico	15 min	Israel Morán
Metodología del PMO	20 min	Jaime Cando
Plan de Mantenimiento	20 min	Israel

		Morán
Cronograma de mantenimiento	10 min	Jaime Cando
Logística de Mantenimiento	15 min	Israel Morán

**Realizado por:** Cando. J. & Morán I, 2023.

#### **3.8.4. Modalidad y recursos de la capacitación**

Se acordó realizar la capacitación de forma presencial con una duración de 90 minutos.

Los recursos empleados durante la capacitación fueron los siguientes:

- Grupo Capacitador
- Computadora
- Proyector
- Video
- Presentación digital diapositivas

#### **3.8.5. Revisión y aprobación**

Una vez definido los temas para la capacitación, se realizó la respectiva presentación a los miembros del presente trabajo quienes fueron los encargados de revisar y aprobar la capacitación al personal del área de mantenimiento.

**Tabla 43-3:** Personal quien aprueba el proyecto

Nombre	Cedula	Firma
Ing. Sergio Villacrés		
Ing. Alex Tenicota		

**Realizado por:** Cando. J. & Morán I, 2023.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

El presente capítulo muestra los resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo. Los resultados son presentados mediante tablas y gráficas que permiten la fácil interpretación y análisis de cada uno de ellos. Es importante aclarar que estos resultados demuestran el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados.

#### 4.1. Estado de la evaluación del plan de mantenimiento

Una vez realizada la evaluación al personal técnico y administrativo de mantenimiento del parque automotor de la EERSA para determinar la situación actual del plan de mantenimiento se ha obtenido los siguientes resultados que se detalla en la tabla 1-4

**Tabla 1-4:** Resultados obtenidos de la evaluación

N°	Resultados
1	La Empresa Eléctrica Riobamba S.A actualmente ejecuta un plan de mantenimiento preventivo, correctivo. De manera directa se fomenta tareas generales de mantenimiento como son lubricación, limpieza del vehículo y mantenimiento mecánico, combustión interna, hidráulico, neumático, eléctrico, prueba del vehículo. Por lo tanto, el técnico basándose en su experiencia ejecuta las tareas específicas encomendadas de manera directa del Personal de mantenimiento autorizado.
2	El plan de mantenimiento preventivo con el que cuenta la empresa no cuenta con rutinas programables dando con un dato estadístico del 32% que se recomendaría seguir el nuevo plan con su nuevo cronograma de actividades
3	El personal con el que cuenta el departamento de mantenimiento no es el óptimo para poder permitir la aplicación de metodologías y herramientas que ayuden a la obtención de una alta disponibilidad de los vehículos con una mayor rentabilidad económica.
4	La empresa si cuenta con una codificación de sus activos. Esta es de tipo numérico Donde se obtiene una facilidad en el reconocimiento y control de cada vehículo.
5	El mantenimiento externo no se supervisa a menudo donde estadísticamente es poco aceptable con una valoración del 57%
6	En la actualidad la empresa si lleva un formato de solicitud de trabajo donde se detalla todo lo realizado a cada vehículo que ingresa a mantenimiento
7	En la actualidad la empresa no lleva un formato de orden trabajo correctivas apreciándose poco aceptable con una valoración del 57%
8	Si Cuenta con un formato de OT preventivas de mantenimiento para toda la flota
9	Si Cuenta con un formato de permisos de trabajo con una valoración del 92%
10	Si Cuenta con un formato de solicitud de repuestos y materiales la empresa con una calificación del 80%
11	Las capacitaciones que recibe el personal del departamento de mantenimiento no son las necesarias, debido a esto no es posible que el personal de transporte y talleres automotriz

	desarrolle sus capacidades y destrezas para la ejecución de las tareas del mantenimiento
12	En el manejo del inventario de bodega para mantenimiento no se tiene los resultados más eficientes. Por lo que se debería aplicar nuevas metodologías que permitan obtener un adecuado inventario de Bodega. Por lo tanto, la aplicación de la metodología PMO y la determinación de la logística para ésta, ayudara a obtener un mejor inventario tanto para los vehículos livianos como vehículos pesados que son los más vulnerables
13	El stock de repuestos no es el adecuado por lo que se debe implementar metodologías que permitan obtener un óptimo control en el manejo de éstos y así no se produzca retrasos con la SERCOP tanto en la ejecución de mantenimientos para la flota vehicular.
14	El plan de mantenimiento preventivo con el que cuenta la empresa tiene un promedio de ejecución equivalente al 72% debido a tareas innecesarias y frecuencias largas de ejecución, por lo que en éste existe la necesidad de una optimización para conseguir mejores resultados de su ejecución.
15	En la actualidad la empresa es poco que aplica mantenimiento autónomo ya que la vida útil de los vehículos es de 5 años en operación después de ese tiempo se los reemplaza
16	Si es aceptable el registro de las tareas formales e informales realizadas en plan de mantenimiento donde si llevan un historial de fallas de los activos.
17	Existen datos de los historiales de fallos que son llenados en la solicitud de trabajo, pero no tienen un modelo de registro de fallos, pero es los técnicos detallan cada actividad correctiva realizada, pero es necesario recopilar información adicional como el tiempo de parada y tiempo entre fallos que son importantes para el cálculo de indicadores de mantenimiento
18	El estudio de modos de falla no se lo analiza. Por lo que es importante aplicar una metodología como el PMO para permitir analizar los modos de falla a todos los activos y determinar así nuevas tareas proactivas para éstos
19	No se aplica mantenimiento externo sería necesario una metodología como el PMO para permitir enfocar todos estos mantenimientos
20	La documentación de los activos físicos se encuentra debidamente almacenada y respaldada tanto de manera física como digital
21	La empresa si cuenta con las herramientas requeridas para ejecutar adecuadamente cada actividad de mantenimiento, pero además a ello se podría adquirir nuevos equipos de mantenimiento basado en la condición que permitirían diagnosticar y pronosticar los fallos que se presentan en los vehículos
22	El personal con el que cuenta el departamento de transporte y taller automotriz es el óptimo para poder permitir realizar las actividades de mantenimiento, pero con una capacitación rutinaria se podría realizar la aplicación de metodologías y herramientas que ayuden a la obtención de una alta disponibilidad de los activos
23	La empresa cuenta con los equipos de protección personal necesario, para todas las actividades de mantenimiento que se ejecutan dentro del taller automotriz

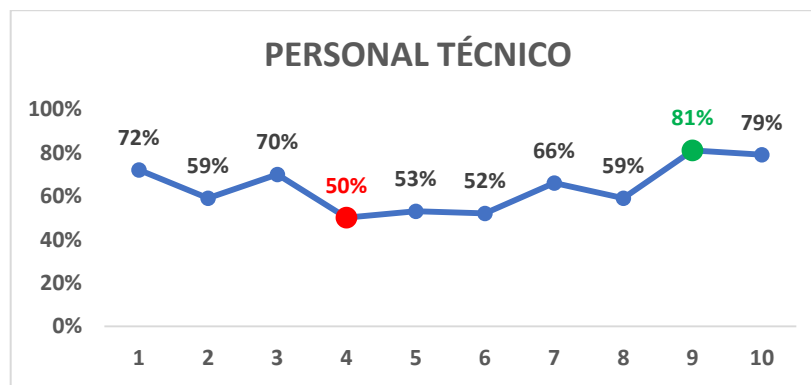
Realizado por: Cando, J. & Morán I, 2023.

A continuación se presenta de manera grafica y mediante tablas los puntajes obtenidos para cada pregunta del cuestionario de evaluación aplicado al personal tecnico y administrativo de mantenimiento.

**Tabla 2-4:** Resultados de la evaluación al personal técnico

PERSONAL TÉCNICO	PUNTAJE	PROMEDIO	CALIFICACIÓN
Pregunta 1	72%	64%	BUENO
Pregunta 2	59%		POCO ACEPTABLE
Pregunta 3	70%		BUENO
Pregunta 4	50%		NO ACEPTABLE
Pregunta 5	53%		POCO ACEPTABLE
Pregunta 6	52%		POCO ACEPTABLE
Pregunta 7	66%		BUENO
Pregunta 8	59%		POCO ACEPTABLE
Pregunta 9	81%		EXCELENTE
Pregunta 10	79%		BUENO

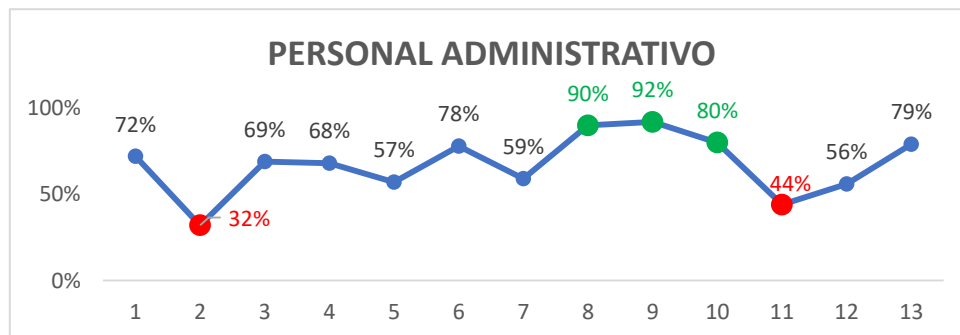
Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.



**Ilustración 1-4:** Resultados de la evaluación al personal técnico

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2022

**Análisis:** cómo se puede observar en el gráfico una de las fortalezas más altas con los que el área cumple es el punto 9, el mismo se refiere a que la empresa cuenta con el personal calificado suficiente para ejecutar el mantenimiento. En tanto que la mayor debilidad se presenta en el punto 4, en el cual el personal técnico respondió que no se cuenta con el histórico de fallos de la flota, el cual es sumamente necesario para planificar eficazmente el mantenimiento.



**Ilustración 2-4:** Resultados de la evaluación al personal administrativo

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

**Tabla 3-4:** Resultados de la evaluación al personal administrativo

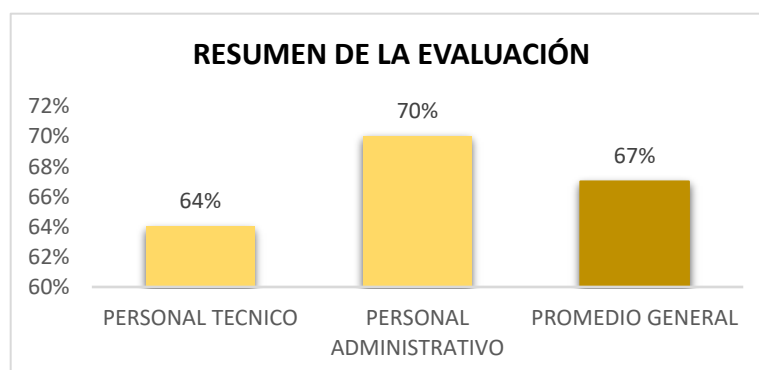
PERSONAL ADMINISTRATIVO	PUNTAJE	PROMEDIO	CALIFICACIÓN
Pregunta 1	72%	70%	BUENO
Pregunta 2	32%		NO ACEPTABLE
Pregunta 3	69%		BUENO
Pregunta 4	68%		BUENO
Pregunta 5	57%		POCO ACEPTABLE
Pregunta 6	78%		BUENO
Pregunta 7	59%		POCO ACEPTABLE
Pregunta 8	90%		EXCELENTE
Pregunta 9	92%		EXCELENTE
Pregunta 10	80%		EXCELENTE
Pregunta 11	44%		NO ACEPTABLE
Pregunta 12	56%		POCO ACEPTABLE
Pregunta 13	79%		BUENO

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.

**Análisis:** el gráfico 2-4 nos indica que las mayores debilidades en el área administrativa se dan en los puntos 2 y 11. El primer punto evidencia que la planificación no cuenta con rutinas de mantenimiento, mientras que el punto 11 se refiere a que la empresa no cuenta con un plan de capacitaciones hacia su personal, reduciendo así significativamente la eficacia de la planificación del mantenimiento. Se puede evidenciar que las mayores fortalezas del área se dan en los puntos 8,9 y 10, estos se refieren a que el área si cuenta con los documentos de mantenimiento como son: OT's, permisos de trabajo y solicitud de repuestos y materiales.

#### 4.1.1. Resumen general de la evaluación

En el siguiente gráfico se detalla el resumen general de la evaluación



**Ilustración 3-4:** Resumen general de la evaluación

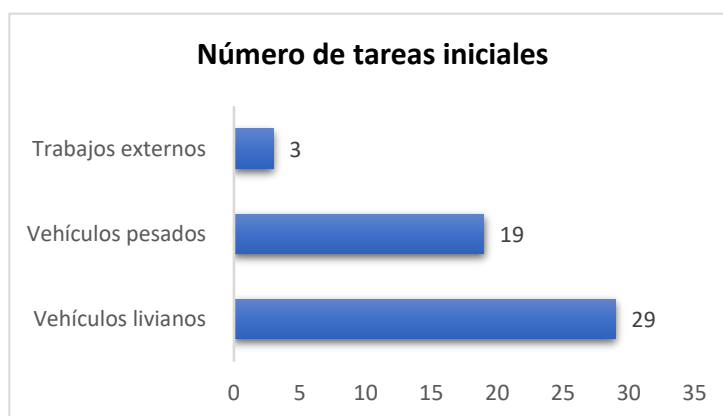
Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.



**Análisis:** Podemos observar que la evaluación del plan de mantenimiento vigente en el área alcanzo un promedio general de 67%, lo que indica que la planificación está en un nivel “bueno”, a su vez estos resultados demuestran que el área tiene varias oportunidades de mejora, que a través de la implementación de propuestas o acciones correctivas se podrá aumentar la eficiencia y eficacia de la planificación y programación del mantenimiento.

#### 4.2. Recopilación de datos

En el siguiente gráfico se presentan los resultados conseguidos luego de haber levantado y recopilado toda la información sobre las tareas de mantenimiento que el área de mantenimiento ejecutaba en su planificación.



**Ilustración 4-4:** Tareas iniciales

**Realizado por:** Cando, J. & Morán I, 2023.

**Análisis:** Se puede observar que el área de mantenimiento ejecutaba 51 tareas de mantenimiento en total, las cuales se distribuyen entre los vehículos livianos, pesados y trabajos externos. Se puede deducir que el mayor mantenimiento en las que el área enfocaba más sus recursos son los vehículos livianos ya que a este grupo se le ha planificado 29 tareas lo que representa el 57% del total, mientras que los vehículos pesados representan el 37% y los trabajos realizados por empresas subcontratadas “externos” el 6%.

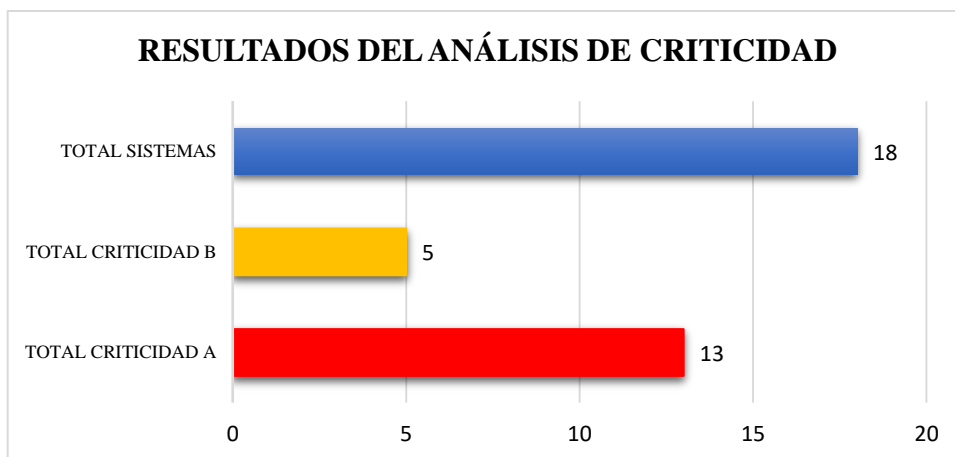
#### 4.3. Análisis funcional

Los resultados alcanzados después de haber realizado el análisis funcional a los vehículos pesados del parque automotor de la EERSA se presentan a continuación.

**Tabla 4-4:** Resultados del análisis funcional parcial

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD</b>		
<b>SISTEMAS</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>CRITICIDAD</b>
Volqueta HINO	VH-VP-19	B
Camión - Mercedes Benz	VH-VP-36	B
Camión - Mercedes Benz	VH-VP-37	B
Camión - Mercedes Benz	VH-VP-38	B
Camión - Mercedes Benz	VH-VP-39	B
Grúa Freightliner	VH-VP-64	A
Grúa Freightliner	VH-VP-65	A
Grúa Mercedes Benz	VH-VP-81	A
Grúa Mercedes Benz	VH-VP-82	A
Grúa Mercedes Benz	VH-VP-83	A
Canasta Hino	VH-VP-89	A
Canasta Hino	VH-VP-91	A
Canasta Hino	VH-VP-92	A
Canasta Hino	VH-VP-93	A
Canasta UD TRUCKS	VH-VP-123	A
Canasta UD TRUCKS	VH-VP-124	A
Montacarga - Caterpillar	VH-VP-100	A
Montacarga - Toyota	VH-VP-101	A
<b>TOTAL CRITICIDAD A</b>		<b>13</b>
<b>TOTAL CRITICIDAD B</b>		<b>5</b>
<b>TOTAL SISTEMAS</b>		<b>18</b>

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2023.



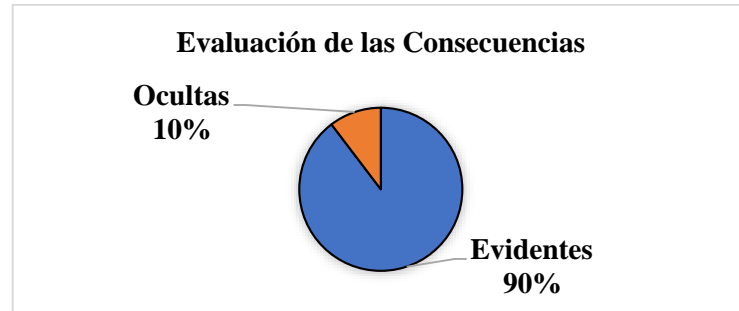
**Ilustración 5-4:** Resultados del análisis funcional parcial

Realizado por: Cando. J. & Morán I, 2022

**Análisis:** cómo se puede observar en la tabla y gráfico anterior, se evidencia que de los 18 sistemas analizados se obtuvo un total de 13 vehículos de mayor criticidad entre estos están: los montacargas, las canastas y grúas sobre los cuales se deberán tomar decisiones para priorizar su mantenimiento, mientras que los 5 sistemas restantes resultaron ser de media criticidad.

#### 4.4. Evaluación de consecuencias

La evaluación de los efectos y consecuencias de cada modo de falla en caso de llegar a su ocurrencia en los sistemas dieron los siguientes resultados.

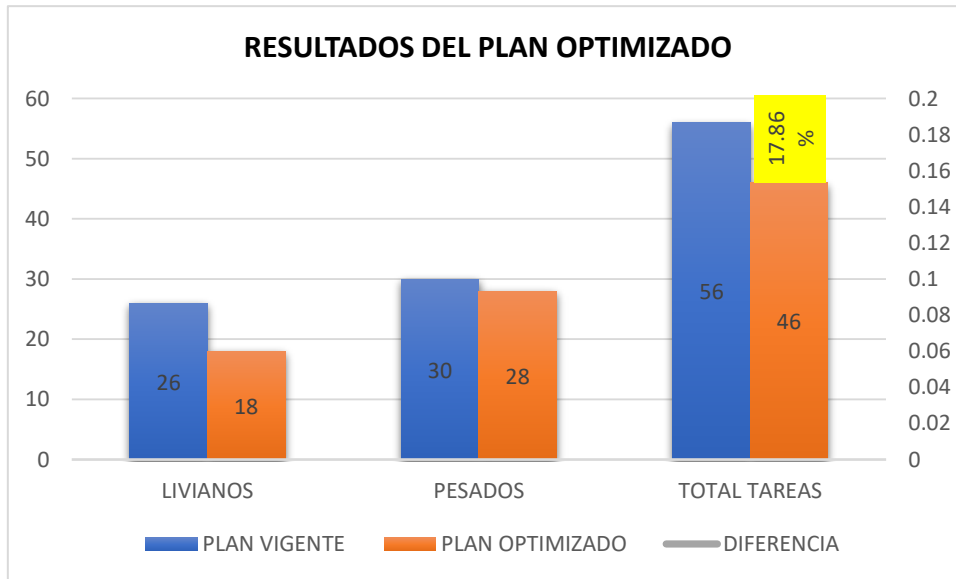


**Ilustración 6-4:** Evaluación de las consecuencias  
Realizado por: Cando, J. & Morán I, 2023.

**Análisis:** se puede apreciar que el 90% del total de fallas evaluadas son fallas evidentes, esto significa una ventaja para el mantenimiento ya que se podrá evidenciar de manera visual o técnica los efectos que producen cada fallo en caso de darse, de tal manera que se puede actuar con mayor rapidez para atender el mantenimiento. El 10% restante representan las fallas ocultas, en este tipo de fallas se deberá tener mucha precaución ya que, al ser la falla oculta, aumenta la probabilidad de que esta no se pueda prevenir por lo que la selección de tareas deber ser bien realizada para reducir este riesgo.

#### 4.5. Resultados del nuevo plan de mantenimiento optimizado

Se puede observar en el siguiente gráfico que el área de mantenimiento al inicio contaba con un plan de mantenimiento el cual estaba conformado por 56 tareas para su flota vehicular, luego de haber optimizado el plan de mantenimiento se puede apreciar que el nuevo plan está estructurado por un total de 46 tareas, es decir tiene una reducción de 10 tareas respecto al plan vigente, lo que significa que el plan ha sido optimizado en un 17.86%. esta reducción se debe a que en el plan vigente hubo la existencia de tareas repetitivas y tareas ineficaces.



**Ilustración 7-4:** Resultados del nuevo plan de mantenimiento

**Realizado por:** Cando. J. & Morán I, 2023.

## CONCLUSIONES

Se evaluó la gestión del plan de mantenimiento vigente en la empresa, la misma alcanzó un promedio general de 67%, esto significa que la planificación se encuentra en un nivel de desempeño “bueno”, aun así, este resultado también demuestra que el área tiene varias oportunidades de mejora, que a través de la implementación de propuestas o acciones correctivas se podrá aumentar la eficiencia y eficacia de la planificación y programación del mantenimiento.

Para la mejora de la planificación inicial del mantenimiento se realizó el inventario técnico de activos a mantener, registrando el 100% de la flota vehicular o los 139 vehículos que se encuentran a disposición de la empresa. Para ello se efectuó un levantamiento fotográfico, manuales y características técnicas de cada vehículo. La estructura y jerarquización del inventario se definió en 4 niveles que son: planta, área, máquina y equipos.

Se elaboró el nuevo plan de mantenimiento utilizando la metodología del “PMO”, la cual permitió optimizar el plan de mantenimiento vigente en el área. El nuevo plan está estructurado por un total de 46 tareas, respecto al plan vigente tiene una reducción de 10 tareas, lo que significa que el plan ha sido optimizado en un 17.86%, esta reducción se debe a que en el plan vigente se encontraron tareas repetitivas y tareas ineficaces de mantenimiento.

Se capacitó a todo el personal de mantenimiento respecto al nuevo plan elaborado, en el evento se trataron los siguientes temas: Evacuación del plan de mantenimiento, Inventario Técnico Jerárquico, Metodología del PMO, Plan de Mantenimiento, Cronograma de mantenimiento y Logística de Mantenimiento.

## **RECOMENDACIONES**

Dar seguimiento a las tareas obtenidas mediante las dos metodologías aplicadas, para observar y comparar la eficacia y eficiencia de las tareas propuestas.

Se sugiere Actualizar el inventario técnico de activos a mantener cada vez que la empresa adquiera, reemplace o de por baja un vehículo.

Se recomienda Implementar un sistema de indicadores que ayuden al seguimiento, control y evaluación de la gestión de la planificación y programación del mantenimiento, con el fin de seguir buscando oportunidades de mejora que permitan elevar el nivel de desempeño del área.

Se recomienda Realizar un plan de capacitaciones hacia el personal con el fin de seguir actualizando conocimientos en temas de gestión de mantenimiento, herramientas de mejora continua, indicadores de mantenimiento, entre otros, de manera tal que se aumente la motivación al personal.

Se recomienda Automatizar el plan de mantenimiento capacitando al personal en planificación, programación y confiabilidad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**BSG INSTITUTE.** *Optimización-de-La-Gestión-de-Mantenimiento* [Blog]. 2017. [Consulta: 20 enero 2022]. Disponible en: <https://bsginstitute.com/>

**CAPELO, R.** Elaboración de un modelo de gestión de mantenimiento mediante la norma EN 16646”, para mejorar la eficiencia del departamento de mantenimiento en la unidad oncológica Solca-Chimborazo. (Trabajo de Titulación). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2017, pp. 7-200. [Consulta: 2022-04-13]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6490/3/25T00290.pdf>

**CARRILLO, V.** Optimización del Plan de Mantenimiento en la Empresa Fuentes San Felipe ubicada en la ciudad de Latacunga. (Trabajo de Titulación). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2021, pp. 10-80. [Consulta: 2022-04-14]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14975/1/25T00403.pdf>

**EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA S.A.** *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento.* Riobamba, [Consulta: 20 enero 2022]. Disponible en: [www.Eersa.Com.Ec](http://www.Eersa.Com.Ec).

**EL COMERCIO.** Impuesto-Verde-Vehículos-Matriculación-Protastas [Blog]. 2019. Disponible en: @ [Www.Elcomercio.Com](http://Www.Elcomercio.Com).

**ESCOBAR, J; & FLORES, L.** Elaboración de Un Plan de Mantenimiento Preventivo Para La Infraestructura Civil Del Edificio de Hospitalización y Administración, Áreas Verdes y Parquaderos Del Hospital General Riobamba Utilizando La Norma UNE-EN 15331. (Trabajo de Titulación). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2018, pp. 20-90. [Consulta: 2022-04-18]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9866/1/25T00336.pdf>

**GARCÍA, S.** *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento.* Madrid-España: Ediciones Días de Santos S.A., 2003, pp. 19-23.

**INGA, P.** *Media aritmética simple.* [Blog]. 2019. Disponible en: <http://editorialkamar.com/et/archivo11.pdf>.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ESTADÍSTICA Y CENSOS.** *Información empresarial territorial y sectorial.* 2017. Disponible en: <https://public.tableau.com/app/profile/instituto.nacional.dge.estad.stica.y.censos.inec./viz/VisualizadordeEstadisticasEmpresariales/Dportada>

**ISO 14224:2016.** *Industrias de Petróleo, Petroquímica y Gas Natural* — Recolección e Intercambio de Datos de Confiabilidad y Mantenimiento.

**MAYORGA, OLGER; & OLMEDO, W.** Optimización del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los talleres del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, aplicando la metodología (PMO). (Trabajo de Titulación). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2019, pp. 30-95. [Consulta: 2022-05-10]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10632/1/25T00343.pdf>

**TURNER, S.** *PMO Optimización Del Plan de Mantenimiento* [en línea]. Australia: OMCS, 2009. [Consulta: 2022-05-12]. disponible en: <http://www.pmooptimization.com/>.

**VOLKSWAGEN.** *Mantenimiento-de-Tu-Auto* [Blog]. 2019. Disponible en: @Www.vw.Com.Mx.”



## ANEXOS

### ANEXO A: CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN

Preguntas	1 min. - 10 máx.		Promedio	Calificación
	Autoevaluación	Evaluación		
1 ¿Existe un plan de mantenimiento preventivo? ¿Para la maquinaria pesada?				
2 ¿El plan de mantenimiento cuenta con rutinas programadas?				
3 ¿Se cuenta con el número necesario de personas para la gestión de mantenimiento?				
4 ¿Se encuentran codificados los activos para el área de mantenimiento?				
5 ¿Se supervisan el mantenimiento externo?				
6 ¿Cuentan con un formato de solicitud de trabajo?				
7 ¿Cuenta con un formato de OT correctivas?				%
8 ¿Cuenta con un formato de OT preventivas?				
9 ¿Cuenta con un formato de permisos de trabajo?				
10 ¿Cuenta con un formato de solicitud de repuestos y materiales?				
11 ¿Se realizan capacitaciones oportunas al personal técnico?				
12 ¿Existe un control de inventario de bodega?				
13 ¿Se elabora un listado de repuestos mínimos para bodega?				

**ANEXO B: PREGUNTAS Y ATRIBUTOS DEL FLUJOGRAMA DE CRITICIDAD**

ATRIBUTO	PREGUNTA
<b>MEDIO AMBIENTE (E)</b>	<b>Categoría A:</b> si un fallo del mismo puede provocar que la empresa tenga que recurrir a dar aviso a las autoridades públicas por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente
	<b>Categoría B:</b> si un fallo del mismo provocase una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa
	<b>Categoría C:</b> si un fallo del mismo no produjese ningún tipo de contaminación medioambiental.
<b>SEGURIDAD (S)</b>	<b>Categoría A:</b> serán aquellos cuyos fallos pueden producir accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.
	<b>Categoría B:</b> podría causar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia de trabajo Categoría
	<b>Categoría C:</b> son activos cuyos fallos no pueden crear consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas
<b>CALIDAD (Q)</b>	<b>Categoría A:</b> serán aquellos cuyos fallos puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar el producto al cliente final.
	<b>Categoría B:</b> podrían sufrir fallos que producen sólo una consecuencia interna.
	<b>Categoría C:</b> podrían sufrir fallos que no ocasionan ningún impacto
<b>TIEMPO DE TRABAJO (W)</b>	<b>Categoría A:</b> corresponderán a esta categoría los activos que trabajan a tres turnos.
	<b>Categoría B:</b> los activos que trabajan a dos turnos, pertenecerán a esta categoría.
	<b>Categoría C:</b> los activos de producción que tienen en programación un solo turno de trabajo al día, los incluiremos en la categoría "C"
<b>LA ENTREGA (D)</b> Criterio relacionado con el impacto operacional de un fallo del activo	<b>Categoría A:</b> Son los que producen un paro en toda la fábrica cuando fallan.
	<b>Categoría B:</b> pueden dejar sólo una línea de producción parada al fallar.
	<b>Categoría C:</b> Por último, los activos que no producen una interrupción significativa de la producción serían de la categoría "C"
<b>LA FIABILIDAD (F)</b> Criterio relacionado con la frecuencia de fallo	<b>Categoría A:</b> Los activos con frecuencia de fallo menor de 5 h
	<b>Categoría B:</b> Los activos con frecuencias de fallo mayor de 5 h y menor de 10 h.
	<b>Categoría C:</b> Los activos con frecuencias de fallo superiores a 10 h.
<b>LA MANTENIBILIDAD (M)</b> se relaciona con el tiempo medio necesario para reparar un fallo.	<b>Categoría A:</b> Los activos que requieren un tiempo medio de reparación de más de 90 minutos.
	<b>Categoría B:</b> Los activos que requieren un tiempo medio de reparación entre 45 y 90 minutos estaría
	<b>Categoría C:</b> Aquellos activos cuyo tiempo medio de reparación es inferior a 45 minutos.

## ANEXO C: ANÁLISIS FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS CRÍTICOS

ANÁLISIS DE CRITICIDAD									
SISTEMA	Volqueta HINO				CÓDIGO			VH-VP-19	
EQUIPOS	CÓDIGO	E	S	Q	W	D	F	M	CRITICIDAD
Motor de combustión interna	MMC01	B	B	A					A
Transmisión de potencia	MTP01	C	A						A
Chasis y carrocería	MCC01	C	C	C	B	C	C		C
Sistema de frenos	MSF01	C	A						A
Sistema eléctrico	EEC01	C	C	C	B	A	C	C	C
Sistema de suspensión	MSM01	C	C	C	B	C	C		C
Sistema de dirección	MDC01	C	B	B	B	C	C		C
Sistema Brazo hidráulico	HSB01	C	A						A

ANÁLISIS DE CRITICIDAD									
SISTEMA	Grua Mercedes Benz				CÓDIGO			VH-VP-81	
EQUIPOS	CÓDIGO	E	S	Q	W	D	F	M	CRITICIDAD
Motor de combustión Interna	MMC01	B	B	A					A
Transmisión de potencia	MTP01	C	A						A
Chasis y carrocería	MCC01	C	C	C	B	C	C		C
Sistema de frenos	MSF01	C	A						A
Sistema eléctrico	EEC01	C	C	C	B	A	C	C	C
Sistema de suspensión	MSM01	C	C	C	B	C	C		C
Sistema de dirección	MDC01	C	B	B	B	C	C		C

ANÁLISIS DE CRITICIDAD									
SISTEMA	Canasta Hino				CÓDIGO			VH-VP-91	
EQUIPOS	CÓDIGO	E	S	Q	W	D	F	M	CRITICIDAD
Motor de combustión Interna	MMC01	B	B	A					A
Transmisión de potencia	MTP01	C	A						A
Chasis y carrocería	MCC01	C	C	C	B	C	C		C
Sistema de frenos	MSF01	C	A						A
Sistema eléctrico	EEC01	C	C	C	B	A	C	C	C
Sistema de suspensión	MSM01	C	C	C	B	C	C		C
Sistema de dirección	MDC01	C	B	B	B	C	C		C
Sistema Brazo hidráulico y canasta	HSB01	C	A						A

ANÁLISIS DE CRITICIDAD									
SISTEMA	Montacarga - Caterpillar				CODIGO			VH-VP-100	
EQUIPOS	CÓDIGO	E	S	Q	W	D	F	M	CRITICIDAD
Motor de combustión Interna	MMC01	B	B	A					A
Transmisión de potencia	MTP01	C	A						A
Chasis y carrocería	MCC01	C	C	C	B	C	C		C
Sistema de frenos	MSF01	C	A						A
Sistema eléctrico	EEC01	C	C	C	B	A	C	C	C
Sistema de suspensión	MSM01	C	C	C	B	C	C		C
Sistema de dirección	MDC01	C	B	B	B	C	C		C
Sistema de elevación	HSB01	C	A						A

ANÁLISIS DE CRITICIDAD									
SISTEMA	Camión - Mercedes Benz				CODIGO			VH-VP-36	
EQUIPOS	CÓDIGO	E	S	Q	W	D	F	M	CRITICIDAD
Motor de combustión Interna	MMC01	B	B	A					A
Transmisión de potencia	MTP01	C	A						A
Chasis y carrocería	MCC01	C	C	C	B	C	C		C
Sistema de frenos	MSF01	C	A						A
Sistema eléctrico	EEC01	C	C	C	B	A	C	C	C
Sistema de suspensión	MSM01	C	C	C	B	C	C		C
Sistema de dirección	MDC01	C	B	B	B	C	C		C























En las tablas 38-3 se observa los fallos funcionales, modos de fallo, efectos y consecuencias de fallos de la Camioneta Mazda BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM -HEI1225

, con el código VH-VL-CA01 las tablas de los otros equipos se encuentran en el anexo G.

Camioneta Mazda BT-50 STD FL AC 2.6 CD 4X4 TM -HEI1225

**Tabla 1-3:** AMEF del sistema de carrocería y chasis.

Empresa:		Área: Movilidad	Realizado por:	Revisado por:	
		Equipo: Camioneta 01	Sistema: Carrocería - Chasis	Fecha:	
N <sup>o</sup>	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	(Efecto de la falla)	CONSECUENCIAS
1	Incrementar la seguridad y absorber la energía proveniente de impactos.	A Carrocería deformada por golpes o choque.	1 No absorbe la energía generada por el impacto, transmitiendo a los ocupantes provocando lesiones internas.	Daños físicos a las personas que se trasladan en el automotor. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de parada: 0,5 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 24 hora más para reparar.</li> </ul> TOTAL= 24,5 HORAS DE PARADA <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de parada: En 24,5 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora.</li> </ul> TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$122,50	Seguridad
		B Chasis torcido por golpes o choque.	1 Endurecimiento de las partes y desgaste por fricción.	Daño del ten delantero, amortiguadores y flechas o puntas. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de parada: 0,5 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 24 hora más para reparar.</li> </ul> TOTAL= 24,5 HORAS DE PARADA <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de parada: En 24,5 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora.</li> </ul> TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$122,50	Seguridad

**Tabla 2-3:** AMFE del sistema del motor de combustión.

Empresa:		Área: Movilidad	Realizado por:	Revisado por:	
		Equipo: Camioneta 01	Sistema: Motor de combustión	Fecha:	
N <sup>o</sup>	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	(Efecto de la falla)	CONSECUENCIAS
1	Trasmitir energía mecánica mediante la energía química.	A No transmite energía	1 Desgaste u oclusión de uno o varios inyectores por suciedad del combustible.	No llega combustible al motor para que funcione correcta mente. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de parada: 0,5 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 3 hora más para reparar.</li> </ul> TOTAL= 3,5 HORAS DE PARADA <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de parada: En 3,5 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora.</li> </ul> TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$17,50	Parada de equipos
			2 Bomba de combustible quemada por sobre intensidades.	No transmite el combustible hacia los inyectores provocando el automóvil no se movilice. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de parada: 0,5 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 3 hora más para reparar.</li> </ul> TOTAL= 3,5 HORAS DE PARADA <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de parada: En 3,5 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora.</li> </ul> TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$17,50	Parada de equipos
			3 Tubería de descarga de combustible roto por golpes.	Al tener una tubería rota, todo el combustible es derramado en el suelo lo cual no llega al motor evitando que funcione correctamente. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de parada: 0,5 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 3 hora más para reparar.</li> </ul> TOTAL= 3,5 HORAS DE PARADA <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de parada:</li> </ul>	Parada de equipos

			En 3,5 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora. TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$17,50	
B	El motor enciende pero se apaga después.	1	Carburador mal calibrado.  <ul style="list-style-type: none"> <li>No existe la mezcla correcta aire/combustible. Tiempo de parada: 1 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar.</li> </ul> TOTAL= 3 HORAS DE PARADA <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de parada:</li> </ul> En 3 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora. TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$15	Parada de equipos
C	Sobre calentamiento del motor	1	Falta de aceite por tuberías rotas o no se ha cambiado.  <ul style="list-style-type: none"> <li>Al no tener aceite el motor no tiene lubricación y enfriamiento por lo que aumenta la temperatura. Tiempo de parada: 1 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar.</li> </ul> TOTAL= 3 HORAS DE PARADA <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de parada:</li> </ul> En 3 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora. <ul style="list-style-type: none"> <li>TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$15</li> </ul>	



**Tabla 8-3:** AMFE del sistema de transmisión de potencia

Empresa:		Área: Movilidad	Realizado por:	Revisado por:	
		Equipo: Camioneta 01	Sistema: Sistema de transmisión de potencia.	Fecha:	
N.º	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	(Efecto de la falla)	CONSECUENCIAS
1	Trasmitir el movimiento y potencia a las ruedas para su movimiento.	No transmite movimiento de potencia las ruedas embrague roto.	1 Embrague roto por mal uso.	<p>No permite que el auto avance.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de parada: 1 hora hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 3 hora más para reparar.</li> </ul> <p>TOTAL= 4 HORAS DE PARADA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de parada: En 4 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora.</li> </ul> <p>TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$20</p>	operaciona 1
			2 Ruptura de dientes del diferencial por esfuerzos de flexión.	<p>Al momento de hacer el cambio de marcha este salta, dejándolo en neutro al vehículo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de parada: 1 hora hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 3 hora más para reparar.</li> </ul> <p>TOTAL= 4 HORAS DE PARADA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de parada: En 4 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora.</li> </ul>	Operaciona 1

				TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$20	
B	Acopla y desacopla con dificultad el giro del motor.	1	Cambio de aceite en la caja de cambios.	<p>Al momento de hacer el cambio de marcha existe dureza.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de parada: 1 hora hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 23 hora más para reparar.</li> </ul> <p>TOTAL= 24 HORAS DE PARADA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de parada: En 4 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora.</li> </ul> <p>TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$120</p>	Operaciona 1
		2	Cambio de aceite en la transmisión	<p>No existe la correcta lubricación y enfriamiento lo que dificulta el movimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de parada: 1 hora hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar.</li> </ul> <p>TOTAL= 3 HORAS DE PARADA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de parada: En 4 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora.</li> </ul> <p>TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$15</p>	Operaciona 1

**Tabla 3-3:** AMEF del sistema de dirección

		Área: DOM	Realizado por:	Revisado por:	
		Equipo: Vehículo liviano	Sistema: Sistema de dirección	Fecha:	
N.º	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	(Efecto de la falla)	CONSECUENCIAS
1	Orientar las ruedas delanteras o directrices para que el conductor, sin esfuerzo, pueda guiar el vehículo	A No permite orientar las ruedas	1 Barra de dirección rota por golpes y uso.	No permite maniobrar o direccionar al vehículo. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de parada: 0,5 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar.</li> </ul> TOTAL= 2,5 HORAS DE PARADA <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de parada: En 2,5 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora.</li> </ul> TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$12,50	Seguridad
			2 Unión de la barra de dirección con la caja de dirección dañada por uso y golpes (caídas en baches).	No permite que exista la unión entre la barra de dirección y la caja de dirección. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de parada: 0,5 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar</li> </ul> TOTAL= 2,5 HORAS DE PARADA <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de parada: En 2,5 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora.</li> </ul> TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$12,50	Seguridad
			3 Caja de dirección rota.	No permite direccionar a las llantas del vehículo. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de parada: 1 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar</li> </ul> TOTAL= 3 HORAS DE PARADA	Seguridad

			<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de parada: En 3 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora. TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$15</li> </ul>	
B	Orienta las ruedas con dureza o dificultad.	1	Bomba del aceite hidráulico con fugas. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de parada: 0,5 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar TOTAL= 2,5 HORAS DE PARADA</li> <li>Costo de parada: En 2,5 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora. TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$12,50</li> </ul>	Seguridad
		2	Nivel de aceite bajo por falta de inspección. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de parada: 0,5 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar TOTAL= 0,5 HORAS DE PARADA</li> <li>Costo de parada: En 1 hora de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora. TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$5</li> </ul>	Seguridad

**Tabla 4-3:** AMEF del sistema de frenos

Empresa:		Área: Movilidad		Realizado por:	Revisado por:		
		Equipo: Vehículo liviano		Sistema: Sistema de frenos.	Fecha:		
N <sup>o</sup>	FUNCION	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	(Efecto de la falla)	CONSECUENCIAS	
1	Disminuir progresivamente la velocidad del vehículo o mantenerlo inmovilizado cuando está detenido.	A	No frena.	1	Sin líquido de freno.	No genera la fuerza hidráulica, perjudicando la comunicación entre pedal y zapatas.	Seguridad
				2	Zapatas desgastadas en su totalidad.	No existe el rozamiento con el disco para el frenado parcial. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de parada: 0,5 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar TOTAL= 2,5 HORAS DE PARADA</li> <li>Costo de parada: En 2,5 horas de parada de la camioneta 03, sabiendo que si contratamos una camioneta igual nos cobra una tarifa de 5 dólares la hora. TOTAL, DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA = \$12,50</li> </ul>	Seguridad
				3	Sobrecalentamiento de zapatas.	Desgaste de las zapatas progresivamente evitando el frenado.	Seguridad
		B	Frena parcialmente.	1	Zapatas desgastadas parcialmente.	El pedal del freno se debe presionar más al fondo para que pueda ayudar con el frenado.	Seguridad
				2	Tuberías perforadas.	Dificultad al frenar, no existe la adecuada comunicación entre pedal y zapatas.	Seguridad

**Tabla 5-3:** AMEF del sistema eléctrico y electrónico

Empresa:		Área: Movilidad	Realizado por:	Revisado por:	
		Equipo: Vehículo liviano	Sistema: Sistema eléctrico y electrónico	Fecha:	
N°	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	(Efecto de la falla)	CONSECUENCIAS
1	Se encarga de repartir la alimentación de electricidad hacia todo el vehículo para el arranque, y funciones secundaria como encender luces y radio.	A No alimenta de energía al vehículo (no Arranca).	1 Interruptor de encendido desgastado o roto.	Al introducir la llave y girarle, este movimiento genera un desgaste de contacto por lo que con el tiempo se va acabando su vida útil.	Parada del equipo
			2 Fusible quemado.	El fusible se quema cuando existen voltajes mayores para el cual fue diseñado creando así un circuito abierto por el cual no se trasmite la corriente para que el vehículo arranque.	Parada del equipo
			3 Generador de corriente quemado o dañado.	Con el tiempo el generador sufre desgaste ya sea por su uso o un golpe esto le produce daño llegando así a dejar de funcionar esto genera que el vehículo funcione, pero solo con la energía que esta almacenada en la batería hasta agotarla por completo.	Parada del equipo
			4 Batería dañada o desgastada.	La batería se desgasta por el uso excesivo de su energía ya sea que las luces estén prendías o el radio encendido por mucho tiempo, y se sabe que está dañada cuando ya no almacena más energía y se agota en un tiempo muy corto.	Parada del equipo