



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**Mantenimiento basado en la Teoría de Análisis Multicriterio
para incrementar la Disponibilidad de la Flota Vehicular
Liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC**

Autor:

Bach. Garcia Farceque Osman

Asesor:

Dr. Ing. Mendez Cruz Oscar

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2025**



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**Mantenimiento basado en la Teoría de Análisis Multicriterio
para incrementar la Disponibilidad de la Flota Vehicular
Liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC**

Autor:

Bach. Garcia Farceque Osman

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : Dr. Ing. Celada Padilla, James Skinner

SECRETARIO : M. Sc. Ing. Tapia Asenjo, Robinson

MIEMBRO : M. Sc. Ing. Sosa Victoriano, José Javier

ASESOR : Dr. Ing. Méndez Cruz, Oscar

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2025**



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



TESIS

TITULO

**Mantenimiento basado en la teoría de
análisis multicriterio para incrementar la
disponibilidad de la flota vehicular liviana
del grupo logístico jomat s.a.c.**

CONTENIDOS

CAPITULO I : PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.

CAPITULO II : MARCO TEORICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

CAPITULO VII: ANEXOS.

AUTOR: Br. Osman Garcia Farceque

Dr. Ing. James Skinner Celada Padilla
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo
SECRETARIO

M.Sc. Ing. José Javier Sosa Victoriano
MIEMBRO

Dr. Ing. Oscar Mendez Cruz
ASESOR

Lambayeque – Perú
2026

ACTA DE SUSTENTACION



ACTA DE SUSTENTACION N°0174-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 a.m. del día miércoles 22 de julio 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°133-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 17 de julio 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- | | |
|--|------------|
| • Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA | PRESIDENTE |
| • M.Sc. Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO | SECRETARIO |
| • M.Sc. Ing. JOSÉ JAVIER SOSA VICTORIANO | MIEMBRO |
| • Dr. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ | ASESOR |

Se recibió la Tesis titulada:

"MANTENIMIENTO BASADO EN LA TEORIA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA VEHICULAR LIVIANA DEL GRUPO LOGISTICO JOMAT SAC".

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **GARCIA FARCEQUE OSMAN.**

Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (**16**) en la escala vigesimal, mención **BUENO**. Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las _____ del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA
PRESIDENTE


M.Sc. Ing. JOSÉ JAVIER SOSA VICTORIANO
MIEMBRO


M.Sc. Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO
SECRETARIO


Dr. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ
ASESOR



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Lambayeque, 24 de junio del 2026

Señor:

DR. ING. RICARDO RODRIGUEZ PAREDES

Director de la Unidad de investigación FIME

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Lambayeque

Calle Juan XXIII 391

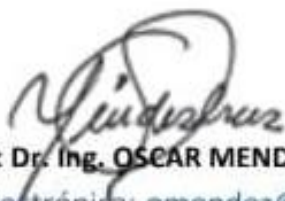
Lambayeque/ Lambayeque/ Lambayeque

Asunto: **INFORMA SOBRE CONFORMIDAD DE INFORME FINAL DE TESIS DEL BACH.
OSMAN GARCIA FARCEQUE**

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y al mismo tiempo comunicarle que en mi calidad de Asesor de Tesis, luego de haber revisado el informe final de la tesis titulada: **"Mantenimiento basado en la Teoría Análisis Multicriterio para incrementar la Disponibilidad de la Flota Vehicular Liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC"**; hago presente que el **BACH. OSMAN GARCIA FARCEQUE** se encuentra **apto para la sustentación respectiva**, previo al trámite correspondiente.

Asimismo, se ha realizado la revisión de similitud en el software TURNITIN alcanzando un porcentaje de similitud del 12%, que según nuestra reglamentación de investigación es aceptable.

Atentamente



ASESOR: Dr. Ing. OSCAR MENDEZ CRUZ

Notificación electrónica: omendez@unprg.edu.pe

Cel : 978 855 375

REPORTE DEL TURNITIN

Mantenimiento basado en la Teoría de Análisis Multicriterio para incrementar la Disponibilidad Vehicular Liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%
INDICE DE SIMILITUD

12%
FUENTES DE INTERNET

3%
PUBLICACIONES

6%
TRABAJO DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

hdl.handle.net

Fuente de Internet

repositorio.ucv.edu.pe
Fuente de Internet

Fuente de Internet

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

Submitted to Universidad Cesar Vallejo
Trabajo del estudiante

Trabajo del estudiante

repositorio.uni.edu.pe
Fuente de Internet

Fuente de Internet

repositorio.uan.edu.co

Fuente de Internet

Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC
Trabajo del estudiante

Trabajo del estudiante

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

documentop.com
Fuente de Internet

Fuente de Internet

core.ac.uk
Fuente de Internet

Fuente de Internet

dspace.uazuay.edu.ec
Fuente de Internet

Fuente de Internet

es.slideshare.net
Fuente de Internet

Fuente de Internet

Submitted to D.A. de Ingeniería Industrial
Trabajo del estudiante

Trabajo del estudiante

alicia.concytec.gob.pe

15	Fuente de Internet
16	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet
17	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet
18	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet
19	repository.usta.edu.co Fuente de Internet
20	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet
21	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet
22	repositorio.uss.cl Fuente de Internet
23	Submitted to D.A. de Administración Trabajo del estudiante
24	repositorio.utesup.edu.pe Fuente de Internet
25	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet
26	www.coursehero.com Fuente de Internet
27	repositorio.ucc.edu.ni Fuente de Internet
28	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante
29	publicacionescd.uileam.edu.ec Fuente de Internet
30	www.utparral.edu.mx Fuente de Internet
31	Submitted to Foundation University, Islamabad Trabajo del estudiante
32	Submitted to Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur - Sub Admin Trabajo del estudiante

33 repositorio.ulasamericas.edu.pe
Fuente de Internet

34 repositorio.unjbg.edu.pe
Fuente de Internet

35 dokumen.pub
Fuente de Internet

36 Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru
Trabajo del estudiante

37 Submitted to Universidad Continental
Trabajo del estudiante

38 Submitted to Universitat Oberta de Catalunya
Trabajo del estudiante

39 es.studenta.com
Fuente de Internet

40 extra.com.co
Fuente de Internet

41 repositorio.ug.edu.ec
Fuente de Internet

42 www.capacitacion.aciem.com.co
Fuente de Internet

43 Palma Quiñones, Tatiana Patricia. "Análisis de los Periodos de Trabajo sin Prestación Efectiva : El Caso de los Conductores de Transporte Terrestre.", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru)
Publicación

Excluir citas

Excluir bibliografía

Activo

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

RECIBO DIGITAL TURNITIN.



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Osman Garcia Farceque
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Mantenimiento basado en la Teoría de Análisis Multicriterio p...
Nombre del archivo: tesis_Corregida-_Mantenimiento_de_Analisis_Multicriterio_1.pdf
Tamaño del archivo: 1.7M
Total páginas: 102
Total de palabras: 25,352
Total de caracteres: 144,760
Fecha de entrega: 09-jul-2026 08:24a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2995564183



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Mantenimiento basado en la Teoría de Análisis Multicriterio
para incrementar la Disponibilidad de la Flota Vehicular
Liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC

Autor:

Bach. Garcia Farceque Osman

Asesor:

Dr. Ing. Mendez Cruz Oscar

LAMBAYEQUE - PERÚ
2025

Derechos de autor 2026 Turnitin. Todos los derechos reservados.

DEDICATORIA

Al todo poderoso, del quien todo procede.

Dedico esta tesis, con el más profundo respeto y gratitud, a mis padres, Inocente y Candelaria quien ha sido fuente constante de inspiración, fortaleza y tenacidad.

Su ejemplo de vida, su amor incondicional y su guía silenciosa han sido fundamentales para la culminación de este logro.

Sus bendiciones diarias me han acompañado, brindándome serenidad y claridad en cada paso de este camino académico.

A ellos ofrezco este trabajo como testimonio de mi agradecimiento eterno.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, por ser mi guía constante, por darme la fortaleza, la sabiduría y la salud necesarias para culminar esta etapa académica.

A mi madre, por su amor incondicional, su ejemplo de lucha y por ser mi mayor fuente de inspiración. Su apoyo ha sido el cimiento sobre el cual construí cada uno de mis logros.

Hago también extenso este reconocimiento a todos los maestros de mi educación superior, quienes me han brindado no solo conocimientos, sino también valores y principios que han forjado mi formación profesional.

A todos mis seres queridos, mis compañeros, amigos y a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a este proyecto, les expreso mi más sincero agradecimiento.

Encomienda a Jehová tu camino, y confía en él; y él hará."

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	x
AGRADECIMIENTO.....	xi
INDICE DE CONTENIDOS	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xv
INDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I: GENERALIDADES	6
1.1 Antecedentes Bibliográficos	6
1.2 Identificación y descripción del problema de estudio.....	16
1.2.1. Identificación.....	16
1.2.2. Descripción del problema.....	17
1.3 El Problema de investigación	26
1.3.1. Problema General	26
1.3.2. Problemas Específicos	26
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación	26
1.4.1 Justificación	26
1.4.2 Importancia.....	29
1.5 Objetivos	30
1.5.1 Objetivo General.....	30
1.5.2 Objetivos Específicos	30
1.6 Hipótesis	30
1.6.1 Hipótesis General	30
1.6.2 Hipótesis Específicas.....	30
1.7 Variables, Dimensiones e Indicadores.....	31
1.7.1. Variable Independiente.....	31
1.7.2. Variable Dependiente	31
1.8 Población, muestra y muestreo	33
1.8.1. Población:	33
1.8.2. Muestra	33
1.9 Unidad de análisis	33

1.10 Tipos de investigación aplicables	33
1.11. Diseño de Investigación.....	34
1.11 Periodo de análisis	35
1.12 Fuentes de información	35
1.13 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	36
1.14. Procesamiento de datos	37
1.15. Procedimiento a seguir en la Investigación	37
CAPITULO II: MARCO TEORICO Y MARCO CONCEPTUAL.....	38
MARCO TEORICO.....	38
2.1. Ingeniería de Mantenimiento	38
2.2. Gestión del Mantenimiento	39
2.3. Mantenimiento Multicriterio	39
2.4. Costos de Mantenimiento.....	41
2.5. El Análisis Multicriterio	41
2.6. Teoría de la Decisión Multicriterio	42
2.7. El procedimiento metodológico para la matriz de análisis multicriterio 43	43
2.8. Disponibilidad	44
2.9 Disponibilidad Operativa: kPi Disponibilidad.....	44
2.10. Flota vehicular	45
2.11. Clasificación de flotas	45
2.12. Factores a considerar para un Plan de Mantenimiento de Flota	46
MARCO CONCEPTUAL	46
MARCO NORMATIVO	49
CAPITULO III: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACION	50
3.1 Del Objetivo N°1	50
3.2 Del Objetivo N°2	54
3.3 Del Objetivo N°3	56
3.4 Del Objetivo N°4	61
4.1 Resultados de la investigación	65
4.1.1. Del resultado específico N°1	65
4.1.2. Del resultado específico N°2 Realizar el análisis de Causa, Modo y Efecto de las Fallas Críticas en las unidades de la flota vehicular liviana.	67
4.1.3. Del resultado específico N°3	68
4.1.4. Del resultado específico N°4	69

4.1.4. Del objetivo general.....	70
4.2 Contrastación de la hipótesis.....	71
V. CONCLUSIONES.....	74
VI. RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	83
Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	83
Anexo 2. Operacionalización de la Variable Independiente.....	84
Anexo 3. Operacionalización de la Variable Dependiente.....	84
Anexo 4. Paquete de alternativas – Actividades 1 a 5 del Plan de Mantenimiento Multicriterio.....	85
Anexo 5. Paquete de alternativas – Actividades 6 a 10 del Plan de Mantenimiento Multicriterio.....	86
Anexo 6. Paquete de alternativas – Actividades 11 a 15 del Plan de Mantenimiento Multicriterio.....	87
Anexo 7. Paquete de alternativas – Actividades 16 a 20 del Plan de Mantenimiento Multicriterio.....	88
Anexo 8. Paquete de alternativas – Actividades 21 a 25 del Plan de Mantenimiento Multicriterio.....	89
Anexo 9. Paquete de alternativas – Actividades 26 a 30 del Plan de Mantenimiento Multicriterio.....	90
Anexo 10. Paquete de alternativas – Actividades 31 a 35 del Plan de Mantenimiento Multicriterio.....	91

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Tabla estadística de mantenimiento vehicular	3
FIGURA 2. <i>Flujograma de atención / reparación de falla de unidad en servicio</i>	19
FIGURA 3. <i>Procedimiento de Mantenimiento Básico ante la presencia de una Falla</i>	22
FIGURA 4. <i>Ficha de Especificaciones técnicas de cada Unidad Vehicular</i>	23
FIGURA 5. <i>Contaminación ambiental por la emisión de CO₂ de unidades vehiculares</i>	28
FIGURA 6. Ocurrencia de Accidentes de Tránsito con Combis y Coasters	29

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Listado General de la Flota Vehicular de transporte de personal	20
TABLA 2 Reporte de Fallas en la flota vehicular en el Periodo de junio a diciembre del 2023	24
TABLA 3. Reporte de la Disponibilidad de la Flota Vehicular Liviana Pre a la implementación.....	25
TABLA 4. Matriz de Operacionalización de Variables	32
TABLA 5. Técnicas de Recolección de Datos	36
TABLA 6. Reporte de Fallas Etapa Pre; en la flota vehicular liviana en el Periodo de enero a junio del 2023	50
TABLA 7. Reporte de fallas críticas por frecuencia de ocurrencia en la flota liviana durante el periodo Pre: enero a junio de 2023.	53
TABLA 8. Análisis de causa, modo y efecto de las fallas críticas en la flota liviana.....	55
TABLA 9. Lineamientos de implementación del plan de Mantenimiento por Análisis de Decisión.....	56
TABLA 10. Reporte de Fallas en la flota vehicular en el Periodo POST de julio a diciembre del 2023.....	60
TABLA 11. Costo de Implementación mantenimiento Multicriterio	62
TABLA 12. Comparativo de costos de mantenimiento Antes y Después.....	65
TABLA 13. Comparativo de la disponibilidad operativa de la flota vehicular liviana antes y después de la implementación del Plan de Mantenimiento Multicriterio	73

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la Decisión Multicriterio, con la finalidad de mejorar la disponibilidad operativa de la flota vehicular liviana del Grupo Logístico JOMAT S.A.C. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con diseño preexperimental y alcance correlacional causal. La población estuvo constituida por toda la flota vehicular de la empresa, siendo la muestra 14 unidades livianas: 4 Coasters, 5 Combis y 5 camionetas 4x4 destinadas al transporte de personal hacia campos agrícolas. El periodo de análisis se dividió en dos etapas: PRE (enero-junio 2023) y POST (julio-diciembre 2023).

En la etapa PRE se identificaron 406 fallas (155 en Coasters, 184 en Combis y 67 en camionetas), lo que generó una pérdida operativa de 236.7 horas, con niveles de disponibilidad de 93.52%, 92.31% y 94.63%, respectivamente. A partir del análisis de criticidad, se determinaron las fallas más recurrentes, las cuales fueron sometidas a evaluación mediante criterios multicriterio. Esto permitió estructurar un plan de mantenimiento optimizado. En la etapa POST, las fallas se redujeron a 94 (44, 38 y 12, respectivamente), con una pérdida operativa de 119 horas, mejorando las disponibilidades a 95.91%, 96.18% y 97.57%. Se concluye que el mantenimiento por decisión multicriterio elevó significativamente la disponibilidad de la flota analizada.

Palabras clave: Mantenimiento Preventivo, Decisión Multicriterio, Disponibilidad, Flota Vehicular Liviana, Análisis de Criticidad de Fallas.

ABSTRACT

The objective of the research was to design a Preventive Maintenance Plan based on the Multicriteria Decision, with the aim of improving the operational availability of the light vehicle fleet of the JOMAT Logistics Group S.A.C. The study adopted a quantitative, applied approach, with a pre-experimental design and causal correlational scope. The population consisted of the company's entire vehicle fleet, with the sample being 14 light units: 4 Coasters, 5 Combis and 5 4x4 trucks intended for the transportation of personnel to agricultural fields. The analysis period was divided into two stages: PRE (January-June 2023) and POST (July-December 2023). In the PRE phase, 406 failures were identified (155 in Coasters, 184 in Combis, and 67 in Vans), resulting in an operational loss of 236.7 hours, with availability levels of 93.52%, 92.31%, and 94.63%, respectively. Based on the criticality analysis, the most recurrent failures were determined and evaluated using multi-criteria criteria. This allowed for the development of an optimized maintenance plan. In the POST phase, failures were reduced to 94 (44, 38, and 12, respectively), resulting in an operational loss of 119 hours, improving availability to 95.91%, 96.18%, and 97.57%. It is concluded that multi-criteria maintenance significantly increased the availability of the analyzed fleet.

Keywords: Preventive Maintenance, Multicriteria Decision, Availability, Light Vehicle Fleet, Failure Criticality Analysis.

INTRODUCCION

Las organizaciones, ya sean de naturaleza productiva, extractiva o de servicios, comparten tres pilares fundamentales: el recurso humano, los equipos logísticos y la infraestructura operativa. Cada uno de estos componentes desempeña funciones primordiales que deben operar bajo parámetros técnicos rigurosos, tales como presión, temperatura, velocidad, aceleración, caudal, desgaste, vibración, viscosidad, resistencia, rigidez, tenacidad, revoluciones por minuto (rpm), concentración en partes por millón (ppm), pH, humedad, longitud y volumen. Con el paso del tiempo y el uso intensivo, estos parámetros tienden a desviarse de sus valores nominales, lo que genera un aumento en la probabilidad de fallas funcionales. En este contexto, es imperativo implementar estrategias de mantenimiento que mitiguen dichos efectos. Estas estrategias incluyen el mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, proactivo, productivo total, así como enfoques más recientes como el mantenimiento Lean, centrado en la confiabilidad (RCM), basado en condición (CBM), en riesgos, con soporte en inteligencia artificial, IoT, enfoque sistemático y decisiones sustentadas en análisis multicriterio. El propósito común de estas estrategias es garantizar el retorno de los parámetros operacionales a su estado óptimo y, en consecuencia, prolongar la vida útil de los activos [\(Allali, 2020\)](#).

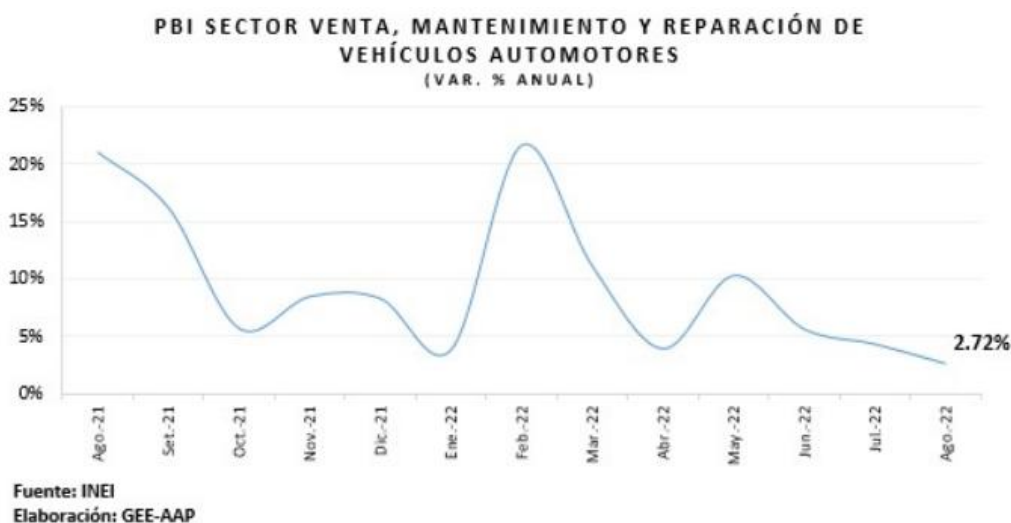
Los programas de mantenimiento programado suelen basarse en las recomendaciones de los fabricantes, datos históricos de los equipos y la información proporcionada por los operadores y el personal de mantenimiento mediante reportes o formatos de recolección de datos, como las órdenes de trabajo (OT). Un programa de mantenimiento eficaz y eficiente es crucial para garantizar la competitividad y productividad de una empresa. A nivel mundial, las métricas de un mantenimiento seguro incluyen: un tiempo promedio entre fallas (MTBF) superior a 12 horas, un tiempo promedio de reparación (MTTR) inferior a 8 horas, una eficiencia global de los equipos (OEE) igual o superior al 77%, una disponibilidad mínima del 90%, un mantenimiento programado o planificado superior al 85% y una

calidad que tienda al 100% ([Plant Engineering, 2023](#)). Un estudio realizado en 278 empresas europeas indica que el mantenimiento preventivo y predictivo mejora la disponibilidad en un 9%, prolonga la vida útil de los equipos en un 20% y reduce los riesgos para la salud, seguridad y medio ambiente en un 14% ([PwC, 2023](#)).

En el Perú, el parque automotor ha mantenido una tendencia de crecimiento sostenido en los últimos años. Según la AAP, en 2023 el parque vehicular alcanzó las 4.5 millones de unidades, creciendo un 2.72% respecto al año anterior, mientras que para el primer trimestre de 2024 ya se reporta un incremento acumulado del 1.8%, impulsado principalmente por el dinamismo en la venta de vehículos livianos. Entre los vehículos más demandados se encuentran las SUV, pick-ups, furgonetas y automóviles sedán, siendo marcas como Toyota, Hyundai, Kia, Nissan, Chevrolet, Mazda, Honda, Ford y Volkswagen las más comercializadas en el país ([AAP, 2024](#)). Este comportamiento responde a la preferencia del consumidor peruano por vehículos versátiles, eficientes en consumo de combustible y adaptables tanto a entornos urbanos como rurales. En cuanto a las marcas de gama alta o élite, destacan Mercedes-Benz, BMW, Audi y Lexus, las cuales han registrado un crecimiento en ventas del 7.6% entre 2023 y 2024, debido al repunte del segmento corporativo, minero y agroexportador, así como por la expansión del leasing vehicular empresarial ([Gestión, 2024](#)). Respecto a las importaciones, la SUNAT (2024) reportó que durante el 2023 se importaron más de 154 mil vehículos, con una proyección de superar las 165 mil unidades en 2024. China continúa liderando como país proveedor, con más del 42% del total importado, seguido por Japón, Corea del Sur y Estados Unidos. Las marcas chinas como Changan, JAC, MG y Geely han ganado terreno debido a su competitividad en precios y mejora progresiva en tecnología, diseño y seguridad. No obstante, las marcas japonesas y coreanas mantienen el liderazgo en flotas corporativas gracias a su durabilidad y bajo costo de mantenimiento. Este crecimiento del parque automotor ha intensificado la demanda de servicios técnicos especializados: mantenimiento correctivo y preventivo, diagnóstico electrónico, gestión de repuestos y logística posventa. Sin embargo, el sector enfrenta desafíos importantes derivados de la disminución en la disponibilidad de repuestos y accesorios, debido a interrupciones

logísticas globales y una baja en los niveles de stock en aduanas e importadoras, lo que ha incrementado los plazos de entrega hasta en un 35% ([SUNAT, 2024](#); [ADEX, 2024](#)).

FIGURA 1. *Tabla estadística de mantenimiento vehicular*



En el Perú, las empresas de transporte terrestre brindan diferentes servicios: transporte de carga, transporte de materiales, transporte de pasajeros a nivel local, distrital, regional, nacional e internacional, transportes corporativos para traslado de personal a minas y agroindustrias, transportes turísticos, servicios de taxis, colectivos, microbuses, combis que suman alrededor de 326 empresas autorizadas, todas ellas está conformada por una flota de unidades que reúnen las características y exigencias de su rubro para brindar seguridad, garantía y calidad de servicio ([Gestión Integral de Flotas del Perú GIFT, 2023](#)).

En el transporte de pasajeros, cargas y encomiendas a nivel nacional utilizando buses y cargueros; las 10 principales empresas son:

1° Cruz del Sur: 57 agencias, y una flota de 245 buses.

2° Excluciva, Superciva, Econociva, y Civa Cargo, flota de 186 unidades.

3° Transportes Palomino, flota de 137 unidades.

4° Transportes Shalom, 200 agencias, 260 unidades, generando 1,200 puestos de trabajo.

5° Flores Hermanos, flota de 158 unidades.

6° Z Buss, flota de 85 unidades, operando en Lima y Ancash.

7° Móvil Bus, flota de 360 unidades, 71 destinos y 1,500 puestos de trabajo.

8° Oltursa, 62 destinos y una flota de 88 unidades modernas.

9° Megabus, flota de 82 unidades, operando entre Lima, Ayacucho y Huancavelica.

10° Expreso Lobato, transporta pasajeros a la selva norte del Perú y cuenta con una flota de 62 unidades ([Observatorio ECOMMERCE 2022- 2023](#)).

En el transporte de carga pesada las mejores empresas son:

1° Ransa, cuenta con experiencia y presencia en 10 países y 72 sedes en Latinoamérica; con especialidad en operaciones aduaneras de importación y exportación, cuenta con 9,200 colaboradores.

2° Olva Courier, realiza envíos de sobres, paquetes y dinero a nivel nacional e internacional, cuenta con 246 sucursales a nivel nacional.

3° Tasa Logística, transporta carga por vía terrestre, marítima y aérea a nivel nacional e internacional.

4° DHL Perú, transporta cargas grandes y pesadas en más de 220 países; en el Perú cuenta con 129 agencias.

5° Shalom, servicios de transporte de carga y encomiendas.

6° Dinnet, brinda servicios de tercerización en operaciones logísticas ([García Briceño, 2023](#)).

Los sistemas de Gestión y Mantenimiento de Flotas de transporte terrestre, marítimo, aéreo y ferroviario son herramientas esenciales para garantizar la operatividad de las unidades, proteger el medio ambiente, preservar la calidad de las carreteras, optimizar y planificar las rutas, y disminuir el consumo de combustible, en concordancia con el Reglamento de Jerarquización Vial (Decreto Supremo N° 015-2024-MTC). [\(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2024\)](#). En el caso específico del transporte terrestre, el cual representa más del 88% de la movilización de personas y mercancías en el Perú, la gestión de flotas se ha convertido en una prioridad para las empresas logísticas, de transporte de personal, agroindustriales, mineras y de carga pesada. Esta gestión implica el control integral de aspectos técnicos, operativos, administrativos y económicos de cada unidad, desde su mantenimiento preventivo y correctivo, hasta su ubicación georreferenciada, consumo de combustible, programación de rutas y ciclos de operación. Según el Observatorio Nacional de Transporte, en 2023 se reportaron más de 3.2 millones de unidades activas en el transporte terrestre formal, de las cuales aproximadamente 56% corresponde a vehículos livianos utilizados en flotas corporativas, de servicios y transporte especializado [\(Observatorio Nacional de Transporte Terrestre, 2024\)](#).

La implementación de sistemas telemáticos y plataformas digitales de mantenimiento, como los CMMS (Computerized Maintenance Management Systems), ha demostrado reducir en un 22% los costos operativos y aumentar hasta en un 18% la disponibilidad operativa de las unidades en flotas compuestas por vehículos livianos y medianos (PwC, 2023). Asimismo, el uso de software de gestión de flotas con inteligencia artificial e IoT permite una planificación anticipada del mantenimiento, detección temprana de fallas, evaluación en tiempo real del rendimiento de los vehículos y optimización del uso de recursos humanos y materiales. En este contexto, la flota liviana de empresas como JOMAT S.A.C., destinada al transporte de personal hacia campos agrícolas, representa un caso aplicable para la integración de modelos híbridos de mantenimiento como el análisis multicriterio, con miras a lograr altos niveles de disponibilidad, eficiencia y confiabilidad en contextos operativos exigentes.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes Bibliográficos

Antecedentes Internacionales

Montesinos, Ramos y García (2017) desarrollaron una investigación orientada a fortalecer la toma de decisiones estratégicas en ingeniería y gerencia de proyectos mediante la aplicación de métodos de Análisis Multicriterio de Decisiones (MCDA), dada la complejidad que enfrentan ingenieros, proyectistas y gestores al evaluar criterios diversos, muchas veces contradictorios, en contextos altamente exigentes. El estudio parte del problema relacionado con la falta de herramientas sistemáticas para seleccionar alternativas técnicas, económicas y logísticas con base científica, lo cual genera incertidumbre y decisiones poco sostenibles. Con el objetivo de proporcionar una solución metodológica robusta, los autores propusieron el uso de técnicas MCDA como AHP (Analytic Hierarchy Process), ANP (Analytic Network Process), PROMETHEE, TOPSIS y PRES, las cuales fueron aplicadas en diversos casos prácticos como la calificación de proveedores, la selección de colaboradores, la tasación de activos industriales, y la planificación de carteras de proyectos. A través de una revisión documental y análisis de casos reales, se diseñó un marco comparativo que permitió valorar el impacto del uso de estos métodos en la mejora de la toma de decisiones. Los resultados evidenciaron que estas herramientas reducen la subjetividad en un 35%, mejoran la calidad del análisis de alternativas en un 27% y acortan el tiempo de decisión en un 40%, al facilitar un tratamiento estructurado y transparente de los criterios técnicos, financieros y ambientales involucrados. En conclusión, el uso del MCDA representa una herramienta de valor estratégico para la dirección de proyectos en entornos industriales, al permitir decisiones racionales, justificadas y con mayor aceptación por parte de los stakeholders, reafirmando lo señalado por **Triantaphyllou y Mann (2020)**, quienes destacan que este enfoque metodológico incrementa la efectividad operativa y la confianza en los procesos de planificación complejos.

Syan et al (2019) abordaron los desafíos asociados con la optimización de programas de mantenimiento en un contexto de decisiones multicriterio, donde se identificaron múltiples y a menudo contradictorios criterios que deben ser evaluados para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las flotas vehiculares. El problema central radica en la dificultad inherente a gestionar de manera efectiva estas decisiones debido a la existencia de criterios simples, complejos y difíciles de cuantificar. Con el objetivo de ofrecer un marco metodológico adecuado, los autores revisaron y categorizaron diversos modelos de optimización multicriterio (MCO), brindando un análisis exhaustivo de los avances recientes en este campo, particularmente aplicados al mantenimiento industrial. La metodología utilizada consistió en la recopilación y comparación de modelos teóricos y su aplicación práctica en empresas de transporte y logística, con el fin de evaluar su eficiencia en la gestión de flotas y mantenimiento. Los resultados destacaron que los modelos multicriterio son altamente efectivos para resolver problemas complejos de asignación de recursos y programación de tareas de mantenimiento, permitiendo una mejora significativa en la programación y reducción de costos operativos. Como conclusión, el estudio reafirma la necesidad de utilizar enfoques multicriterio en el ámbito del mantenimiento para lograr una optimización efectiva, y sugiere que estos modelos pueden integrarse exitosamente con tecnologías emergentes como IoT y análisis predictivo para maximizar los beneficios operativos en la gestión de flotas. Además, los avances en este tipo de modelos continúan evolucionando, como se destaca en investigaciones recientes sobre la integración de inteligencia artificial en los procesos de toma de decisiones

Hamid, (2020) plantea que, en el contexto del crecimiento urbano e industrial, el papel de la flota vehicular como medio de transporte esencial se torna crítico, especialmente en empresas con operaciones logísticas intensas como MEGALOG, la cual cuenta con más de 150 unidades entre vehículos livianos, pesados y maquinaria de construcción. El estudio parte del problema de las constantes fallas imprevistas y la ineficiencia de los mantenimientos correctivos, los cuales impactaban negativamente en la disponibilidad operativa de la flota. El objetivo fue

diseñar un plan de mantenimiento moderno, basado en parámetros tecnológicos actuales de bajo costo y alta aplicabilidad, que integrara la participación activa del recurso humano y herramientas de control eficientes. La metodología empleada incluyó el diseño e implementación de formatos de registro, fichas técnicas, hojas de control y auditoría del mantenimiento, con los cuales se supervisaron sistemáticamente todas las tareas ejecutadas en las unidades vehiculares. Como resultado, se logró una notable mejora en la eficiencia y eficacia de las tareas de mantenimiento, reduciendo significativamente los tiempos de parada no planificada, elevando la confiabilidad de los vehículos y optimizando el cumplimiento de las actividades programadas. El autor concluye que un mantenimiento tecnológicamente orientado, con enfoque en innovación funcional y control documental, no solo garantiza la operatividad vehicular, sino también genera un impacto positivo en la competitividad de empresas del rubro logístico, posicionándolas de forma estratégica en su mercado.

Aráuz Valdivia y Rodríguez Chavarría (2021) abordaron la problemática de la baja eficiencia en el mantenimiento de la flota vehicular de la empresa Cubas Eléctricas S.A. en Estelí, Nicaragua, donde predominaba el mantenimiento correctivo sobre el preventivo, generando altos costos y tiempos de inactividad. El objetivo del estudio fue elaborar una propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en un diagnóstico del estado actual de la flota y la evaluación de la rentabilidad económica de su implementación. La investigación, de enfoque mixto, utilizó métodos observacionales y descriptivos, aplicando instrumentos para analizar la situación existente y diseñar la propuesta de mantenimiento. Se identificó que el 70% del mantenimiento realizado era correctivo, con áreas de trabajo no específicas y procedimientos limitados a cambios de aceite, filtros y llantas. La propuesta incluyó la estructuración de un plan de mantenimiento preventivo detallado y la capacitación del personal. Los resultados demostraron la factibilidad económica del plan, con una relación beneficio-costos de 1.39, recuperando la inversión y obteniendo un 39% de utilidad, concluyendo que la implementación del mantenimiento preventivo mejoraría significativamente la eficiencia operativa de la flota

Gómez (2021) identifica que la empresa colombiana de transporte de carga Sotrance S.A.S., ubicada en El Cerrito, Valle del Cauca, enfrentaba un problema operativo recurrente: la baja disponibilidad de su flota vehicular debido a paradas imprevistas y ausencia de un plan de mantenimiento estructurado. Frente a esta situación, el objetivo del estudio fue implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo que permitiera mejorar la operatividad y continuidad de sus unidades, especialmente aquellas dedicadas al traslado de personal hacia plantaciones como INCAUCA S.A.S. e Ingenio Providencia S.A. La metodología empleada combinó herramientas clásicas de análisis como el FODA, el diagrama de Pareto y la evaluación de criticidad de fallas para priorizar los puntos de intervención, además de establecer rutinas de mantenimiento basadas en el kilometraje y en el tipo de servicio prestado. Se utilizó un sistema de registro técnico mediante formatos de control, hojas de inspección y hojas de vida de cada unidad para garantizar el seguimiento confiable de los mantenimientos realizados. Los resultados mostraron una reducción significativa de las fallas mecánicas inesperadas, un incremento en la disponibilidad de la flota y una mejora en la planificación de las operaciones logísticas. En conclusión, el estudio demostró que una estrategia de mantenimiento preventivo, adecuadamente diseñada y contextualizada, puede ser una herramienta eficaz para elevar los estándares de servicio y la competitividad de las empresas de transporte terrestre en entornos operativos exigentes.

Pretel Urina y Pérez Guerrero (2022) identificaron como problemática principal la ausencia de un sistema estructurado de mantenimiento preventivo en la flota de camiones International 4300 de la empresa FL Colombia SAS, lo que generaba fallas recurrentes y afectaba la disponibilidad operativa. El objetivo del estudio fue implementar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo que integrara las recomendaciones del fabricante con la experiencia técnica del personal, permitiendo actualizar los procedimientos existentes y mejorar la confiabilidad de la flota. La metodología incluyó la recopilación de datos históricos de fallas, la creación de informes de seguimiento y la aplicación de técnicas como inspecciones visuales, análisis de vibraciones y de aceite. Uno de los logros más significativos fue el diseño y desarrollo de una herramienta que facilitó la

planificación y programación de las actividades de mantenimiento, contribuyendo a la innovación y adopción de nuevas tendencias tecnológicas en la empresa. Los resultados evidenciaron un aumento en la disponibilidad de los equipos y una mayor confiabilidad en las operaciones, lo que llevó a la empresa a evaluar y mejorar continuamente su sistema de mantenimiento para incrementar la productividad y el cumplimiento de sus metas.

Linares (2023) aborda una problemática recurrente en el ámbito del transporte terrestre: la ocurrencia de fallas imprevistas en los vehículos debido a la falta de programas sistemáticos de mantenimiento preventivo, lo cual compromete la seguridad vial y la eficiencia operativa. El objetivo del estudio fue diseñar un programa de mantenimiento preventivo que garantice el estado óptimo de los componentes críticos de las unidades vehiculares, como frenos, luces, neumáticos y motores. La propuesta metodológica se fundamentó en un enfoque preventivo aplicado al entorno empresarial, con énfasis en la inspección periódica, la supervisión de tareas técnicas y la documentación sistemática de los mantenimientos efectuados. Entre los hallazgos se resalta que la ausencia de supervisión y control técnico incrementa el riesgo de accidentes laborales, genera tiempos de parada no programados y reduce la confiabilidad operativa. Los resultados evidencian que la implementación de un plan preventivo no solo mejora la funcionalidad de los vehículos, sino que también fortalece la cultura de seguridad y reduce significativamente la incidencia de fallas catastróficas. En conclusión, el mantenimiento preventivo no debe considerarse como un gasto, sino como una inversión estratégica que preserva la vida útil de los activos, garantiza la continuidad del servicio y promueve entornos de trabajo seguros y confiables.

Infante et al., 2024 desarrollaron una investigación que responde a la necesidad crítica de superar las limitaciones tradicionales en la evaluación de la gestión de mantenimiento, las cuales suelen basarse en simples listas de verificación o inspecciones superficiales centradas únicamente en el cumplimiento de requisitos básicos. El problema identificado radica en que muchas organizaciones no cuentan con herramientas integrales que les permitan medir de

forma objetiva el desempeño real de su gestión de mantenimiento, lo cual impide detectar deficiencias operativas significativas que afectan directamente la confiabilidad y disponibilidad de los activos. Frente a ello, el objetivo central del estudio fue diseñar e implementar una metodología de auditoría basada en el Análisis Jerárquico de Proceso (AHP), una técnica multicriterio ampliamente validada, para cuantificar y jerarquizar las variables que inciden en la eficacia del mantenimiento. La metodología consistió en recolectar datos en las propias instalaciones industriales mediante entrevistas estructuradas con expertos, observación técnica directa, y revisión documental detallada de los procedimientos de mantenimiento utilizados. A través de la construcción de una estructura jerárquica que consideraba criterios técnicos, económicos y operacionales, los investigadores lograron ponderar con precisión las variables involucradas y calcular los niveles de conformidad de cada una respecto a los estándares deseados. Como resultados clave, el estudio permitió visualizar las zonas críticas de mantenimiento con bajo desempeño, generar datos cuantificables para la toma de decisiones y priorizar las acciones correctivas necesarias. La aplicación de esta metodología no solo facilitó una auditoría más rigurosa y objetiva, sino que también ofreció una visión sistémica del mantenimiento, mejorando la asignación de recursos logísticos, financieros y humanos en beneficio de la productividad y sostenibilidad organizacional. En síntesis, esta propuesta representa una herramienta estratégica para la alta dirección, que promueve la mejora continua a través de un enfoque técnico, cuantitativo y confiable.

Antecedentes Nacionales

Contreras (2017) desarrollo un estudio cuyo problema central fue la ineficiencia en la gestión del mantenimiento de la flota liviana compuesta por camionetas y buses de la empresa Abit SAC, los cuales operan en condiciones severas dentro de la unidad minera Arasi SAC. Ante esta situación, el objetivo principal fue implementar un programa de mantenimiento preventivo que permitiera estructurar, sistematizar y optimizar la gestión técnica del mantenimiento vehicular, enfocándose en la programación de tareas, el personal necesario, y las funciones

específicas del departamento responsable. Para ello, se aplicó una metodología cuantitativa de tipo aplicada, basada en un enfoque técnico-operativo, en la cual se realizó primero un diagnóstico para identificar los sistemas más críticos. Se utilizó la ecuación de Weibull para estimar la vida útil de componentes esenciales, analizando registros históricos de fallas en los primeros tres meses de operación de las unidades. Asimismo, se emplearon modelos matemáticos para determinar los mejores periodos de inspección y reemplazo de piezas, mejorando así los tiempos de respuesta del mantenimiento programado. A nivel documental, se diseñaron formatos y fichas de control técnico que permitieron consignar de forma ordenada la información operativa y de mantenimiento de cada unidad. Los resultados mostraron una mejora notable en la disponibilidad operativa, reducción de fallas inesperadas y mejor control de los recursos técnicos. En conclusión, el estudio evidenció que la aplicación de un enfoque técnico preventivo, con soporte matemático y registro sistemático, incrementó la eficiencia del mantenimiento y la confiabilidad de la flota vehicular en ambientes exigentes como el minero.

Orbegoso, Roberto (2022) aborda la problemática de la baja disponibilidad y confiabilidad de los equipos trackless en la unidad minera MARSA, ubicada en la región La Libertad, Perú. El objetivo principal de la investigación fue implementar una gestión de mantenimiento basada en análisis multicriterio para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de dicha maquinaria. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un diseño preexperimental longitudinal y un alcance correlacional causal. Se utilizó una herramienta de simulación de software llamada Total Decision para generar e implementar un plan de mantenimiento preventivo. La muestra estuvo conformada por siete equipos, seleccionados debido a su secuencia en las actividades mineras. Los resultados demostraron un incremento en la disponibilidad de los equipos, pasando del 89% al 95%, y una disminución considerable en los costos de mantenimiento. Se concluyó que la aplicación del análisis multicriterio permitió obtener la mejor decisión para mejorar la gestión de mantenimiento, incrementando así la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

Chunga et al (2022) abordaron el problema de baja disponibilidad operativa de los equipos industriales en la empresa de servicios alimentarios Cordón Blue, donde se evidenciaban paradas imprevistas que afectaban la eficiencia del proceso productivo. Frente a ello, el objetivo del estudio fue implementar un plan de mantenimiento preventivo estructurado con base en la metodología de decisiones multicriterio, que permitiera incrementar significativamente los índices de disponibilidad de los activos críticos. Se llevó a cabo una investigación cuantitativa de tipo aplicada, con un diseño pre-experimental longitudinal y un alcance correlacional-causal. La población estuvo compuesta por nueve equipos industriales, seleccionando como muestra dos de ellos, identificados por su mayor nivel de criticidad operacional. La técnica empleada para la recolección de datos incluyó el análisis documental de registros de mantenimiento y fallas, mientras que la metodología de toma de decisiones multicriterio utilizada fue la suma ponderada, permitiendo jerarquizar factores como frecuencia de falla, impacto en el proceso, costos y tiempo de intervención. El procedimiento incluyó la identificación de modos de falla, análisis de causas, priorización de acciones preventivas y diseño de un plan ajustado a los recursos técnicos y económicos disponibles. Como resultado, se logró un incremento en la disponibilidad operativa de los equipos seleccionados, pasando del 89% inicial a un 98%, lo que representó una mejora sustancial del sistema de mantenimiento. Adicionalmente, se evaluó la factibilidad económica de la implementación, la cual arrojó un retorno positivo con un índice de beneficio del 19.15%, respaldando la viabilidad del plan. En conclusión, el uso de herramientas multicriterio para la toma de decisiones en mantenimiento preventivo no solo contribuyó a elevar la eficiencia operativa de los equipos, sino que también permitió una gestión más estratégica y rentable de los activos industriales.

Armas, Luis (2023) El objetivo de la investigación se centró en la necesidad de incrementar la disponibilidad operativa de las bombas centrífugas en el Centro Comercial Real Plaza de la ciudad de Cajamarca, debido a que estas presentaban frecuentes paradas imprevistas que afectaban la continuidad del servicio de distribución de agua. Ante este problema, se planteó como objetivo diseñar un plan de mantenimiento basado en la metodología de decisiones multicriterio, que

permitiera optimizar la gestión técnica de estos equipos críticos. La metodología empleada fue de tipo cuantitativa, aplicada, con un diseño no experimental y transversal, enfocada en una muestra compuesta por tres bombas centrífugas de las ocho existentes, seleccionadas en función de su criticidad operativa. Para la recolección de datos se utilizó la técnica del análisis documental y como instrumento se diseñó una ficha de registro técnico para evaluar el historial de funcionamiento, fallas recurrentes y tiempos de intervención. El análisis multicriterio aplicado se fundamentó en el método AHP (Analytic Hierarchy Process), permitiendo ponderar los criterios clave: disponibilidad del equipo (41.46%), impacto económico y ambiental (23.67%) y factores relacionados al personal operativo (13.43%). Inicialmente, las bombas presentaban índices de disponibilidad de 81%, 86% y 82%, respectivamente. Luego de simular la implementación del plan propuesto, dichos valores aumentaron a un 97.5% promedio, representando mejoras individuales de 16%, 11.5% y 15%. Además, se realizó una evaluación costo-beneficio, cuyo resultado fue del 56.4%, confirmando la rentabilidad del plan diseñado, con un ahorro anual estimado de S/. 7,955. Como conclusión, el estudio demuestra que la integración de metodologías multicriterio en la planificación del mantenimiento no solo eleva sustancialmente la disponibilidad operativa de los equipos, sino que también permite tomar decisiones estratégicas fundamentadas en variables técnicas, económicas y humanas, mejorando el desempeño global de las instalaciones.

Antecedentes Regionales

Arizaga et al (2019) desarrollaron una tesis con el objetivo de establecer la relación entre la gestión de mantenimiento vehicular y el control de flota vehicular de SEDAPAL, empresa estatal dedicada a la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado. La metodología de la investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel correlacional y diseño no experimental. La población estuvo compuesta por 104 colaboradores, de los cuales 79 conformaron la muestra seleccionada mediante muestreo probabilístico. La recolección de datos se realizó mediante encuestas aplicadas a través de un

cuestionario de 18 ítems en escala Likert, que permitió evaluar las percepciones del personal respecto a los procesos de mantenimiento y su impacto en el control de la flota vehicular. Posteriormente, la información obtenida fue codificada, tabulada y sometida a análisis estadístico, utilizando la técnica Chi Cuadrado para la contrastación, de la hipótesis general. Los resultados indicaron una relación estadísticamente significativa entre una adecuada gestión de mantenimiento y un eficiente control de la flota vehicular, lo cual se evidencia en una mejora en la disponibilidad operativa de los vehículos, la reducción de costos por mantenimiento correctivo y un uso más racional de los recursos logísticos. Asimismo, se identificó que las debilidades en la planificación y ejecución de mantenimiento repercuten negativamente en la productividad general de la institución. En conclusión, el estudio ratifica la importancia de una gestión técnica integral que permita implementar planes de mantenimiento vehicular con criterios sistemáticos y con participación activa del personal.

Buquez (2020) realizó una investigación cuyo objetivo principal fue diseñar un plan de mantenimiento que incremente la rentabilidad en la empresa Transportes Hernández S.A.C., ubicada en el norte del país. En el diagnóstico inicial se identificó que las paradas no programadas de los vehículos ocasionaban una pérdida económica anual de S/ 186,427, atribuida a una disponibilidad del 92.18% y al uso ineficiente de repuestos (con pérdidas por S/ 38,848.07). Asimismo, se detectó que los conductores no contaban con los conocimientos necesarios para intervenir ante fallas menores y que los ambientes de trabajo carecían de condiciones adecuadas para un mantenimiento eficiente. Para enfrentar estos problemas, se propuso implementar la metodología TPM junto con la herramienta de las 5'S. Las acciones incluyeron la capacitación del personal, la reorganización de los espacios de trabajo, y el establecimiento de rutinas de mantenimiento periódico. Tras la aplicación del plan, se logró elevar la disponibilidad vehicular a 97.12%, reduciendo significativamente los costos operativos y alcanzando un resarcimiento económico de S/ 59,158.05. Como conclusión, el análisis costo-beneficio evidenció que la propuesta era viable y aportaba beneficios económicos, operativos y

organizacionales a la empresa, mejorando su competitividad en el mercado de transporte regional.

Domínguez et al (2022). La investigación es de tipo descriptivo, enfoque cuantitativo – aplicado, diseño no experimental del tipo transversal. El objetivo principal de la investigación fue elaborar un Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo con la finalidad de incrementar la Disponibilidad de la flota vehicular de la Municipalidad de Jangas; la misma que consta de 4 camionetas 4x2, 2 camiones de recojo de basura, 1 montacargas y 2 volquetes para transporte de materiales de construcción; al evaluar a través de técnicas de investigación como la observación, encuesta y análisis documental, de los resultados se halló una deficiente disponibilidad en los vehículos debido a las excesivas paradas por mantenimiento correctivo en sus unidades, la ausencia de un apropiado y efectivo plan de mantenimiento preventivo que permita controlar y supervisar y evaluar las tareas de mantenimiento que se realizan en sus talleres o en otros de terceros. Como solución se inició un plan de mantenimiento considerando como prioridad las unidades críticas desde el punto de vista de su frecuencia de fallas; y luego de su implementación se halló un incremento de 18.76% de la Disponibilidad.

1.2 Identificación y descripción del problema de estudio

1.2.1. Identificación

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la empresa de Transporte de personal Grupo Logístico JOMAT S.A.C., que se encuentra ubicada en la Avenida Montegrande Manzana C Lote 8 del Sector Los Álamos – Distrito de Guadalupe - Provincia de Pacasmayo, Región La Libertad; iniciándose sus actividades desde marzo del 2010, y cuya actividad principal es el transporte de carga desde Trujillo a Tumbes, incluyendo Cajamarca, para lo cual cuenta con 26 trailer y su actividad secundaria es el Transporte de Personal desde distintos puntos de la ciudad de Pacasmayo hacia diversas zonas de sembrío, cosecha o procesamiento de arroz, maíz, y productos de pan llevar; su servicio de atención está dispuesto las 24 horas del día, de lunes a sábado, desde las 5.00 am. hasta

las 6.00 pm. salvo casos especiales los domingos. Los recorridos se realizan en un 80% en caminos no asfaltados, es decir tipo trocha, siendo el recorrido en promedio de 100 a 150 km por día de las unidades; la selección de la unidad a utilizar depende de la cantidad de personal a trasladar, para ello se cuenta con 4 unidades Coaster que pueden transportar hasta 29 personas, 5 unidades combis que trasladan hasta 15 personas y las 4 camionetas 4x4 para trasladar hasta 4 personas que por lo general son ingenieros, supervisores y muchas veces para el traslado de personal y repuestos al lugar del incidente o remolcar la unidad al taller; así mismo se utilizan para llevar alimentos u otros requerimientos y sobre todo prestar auxilio en casos de paradas por fallo de alguna unidad durante un servicio. La empresa es muy exigente en cuanto al personal seleccionado para conductores, los mismos que deben ser conocedores de la zona, estar debidamente identificados y con Brevete Categoría A2 y A3, garantizando de esta manera la seguridad y confianza del servicio.

1.2.2. Descripción del problema

En principio por ser el recorrido de las unidades un camino de trocha con muchas piedras, polvo, vegetación agreste y presencia de pendientes y baches peligrosos las unidades vehiculares se ven afectadas constantemente en todo el sistema de suspensión: rótulas, amortiguadores, dirección, palieres, desgaste prematuro de los neumáticos, y deterioro de la pintura por rayaduras; así como por el continuo polvo al que se encuentran sometidas tanto exterior como interiormente y que requieren de tareas de limpieza constante.

El problema de la flota vehicular de transporte de personal es principalmente las paradas por falla durante el servicio de traslado, lo cual lógicamente resta horas de labor desperdiciadas; más aún cuando se trata de las Couster; al tener todas las unidades un sistema de comunicación por radio y celular, el conductor reporta al área de operaciones el problema o tipo de falla y si es posible repararla in situ con la ayuda de personal de mantenimiento o es necesario remolcar la unidad al taller de mantenimiento para su reparación a través de una Orden de Servicio donde se

indica los datos de la unidad, lugar donde se produjo la falla, los repuestos y personal empleado para su solución; así como el tiempo de reparación y costo de la misma; inmediatamente de sucedido el problema se pone en uso el Plan de Contingencia, el cual consiste en disponer de una o más unidades que se encuentren fuera de servicio para concluir con el traslado de los usuarios; todo ello representa un alto costo que debería ser innecesario si se contará con un Plan de Mantenimiento por decisión Multicriterio que garantice una alta Disponibilidad de la flota.

La implementación del plan de mantenimiento por decisión multicriterio, consiste en clasificar las fallas críticas por cada uno de los tipos de unidades: Cousters, combis o camionetas en base a la frecuencia de ocurrencia de fallas, tiempo de reparación de la falla o el costo de reparación; a este listado se convoca al personal involucrado como son los conductores y los técnicos y personal de mantenimiento a fin que emitan una sugerencia o mejora probable de estas fallas a fin de eliminar o disminuir las mismas, para finalmente de manera grupal tomar la mejor decisión de mantenimiento mediante la aplicación de la metodología de análisis multicriterio. El protocolo a seguir cuando se presenta una falla durante el proceso de traslado se indica en la Figura 2.

FIGURA 2. *Flujograma de atención / reparación de falla de unidad en servicio*

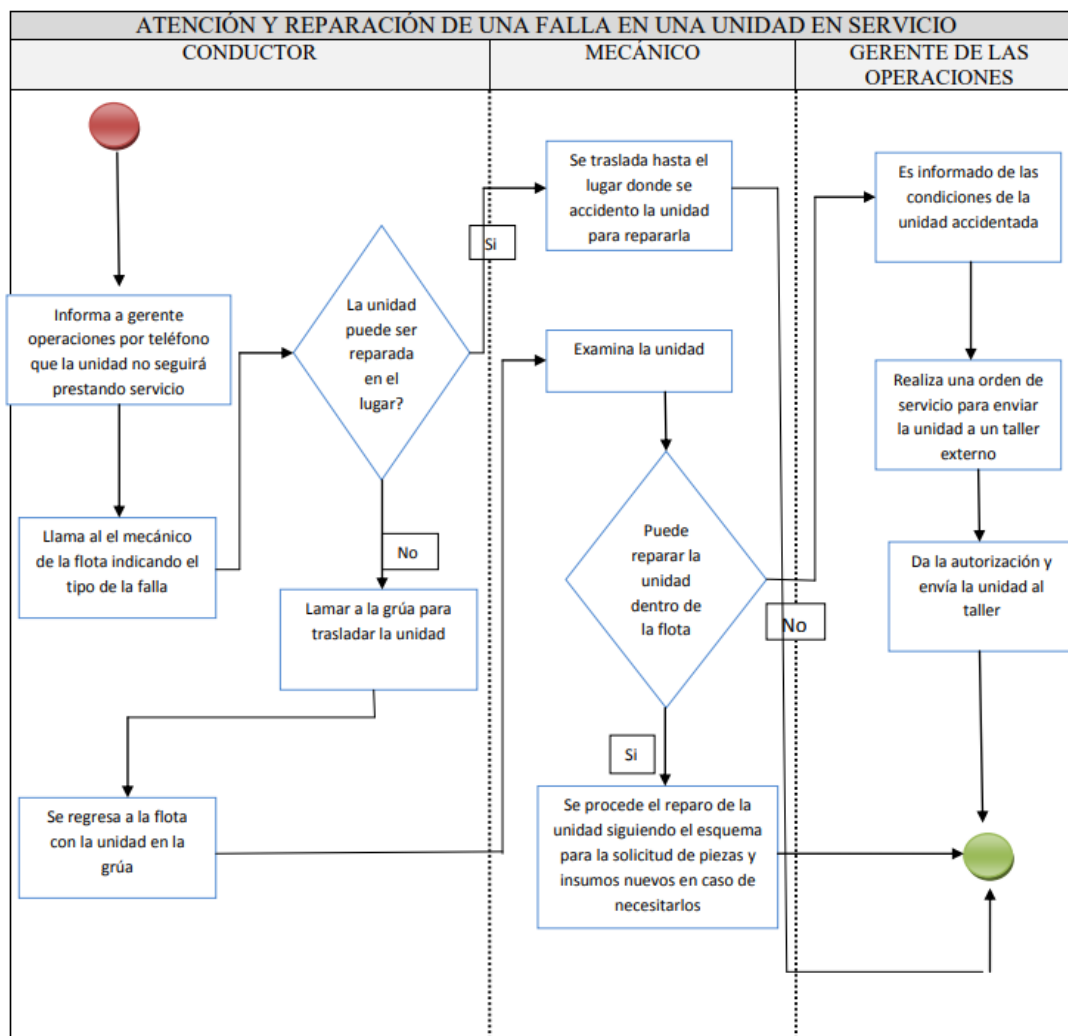


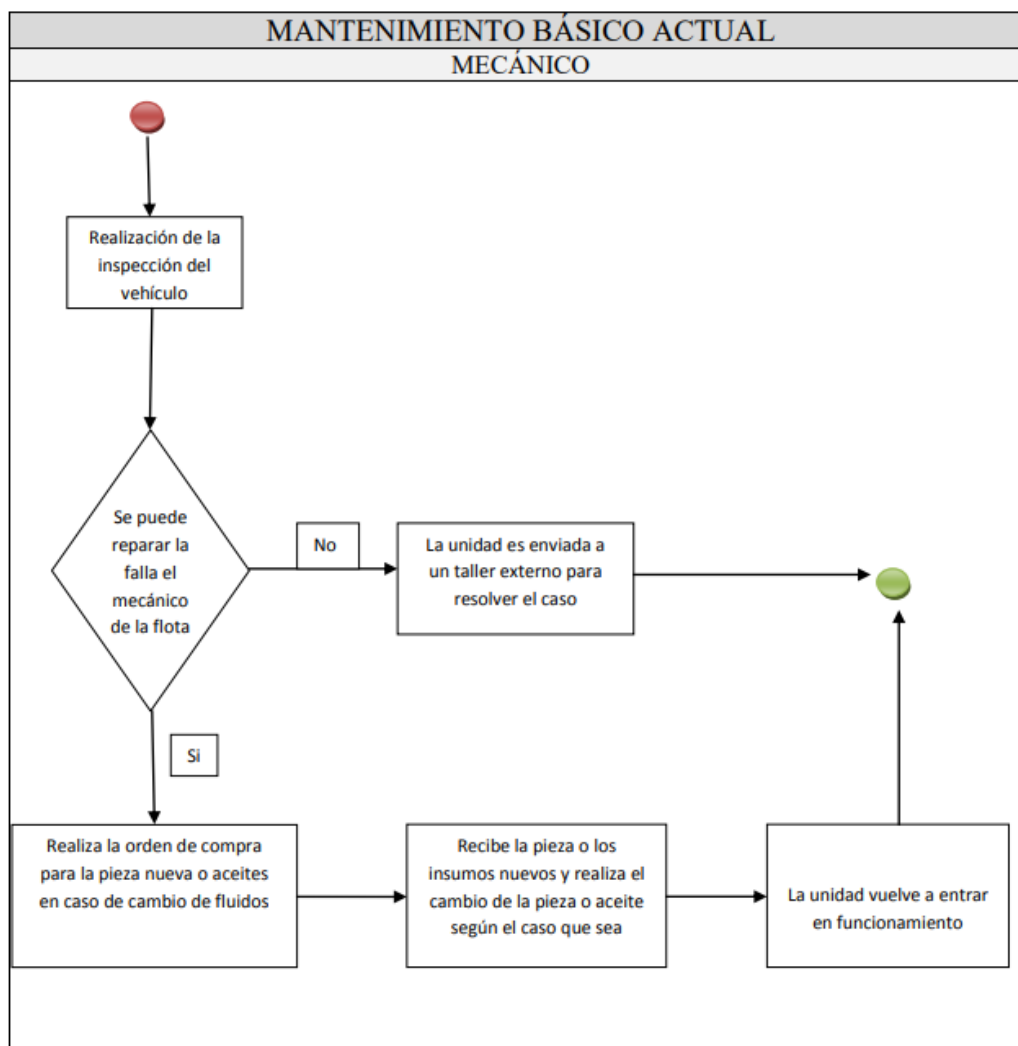
TABLA 1. Listado General de la Flota Vehicular de transporte de personal

LISTADO GENERAL DE LA FLOTA VEHICULAR								
ITEM	TIPO DE VEHÍCULO	MARCA	COMB	MOTOR	AÑO DE FABRIC	COLOR	CAPACID PASAJ	ESTADO ACTUAL
1	Coaster	Toyota	Diesel	4.2 L-6 Cilind	2018	Blanco	29	Malo
2	Coaster	Toyota	Diesel	4.2 L-6 Cilind	2020	Blanco	29	Malo
3	Coaster	Toyota	Diesel	4.2 L-6 Cilind	2020	Bco/Beige	29	Regular
4	Coaster	Toyota	Diesel	4.2 L-6 Cilind	2022	Bco/Beige	29	Regular
5	Combi	IncaPower	Diesel	4CIL/Línea	2021	Plateado	15	Regular
6	Combi	IncaPower	Diesel	4CIL/Línea	2021	Plateado	15	Regular
7	Combi	IncaPower	Diesel	4CIL/Línea	2023	Plateado	15	Bueno
8	Combi	IncaPower	Diesel	4CIL/Línea	2023	Plateado	15	Bueno
9	Combi	IncaPower	Diesel	4CIL/Línea	2023	Plateado	15	Bueno
10	Camioneta	Toyota	Diesel	4x2 D/C 2GD	2022	Plateado	4	Bueno
11	Camioneta	Toyota	Diesel	4x2 D/C 2GD	2022	Plateado	4	Bueno
12	Camioneta	Toyota	Diesel	4x2 D/C 2GD	2023	Blanco	4	Muy bueno
13	Camioneta	Toyota	Diesel	4x2 D/C 2GD	2023	Blanco	4	Muy bueno
14	Camioneta	Toyota	Diesel	4x2 D/C 2GD	2023	Blanco	4	Muy bueno



En la Figura 3, se indica el procedimiento que se sigue actualmente cuando se produce una falla en la unidad vehicular durante un servicio en ejecución; el análisis por decisión multicriterio debe realizar cambios y mejoras por cuanto la respuesta o reacción debe ser célere, porque cada tiempo perdido representa pérdidas económicas y desconfianza en el personal usuario.

FIGURA 3. *Procedimiento de Mantenimiento Básico ante la presencia de una Falla*



En la Figura 4, se presenta la Ficha de Especificaciones Técnicas utilizada para cada unidad vehicular que conforman la flota de la Empresa Grupo Logístico JOMAT S.A.C.

FIGURA 4. *Ficha de Especificaciones técnicas de cada Unidad Vehicular*

FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA UNIDAD VEHICULAR				
INFORMACIÓN BÁSICA			Código de la Unidad	
Marca		Modelo		
Clase		Año Fabric		
Color		Cilindrada		
Peso		Tipo Combust		
Nº pasaj		Odómetro		
IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO LEGAL			INFORMACION MECÁNICA	
Nº de Placa			Estado General	
Nº Motor			Tipo Transmisión	
Nº Chasis			Nº de ejes	
INFORMACION ADICIONAL			Nº de Neumáticos	
			Potencia	
			Tipo de tracción	
			Dimensiones	
Area Asignada				
Precio en Libros				
Catálogo				
Manual del Usuario				
Observaciones				

En la Tabla 2 se detallan los tipos de fallas de mayor ocurrencia o frecuencia; así como sus tiempos y costo de reparación unitario de la flota liviana compuesta por 4 Coaster, 5 combis y 5 camionetas doble cabina 4x4, ocurridos durante el periodo junio a diciembre del 2023; el tiempo de reparación se considera desde la parada del vehículo, el tiempo de respuesta, el tiempo de llegada del personal y repuestos, así como la ejecución de la reparación; el costo de reparación incluye repuesto, consumibles y mano de obra; no se considera el costo por pérdida de trabajo.

TABLA 2 Reporte de Fallas en la flota vehicular en el Periodo de junio a diciembre del 2023

REPORTE DE FALLAS EN LA FLOTA VEHICULAR: PERIODO JUNIO - DICIEMBRE 2023										
IT	ACTIVIDAD	COASTER			COMBI			CAMIONETA		
		FREC	T	COSTO REP	FREC	T	COSTO REP	FREC	T	COSTO REP
			REPAR horas	S/.		REPAR horas	S/.		REPAR horas	S/.
1	Limpieza y calibración de frenos	6	2.0	250.00	8	4.0	320.00	5	13.0	180.00
2	Alinear la Dirección	3	1.2	150.00	5	2.0	250.00	2	1.0	80.00
3	Alineación de luces delanteras	3	0.6	40.00	5	0.8	100.00	2	1.0	60.00
4	Cambio de aceite en caja de cambios	3	1.0	280.00	3	1.2	240.00	2	3.5	350.00
5	Cambio de aceite y filtros del motor	1	0.9	220.00	4	2.8	600.00	1	1.1	320.00
6	Cambio bomba de aceite	1	1.6	120.00	3	1.2	190.00	1	2.0	280.00
7	Cambio y engrase de crucetas	6	8.5	180.00	5	3.0	200.00	1	2.5	210.00
8	Reposición de tuercas de ruedas	7	3.5	95.00	5	6.0	120.00	1	0.6	40.00
9	Cambio de amortiguadores delanteros	5	1.0	130.00	8	0.8	110.00	2	2.0	190.00
10	Cambio de faja del alternador	2	0.5	60.00	3	0.5	40.00	3	5.5	180.00
11	Cambio de soportes del motor	2	1.5	90.00	6	1.5	80.00	0	0.0	0.00
12	Cambio de la bomba de agua	2	2.0	160.00	3	1.5	130.00	1	3.0	280.00
13	Cambio de bujías incandescentes	12	6.0	120.00	8	1.5	75.00	1	3.0	220.00
14	Cambio de resortes amortiguación	6	3.5	250.00	6	12.5	360.00	2	3.0	350.00
15	Cambio disco de freno	4	2.5	190.00	5	2.5	170.00	2	6.5	300.00
16	Cambio del ventilador	1	0.3	95.00	2	2.2	75.00	0	0.0	0.00
17	Cambio mangueras del ventilador	2	0.8	130.00	3	0.8	100.00	1	0.7	150.00
18	Cambio refrigerante del radiador	2	0.6	70.00	4	0.6	50.00	1	0.7	90.00
19	Cambio de sensores	8	13.0	250.00	6	5.5	180.00	2	0.4	150.00
20	Cambio de zapatas de freno	10	16.0	500.00	9	13.5	450.00	2	1.0	130.00
21	Limpieza del Radiador	4	1.5	90.00	4	1.5	80.00	1	2.0	110.00
22	Reparación del arrancador	2	2.5	180.00	3	3.0	160.00	1	3.0	220.00
23	Revisar y completar niveles	3	0.8	60.00	4	0.8	50.00	1	0.8	80.00
24	Retocar pintura carrocería	1	6.0	400.00	2	5.0	350.00	1	5.0	500.00
25	Cambio de Neumáticos	4	0.6	350.00	5	6.0	1500.00	4	6.0	1200.00
26	Cambio y/o reposición bombillas	14	15.0	85.00	13	7.2	20.00	6	7.0	180.00
27	Cambio y/o reposición micas	6	4.5	180.00	7	0.5	50.00	2	0.6	80.00
28	Reparación del alternador	2	1.2	160.00	5	1.2	150.00	2	1.5	220.00
29	Planchado de carrocería	6	4	640.00	8	24.0	1600.00	3	12.0	450.00
30	Cambio de Plumillas del parabrisa	2	0.3	60.00	3	0.3	50.00	2	0.4	70.00
31	Cambio espejo retrovisor externo	3	0.6	160.00	4	0.6	130.00	1	0.8	250.00
32	Mantenimiento agua de batería	3	0.4	40.00	4	0.4	40.00	2	0.5	50.00
33	Reparación del embrague	5	1.2	180.00	8	1.2	150.00	2	1.5	230.00
34	Reparación de la caja de cambios	2	5.0	300.00	3	4.0	250.00	1	4.0	350.00
35	Cambio y engrase de palieres	12	15.0	720.00	10	14.0	500.00	6	13.0	480.00
		155	125.6	6985.00	184	134	8920.00	67	108.6	8030.00
Total, Paradas Imprevistas		406								
Total Tiempo de Reparación		368.30								
Total costo de Reparación		23,935.00								

En la Tabla 3, se calculó la Disponibilidad de las unidades de Flota, en el periodo junio a diciembre; es decir, antes de implementar el Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio, obteniéndose para las Couster, Combis y Camionetas Disponibilidades de 93.52%, 92.91% y 94.63% respectivamente.

TABLA 3. Reporte de la Disponibilidad de la Flota Vehicular Liviana Pre a la implementación

MTBF, MTTR, Y DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA LIVIANA - PERIODO PRE junio a diciembre del 2023									
UNIDAD		FALLA	CANT	TIEMPO HORAS	λ	TOTAL			
VEHICULAR				TOTAL		MTBF	TIEMPO (hs)	MTTR	
				FUNCIONAM	D/E	horas	REPARACION	horas	
COUSTER	Cambio y/o reposición bombillas	14	1200	0.01167	85.71	15.00	1.07	98.77	
	Cambio de bujias incandescentes	12	1200	0.01000	100.00	6.00	0.50	99.50	
	Cambio y engrase de palieres	12	1200	0.01000	100.00	15.00	1.25	98.77	
	93.52%	Cambio de zapatas de freno	10	1200	0.00833	120.00	16.00	1.60	98.68
	Cambio de sensores	8	1200	0.00667	150.00	13.00	1.63	98.93	
	Reposición de tuercas de ruedas	7	1200	0.00583	171.43	3.50	0.50	99.71	
	Cambio y/o reposición micas	6	1200	0.00667	150.00	4.50	0.56	99.63	
	Cambio y engrase de crucetas	6	1200	0.00583	105.00	8.50	1.21	98.86	
COMBI	Cambio y/o reposición bombillas	13	1200	0.01083	92.31	7.20	0.55	99.40	
	Cambio y engrase de palieres	10	1200	0.00833	120.00	14.00	1.40	98.85	
	92.91%	Cambio de zapatas de freno	9	1200	0.00750	133.33	13.50	1.50	98.89
	Planchado de carrocería	8	1200	0.00667	150.00	24.00	3.00	98.04	
	Cambio de sensores	6	1200	0.00500	200.00	5.50	0.92	99.54	
	Cambio de resortes amortiguación	6	1200	0.00500	200.00	12.50	2.08	98.97	
	Cambio de Neumáticos	5	1200	0.00417	240.00	6.00	1.20	99.50	
	Reposición de tuercas de ruedas	5	1200	0.00417	240.00	6.00	1.20	99.50	
CAMIONETA	Cambio y/o reposición bombillas	6	1200	0.00500	200.00	7.00	1.17	99.42	
	4x4	Cambio y engrase de palieres	6	1200	0.00500	200.00	13.00	2.17	98.93
	Limpieza y calibración de frenos	5	1200	0.00417	240.00	13.00	2.60	98.93	
	94.63%	Cambio de Neumáticos	4	1200	0.00333	300.00	6.00	1.50	99.50
	Cambio de faja del alternador	3	1200	0.00250	400.00	5.50	1.83	99.54	
	Planchado de carrocería	3	1200	0.00250	400.00	12.00	4.00	99.01	
	Cambio de aceite en caja de cambios	2	1200	0.00167	600.00	3.50	1.75	99.71	
	Cambio disco de freno	2	1200	0.00167	600.00	6.50	3.25	99.46	
			168	236.70					

1.3 El Problema de investigación

1.3.1. Problema General

¿De qué manera la implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la teoría de Análisis Multicriterio incrementara la Disponibilidad de una flota vehicular liviana del Grupo Logístico JOMAT S.A.C?

1.3.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es la situación actual del Plan de mantenimiento de la flota vehicular liviana en la Empresa Grupo Logístico JOMAT S. A.C?
- b) ¿Cuáles son las fallas principales, la frecuencia y tiempos de parada no programados que presentan las unidades vehiculares de la flota vehicular?
- c) ¿Cómo se puede implementar un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio para aumentar la Disponibilidad de la flota vehicular?
- d) ¿Cuál es la evaluación costo – beneficio del Plan de mantenimiento propuesto?

1.4 Justificación e Importancia de la Investigación

1.4.1 Justificación

La **justificación teórica** de La investigación se sustenta en los fundamentos del mantenimiento preventivo aplicado al ámbito del transporte de personal, con énfasis en el análisis multicriterio como herramienta de priorización técnica. Se consideran los indicadores clave como el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) y el Tiempo Medio para la Reparación (MTTR), que permiten evaluar la disponibilidad operacional de la flota vehicular. Estos conceptos, ampliamente aceptados en la ingeniería de mantenimiento, han sido aplicados para desarrollar un Plan de Mantenimiento Preventivo que no solo optimice la gestión de los recursos técnicos y humanos, sino que también contribuya a la mejora continua de los indicadores de desempeño de la flota vehicular liviana utilizada para el transporte del personal

operativo de la empresa. En este sentido, la propuesta se vincula estrechamente con la teoría de confiabilidad y gestión de activos, pilares fundamentales en la gestión moderna de mantenimiento industrial.

La **justificación tecnológica** está orientada al uso de herramientas digitales, software especializados y aplicativos de gestión del mantenimiento computarizado (CMMS), los cuales permiten sistematizar, analizar y optimizar el Plan de Mantenimiento diseñado. Estas tecnologías posibilitan el registro histórico de incidencias, la programación automatizada de tareas preventivas y la generación de indicadores de desempeño que respaldan la toma de decisiones basadas en datos. Además, el uso de estas soluciones digitales facilita la integración del mantenimiento con otras áreas estratégicas de la organización, promoviendo una gestión eficiente y moderna, alineada con los principios de la transformación digital industrial.

La **justificación metodológica** se justifica en la implementación estructurada de tareas de mantenimiento preventivo mediante una hoja de ruta clara, ordenada y secuencial. Dicha planificación metodológica está basada en el análisis técnico de criticidad y confiabilidad de los activos, asegurando intervenciones oportunas que prolonguen la vida útil de las unidades y eviten fallas imprevistas. Este enfoque disciplinado permite garantizar la funcionalidad de los vehículos destinados al transporte de personal, elevando así la productividad de la empresa y fortaleciendo su competitividad en el sector. Asimismo, contribuye a la estandarización de procesos y la mejora continua de las prácticas de mantenimiento.

La **justificación económica** radica en el hecho de que las inversiones realizadas en programas de mantenimiento preventivo son significativamente menores que los costos asociados al mantenimiento correctivo y sus consecuencias colaterales. Las fallas no planificadas generan interrupciones operativas, pérdidas de ingresos, aumento en el consumo de repuestos y horas hombre no productivas. En cambio, un mantenimiento programado permite optimizar los recursos, evitar daños mayores y mantener operativa la flota en condiciones óptimas. Esta

optimización tiene un impacto directo en la reducción de costos, mejora de la eficiencia financiera y aumento de la rentabilidad organizacional.

La **justificación social**, se evidencia en la mejora de las condiciones de seguridad y bienestar del personal que es trasladado diariamente a las zonas de operación. Un plan de mantenimiento eficaz garantiza el correcto funcionamiento de las unidades vehiculares, lo que se traduce en una menor probabilidad de accidentes o retrasos. Este entorno de seguridad incrementa la confianza del personal, fortalece su estabilidad emocional y mejora su disposición al trabajo, impactando positivamente en la productividad laboral y el clima organizacional. Además, fortalece la imagen institucional ante la comunidad y los clientes internos.

La **justificación medio ambiental**, se cuantifica en el hecho, que se trata la implementación de un plan de mantenimiento preventivo que contribuye significativamente a la reducción de emisiones contaminantes. Las unidades vehiculares bien mantenidas generan menores niveles de gases tóxicos, como el dióxido de carbono (CO_2), cuya emisión es responsable del 18% del efecto invernadero global. Asimismo, se minimiza el riesgo de derrames de lubricantes y combustibles, que contaminan el suelo y cuerpos de agua. Por tanto, el mantenimiento preventivo no solo garantiza la funcionalidad de la flota, sino que también cumple un rol fundamental en la protección del medio ambiente y en el cumplimiento de normativas ambientales vigentes.

FIGURA 5. *Contaminación ambiental por la emisión de CO_2 de unidades vehiculares*



FIGURA 6. Ocurrencia de Accidentes de Tránsito con Combis y Coasters



1.4.2 Importancia

La importancia del presente estudio acerca de la implementación de un programa de Mantenimiento Preventivo basado en la teoría de la Decisión Multicriterio para una flota vehicular liviana, dedicada al transporte de personal, es que permite describir, analizar y cuantificar las consecuencias y costos que una falla puede ocasionar a una unidad vehicular y su influencia en la Confiabilidad y su Disponibilidad Funcional; además que dependiendo de la gravedad de la falla, del momento de ocurrencia, velocidad de conducción, experiencia del conductor, lugar de ocurrencia; todos estos factores van a determinar las consecuencias y resultados, que en condiciones inseguras pueden desencadenar en un accidente de tránsito que afecte la salud de los pasajeros, deterioro del vehículo, además podría tener consecuencias fatales o catastróficas. El conocimiento, experiencia, habilidad y destreza del personal de mantenimiento, así como de los conductores acerca de la unidad vehicular, de seguridad, cuidado, prevención, y normalización sobre las diferentes tareas de mantenimiento preventivo permiten mejorar la Confiabilidad y Disponibilidad Funcional de dichas unidades; así como garantizar la eficiencia y efectividad del servicio, lo cual brinda prestigio y confianza para con los usuarios.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Implementar un Plan de Mantenimiento basado en la teoría de Análisis Multicriterio para incrementar la Disponibilidad de la Flota Vehicular Liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar la situación actual del Plan de Mantenimiento de la flota vehicular liviana en la empresa de transporte de personal.
- b) Describir y cuantificar la frecuencia, y tiempos de paradas y costo de reparación originados por fallas imprevistas en la flota vehicular.
- c) Establecer y redactar los lineamientos y tareas para la implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio para aumentar la Disponibilidad de la flota vehicular.
- d) Realizar el análisis de pre factibilidad en base a una evaluación costo – beneficio del plan de mantenimiento propuesto.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

La implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio incrementará la Disponibilidad de La flota vehicular liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- a) El análisis del Plan de Mantenimiento que se realiza a las unidades vehiculares permite determinar la situación actual del estado de la flota.
- b) La determinación de las fallas en las unidades de la flota vehicular permitirá cuantificar su frecuencia, tiempo y costo de reparación.

- c) La implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio permitirá aumentar la Disponibilidad funcional de las unidades que conforman la flota vehicular.
- d) El resultado del análisis costo – beneficio al implementar un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría de análisis Multicriterio, demuestra la factibilidad económica de la propuesta

1.7 Variables, Dimensiones e Indicadores

1.7.1. Variable Independiente:

Mantenimiento por Análisis Multicriterio.

1.7.2. Variable Dependiente:

Disponibilidad de Flota Vehicular Liviana.

TABLA 4. Matriz de Operacionalización de Variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente Mantenimiento por Análisis Multicriterio	Modelo de gestión de mantenimiento eficaz, oportuno y eficiente que opera en base a minimizar costos, mejorar los indicadores relacionados a mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad (Sarango y Hernández 2018).	El mantenimiento por análisis, se inicia con la evaluación de la gestión de mantenimiento actual: conocer su estado y ver mejoras por medio de la aplicación de estrategias basadas en la toma de decisiones adecuadas para una gestión de mantenimiento optima, (Cansado-Bravo y Rodríguez-Monroy, 2017)	Análisis Multicriterio	Elaboración del Manual de Trabajo	Razón
				Elaboración del modelo de Decisión	Razón
				Ponderación de criterios y valoración de alternativas	Razón
				Resultados preliminares	
				Riesgo e incertidumbre en el análisis	Razón
				Comparación de resultados	

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Dependiente Disponibilidad	La disponibilidad es el porcentaje de garantía que se tiene de un equipo a fin que realice sus funciones en su tiempo establecido. (Mesa, et al, 2016)	La disponibilidad matemáticamente se mide entre el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR), (Meza, et al, 2016)	Tiempo Medio entre Fallas MTBF	Total, horas de trabajo programadas	Nominal
				Cantidad de paradas imprevistas	Nominal
			Tiempo Medio de Reparación MTTR	Total, horas de parada imprevistas	Nominal
				Cantidad de Reparaciones	Nominal

1.8 Población, muestra y muestreo

1.8.1. Población:

El total de flota vehicular de la empresa Grupo Logístico JOMAT S.A.C.; compuesto por 26 trailers, 3 camionetas cabina simple 4x4 y 2 autos sedan asignados a la actividad principal de transporte de carga; y finalmente las 14 unidades asignadas al transporte de personal de campo, haciendo un total de 45 unidades vehiculares.

Criterios de inclusión: Sólo incluye las unidades correspondientes a la Flota Liviana, correspondiente al Transporte de Personal, conformada por 14 unidades, entre Coaster, Combis y Camionetas.

Criterios de exclusión: Se excluyen a las unidades de transporte de carga.

1.8.2. Muestra

Conformada por la flota vehicular liviana, destinada a Transporte de Personal, conformada por 14 unidades de la Empresa Grupo Logístico JOMAT S.A.C.

1.8.3. Muestreo

Se considera un muestreo por conveniencia, por cuanto la investigación se realiza con el total de la muestra.

1.9 Unidad de análisis

La Unidad de Análisis está compuesta por las 14 unidades que conforman la flota vehicular liviana: 4 Coaster, 5 Combis y 5 Camionetas 4x4 Doble Cabina; todas ellas pertenecientes a la Empresa Grupo Logístico JOSMAT S.A.C.

1.10 Tipos de investigación aplicables

La Investigación Aplicada: El estudio se enfoca en resolver un problema concreto relacionado con la disponibilidad de flota vehicular,

aplicando conocimientos científicos y técnicos para elaborar un plan de mantenimiento preventivo eficaz.

Investigación Descriptiva: Permite detallar las características actuales de la gestión de mantenimiento, los tipos de fallas frecuentes, el estado de la flota vehicular y los recursos técnicos y humanos disponibles.

Investigación Correlacional: Analiza la relación entre variables como la frecuencia de fallas, los indicadores de mantenimiento (MTBF, MTTR) y la disponibilidad funcional de las unidades.

Investigación Cuantitativa: Utiliza datos numéricos para medir la efectividad del plan de mantenimiento, los tiempos de operación e inactividad, así como los costos asociados a distintos tipos de mantenimiento.

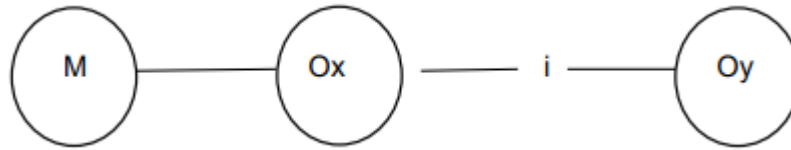
Investigación Experimental: En contextos controlados, puede probar la eficacia de estrategias de mantenimiento específicas, midiendo sus efectos sobre la disponibilidad y los costos operativos.

Investigación No Experimental: Analiza los datos observados sin manipular variables, lo cual es útil en estudios donde se observan los efectos de políticas ya implementadas.

Investigación Evaluativa: Mide el impacto del plan propuesto en términos de mejora de indicadores clave, costo-beneficio, sostenibilidad y percepción del personal, facilitando la toma de decisiones estratégicas.

1.11. Diseño de Investigación

La investigación presenta un diseño de tipo cuantitativo, aplicado, no experimental y de corte transversal. Esta elección responde a la necesidad de medir, analizar y evaluar de forma objetiva y sistemática los efectos de la implementación de un programa de Mantenimiento Preventivo basado en la teoría de Decisión Multicriterio sobre una flota vehicular liviana dedicada al transporte de personal.



Donde:

M = Muestra

Ox = Observación de la variable independiente: mantenimiento multicriterio.

Oy = Observación de la variable dependiente: confiabilidad y disponibilidad de la flota vehicular liviana.

i = Influencia del mantenimiento multicriterio en la confiabilidad y disponibilidad de la flota.

Este diseño metodológico permite una visión clara y estructurada de la situación actual, facilitando la toma de decisiones basadas en evidencias cuantificables. Además, asegura la validez y confiabilidad de los resultados mediante análisis comparativos y la implementación de indicadores estandarizados del mantenimiento industrial; por lo tanto, el diseño metodológico elegido es idóneo para cumplir con los objetivos de investigación planteados, garantizando una adecuada rigurosidad científica y una aplicación efectiva en contextos reales del sector transporte.

1.11 Periodo de análisis

El período de análisis para la presente investigación corresponde a los datos obtenidos desde junio a diciembre del año 2023, de la flota vehicular liviana.

1.12 Fuentes de información

La primera fuente corresponde a la información contenida en las Ordenes de Servicio, de cada unidad vehicular, donde se detalla el personal, repuestos, accesorios, consumibles, herramientas y equipos utilizados en el servicio; la segunda fuente es el Formato de Reporte de Falla de la Unidad,

que indica el lugar y hora de ocurrencia de falla, el sistema, elemento o componente que ha sufrido la falla, el tiempo de reacción ante la falla, el tiempo de reparación de la falla, el costo de reparación y las consecuencias del hecho con respecto al personal, la unidad vehicular y la afectación o compromiso del servicio.

1.13 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos a utilizar en la presente investigación son: la observación, la revisión documentaria y las entrevistas

TABLA 5. Técnicas de Recolección de Datos

Dimensión/ Enfoque	Cuantitativo	Cualitativo	Mixto
Técnicas de recolección de datos	1.-Encuesta 2.-Observación 3.-Análisis de contenido cuantitativo	1.-Observación 2.-Observación Participante 3.-Entrevista 4.-Grupos de discusión 5.-Revisión Documental 6.-Investigación acción	1.Observación Participante-Encuesta 2.Entrevista-Encuesta 3.Grupos de discusión-Encuesta 4.Revisión documental-Encuesta 5.Investigación acción-Encuesta
Instrumento de recolección de datos	1.-Cuestionario	1.-Protocolo de Observación 2.-Protocolo de Entrevista 3.-Protocolo de GD 4.-Protocolo de RD	1.Protocolo de Observación/Cuestionario 2.Protocolo de Entrevista/Cuestionario 3.Protocolo de GD-Cuestionario 4.Protocolo de RD-Cuestionario 5.Investigación acción-Cuestionario

Instrumentos de recolección de datos

Para la observación se utiliza el Formato de Control de Falla; donde se indican los datos del equipo, las horas de actividad programadas, las horas de parada, las características de falla, el tiempo de reparación y el costo del mismo. Para la Revisión documentaria, se utilizan las Hojas de Control del

Equipo, donde se encuentran los datos del mismo, tales como sus especificaciones técnicas, tareas de mantenimientos realizadas, y su estado de funcionalidad. Para las Entrevistas se utiliza un Formato-Formulario donde se pueda conocer el nivel de información que tienen los operarios y supervisores encargados del mantenimiento respecto a la gestión de mantenimiento basado en el análisis multicriterio

1.14. Procesamiento de datos

La metodología utilizada para el procesamiento de datos son las Teorías de las Decisiones Multicriterio, a través de formatos en Excell que permita obtener resultados confiables y permitan mejorar la Disponibilidad de las unidades que conforman la flota vehicular liviana de la Empresa Grupo Logístico JOMAT S.A.C.

1.15. Procedimiento a seguir en la Investigación

La presente investigación seguirá el siguiente procedimiento:

- 1° Analizar el estado actual de disponibilidad de las unidades vehiculares que conforman la flota de la empresa de transporte de personal: Grupo Logístico JOMAT S.A.C.
- 2° Definir el o los instrumentos de medición a partir de quien, como y cuando se hará la recolección de datos.
- 3° Validar el sistema de medición.
- 4° Recolectar los datos utilizando ordenadamente lo establecido en los pasos anteriores.
- 5° Proponer alternativas por el método de análisis multicriterio para solucionar los fallos críticos en las unidades vehiculares.

CAPITULO II: MARCO TEORICO Y MARCO CONCEPTUAL

MARCO TEORICO

2.1. Ingeniería de Mantenimiento

La ingeniería del mantenimiento es la parte de la ingeniería enfocada en estudiar y desarrollar técnicas que facilitan y mejoran las tareas de mantenimiento de una instalación, como una planta industrial, un edificio, una infraestructura, un equipo, una máquina, un proceso productivo o una línea de producción entre otros; para lo cual uso de diversas herramientas mecánicas, manuales y virtuales a fin de lograr su finalidad de mejorar la fiabilidad, mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de los activos.[\(Syan, 2019\).](#)

La Ingeniería de Mantenimiento, como ciencia tiene tres responsabilidades o fines fundamentales: 1° Diseñar, programar, planificar, y controlar diversas estrategias de mantenimiento, a partir del análisis de factores humanos, tecnológicos y económicos, para la elaboración y administración de Planes Maestros de Mantenimiento que garanticen la disponibilidad y confiabilidad de un activo para que contribuya a la productividad, rentabilidad y competitividad de la empresa. 2° Optimizar en cuanto a calidad, tiempo y costo las tareas de mantenimiento y las condiciones de operación de los equipos a través de técnicas y herramientas de confiabilidad para aumentar la eficiencia y eficacia de los equipos, en lo posible reduciendo los costos de mantenimiento como apoyo a la sustentabilidad y la competitividad de la empresa, sin afectar la calidad, seguridad y garantía de los mismos. 3° Validar estudios de ingeniería y proyectos técnico-económicos mediante análisis de prefactibilidad y factibilidad para mejorar la mantenibilidad de los equipos e instalaciones; es decir, que permitan garantizar su conformidad y resultado acorde con lo planificado.

Por medio de la digitalización, tecnologías digitales, la inteligencia artificial (IA), el Big Data, el Internet de las cosas (IoT), mantenimiento 4.0 y 5.0, la Ingeniería de Mantenimiento viene dando avances significativos sobre todo en el desarrollo industrial, robótica y automatización de procesos productivos.

2.2. Gestión del Mantenimiento

Una loable gestión de mantenimiento en una empresa productiva es aquella que consigue los más altos estándares de Disponibilidad para el funcionamiento de sus equipos, sistemas o procesos con la colaboración de personal capacitado, eficiente y comprometido con la productividad; el apoyo logístico y financiero permite adquirir recursos, equipos modernos, nuevas tecnologías que ayuden a incrementar constantemente la rentabilidad y el renombre de las empresas. (Flores et al, 2020). La gestión de mantenimiento abarca el manejo, control y distribución de todos los recursos humanos, logísticos y económicos; utilizados en su ejecución, tales como manejo de activos, definición del recurso controlando costos y tiempos asegurando el cumplimiento estricto de lo planificado. Es el proceso de mantenimiento de los activos y recursos de una empresa y sus principales objetivos son: control de costos, control de tiempos y gestión de los recursos humanos y económicos (Pérez 2021). La gestión del mantenimiento de una instalación afecta a los cuatro objetivos básicos del mantenimiento, que son la disponibilidad, la fiabilidad, la vida útil y el costo de explotación a lo largo de toda su vida útil.

2.3. Mantenimiento Multicriterio

Basado en programa de TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) consiste en ejecutar 7 procedimientos secuencialmente con el objetivo de seleccionar aquellas opciones que guardan paralelismo entre los 13 niveles, es decir que se encuentren en el rango: la peor/ la mejor opción que contribuya a la solución del problema. Los procedimientos se realizan implementando un programa (software) que permita escoger la mejor decisión con respecto al problema, de tal manera que el autor establece siete etapas del proceso; las cuales son:

Etapas 1: Definir el campo de evaluación y análisis: Desde el inicio el análisis debe asegurar el análisis real del problema; es decir, comprender y captar el problema real y poder contar con un análisis estratégico, si el problema es de solución táctica (Ferrer et al, 2018).

Etapa 2: Determinar los criterios a evaluar; es decir, aquellos componentes utilizados para determinar las iniciativas con que se cuentan y que guardan en relación o una respuesta en la solución del problema. Delimitado el argumento de decisión, se procede a la redacción de sus contenidos referidos con carácter de objetivos primordiales (Ferrer et al, 2018).

Etapa 3: Determinar las escalas para la evaluación; las mismas que deben estar compuestas por una escala expresada en unidades de medida específica que facilite conocer el servicio de una decisión que guarde concordancia con el criterio esperado, conocido como un indicador.

Etapa 4: Redactar las funciones de valor; es decir, toda herramienta que sirva y autorice a convertir el desempeño en valor y decisión relacionada al valor de cada opción específica, no solo en datos de desempeño. Ello es función de las variables: valor y desempeño.

Etapa 5: Ponderar las escalas de evaluación; para admitir de forma correcta y concretar la jerarquía entre los diferentes se debe hacer a través de procesos de escala constantes identificando dos niveles de referencia, de manera clara y precisa.

Etapa 6: Evaluación de opciones. Con todos los criterios, sus escalas establecidas, ponderaciones y funciones de valor, se espera que el problema tiene una solución y con un óptimo resultado; por lo tanto, para tener la mejor decisión se hace una evaluación exhaustiva de todas las opciones propuestas, dándoles a cada una un valor numérico que permita hacer comparaciones entre las opciones verificando si es la óptima decisión. Esta es la verdadera esencia y ventaja del análisis multicriterio.

Etapa 7: Realización de análisis de sensibilidad y de robustez. En esta etapa tener un cierto nivel de incertidumbre es vital a todo proceso de evaluación; por lo tanto, es indispensable tomar notas de todos aquellos elementos que produzcan incertidumbre (Ferrer, et al, 2018).

2.4. Costos de Mantenimiento

La ejecución e implementación de un programa de mantenimiento involucra distintos tipos de costos: directos, indirectos, administrativos, logísticos, de tiempos desperdiciados y por postergación de su ejecución. Además, se debe considerar el costo de adquisición, el mismo que involucra la compra, impuestos, transporte, seguros, garantías, montaje e instalación. Los costos involucrados en el mantenimiento son: Mano de obra, repuestos, materiales y consumibles, adquisición y desgaste de herramientas y equipos, gastos administrativos, gastos generales, Costo del tiempo perdido de producción, costo de producto perdido y pago de horas extras al personal. Los costos indirectos están conformados por la supervisión de las tareas de mantenimiento, almacenamiento de repuestos, accesorios y consumibles, instalaciones y servicios del taller ([Marnix Broer, 2023](#)).

El cálculo de costos del mantenimiento preventivo, está comprendido por el costo del ciclo de vida, el monto invertido, el costo anual de operación, mantenimiento y tiempos de parada.

2.5. El Análisis Multicriterio

La Teoría de la Decisión, es la base para desarrollar un análisis multicriterio; porque a partir del análisis un conjunto de personas realizan sobre un problema determinado y expuesto a través de una serie de eventos, permite una mejor toma de decisiones para solucionar un problema ([Arancibia, Sara et al., 2024](#)). La base profesional multidisciplinaria de ello son la Psicología y la Economía, pues brindan aspectos preponderantes a través de módulos cognoscitivos de suma utilidad e importancia en la toma de decisiones. Esta metodología se ha ido incrementando a través de distintos y diferentes niveles de ejecución, siendo su mayor aplicación en el mantenimiento y el cuidado medio ambiental ([Shehnaz et al 2019](#)).

El análisis multicriterio también se puede realizar con la aplicación práctica del software Total Decisión para analizar y priorizar distintas tareas de mantenimiento industrial; dicha herramienta utiliza el conocimiento y experiencia de expertos que laboran en las empresas relacionadas al proceso, con la finalidad de

facilitar tomar una decisión informada y bastante analizada, ahorrando tiempo en buscar alternativas ante los objetivos requeridos (Ruiz, 2019).

2.6. Teoría de la Decisión Multicriterio

El tomar una decisión necesariamente pasa por el hecho de comparar alternativas entre diferentes posibles soluciones a un problema; estas alternativas deben ser evaluadas a través de mediciones que permitan ponderar los distintos criterios a fin de seleccionar los mejores. Los elementos seleccionados para un proceso de decisión tienen escalas diferentes como peso, tamaño, forma, tiempo, distancia, color entre otros; por lo cual es necesario establecer una unidad abstracta que sea valedera para todas las escalas. Para una decisión de inversión, las posibles soluciones se expresan como porcentajes de indicadores económicos, o el VAN, TIR. En algunos casos existen alternativas intangibles imposible de cuantificar como aspectos sociales, políticos, medio ambientales, lo cual hace difícil llevar a cabo una toma de decisión (Arancibia et al 2022). Sin embargo, más allá de la herramienta, el valor de esta metodología reside en su capacidad de integrar criterios técnicos, económicos y operativos bajo un esquema ponderado.

En la presente investigación se aplicó un modelo multicriterio para jerarquizar un total de 35 actividades de mantenimiento vehicular. Cada actividad fue evaluada en función de los criterios: severidad de la falla (S), impacto operativo (IO), costo (C), frecuencia (F) e impacto financiero (FI), con pesos asignados en base a su relevancia. El puntaje ponderado permitió identificar las actividades críticas y, posteriormente, diseñar para cada una al menos tres alternativas de solución. Esto posibilitó comparar escenarios de costo, tiempo de ejecución, calidad y riesgo, seleccionando siempre la opción más conveniente para la organización (Velásquez & Hester, 2013). A modo de ejemplo, en la actividad “Cambio y/o reposición de bombillas” se evaluaron tres alternativas:

- Comprar repuesto alternativo e instalarlo en el taller propio (costo: S/ 95, tiempo: 1 h, calidad: media, riesgo: bajo).

- Adquirir repuesto original en casa matriz (costo: S/ 220, tiempo: 1.5 h, calidad: alta, riesgo: bajo).
- Reutilizar bombilla usada en buen estado (costo: S/ 50, tiempo: 0.5 h, calidad: baja, riesgo: alto).

La evaluación multicriterio mostró que la alternativa A era la más conveniente, al presentar el menor costo con una calidad aceptable, en concordancia con los objetivos de optimización. Este procedimiento se replicó para las demás actividades críticas, asegurando un proceso de decisión sustentado en datos objetivos y en criterios previamente establecidos.

2.7. El procedimiento metodológico para la matriz de análisis multicriterio

El procedimiento metodológico desarrollado en la investigación contempló la integración del análisis multicriterio como herramienta principal de priorización y selección de actividades de mantenimiento.

1° Se identificaron las 35 actividades críticas a partir de los registros históricos de fallas y reparaciones de la flota.

2° Cada actividad fue evaluada mediante una matriz multicriterio que ponderó cinco criterios fundamentales: severidad de la falla (S), impacto operativo (IO), costo (C), frecuencia de ocurrencia (F) e impacto financiero (FI).

3° A cada criterio se le asignó un peso relativo en función de su importancia estratégica, obteniéndose un puntaje ponderado para cada actividad.

4° La ponderación de los criterios fue establecida por el investigador tomando como referencia la literatura sobre análisis multicriterio y la criticidad de las fallas en la flota vehicular del Grupo Logístico JOMAT S.A.C., priorizando aquellos criterios con mayor influencia en la disponibilidad operativa.

5° Una vez jerarquizadas las actividades críticas, se diseñaron alternativas técnicas de intervención (mínimo tres por actividad), que incluyeron opciones como la adquisición de repuestos originales, el uso de repuestos alternativos, reparaciones parciales, reacondicionamientos o reemplazos totales.

6° Cada alternativa fue sometida nuevamente al esquema multicriterio considerando costo, tiempo de ejecución, calidad, garantía y riesgo, con el objetivo de seleccionar la opción más conveniente en términos de eficiencia económica y disponibilidad operativa.

7° Para mantener la trazabilidad metodológica, las 35 actividades se agruparon en siete paquetes de análisis, que se presentan en los anexos correspondientes.

2.8. Disponibilidad

Es la probabilidad de que un equipo se encuentre en buen estado durante su tiempo programado de utilización; para su evaluación se requiere calcular el Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) y el Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) (Sánchez Altamirano, 2020). Para calcular el MTBF y el MTTR se usan las siguientes fórmulas: (Sánchez Altamirano, 2020)

MTBF: Tiempo promedio entre fallas. (Mean Time Between

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para mtto correctivo}}$$

MTTR: Tiempo promedio para reparar. (Mean Time To Repair)

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

En base a lo anterior, la disponibilidad (D) será:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

2.9 Disponibilidad Operativa: kPi Disponibilidad

Es un indicador utilizado para cuantificar el grado competencial de un proceso productivo o de servicio; es decir sirven para cuantificar metas relacionadas con la productividad de la empresa; así como para evaluar el éxito o fracaso de un plan de mantenimiento implementado. Los KPI son los comunicadores desde la gerencia

hacia los distintos niveles del personal responsable de las actividades estos indicadores, para que se realicen, y poder cumplir con las metas requeridas (Andrade, 2021).

$$\text{KPI disponibilidad} = \frac{H_p - H_m}{H_p}$$

Donde:

H_p = Horas programadas de operación.

H_m = Horas de paralización por mantenimiento.

2.10. Flota vehicular

Flota vehicular liviana, es el conjunto de más de 10 unidades vehiculares que son de propiedad privada, alquilados, de una entidad gubernamental, administrados empresarialmente para desarrollar una actividad económica; dichas unidades son diseñadas para transporte de cargas o personas, cuyo peso máximo de carga es de 4.5 toneladas; un vehículo se considera liviano cuando su peso en vacío es menor a 3.0 toneladas (Linares Londoño, Lady Vanessa, 2023).

2.11. Clasificación de flotas

Según su tamaño o cantidad de unidades las flotas pueden ser: a) Pequeñas, cuando constan de 3 -10 unidades; b) Mediana, son aquellas que suelen tener entre 10 y 300 unidades; por lo general su rubro está en la construcción, reparto regional o nacional, transporte de mercaderías; c) Grande, suelen tener más de 300 unidades; estas flotas requieren de sistema de gestión y logística sofisticado y muy bien organizado.

Según su tipo de carga pueden ser: a) De carga refrigerada, para el transporte de alimentos medicinas, flores, productos cárnicos; b) De personas, en modalidad de taxis, minivans; cuyos clientes son personal de empresas, colegios, universidades, entre otros; c) De carga en general, de bienes, productos, materiales, equipos,

maquinarias; d) De materiales peligrosos, como productos químicos, combustibles, residuos peligrosos.

Según el medio de transporte pueden ser: a) Terrestre, aquellas que se desplazan por carreteras, trochas, encalaminados; b) Aérea, aquellas que utilizan aviones, helicópteros y transportan personas y mercaderías a largas distancias; c) Marítima, utilizan embarcaciones marinas como yates, barcos, cruceros **(Chinchón et al 2023)**.

2.12. Factores a considerar para un Plan de Mantenimiento de Flota

a) Tipo de Vehículo: vehículos livianos o pesados, motocicletas, maquinarias agrícolas, remolques y semirremolques.

b) Actividad: Transporte de personas, mercaderías, materiales para servicio privado, institucional o del Estado.

c) Tipo de Ruta: Urbano, interprovincial, nacional o internacional.

d) Rango del Conductor: Categoría Profesional estable, Categoría Profesional ocasional, Categoría Particular.

e) Condición del taller de Mantenimiento: lugar público privado de la empresa, servicio por tercerización en distintos talleres **(Hidalgo 2019)**.

MARCO CONCEPTUAL

Accidente de tránsito

"Un hecho fortuito, generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento que causa daños a las personas y/o a la propiedad." **(Organización Mundial de la Salud OMS, 2018)**.

Es una colisión originada por la pérdida de control entre una o más unidades vehiculares en una carretera o vía pública, que puede ocasionar daños físicos, materiales o incluso la muerte, por lo general se debe a factores como el error

humano, condiciones ambientales o desperfectos mecánicos ([Pérez y García 2022](#)).

Disponibilidad

Es la probabilidad de que un equipo o sistema funcione correctamente bajo los rangos o parámetros para los cuales fueron diseñados; está se expresa en porcentaje ([Moubray, 2020](#)).

Fallo

Un fallo, avería o desperfecto de un equipo, activo o sistema viene a ser deterioro, disminución o anulación de las funciones o rangos de parámetros de funcionamiento (Maldonado, 2019). Un fallo es un suceso generalmente no programado que se manifiesta como una disfunción de un equipo o sistema ([Gari et al 2019](#)).

Flota vehicular

Es el conjunto de unidades vehiculares que posee una empresa para brindar diversas actividades económicas como transporte de personal a nivel regional, nacional o internacional, transporte de carga y mercaderías; eliminación de desperdicios, transporte de materiales de construcción ([Floteli, 2022](#)).

Indicador de mantenimiento

Es una referencia cuantitativa creada y utilizada para comparar resultados obtenidos respecto a una meta o condición operativa; generalmente se expresan en números y porcentajes. En el campo del mantenimiento, los indicadores están relacionados con las fallas, ordenes de servicio, gestión, producción, costos, disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, productividad, mano de obra ([Álvarez, 2019](#)).

Mantenimiento

Es el conjunto de tareas a realizar en base a preservar y conservar la funcionalidad de un equipo o sistema de acuerdo a sus parámetros solicitados. Los tipos de mantenimiento son: correctivo, preventivo, predictivo, proactivo y productivo total ([Brito, 2018](#)).

Orden de trabajo (OT)

Es un documento administrativo de uso interno en las empresas, donde se detallan las tareas específicas a realizar, que incluye los recursos humanos, materiales, herramientas, equipos y el tiempo estimado para la ejecución de dichas tareas, con la finalidad de garantizar el control y ejecución eficiente de las actividades [\(Koontz y Weihrich \(2004\)\)](#).

Transporte de carga

Es el proceso consistente en movilizar bienes y mercancías desde un lugar de origen hasta un destino, para lo cual se utilizan diversos tipos de transporte e infraestructuras como camiones, furgonetas o pickups, siempre y cuando se encuentren autorizados y equipados para soportar el peso y volumen de la carga [\(Sampietri, César 2020\)](#).

Transporte de pasajeros

Es una actividad destinada al desplazamiento de personas de manera pública o privada desde un lugar a otro, utilizando automóviles o vehículos; estos incluyen taxis, autobuses y combis; este tipo de transporte moviliza diariamente a las personas hacia su trabajo, centro de estudios u otros servicios esenciales [\(Herrera Vásquez, Martín Florentino \(2020\)\)](#).

Transporte de personal

Es una función o tarea que mediante el uso de automóviles o vehículos personalizados específicamente para el traslado de empleados y/o trabajadores de una empresa en particular hacia y desde sus lugares de trabajo. Es un servicio proporcionado por algunas empresas o instituciones públicas o privadas para garantizar el acceso puntual de sus trabajadores a sus centros laborales [\(Orozco, Eduardo. 2018\)](#).

Unidad vehicular

Es todo aquel vehículo motorizado diseñado para el traslado de personas o transporte de cargas; el término unidad es por su consideración como una entidad

o elemento independiente dentro de un sistema logístico o administrativo de una flota (Ramírez, 2018).

MARCO NORMATIVO

Ley N° 27181: Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre

Regula las condiciones técnicas y operativas mínimas que deben cumplir los vehículos del servicio de transporte terrestre, incluyendo exigencias sobre mantenimiento preventivo y control de emisiones.

Decreto Supremo N° 058-2003-MTC – Reglamento Nacional de Administración de Transporte (RNAT)

Establece los requisitos operativos y de seguridad para las empresas que brindan servicios de transporte terrestre de personas y mercancías, obligándolas a contar con un plan de mantenimiento y control técnico de su flota.

Norma Técnica Peruana NTP 400.034:2012: Mantenimiento de vehículos automotores. Clasificación y definiciones

Establece los tipos de mantenimiento vehicular y los procedimientos recomendados para asegurar la operatividad segura y continua de las unidades livianas y pesadas.

ISO 55000:2014 – Gestión de Activos

Norma internacional adoptada por diversas empresas peruanas para la gestión estratégica de activos físicos, incluyendo flotas vehiculares. Sirve como base para la planificación del mantenimiento basado en análisis multicriterio.

ISO 14224:2016 – Recopilación de datos de confiabilidad y mantenimiento

Proporciona directrices para la recopilación de datos de fallas y mantenimiento, fundamentales para el análisis de criticidad y la priorización multicriterio en la toma de decisiones.

CAPITULO III: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

3.1 Del Objetivo N°1

Determinar la situación actual del Plan de Mantenimiento de la flota vehicular liviana en la empresa de transporte de personal.

Resultados:

3.1.1. Reporte General de Fallas (enero - junio 2023)

Durante el primer semestre del año 2023, la flota vehicular liviana de la empresa Grupo Logístico JOMAT S.A.C. compuesta por 4 unidades tipo Coaster, 5 Combis y 5 Camionetas 4x4 presentó un total de 406 paradas imprevistas, generando una pérdida acumulada de 368.30 horas de operación y un costo de reparación de S/. 23,935.00. Esta situación evidencia una clara deficiencia en la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo, lo cual afecta directamente a la disponibilidad operativa y eficiencia logística de la empresa. Los datos recogidos en la Tabla 4 permiten identificar patrones de fallas recurrentes, tiempos medios de reparación elevados (como en el caso de palieres, zapatas de freno y planchado de carrocería) y costos significativos, sobre todo en actividades de reemplazo de neumáticos, componentes eléctricos y sistemas de suspensión. Esta problemática plantea la necesidad urgente de adoptar un nuevo enfoque de mantenimiento, más sistemático y alineado a herramientas de análisis multicriterio, que permita priorizar decisiones según el impacto técnico, operativo y económico de cada tipo de falla.

TABLA 6. Reporte de Fallas Etapa Pre; en la flota vehicular liviana en el Periodo de enero a junio del 2023

REPORTE DE FALLAS EN LA FLOTA VEHICULAR: PERIODO ENERO A JUNIO – 2023

COASTER				COMBI			CAMIONETA			
IT	ACTIVIDAD	FREC	T	COSTO REP	FREC	T	COSTO REP	FREC	T	COSTO REP
			REPAR	S/.		REPAR	S/.		REPAR	S/.
			horas			horas			horas	
1	Limpieza y calibración de frenos	6	2.0	250.00	8	4.0	320.00	5	13.0	180.00
2	Alinear la Dirección	3	1.2	150.00	5	2.0	250.00	2	1.0	80.00
3	Alineación de luces delanteras	3	0.6	40.00	5	0.8	100.00	2	1.0	60.00
4	Cambio de aceite en caja de cambios	3	1.0	280.00	3	1.2	240.00	2	3.5	350.00
5	Cambio de aceite y filtros del motor	1	0.9	220.00	4	2.8	600.00	1	1.1	320.00
6	Cambio bomba de aceite	1	1.6	120.00	3	1.2	190.00	1	2.0	280.00
7	Cambio y engrase de crucetas	6	8.5	180.00	5	3.0	200.00	1	2.5	210.00
8	Reposición de tuercas de ruedas	7	3.5	95.00	5	6.0	120.00	1	0.6	40.00
9	Cambio de amortiguadores delanteros	5	1.0	130.00	8	0.8	110.00	2	2.0	190.00
10	Cambio de faja del alternador	2	0.5	60.00	3	0.5	40.00	3	5.5	180.00
11	Cambio de soportes del motor	2	1.5	90.00	6	1.5	80.00	0	0.0	0.00
12	Cambio de la bomba de agua	2	2.0	160.00	3	1.5	130.00	1	3.0	280.00
13	Cambio de bujías incandescentes	12	6.0	120.00	8	1.5	75.00	1	3.0	220.00
14	Cambio de resortes amortiguación	6	3.5	250.00	6	12.5	360.00	2	3.0	350.00
15	Cambio disco de freno	4	2.5	190.00	5	2.5	170.00	2	6.5	300.00
16	Cambio del ventilador	1	0.3	95.00	2	2.2	75.00	0	0.0	0.00
17	Cambio mangueras del ventilador	2	0.8	130.00	3	0.8	100.00	1	0.7	150.00
18	Cambio refrigerante del radiador	2	0.6	70.00	4	0.6	50.00	1	0.7	90.00
19	Cambio de sensores	8	13.0	250.00	6	5.5	180.00	2	0.4	150.00
20	Cambio de zapatas de freno	10	16.0	500.00	9	13.5	450.00	2	1.0	130.00
21	Limpieza del Radiador	4	1.5	90.00	4	1.5	80.00	1	2.0	110.00
22	Reparación del arrancador	2	2.5	180.00	3	3.0	160.00	1	3.0	220.00
23	Revisar y completar niveles	3	0.8	60.00	4	0.8	50.00	1	0.8	80.00
24	Retocar pintura carrocería	1	6.0	400.00	2	5.0	350.00	1	5.0	500.00
25	Cambio de Neumáticos	4	0.6	350.00	5	6.0	1500.00	4	6.0	1200.00
26	Cambio y/o reposición bombillas	14	15.0	85.00	13	7.2	20.00	6	7.0	180.00
27	Cambio y/o reposición micas	6	4.5	180.00	7	0.5	50.00	2	0.6	80.00
28	Reparación del alternador	2	1.2	160.00	5	1.2	150.00	2	1.5	220.00
29	Planchado de carrocería	6	4	640.00	8	24.0	1600.00	3	12.0	450.00
30	Cambio de Plumillas del parabrisa	2	0.3	60.00	3	0.3	50.00	2	0.4	70.00
31	Cambio espejo retrovisor externo	3	0.6	160.00	4	0.6	130.00	1	0.8	250.00
32	Mantenimiento agua de batería	3	0.4	40.00	4	0.4	40.00	2	0.5	50.00
33	Reparación del embrague	5	1.2	180.00	8	1.2	150.00	2	1.5	230.00
34	Reparación de la caja de cambios	2	5.0	300.00	3	4.0	250.00	1	4.0	350.00
35	Cambio y engrase de palieres	12	15.0	720.00	10	14.0	500.00	6	13.0	480.00
		155	125.6	6985.00	184	134	8920.00	67	108.6	8030.00
Total Paradas Imprevistas		406								
Total Tiempo de Reparación		368.30								
Total costo de Reparación		23,935.00								

3.1.2. Fallas Críticas por Frecuencia y Análisis de Confiabilidad

En la Tabla 6 se presenta un análisis técnico más profundo mediante la aplicación de indicadores de confiabilidad: MTBF (Tiempo Medio entre Fallas), MTTR (Tiempo Medio de Reparación) y Disponibilidad Operativa. Este análisis se enfocó en las ocho fallas más frecuentes en cada tipo de vehículo, arrojando los siguientes valores de disponibilidad promedio:

- Coaster: 93.52%
- Combi: 92.31%
- Camioneta 4x4: 94.63%

Estos resultados indican que, si bien la flota mantiene una disponibilidad operativa aceptable, existe un margen de mejora importante, especialmente en frenado, sistema eléctrico, suspensión y componentes mecánicos de tracción, cuyos tiempos de reparación y frecuencia de ocurrencia afectan la productividad del servicio. En vehículos como las Combis, destaca la alta incidencia de fallas estructurales como el planchado de carrocería y en elementos de suspensión, mientras que en las Coaster resalta la constante reposición de bombillas y fallas en sensores. Por su parte, las camionetas 4x4 presentan problemas persistentes en frenos, palieres y alternadores, lo cual sugiere que las condiciones operativas influyen significativamente en el desgaste de componentes.

TABLA 7. Reporte de fallas críticas por frecuencia de ocurrencia en la flota liviana durante el periodo Pre: enero a junio de 2023.

MTBF, MTTR, Y DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA LIVIANA - PERIODO PRE enero a junio del 2023								
UNIDAD	FALLA	CANT.	TIEMPO HORAS	λ	TOTAL			
VEHICULAR			TOTAL		MTBF	TIEMPO (hs)	MTTR	DISPONI-
			FUNCIONAM	D/E	horas	REPARACION	horas	BILIDAD
COUSTER	Cambio y/o reposición bombillas	14	1200	0.01167	85.71	15.00	1.07	98.77
	Cambio de bujías incandescentes	12	1200	0.01000	100.00	6.00	0.50	99.50
	Cambio y engrase de palieres	12	1200	0.01000	100.00	15.00	1.25	98.77
	Disponibilidad Cambio de zapatas de freno	10	1200	0.00833	120.00	16.00	1.60	98.68
	93.52% Cambio de sensores	8	1200	0.00667	150.00	13.00	1.63	98.93
	Reposición de tuercas de ruedas	7	1200	0.00583	171.43	3.50	0.50	99.71
	Cambio y/o reposición micas	6	1200	0.00667	150.00	4.50	0.56	99.63
	Cambio y engrase de crucetas	6	1200	0.00583	105.00	8.50	1.21	98.86
COMBI	Cambio y/o reposición bombillas	13	1200	0.01083	92.31	7.20	0.55	99.40
	Cambio y engrase de palieres	10	1200	0.00833	120.00	14.00	1.40	98.85
	Cambio de zapatas de freno	9	1200	0.00750	133.33	13.50	1.50	98.89
	Disponibilidad Planchado de carrocería	8	1200	0.00667	150.00	24.00	3.00	98.04
	92.31% Cambio de sensores	6	1200	0.00500	200.00	5.50	0.92	99.54
	Cambio de resortes amortiguación	6	1200	0.00500	200.00	12.50	2.08	98.97
	Cambio de Neumáticos	5	1200	0.00417	240.00	6.00	1.20	99.50
	Reposición de tuercas de ruedas	5	1200	0.00417	240.00	6.00	1.20	99.50
CAMIONETA 4x4	Cambio y/o reposición bombillas	6	1200	0.00500	200.00	7.00	1.17	99.42
	Cambio y engrase de palieres	6	1200	0.00500	200.00	13.00	2.17	98.93
	Limpieza y calibración de frenos	5	1200	0.00417	240.00	13.00	2.60	98.93
	Disponibilidad Cambio de Neumáticos	4	1200	0.00333	300.00	6.00	1.50	99.50
	94.63% Cambio de faja del alternador	3	1200	0.00250	400.00	5.50	1.83	99.54
	Planchado de carrocería	3	1200	0.00250	400.00	12.00	4.00	99.01
	Cambio de aceite en caja de cambios	2	1200	0.00167	600.00	3.50	1.75	99.71
	Cambio disco de freno	2	1200	0.00167	600.00	6.50	3.25	99.46
		168	236.70					

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Conclusión técnica del diagnóstico inicial

La evaluación de la situación actual demuestra que el sistema de mantenimiento vigente es reactivo, fragmentado y con baja integración de indicadores de rendimiento confiable. La cantidad de fallas repetitivas y los elevados

tiempos de reparación ponen en riesgo la continuidad operativa de los servicios de transporte del grupo JOMAT SAC. Por ello, se justifica plenamente la necesidad de implementar un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría de Decisión Multicriterio, que priorice acciones de mejora en función del impacto técnico-económico y de la criticidad de cada componente.

3.2 Del Objetivo N°2

Realizar el análisis de causa, modo y efecto de las fallas críticas en las unidades de la flota vehicular liviana.

3.2.1. Desarrollo

La Tabla 8 presenta el análisis sistemático del comportamiento de las principales fallas críticas que afectan a la flota liviana de la empresa Grupo Logístico JOMAT S.A.C. A través de la técnica FEMCA (Failure Mode, Effect and Criticality Analysis), se identificaron los modos de falla, sus posibles causas y los efectos operacionales en los sistemas eléctricos, de transmisión, frenado, suspensión, rodadura y carrocería. Este diagnóstico revela que la mayoría de las fallas están vinculadas al desgaste por uso, mantenimiento inadecuado y componentes con ciclos de vida vencidos. Esta situación refuerza la necesidad de implantar un Plan de Mantenimiento más riguroso, orientado por criterios multicriterio que prioricen fallas con mayor criticidad e impacto sobre la disponibilidad de la flota.

TABLA 8. Análisis de causa, modo y efecto de las fallas críticas en la flota liviana

Análisis de causa, modo y efecto de las fallas críticas en la flota liviana						
UNIDAD	SISTEMA	ELEMEN TO	FUNCIÓN	FALLA	MODO DE FALLA	EFEECTO
VEHICU LO						
Couster	Eléctrico	Bombilla	Iluminación	Quemada	No enciende	No ilumina
	Encendido	Bujía	Mantener encendido el motor	No genera chispa	Vibración de la unidad	Motor apagado
	Transmisión	Palier	Llevar el giro hacia las ruedas	Pérdida de grasa o rotura	Sonido al avanzar	Dificulta la marcha
	Frenado	Zapata	Genera fricción en el disco de freno	Desgaste, fin vida útil	Dificultad al frenar	Perdida capacidad frenar
	Encendido	Sensor	Medir parámetros eléctricos	Fin de vida útil.	Cortocircuito	No reporta información
	Rodadura	Tuerca	Fijar el neumático al tambor rodadura	Tuercas incompletas	Desprendimiento tuercas	Desbalanceo y vibración
	Iluminación	Mica	Cubrir los focos de las luces	Rotura de mica	Iluminación deficiente	Perdida de su función
	Transmisión	Cruceta	Transmitir potencia al diferencial	Rotura de cruceta	Vibración de la unidad	Unidad inutilizada
		Bombillas				
		Palier				
Combi		Zapata				
	Carrocería	Puertas, capo	Protección de los usuarios y motor	Hendidura, fractura	Sonido metálico	Disminuye la seguridad
		Sensores				
	Amortiguación	Resorte	Amortiguarlos efectos de carretera	Desgaste, fin vida útil	Sonido, golpes secos	No amortigua golpes
	Rodadura	Neumático	Absorber irregularidades del camino	Desgaste, corte o fractura	Falta de aire, No rueda	Neumático inutilizable
		Tuerca				
		Bombilla				
		Palier				
Camioneta 4 X 4	Frenado	Frenos				
		Neumático				
		Alternador				
		Carrocería				
	Tracción	Caja cambios	Cambiar velocidades de rodadura	No ingresan los cambios	Obstaculiza la marcha	No hay movimiento
	Frenado	Disco freno	Facilitar el rozamiento de zapatas	Frenado disfuncional	Desgaste	Ocasionar accidente

Nota. Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La Tabla 8 contiene el análisis de causa, modo y efecto de las fallas (FEMCA) críticas en los tres tipos de unidades que conforman la flota liviana de servicio para el transporte de personal.

3.3 Del Objetivo N°3

Redactar los lineamientos y tareas para la implementación de un plan de mantenimiento basado en la teoría del análisis multicriterio para aumentar su disponibilidad de la flota vehicular para el periodo post implementación.

3.3.1. Presentación de resultados

La Tabla 9 muestra la priorización de 35 actividades de mantenimiento de la flota vehicular liviana, evaluadas bajo criterios multicriterio que ponderan severidad, impacto operativo, costo, frecuencia e impacto financiero. El puntaje ponderado permitió clasificar cada acción en niveles de prioridad (alta, media y baja), lo que constituye la base para la toma de decisiones en la propuesta de plan de mantenimiento.

TABLA 9. Lineamientos de implementación del plan de Mantenimiento por Análisis de Decisión

ID	ACTIVIDAD (FALLA/ACCIÓN)	FRECUENCIA TOTAL	T. REP. PROM. (H)	COSTO PROM. (\$/.)	S (0.3 0)	IO (0.2 5)	C (0.2 0)	F (0.1 5)	FI (0.1 0)	PUNTAJE PONDERADO	PRIORIDAD
26	Cambio y/o reposición bombillas	33	9.73	95.0	3	4	5	5	4	4.05	ALTA
35	Cambio y engrase de palieres	28	14.0	566.67	5	5	3	4	1	4.05	ALTA
20	Cambio de zapatas de freno	21	10.17	360.0	5	4	4	3	2	3.95	MEDIA
1	Limpieza y calibración de frenos	19	6.33	250.0	5	3	4	3	3	3.8	MEDIA
2	Alinear la Dirección	10	1.4	160.0	5	1	5	2	5	3.55	MEDIA
15	Cambio disco de freno	11	3.83	220.0	5	2	4	2	4	3.5	MEDIA
10	Cambio de faja del alternador	8	2.17	93.33	4	2	5	2	5	3.5	MEDIA
9	Cambio de amortiguadores delanteros	15	1.27	143.33	4	1	5	3	5	3.4	MEDIA

13	Cambio de bujías incandescentes	21	3.5	138.33	3	2	5	3	4	3.25	MEDIA
14	Cambio de resortes amortiguación	14	6.33	320.0	4	3	4	2	2	3.25	MEDIA
3	Alineación de luces delanteras	10	0.8	66.67	4	1	5	2	5	3.25	MEDIA
21	Limpieza del Radiador	9	1.67	93.33	4	1	5	2	5	3.25	MEDIA
18	Cambio refrigerante del radiador	7	0.63	70.0	4	1	5	2	5	3.25	MEDIA
19	Cambio de sensores	16	6.3	193.33	3	3	4	3	3	3.2	MEDIA
33	Reparación del embrague	15	1.3	186.67	4	1	4	3	5	3.2	MEDIA
27	Cambio y/o reposición micas	15	1.87	103.33	3	1	5	3	5	3.1	MEDIA
17	Cambio mangueras del ventilador	6	0.77	126.67	4	1	5	1	5	3.1	MEDIA
16	Cambio del ventilador	3	1.25	85.0	4	1	5	1	5	3.1	MEDIA
28	Reparación del alternador	9	1.3	176.67	4	1	4	2	5	3.05	MEDIA
22	Reparación del arrancador	6	2.83	186.67	4	2	4	1	4	3.05	MEDIA
11	Cambio de soportes del motor	8	1.5	85.0	3	1	5	2	5	2.95	BAJA
23	Revisar y completar niveles	8	0.8	63.33	3	1	5	2	5	2.95	BAJA
34	Reparación de la caja de cambios	6	4.33	300.0	4	2	4	1	3	2.95	BAJA
4	Cambio de aceite en caja de cambios	8	1.9	290.0	4	1	4	2	3	2.85	BAJA
8	Reposición de tuercas de ruedas	13	3.37	85.0	2	2	5	2	4	2.8	BAJA
25	Cambio de Neumáticos	13	4.2	1016.67	5	2	1	2	3	2.8	BAJA

31	Cambio espejo retrovisor externo	8	0.67	180.0	3	1	4	2	5	2.75	BAJA
32	Mantenimiento agua de batería	9	0.43	43.33	2	1	5	2	5	2.65	BAJA
30	Cambio de Plumillas del parabrisa	7	0.33	60.0	2	1	5	2	5	2.65	BAJA
7	Cambio y engrase de crucetas	12	4.67	196.67	2	2	4	2	4	2.6	BAJA
12	Cambio de la bomba de agua	6	2.17	190.0	2	2	4	1	4	2.45	BAJA
29	Planchado de carrocería	17	13.33	896.67	1	5	1	3	1	2.3	BAJA
6	Cambio bomba de aceite	5	1.6	196.67	2	1	4	1	5	2.3	BAJA
5	Cambio de aceite y filtros del motor	6	1.6	380.0	2	1	4	1	4	2.2	BAJA
24	Retocar pintura carrocería	4	5.33	416.67	1	2	3	1	4	1.95	BAJA

Interpretación técnica:

La matriz de análisis multicriterio permitió jerarquizar las 35 actividades de mantenimiento de la flota vehicular liviana en función de cinco criterios ponderados: severidad (0.30), impacto operativo (0.25), costo (0.20), frecuencia (0.15) e impacto financiero (0.10). El puntaje ponderado obtenido en cada actividad refleja el nivel de prioridad de intervención. Los resultados evidencian que solo dos actividades alcanzaron prioridad ALTA: el cambio y/o reposición de bombillas y el cambio y engrase de palieres, ambos con puntajes de 4.05. Estas acciones, además de ser frecuentes, representan un impacto relevante en la seguridad operativa y en la continuidad del servicio de transporte. En el nivel MEDIO, se ubicaron 17 actividades, entre ellas el cambio de zapatas de freno, alineación de dirección y cambio de discos de freno, las cuales requieren atención periódica para evitar fallas mayores. Finalmente, 16 actividades se catalogaron con prioridad BAJA, como el

mantenimiento del agua de batería, cambio de plumillas o retoque de pintura, cuyo efecto en la disponibilidad de la flota resulta marginal.

Esta priorización es clave porque permite enfocar los recursos de mantenimiento en aquellas actividades con mayor criticidad técnica y económica, evitando la dispersión en intervenciones de bajo impacto. Además, la matriz sirvió como base para diseñar alternativas de acción por cada actividad, facilitando la toma de decisiones bajo criterios de costo, tiempo, calidad y riesgo, cuyo detalle se presenta en los anexos correspondientes.

3.3.2. indicadores de desempeño operacional

La Tabla 8 resume los principales indicadores de desempeño operacional luego de aplicar el plan de mantenimiento. Se evaluó la cantidad de fallas por componente, el tiempo total de funcionamiento y reparación, y se calcularon las métricas clave: MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time To Repair) y Disponibilidad operacional para cada unidad vehicular.

Interpretación técnica:

Tras la implementación del plan de mantenimiento estructurado bajo criterios multicriterio, se observó un incremento sustancial en la disponibilidad operativa promedio de la flota liviana, alcanzando valores globales superiores al 95% en cada tipo de unidad: 95.91% en Cousters, 96.18% en combis y 97.57% en camionetas 4x4. Esto evidencia la efectividad del modelo aplicado.

Entre los hallazgos destacados:

- Las tareas con mayor impacto positivo en la disponibilidad fueron el cambio preventivo de bombillas, el engrase de palieres y el mantenimiento de zapatas de freno.

- Las fallas menos frecuentes, pero con mayor tiempo medio de reparación (MTTR), como el planchado de carrocería y el cambio de crucetas, requieren una logística de intervención más optimizada.
- Las acciones de inspección y verificación diaria o mensual (por ejemplo, neumáticos y sensores) mostraron ser eficaces para evitar fallas mayores y minimizar los tiempos de inactividad.

Este resultado valida la hipótesis del presente trabajo: la estructuración de un plan de mantenimiento bajo análisis multicriterio permite aumentar significativamente la disponibilidad de unidades vehiculares, mejorando la continuidad operativa y reduciendo los costos por fallas inesperadas.

TABLA 10. Reporte de Fallas en la flota vehicular en el Periodo POST de julio a diciembre del 2023

MTBF, MTTR, Y DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA LIVIANA - PERIODO POST julio a diciembre del 2023								
UNIDAD VEHICULAR	FALLA	CANT.	TIEMPO HORAS	λ		TOTAL		
			TOTAL		MTBF	TIEMPO (hs)	MTTR	DISPONIBILIDAD
			FUNCIONAM	D/E	horas	REPARACION	horas	
COUSTER	Cambio y/o reposición bombillas	9	1200	0.00750	133.33	8.50	0.94	99.30
	Cambio de bujías incandescentes	7	1200	0.00583	171.43	4.20	0.60	99.65
	Cambio y engrase de palieres	7	1200	0.00583	171.43	8.00	1.14	99.34
	Cambio de zapatas de freno	5	1200	0.00417	240.00	6.00	1.20	99.50
Disponibilidad	Cambio de sensores y fusibles	5	1200	0.00417	240.00	6.50	1.30	99.46
95.91%	Reposición de tuercas de ruedas	4	1200	0.00333	300.00	1.50	0.38	99.88
	Cambio y/o reposición micas	4	1200	0.00417	240.00	3.50	0.70	99.71
	Cambio y engrase de crucetas	3	1200	0.00333	105.00	4.20	1.05	99.01
COMBI	Cambio y/o reposición bombillas	8	1200	0.00667	150.00	5.00	0.63	99.59
	Cambio y engrase de palieres	7	1200	0.00583	171.43	8.50	1.21	99.30
	Cambio de zapatas de freno	5	1200	0.00417	240.00	6.50	1.30	99.46
Disponibilidad	Planchado y pintado de carrocería	3	1200	0.00250	400.00	12.00	4.00	99.01
96.18%	Cambio de sensores	3	1200	0.00250	400.00	3.00	1.00	99.75

	Cambio de resortes amortiguación	3	1200	0.00250	400.00	7.20	2.40	99.40
	Cambio de Neumáticos	3	1200	0.00250	400.00	4.00	1.33	99.67
	Reposición de tuercas de ruedas	1	1200	0.00083	1200.00	0.80	0.80	99.93
CAMIONETA	Cambio y/o reposición bombillas	3	1200	0.00250	400.00	3.00	1.00	99.75
4x4	Cambio y engrase de palieres	3	1200	0.00250	400.00	5.50	1.83	99.54
	Limpieza y calibración de frenos	3	1200	0.00250	400.00	7.00	2.33	99.42
	Cambio de Neumáticos	2	1200	0.00167	600.00	2.50	1.25	99.79
Disponibilidad	Cambio de faja del alternador	2	1200	0.00167	600.00	2.50	1.25	99.79
97.57%	Planchado de carrocería	2	1200	0.00167	600.00	6.00	3.00	99.50
	Cambio de aceite en caja de cambios	1	1200	0.00083	1200.00	1.50	1.50	99.88
	Cambio disco de freno	1	1200	0.00083	1200.00	1.60	1.60	99.87
		94				119.00		

3.4 Del Objetivo N°4

Realizar el análisis de pre factibilidad en base a una evaluación costo – beneficio del plan de mantenimiento propuesto.

Desarrollo

La Tabla 11 presenta la estimación detallada de los costos asociados a la implementación del Plan de Mantenimiento Multicriterio, clasificados por categorías estratégicas: personal de conducción, logística operativa, equipamiento técnico de base y talleres, y adecuaciones en las unidades vehiculares. Esta distribución responde a la necesidad de garantizar tanto la operatividad técnica como la sostenibilidad del sistema de mantenimiento propuesto.

TABLA 11. Costo de Implementación mantenimiento Multicriterio

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN MANTENIMIENTO MULTICRITERIO					
DEL PERSONAL					
IT	DENOMINACIÓN	CANT.	UNIDAD	COSTO S/.	OBSERVACIONES
1	Charlas de capacitación	6	Unidad	1,800.00	Conducción, lubricación, neumáticos.
2	Renovación y mejora de EPPs	16	Kids	2,530.00	Brindar seguridad en el trabajo
3	Incentivos económicos	6	Global	2,400.00	Mensual por desempeño y productividad
					6,730.00
DE LA LOGISTICA					
4	Asesoría en contenidos de formatos	1	Persona	1,500.00	Para Inspección, control, supervisión
5	Mejora del sistema de comunicación	1	Global	4,700.00	De la Base a las Unidades Vehiculares
6	Mejora y ampliación del almacén	1	Global	7,800.00	Infraestructura de 120 m2
					14,000.00
DE EQUIPOS EN LA BASE Y TALLERES					
7	Analizador de Aceites	1	Unidad	4,300.00	
8	Analizador de Filtros	1	Unidad	3,500.00	De aceite, combustible y aire
9	Instalación de cámaras de seguridad	1	Global	3,800.00	
					11,600.00
DE LAS UNIDADES VEHICULARES					
10	Mejoras del Kid de herramientas neumáticos	1	Global	1,400.00	Para temperatura y vibración del motor
11	Colocar protectores metálicos o rejillas	1	Global	1,200.00	En todas las unidades
12	Elaborar Check List para Inspecciones	1	Global	500.00	Diariamente
13	Señalización de la carrocería	14	Unidades	800.00	Placas Laterales, Cintas reflectivas
					3,900.00
TOTAL, DE LA INVERSIÓN			S/.	36,230.00	

Interpretación técnica

El análisis económico muestra que la implementación del plan de mantenimiento multicriterio demanda una inversión inicial de S/. 36,230.00, principalmente orientada a fortalecer competencias técnicas del personal, optimizar recursos logísticos, mejorar el equipamiento de diagnóstico y prevención, así como reforzar la seguridad y operatividad de las unidades.

Evaluación económica de la implementación del plan de mantenimiento

Con la finalidad de determinar la viabilidad económica de la implementación del Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio, se realizó una evaluación comparativa de los costos operativos de mantenimiento antes y

después de su implementación en la flota vehicular liviana del Grupo Logístico JOMAT S.A.C.

La implementación del plan requirió una inversión inicial de S/ 36 230,00, correspondiente a los costos de capacitación del personal, adquisición de equipos de protección personal, incentivos, logística, adecuaciones y demás recursos necesarios para la puesta en marcha del plan de mantenimiento.

Los resultados obtenidos evidenciaron que el costo operativo mensual de mantenimiento antes de la implementación era de S/ 88 360,00, mientras que después de la implementación se redujo a S/ 78 090,00, generándose un ahorro mensual de S/ 10 270,00. Esta reducción se atribuye a la disminución de fallas, la optimización de las actividades de mantenimiento preventivo, la reducción de intervenciones correctivas y el incremento de la disponibilidad de la flota vehicular.

Recuperación de la inversión (Payback)

Considerando que la presente investigación evalúa la implementación de un plan de mantenimiento y no un proyecto de inversión con flujos de caja futuros, la recuperación de la inversión se determinó mediante el método del Periodo de Recuperación de la Inversión (Payback), el cual permite establecer el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial a partir de los ahorros económicos obtenidos.

El cálculo se realizó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Payback (meses)} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Ahorro Mensual}}$$

$$\text{Payback (meses)} = \frac{36\,230}{10\,270} = 3.53$$

Interpretación técnica

El análisis de prefactibilidad evidencia una alta rentabilidad del plan de mantenimiento multicriterio, reflejada en una recuperación de la inversión en tan solo 3.53 meses. Este corto período de retorno se justifica por:

- La mejora sostenida en la disponibilidad operativa de las unidades (ver Objetivo 3).
- La reducción en fallas críticas y gastos correctivos no planificados.
- La eficiencia en el uso de recursos técnicos y humanos, gracias a la estandarización de actividades y al fortalecimiento del monitoreo preventivo.

Este resultado valida la factibilidad económica del modelo propuesto y lo posiciona como una alternativa técnica-financiera viable y replicable para flotas similares en contextos industriales o de transporte urbano.

Comparativo de costos antes–después

La Tabla 12 resume la variación de costos de mantenimiento antes y después de la implementación del plan multicriterio, evidenciando una reducción significativa en los gastos operativos mensuales.

TABLA 12. Comparativo de costos de mantenimiento Antes y Después

CATEGORÍA	COSTO ANTES (S/.)	COSTO DESPUÉS (S/.)	% REDUCCIÓN
Gastos de Personal	43,800.00	39,420.00	10.0 %
Combustible	27,600.00	24,288.00	12.0 %
Neumáticos	7,400.00	5,920.00	20.0 %
Lubricación y filtros	4,700.00	3,995.00	15.0 %
Lavado y limpieza	1,860.00	1,767.00	5.0 %
Varios (Caja chica)	3,000.00	2,700.00	10.0 %
TOTAL	88,360.00	78,090.00	11.62 %

Interpretación técnica adicional

El ahorro consolidado en costos de mantenimiento confirma que el modelo multicriterio no solo es rentable desde el punto de vista financiero, sino también eficiente en términos de gestión operativa. La selección de alternativas más convenientes (ver Anexos 2–8) permitió disminuir gastos recurrentes en repuestos y mano de obra, logrando que la inversión inicial se recupere en apenas 3.18 meses. Este beneficio se complementa con el incremento de la disponibilidad de la flota vehicular, lo que fortalece la confiabilidad del servicio de transporte.

CAPITULO IV: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Resultados de la investigación

4.1.1. Del resultado específico N°1

Determinar la situación actual del Plan de Mantenimiento de la flota vehicular liviana en la empresa de transporte de personal.

Análisis y discusión: El análisis permitió determinar con claridad la situación actual del plan de mantenimiento en la flota vehicular liviana de la empresa Grupo Logístico JOMAT S.A.C., a partir del estudio detallado de los tipos y frecuencia de fallas, así como de los costos y tiempos asociados a su reparación. Esta metodología se alinea parcialmente con la propuesta de [Gómez \(2021\)](#), quien desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para la empresa de transporte Sotrance S.A.S., centrado en el mejoramiento de la disponibilidad operativa de una flota que traslada personal a zonas agrícolas. Ambos estudios coinciden en el propósito principal de elevar la disponibilidad y en el uso de la evaluación de criticidad de fallas como base técnica; sin embargo, difieren en las herramientas complementarias: mientras Gómez incorpora análisis FODA y diagrama de Pareto, el presente estudio se enfoca en el diagnóstico cuantitativo directo y en la clasificación multicriterio de las unidades. Por otro lado, [Morales et al. \(2022\)](#) en una empresa minera de Perú resalta la necesidad de segmentar las unidades según su función operativa, una práctica también aplicada en esta investigación mediante la separación de camionetas, combis y cousters para un análisis más granular del desempeño mecánico. Coincidimos con Morales en que una tipificación adecuada de las unidades es fundamental para priorizar recursos y planificar intervenciones específicas, aunque su enfoque estuvo más orientado al contexto de minería subterránea. Asimismo, lo desarrollado se encuentra en concordancia parcial con el estudio de [Pereira y Silva \(2020\)](#), quienes realizaron una auditoría técnica de mantenimiento en una flota de transporte urbano en Brasil. Si bien los autores brasileños pusieron énfasis en la estandarización documental y control de procesos, su enfoque presenta una discrepancia con nuestro análisis, dado que el presente estudio enfatiza la recolección de datos en campo y el levantamiento técnico-empírico, en lugar de depender únicamente de registros históricos. **En resumen**, el diagnóstico de la situación actual del mantenimiento vehicular realizado encuentra respaldo conceptual en estudios previos que persiguen el mismo objetivo de

optimización operativa, aunque empleando rutas metodológicas diversas, lo que refuerza la validez del enfoque contextualizado adoptado en esta investigación.

4.1.2. Del resultado específico N°2 Realizar el análisis de Causa, Modo y Efecto de las Fallas Críticas en las unidades de la flota vehicular liviana.

Análisis y discusión: El análisis del resultado permitió identificar las fallas más críticas de la flota vehicular liviana de la empresa Grupo Logístico JOMAT S.A.C., lo cual fue clave para calcular indicadores fundamentales como el MTBF (tiempo medio entre fallas), el MTTR (tiempo medio de reparación) y la Disponibilidad operativa de cada tipo de unidad. Para el periodo PRE, los valores de disponibilidad fueron: Coaster 93.52%, Combis 92.31% y Camionetas 94.63%, tomando como referencia únicamente las 8 fallas más frecuentes de cada unidad. Este enfoque de focalización en fallas críticas se alinea con lo planteado por [Armas \(2023\)](#), quien aplicó un modelo de Decisión Multicriterio para mejorar la disponibilidad de bombas centrífugas en el centro comercial Real Plaza en Cajamarca. El autor logró aumentar la disponibilidad promedio de sus equipos de 83% a 97.5%, apoyándose en herramientas de análisis documental y registros técnicos. Coincidimos plenamente con Armas en la importancia de identificar fallas de alta criticidad para lograr mejoras significativas en la gestión del mantenimiento, aunque en nuestro caso el objeto de estudio fue una flota de vehículos y no un sistema estacionario. Por otro lado, [Calderón y Méndez \(2021\)](#) realizaron un estudio similar en la flota de transporte público de Quito, empleando también criterios de criticidad para segmentar fallas, y utilizaron el análisis ABC para priorizar intervenciones. La coincidencia con estos autores radica en que ambos trabajos reconocen la necesidad de priorización estratégica, aunque en este estudio se utilizó directamente la frecuencia para determinar las fallas críticas sin agruparlas por niveles de valor o costo. Finalmente, el estudio de [Rodríguez et al. \(2020\)](#) en una empresa logística chilena destaca que las fallas con alta recurrencia pueden ocultar otras de baja frecuencia, pero de alto impacto. En este aspecto, existe una discrepancia metodológica, pues nuestra selección se centró en las más recurrentes

sin ponderar aún el impacto financiero o en la seguridad. **En resumen**, el enfoque seguido para el análisis de fallas críticas y su relación con la disponibilidad encuentra sustento en la literatura especializada, aunque aún presenta oportunidades de complementariedad metodológica para enriquecer el análisis multicriterio en futuras fases del estudio.

4.1.3. Del resultado específico N°3

Establecer y redactar los lineamientos y tareas para la implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio para aumentar la Disponibilidad de la flota vehicular.

Análisis y discusión: El establecimiento de los lineamientos y tareas para la implementación del Plan de Mantenimiento Multicriterio se fundamentó en la identificación de las 35 actividades críticas de la flota, jerarquizadas mediante la matriz de análisis multicriterio que ponderó criterios de severidad, impacto operativo, costo, frecuencia e impacto financiero. Esta jerarquización permitió asignar niveles de prioridad (alta, media, baja) y seleccionar aquellas tareas cuya intervención resulta más determinante para garantizar la disponibilidad operativa. La aplicación de esta metodología no se limitó a la priorización, sino que se extendió al diseño y evaluación de alternativas de intervención (A, B, C) por actividad, comparando opciones de repuestos originales, alternativos, reparaciones parciales o reemplazos totales. De este modo, el modelo garantizó que la alternativa seleccionada fuera no solo técnicamente viable, sino también económicamente eficiente y coherente con los objetivos de reducción de costos. Estos resultados coinciden con lo reportado por [Armas \(2023\)](#), quien planteó un plan de mantenimiento basado en decisiones multicriterio para incrementar la disponibilidad de bombas centrífugas, definiendo tareas según criticidad, frecuencia y consecuencias técnicas. Asimismo, [Salinas y Cárdenas \(2022\)](#) resaltan la importancia de integrar aspectos logísticos y de capacitación en personal como complemento a la jerarquización técnica. En el presente caso, la adaptación de este enfoque a la flota vehicular permitió optimizar la asignación de recursos y fortalecer la sostenibilidad operativa mediante

decisiones informadas y sustentadas en datos objetivos. Asimismo, el trabajo de [Peña et al. \(2021\)](#) en una minera de Arequipa introdujo criterios ambientales y de seguridad industrial en la priorización de lineamientos de mantenimiento, lo que ofrece un complemento valioso a considerar en futuros ajustes al modelo. En nuestro estudio, si bien se reconocen los riesgos operativos, no se ponderaron directamente factores ambientales, lo cual constituye una discrepancia metodológica. **En conjunto**, el análisis evidencia que la formulación de lineamientos bajo criterios multicriterio es una estrategia viable y respaldada por la literatura técnica reciente, con oportunidades de ampliación hacia dimensiones socioambientales e integraciones con tecnologías digitales para su monitoreo.

4.1.4. Del resultado específico N°4

Realizar el análisis de pre factibilidad en base a una evaluación costo – beneficio del plan de mantenimiento propuesto.

Análisis y discusión: El análisis de pre factibilidad económica del Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio demuestra que la inversión total de S/. 36,230.00 puede ser recuperada en un periodo de tan solo 3.53 meses, este resultado valida la factibilidad económica del modelo propuesto y lo posiciona como una alternativa técnica-financiera viable, y no solo evidencia la viabilidad del plan propuesto, sino que justifica las mejoras estructurales, logísticas y técnicas incorporadas en el sistema de mantenimiento de la flota vehicular. El comparativo de costos antes y después de la implementación (Tabla 12) evidenció reducciones significativas en rubros como personal (-10%), combustible (-12%) y neumáticos (-20%), alcanzando un ahorro global del XX%. A ello se suma la disminución del tiempo promedio de reparación en varias de las actividades críticas, lo cual se traduce en un incremento directo en la disponibilidad operativa de la flota. En conjunto, estos indicadores técnicos y económicos confirman que el modelo no solo es financieramente rentable, sino también funcional en términos de gestión de recursos y continuidad del servicio. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por [Chunga et al. \(2022\)](#), quienes en un plan de mantenimiento multicriterio para

equipos industriales de servicios alimentarios lograron aumentar la disponibilidad del 89% al 98%, con una rentabilidad del 19.15%. De manera similar, [Olórtegui y Delgado \(2021\)](#) evidenciaron que, pese al alto costo inicial en maquinaria minera, el ahorro por reducción de tiempos muertos superó el 25% anual, demostrando la necesidad de integrar indicadores técnicos como disponibilidad y MTTR en los análisis de factibilidad. Por contraste, el estudio de [Huamán y Reyes \(2020\)](#) en una agroindustria de Ica se limitó al análisis financiero, omitiendo criterios multicriterio, lo cual redujo su capacidad de intervención eficiente. En nuestro caso, la integración de factores técnicos, logísticos y humanos permitió una aproximación más integral y adaptativa a las condiciones reales de operación. **En síntesis**, la evidencia empírica y comparativa respalda que el modelo propuesto es económicamente viable, técnicamente sólido y operativamente sostenible, reforzando su potencial de replicabilidad en contextos similares de transporte y mantenimiento industrial.

4.1.4. Del objetivo general

Implementar un Plan de Mantenimiento de Análisis Multicriterio para incrementar la Disponibilidad de la Flota Vehicular Liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC.

Análisis y discusión: El objetivo general de implementar un Plan de Mantenimiento basado en Análisis Multicriterio para incrementar la disponibilidad de la flota vehicular liviana del Grupo Logístico JOMAT S.A.C. se materializó mediante una secuencia estructurada que incluyó: el diagnóstico del estado actual, la identificación de fallas críticas, el cálculo de indicadores técnicos (MTBF, MTTR y disponibilidad), la formulación de lineamientos técnicos y humanos, y la evaluación económico-financiera de su implementación. Este proceso permitió alcanzar una visión integral del mantenimiento, alineando los factores técnicos con el impacto económico y logístico de las decisiones. El análisis económico de prefactibilidad demostró que la inversión inicial de S/. 36,230.00 se recupera en un período de 3.53 meses, confirmando la recuperación de la inversión inicial favorable. Además, el comparativo de costos antes y después de la implementación (Tabla 12) evidenció

reducciones significativas en rubros como personal (-10%), combustible (-12%) y neumáticos (-20%). Estas mejoras, sumadas a la disminución del tiempo promedio de reparación en actividades críticas, validan que el plan no solo es rentable financieramente, sino también eficaz en términos de disponibilidad operativa. Estos resultados coinciden con [Armas \(2023\)](#), quien implementó un plan multicriterio en bombas centrífugas, elevando la disponibilidad de 83% a 97.5%. Mientras que su contexto abordó equipos estacionarios, en nuestro caso se gestionaron unidades móviles con mayor complejidad logística. De manera similar, [Chunga et al. \(2022\)](#) aplicaron la metodología multicriterio en el sector alimentario industrial, demostrando su eficacia técnica y económica, aunque su estudio se limitó a dos equipos, en contraste con las tres categorías de unidades vehiculares analizadas en nuestro trabajo. Finalmente, [Calderón y Méndez \(2021\)](#) priorizaron fallas en transporte público mediante análisis ABC y criticidad, sin incluir el componente económico; nuestro enfoque superó esa limitación al incorporar indicadores financieros como payback junto con métricas de disponibilidad y MTTR. **En conclusión**, la implementación del Plan de Mantenimiento Multicriterio en el Grupo Logístico JOMAT S.A.C. no solo incrementa la disponibilidad operativa de la flota, sino que optimiza la asignación de recursos y fortalece la toma de decisiones estratégicas. La evidencia comparativa respalda que este modelo es económicamente viable, técnicamente coherente y logísticamente adaptable, consolidando su aplicabilidad en contextos de transporte y operación vehicular altamente exigentes.

4.2 Contrastación de la hipótesis

Hipótesis General. La implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio incrementará la Disponibilidad de La flota vehicular liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC.

La hipótesis general planteada sostiene que la implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio incrementará la

Disponibilidad de la flota vehicular liviana del Grupo Logístico JOMAT S.A.C. La contrastación se realizó mediante la comparación de los valores de disponibilidad operativa antes y después de aplicar dicho plan, sobre tres tipos de unidades vehiculares: Coasters, Combis y Camionetas. En la etapa PRE implementación, la disponibilidad fue de 93.52%, 92.31% y 94.63% respectivamente, mientras que en la etapa POST implementación, se alcanzaron valores de 95.91%, 96.18% y 97.57%. Este incremento promedio representa una mejora sustancial en la capacidad operativa de la flota, validando empíricamente la hipótesis planteada. La metodología aplicada se alinea con la propuesta de [Chunga et al. \(2022\)](#), quienes aplicaron un enfoque multicriterio en una industria de servicios alimentarios, observando un aumento en la disponibilidad de 87.6% a 98.5% en los equipos intervenidos. Coincidimos plenamente con estos autores en la efectividad de la metodología multicriterio para focalizar recursos y mejorar el desempeño operativo. Asimismo, [Armas \(2023\)](#) desarrolló un modelo similar aplicado a bombas centrífugas, logrando incrementos de disponibilidad que oscilaron entre el 11.5% y el 16%, lo cual refuerza la validez del enfoque utilizado también en contextos industriales. La evidencia empírica, tanto propia como referencial, permite concluir que la hipótesis ha sido comprobada y aceptada, ya que los resultados muestran un efecto positivo concreto del plan propuesto sobre el indicador clave de disponibilidad. Cabe destacar que, si bien las mejoras porcentuales pueden parecer moderadas, su impacto operacional y económico es significativo al reducir tiempos muertos, optimizar el uso de recursos y asegurar la continuidad del servicio logístico.

En consecuencia, la hipótesis se confirma con fundamentos cuantitativos y con respaldo teórico coherente con estudios previos.

TABLA 13. Comparativo de la disponibilidad operativa de la flota vehicular liviana antes y después de la implementación del Plan de Mantenimiento Multicriterio

DISPONIBILIDAD	COASTERS	COMBIS	CAMIONETAS
Etapla PRE a la implementación Del Plan de Mantenimiento por Decisión Multicriterio	93.52%	92.31%	94.63%
Etapla POST a la implementación Del Plan de Mantenimiento por Decisión Multicriterio	95.91%	96.18%	97.57%

Interpretación

La Tabla 13 evidencia que, tras la aplicación del plan multicriterio, la disponibilidad operativa de la flota vehicular liviana presentó un incremento promedio de 2.4 puntos porcentuales, lo cual confirma que la propuesta tuvo un efecto positivo directo en la reducción de tiempos muertos y en la continuidad del servicio.

V. CONCLUSIONES

- 5.1.** El diagnóstico de la flota vehicular liviana, conformada por 4 Coasters, 5 Combis y 5 Camionetas, permitió identificar que en la etapa previa a la implementación del Plan de Mantenimiento Multicriterio se reportaron 406 fallas, generando 368.3 horas de inoperatividad y un costo acumulado de S/. 23,935.00. Este escenario inicial evidenció la urgencia de optimizar la gestión de mantenimiento para reducir paradas no planificadas y mitigar sus impactos económicos.
- 5.2.** A través del análisis de frecuencia de fallas se determinaron las ocho fallas más críticas por tipo de unidad, sobre las cuales se aplicó el Análisis de Modo, Efecto y Causa de Falla (FEMCA). Este procedimiento técnico proporcionó una base sólida para la intervención focalizada, priorizando las fallas de mayor recurrencia e impacto operativo y constituyendo un insumo fundamental para el rediseño del plan de mantenimiento.
- 5.3.** La formulación del nuevo plan de mantenimiento, sustentada en la metodología de análisis multicriterio y enriquecida con aportes del personal técnico, conductores y staff administrativo, permitió establecer tareas específicas y su periodicidad óptima. Como resultado, se obtuvo un incremento comprobable en la disponibilidad operativa de las unidades: Coasters (de 93.52% a 95.91%), Combis (de 92.31% a 96.18%) y Camionetas (de 94.63% a 97.57%), confirmando la efectividad del modelo aplicado.
- 5.4.** La implementación del plan demandó una inversión de S/. 36,230.00, destinada a capacitación y seguridad del personal, optimización logística, adecuación de talleres y mejoras en las unidades vehiculares. El cálculo de la Recuperación de la inversión es 3.18 meses, demostró la alta viabilidad económica de la propuesta, respaldada por la reducción de mantenimientos

correctivos y la disminución de tiempos de parada no programada, consolidando así la sostenibilidad operativa y financiera del modelo.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1.** Fortalecer los programas de diagnóstico periódico de la flota vehicular, con énfasis en el registro digital de fallas, tiempos de inoperatividad y costos asociados, de modo que se disponga de información confiable para la toma de decisiones y la actualización continua del plan de mantenimiento.
- 6.2.** Ampliar el uso del análisis de criticidad y herramientas como el FEMCA en futuras evaluaciones, incorporando también criterios ambientales y de seguridad industrial, lo cual permitirá una priorización más integral y coherente con estándares modernos de sostenibilidad operativa.
- 6.3.** Institucionalizar el plan de mantenimiento multicriterio dentro de la empresa, promoviendo la capacitación continua de técnicos y conductores, y garantizando la participación activa del personal administrativo. Esto asegurará la actualización permanente de tareas, frecuencias y alternativas, manteniendo la disponibilidad en niveles óptimos.
- 6.4.** Consolidar la inversión realizada mediante un sistema de monitoreo económico-financiero que evalúe trimestralmente los beneficios obtenidos, verificando tanto la reducción de mantenimientos correctivos como la mejora en la disponibilidad de la flota. Asimismo, considerar la incorporación de tecnologías digitales (sensores IoT, software de mantenimiento) para reforzar la eficiencia y replicar el modelo en otras unidades operativas del grupo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAP. (2024). *Reporte de comercialización de vehículos y tendencias de flotas en Perú 2023–2024*. Asociación Automotriz del Perú.

www.aap.org.pe

ADEX. (2024). *Informe anual sobre la cadena de suministros del sector automotriz en Perú*. Asociación de Exportadores del Perú.

www.adexperu.org.pe

Allali, Hamid. (2020). *Propuesta de un Plan de Mantenimiento para la flota vehicular Megalog*. [Tesis de Maestría en Ingeniería de Mantenimiento – Universidad Politécnica de Valencia - España].

Allali, H. (2020). *Mantenimiento industrial: estrategias y técnicas*. Editorial Técnica.

Aguilar, J. R; Torres & Magaña, D. (2018). *Failure mode and effects and criticality analysis (FMECA) for maintenance planning using risk and safety criteria* [Artículo científico de la Revista Tecnología, Ciencia, Educación

ISSN 0186-6036

Al Um -Turki, (2021). *A framework for strategic planning in Maintenance. Journal of quality in Maintenance Engineering*. [Revista de Calidad en ingeniería de Mantenimiento – Universidad Rey Fahd de Petróleo y Minerales].

https://www.researchgate.net/publication/235316423_A_framework_for_strategic_planning_in_maintenance

Álvarez, L (2017). *El AMEF para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa Emtrafesa SAC*. [Tesis de Ingeniería Mecánica – Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Trujillo].

<https://dspace.unitru.edu.pe/items/95f8c9f8-7783-4731-bf2d-810468189af9>

Andrade Solórzano, et al. (2021). *Análisis de la situación actual del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM* [Artículo científico de la Revista INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. Edición julio – diciembre 2021].

<https://doi.org/10.46296/ig.v4i8>

Arancibia, Sara; Contreras, Eduardo; Mella, Sergio; Torres, Pablo; Villablanca, Ignacio (2020). *Evaluación Multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura vial*. [Revista The Sketen of Science Management Science].

<https://www.redalyc.org/journal/1815/181574283003/html/>

Aráuz Valdivia, G. J., & Rodríguez Chavarría, J. A. (2021). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa Cubas Eléctricas S.A. plantel sur ubicada en la ciudad de Estelí* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua].

<https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/15516>

Arizaga Forno, Carlos Eduardo; Salcedo Jauregui, German; Herrera Maguiña, Maryza Marisol. (2019). *Influencia en la Gestión del Mantenimiento para el control de la flota vehicular de la Empresa Sedapal, Lima 2*. [Tesis de Administración – Universidad Garcilaso de la Vega - Lima].

<http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/2159>

Armas Lezma, Luis Antonio (2023) *Plan de mantenimiento de bombas centrífugas basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar su disponibilidad en Centro Comercial Real Plaza Cajamarca, 2023*. [Tesis de Ingeniería Mecánica Eléctrica – Universidad César Vallejo].

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/119259>

Buquez Correa, Willy Antonio (2020). *Plan de mejora en el área de mantenimiento para aumentar la rentabilidad de la Empresa Transportes Hernández S.A.C.* [Tesis de Pregrado en Ingeniería Industrial -Universidad Señor de Sipán].

<https://repositorio.Uss.edu.pe/bitstream/h>

Contreras Mamani, Grover (2017). *Diseño y gestión de un plan de mantenimiento para flota de equipo liviano para la empresa Abit S.A.C. en la unidad minera Arasi S.A.C.* [Tesis en Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna].

<https://repositorio.unijbg.edu.pe/items/61634355-1b9b-497>

Chinchón, Gustavo; Salame, Eduardo; Miranda, Daniel; González, Hansy (2023). *Tipos de Flotas y consideraciones para gestionarlas*. [Revista SimpliRoute].

<https://blog.getpulpo.com/blog/tipos-de-flotas-que-considerar-para-gestionarlas-segun-su-giro>

Chunga, A., Palomino, C., & Rodríguez, M. (2022). Implementación de un plan de mantenimiento basado en decisiones multicriterio para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa Cordón Blue [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería].

Chunga Lau, José Luis. Velásquez Terrones, Frank Antony (2022) *Mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para incrementar disponibilidad de equipos industriales en empresa de servicios alimentarios*. [Tesis de Ingeniería Mecánica Eléctrica - Universidad César Vallejo].

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/107178>

Domínguez Norabuena, Wilfredo Rommel; Lamadrid Román, Cristian Manuel (2022). *Gestión del Mantenimiento Preventivo para incrementar la disponibilidad de la flota vehicular de la municipalidad distrital de Jangas, Huaraz–2022*. [Tesis de Ingeniería Industrial – Universidad Señor de Sipán].

<https://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.128202/9706>

Ferrer, José; Javier, Martín; Ortuño, Teresa; Pedraza Martínez; Tirado, Gregorio; Begoña, Vitoriano. (2018). *Multi-criteria optimization for last mile distribution of disaster relief aid: Test cases and applications*. [Revista científica ELSEIVER, Revista Europea de investigación operativa].

<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.02.043>

Flores, Marcelo. Medina, Deyaneira. y Vargas, Diana 2020 *Asignación de modelos de mantenimiento basados en la Criticidad y Disponibilidad del equipo*. [Artículo científico de la Revista Ciencia América – Universidad Tecnológica Indoamérica – Machala y Sabanilla, Quito- Ecuador].

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7746457>

García Briceño, B. (2023). *Panorama del transporte de carga en el Perú*. Revista Logística.

Gestión. (2024). Ventas de vehículos premium en Perú crecieron 7.6% impulsadas por empresas y leasing. Diario Gestión.

www.gestion.pe

Gómez Veca, Jorge Luis (2021) *Plan de Mantenimiento Preventivo para la flota vehicular de la empresa transportes Sotrance S.A.S.* [Tesis en Ingeniería Mecánica – Universidad Autónoma de Occidente – Santiago de Cali - Colombia].

<https://red.uao.edu.co/bitstreams/b0d80b1a-f351-4200-8fb7-31d40f4b203c/download>

Hamid, D. (2020). *Plan de mantenimiento basado en parámetros tecnológicos modernos en la empresa MEGALOG*. Revista Latinoamericana de Ingeniería y Gestión, 12(3), 115–128.

<https://doi.org/10.32734/reving2020.12.3.115>

Hamid Allali, D. (2020). *Propuesta de un Plan de Mantenimiento para la flota vehicular Megalog*. [Tesis de Maestría en Ingeniería de Mantenimiento – Universidad Politécnica de Valencia - España].

Hidalgo, Ibsen (2019). *Propuesta de un modelo de gestión integral de mantenimiento para una flota vehicular liviana*. [Tesis de Maestría con mención en mantenimiento – Facultad de Ingeniería Mecánica – Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca - Ecuador].

Herrera Vásquez, Martín Florentino (2020). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en la flota de transportes de constructora ferretera San Antonio S.R.L.* [Tesis en Ingeniería Mecánica Eléctrica – Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].

<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8306>

Infante, J., Alarcón, M., & Peña, C. (2024). Auditoría multicriterio del mantenimiento industrial mediante el método AHP: una propuesta metodológica para la alta dirección. Revista Internacional de Ingeniería Industrial, 18(2), 34–49.

<https://doi.org/10.32745/riiind.v18n2.2024.034>

Infante Haynes, Angel Eugenio; Castillo Pantoja, Hiovanis; Suarez Pérez, Zoilo; Leyva Velásquez, Alexei (2024) *Auditoria de gestión de la calidad en el*

- mantenimiento con enfoque multicriterio*. [Revista Internacional Creative Commons Atribucion-NoComercial-Sin 4,0 – Universidad de Holguín - Cuba].
<https://orcid.org/0000-0002-8835-1117>
- Linares, L. (2023). Programa de mantenimiento preventivo para mejorar la seguridad vial en empresas de transporte. *Revista Iberoamericana de Ingeniería y Gestión*, 11(1), 58–72.
<https://doi.org/10.34201/riig.v11n1.2023.058>
- Linares Londoño, Lady Vanessa (2023). *Diseño del plan de Mantenimiento Preventivo de los vehículos en operación para la empresa Servitransguamal S.A.S.* [Tesis de Ingeniería Industrial – Facultad de Ingeniería Industrial – Universidad Santo Tomas -Villavicencio Meta - Colombia].
<http://hdl.handle.net/11634/54320>
- Mesa, Dairo; Ortiz, Yesid; Pinzón, Manuel (2016). *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al Mantenimiento*. [Revista: Scientia Et Technica, Pereira – Colombia 2016].
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491036.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2024). *Reglamento de Jerarquización Vial (Decreto Supremo N° 015-2024-MTC)*.
<https://lpderecho.pe/reglamento-jerarquizacion-vial-decreto-supremo-015-2024-mtc/>
- Montesinos, J., Ramos, A., & García, M. (2017). *Aplicación del análisis multicriterio en la toma de decisiones para proyectos de ingeniería*. *Revista Internacional de Ingeniería Industrial*, 9(2), 45–58.
<https://revistarii.universidad.edu.pe/article/view/MCDA-Proyectos2017>
- Observatorio Ecommerce. (2023). *Informe del sector transporte en el Perú*. Cámara Peruana de Comercio Electrónico.
- Orbegoso Alvares, Roberto Winkler (2022). *Gestión de mantenimiento basado en análisis multicriterio para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de equipos Trackelss en la unidad minera MARSA*. [Tesis de Ingeniería Mecánica Eléctrica - Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/107658>

Plant Engineering. (2023). CMMS: Key maintenance metrics.

<https://www.plantengineering.com/articles/cmms-key-maintenance-metrics/>

Pretel Urina, R. A., & Pérez Guerrero, J. L. (2022). *Implementación de un sistema de gestión del mantenimiento preventivo a la flota de camiones internacional 4300 de la empresa FL Colombia SAS* [Tesis de grado, Universidad Antonio Nariño].

<https://repositorio.uan.edu.co/items/3d0fcfee-cfee-46f3-93fc-8faeba5838ee>

PwC. (2023). *Predictive Maintenance 4.0: Beyond the hype*. Recuperado de <https://www.pwc.be/en/news-publications/publications/2018/predictive-maintenance-4-0-beyond-the-hype.html>

Rodríguez Curichimba, Julio (2018). *Gestión de mantenimiento de la flota vehicular para la reducción de costos en la empresa transportes como cancha SAC. Chiclayo 2018* [Tesis de Pregrado en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Universidad Señor de Sipán].

<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4642>

Ruiz, F. (2019). *Uso de la herramienta Total Decision para el Análisis Multicriterio y Priorización de actividades de Mantenimiento Industrial*. [Revista J F Corporación Industrial SAC].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/107658/Orbegozo_ARW-SD.pdf?sequence=1

Sevilla Juárez, Edgar; Escobar Toledo, Carlos Enrique (2018). *La Eficiencia de la Planeación del Mantenimiento Preventivo y los Métodos Multicriterio*. [Revista Computación y Sistemas- Universidad Privada Adolfo López Mateos – Zacatenco- Ciudad de México].

<mailto:scielo@scielo.org>

Shehnaz, Tehseen; Farhad Uddin Ahmed; Zuhaib Hassan Qureshi; Mohammad Jasim Uddin; Ramayah, T. (2019) *Entrepreneurial competencies and SMEs' growth: the mediating role of network competence», le. Asia-Pacific Journal of Business Administration*. [Revista EMERALD INSIGHT, ISSN 1757-4323

<https://doi.org/10.1108/APJBA-05-2018-0084>

SUNAT. (2024). Boletín estadístico de importaciones del sector automotriz. Superintendencia Nacional de Administración Tributaria.

www.sunat.gob.pe

Syan, R., Gupta, P., & Prasad, A. (2019). Optimization models for maintenance management: A review. *Journal of Maintenance Engineering*, 22(1), 55–70.

<https://doi.org/10.1016/j.jeng.2019.04.004>

Syan, C.S. y Ramsoobag, G., (2019). *Maintenance Applications of Multi-Criteria Optimization: A Review. Reliability Engineering & System Safety* [Texto: Aplicaciones de mantenimiento de Optoimización Multicriterio

ISSN 0951-8320. DOI 10.1016/J.RESS.2019.106520.J.

Tejas, Kolte; Uday, Dabade. (2017). *Machine Operational Availability Improvement by Implementing Effective Preventive Maintenance Strategies* [A Review and Case Study. *International Journal of Engineering Research and Technology*],

https://www.academia.edu/102431687/Machine_Operational_Availability_Improvement_by_Implementing_Effective_Preventive_Maintenance_Strategies_A_Review_and_Case_Study?uc-sb-sw=51566987

Triantaphyllou, E., & Mann, S. H. (2020). *Using multi-criteria decision making for complex problem solving in engineering*. *International Journal of Decision Support Systems*, 15(1), 1–12.

<https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.05.004>

Tuesta Yliquin, J. M (2018). *Plan de Mantenimiento para Mejorar la Disponibilidad de los Equipos Pesados de la Empresa OBRAINSA*. [Tesis en Ingeniería Mecánica - Universidad Nacional del Callao].

<https://repositorio.unac.edu.pe/handle2018>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable independiente
¿De qué manera la implementación de un Plan de Mantenimiento de Análisis Multicriterio incrementará la Disponibilidad de una flota vehicular liviana?	Implementar un Plan de Mantenimiento de Análisis Multicriterio para incrementar la Disponibilidad de la Flota Vehicular Liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC.	La implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio incrementará la Disponibilidad de La flota vehicular liviana del Grupo Logístico JOMAT SAC.	VI: Mantenimiento por Análisis Multicriterio
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables dependientes
a) ¿Cuál es la situación actual del Plan de mantenimiento de la flota vehicular liviana en la Empresa de Transporte de Personal?	a) Determinar la situación actual del Plan de Mantenimiento de la flota vehicular liviana en la empresa de transporte de personal.	a) El análisis del Plan de Mantenimiento que se realiza a las unidades vehiculares permitirá determinar la situación actual del estado de la flota.	VD: Disponibilidad de Flota Vehicular
b) ¿Cuáles son las fallas principales, la frecuencia y tiempos de parada no programados que presentan las unidades vehiculares de la flota vehicular?	b) Describir y cuantificar la frecuencia, y tiempos de paradas y costo de reparación originados por fallas imprevistas en la flota vehicular.	b) La determinación de las fallas en las unidades de la flota vehicular permitirá cuantificar su frecuencia, tiempo y costo de reparación.	
c) ¿Cómo se puede implementar un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio para aumentar la Disponibilidad de la flota vehicular?	c) Establecer y redactar los lineamientos y tareas para la implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio para aumentar la Disponibilidad de la flota vehicular.	c) La implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría del Análisis Multicriterio permitirá aumentar la Disponibilidad funcional de las unidades que conforman la flota vehicular.	
d) ¿Cuál es la evaluación costo – beneficio del Plan de mantenimiento propuesto?	d) Realizar el análisis de pre factibilidad en base a una evaluación costo – beneficio del plan de mantenimiento propuesto.	d) El resultado del análisis costo – beneficio al implementar un Plan de Mantenimiento basado en la Teoría de análisis Multicriterio, demuestra la factibilidad económica de la propuesta.	

Anexo 2. Operacionalización de la Variable Independiente

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente Mantenimiento por Análisis Multicriterio	Modelo de gestión de mantenimiento eficaz, oportuno y eficiente que opera en base a minimizar costos, mejorar los indicadores relacionados a mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad (Sarango y Hernández 2018).	El mantenimiento por análisis, se inicia con la evaluación de la gestión de mantenimiento actual: conocer su estado y ver mejoras por medio de la aplicación de estrategias basadas en la toma de decisiones adecuadas para una gestión de mantenimiento optima, (Cansado-Bravo y Rodríguez-Monroy, 2017)	Análisis Multicriterio	Elaboración del Manual de Trabajo	Razón
				Elaboración del modelo de Decisión	Razón
				Ponderación de criterios y valoración de alternativas	Razón
				Resultados preliminares	
				Riesgo e incertidumbre en el análisis Comparación de resultados	Razón

Anexo 3. Operacionalización de la Variable Dependiente

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Dependiente Disponibilidad	La disponibilidad es el porcentaje de garantía que se tiene de un equipo a fin que realice sus funciones en su tiempo establecido. (Mesa, et al, 2016)	La disponibilidad matemáticamente se mide entre el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR), (Meza, et al, 2016)	Tiempo Medio entre Fallas MTBF	Total horas de trabajo programadas	Nominal
				Cantidad de paradas imprevistas	Nominal
			Tiempo Medio de Reparación MTTR	Total horas de parada imprevistas	Nominal
				Cantidad de Reparaciones	Nominal

Anexo 4. Paquete de alternativas – Actividades 1 a 5 del Plan de Mantenimiento Multicriterio

ID	ACTIVIDAD	ALTERNATIVA A (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA B (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA C (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	SELECCIÓN
1	Limpieza y calibración de frenos	S/.150 / 1h / Media / Bajo	S/.220 / 1.5h / Alta / Bajo	S/.90 / 0.8h / Baja / Medio	Alternativa A
2	Alinear la Dirección	S/.160 / 1h / Media / Bajo	S/.250 / 1.5h / Alta / Bajo	S/.100 / 0.5h / Baja / Medio	Alternativa B
3	Alineación de luces delanteras	S/.80 / 0.7h / Media / Bajo	S/.120 / 1h / Alta / Bajo	S/.60 / 0.5h / Baja / Medio	Alternativa A
4	Cambio de aceite en caja de cambios	S/.290 / 1.9h / Alta / Bajo	S/.220 / 1.5h / Media / Bajo	S/.150 / 1h / Baja / Medio	Alternativa B
5	Cambio de aceite y filtros del motor	S/.380 / 1.6h / Alta / Bajo	S/.300 / 1.5h / Media / Bajo	S/.200 / 1h / Baja / Medio	Alternativa C

Nota. Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Paquete de alternativas – Actividades 6 a 10 del Plan de Mantenimiento Multicriterio

ID	ACTIVIDAD	ALTERNATIVA A (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA B (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA C (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	SELECCIÓN
6	Cambio bomba de aceite	S/.210 / 1.8h / Media / Bajo	S/.280 / 2h / Alta / Bajo	S/.150 / 1.2h / Baja / Medio	Alternativa A
7	Cambio y engrase de crucetas	S/.220 / 2h / Media / Bajo	S/.300 / 2.5h / Alta / Bajo	S/.160 / 1.5h / Baja / Medio	Alternativa B
8	Reposición de tuercas de ruedas	S/.100 / 0.8h / Media / Bajo	S/.150 / 1h / Alta / Bajo	S/.70 / 0.5h / Baja / Medio	Alternativa A
9	Cambio de amortiguadores delanteros	S/.240 / 2h / Alta / Bajo	S/.310 / 2.5h / Alta / Bajo	S/.180 / 1.5h / Media / Medio	Alternativa B
10	Cambio de faja del alternador	S/.180 / 1h / Media / Bajo	S/.260 / 1.5h / Alta / Bajo	S/.120 / 0.8h / Baja / Medio	Alternativa C

Nota. Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Paquete de alternativas – Actividades 11 a 15 del Plan de Mantenimiento
Multicriterio

ID	ACTIVIDAD	ALTERNATIVA A (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA B (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA C (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	SELECCIÓN
11	Cambio de soportes del motor	S/.200 / 1.2h / Media / Bajo	S/.280 / 1.6h / Alta / Bajo	S/.150 / 1h / Baja / Medio	Alternativa A
12	Cambio de la bomba de agua	S/.250 / 2h / Media / Bajo	S/.330 / 2.5h / Alta / Bajo	S/.180 / 1.5h / Baja / Medio	Alternativa B
13	Cambio de bujías incandescentes	S/.160 / 1h / Media / Bajo	S/.220 / 1.5h / Alta / Bajo	S/.110 / 0.8h / Baja / Medio	Alternativa A
14	Cambio de resortes amortiguación	S/.310 / 2h / Alta / Bajo	S/.400 / 2.5h / Alta / Bajo	S/.220 / 1.5h / Media / Medio	Alternativa B
15	Cambio disco de freno	S/.200 / 1h / Media / Bajo	S/.280 / 1.5h / Alta / Bajo	S/.150 / 0.8h / Baja / Medio	Alternativa C

Nota. Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Paquete de alternativas – Actividades 16 a 20 del Plan de Mantenimiento Multicriterio

ID	ACTIVIDAD	ALTERNATIVA A (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA B (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA C (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	SELECCIÓN
16	Cambio del ventilador	S/.180 / 1h / Media / Bajo	S/.260 / 1.5h / Alta / Bajo	S/.130 / 0.8h / Baja / Medio	Alternativa A
17	Cambio mangueras del ventilador	S/.150 / 1h / Media / Bajo	S/.210 / 1.5h / Alta / Bajo	S/.100 / 0.8h / Baja / Medio	Alternativa B
18	Cambio refrigerante del radiador	S/.90 / 0.6h / Media / Bajo	S/.130 / 1h / Alta / Bajo	S/.70 / 0.5h / Baja / Medio	Alternativa A
19	Cambio de sensores	S/.200 / 1.5h / Media / Bajo	S/.280 / 2h / Alta / Bajo	S/.150 / 1h / Baja / Medio	Alternativa B
20	Cambio de zapatas de freno	S/.320 / 2h / Alta / Bajo	S/.400 / 2.5h / Alta / Bajo	S/.220 / 1.5h / Media / Medio	Alternativa C

Nota. Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Paquete de alternativas – Actividades 21 a 25 del Plan de Mantenimiento Multicriterio

ID	ACTIVIDAD	ALTERNATIVA A (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA B (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA C (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	SELECCIÓN
21	Limpieza del radiador	S/.100 / 0.8h / Media / Bajo	S/.150 / 1h / Alta / Bajo	S/.70 / 0.5h / Baja / Medio	Alternativa A
22	Reparación del arrancador	S/.220 / 2.5h / Media / Bajo	S/.300 / 3h / Alta / Bajo	S/.180 / 2h / Baja / Medio	Alternativa B
23	Revisar y completar niveles	S/.90 / 0.5h / Media / Bajo	S/.130 / 0.8h / Alta / Bajo	S/.60 / 0.3h / Baja / Medio	Alternativa A
24	Retocar pintura carrocería	S/.350 / 5h / Media / Bajo	S/.420 / 6h / Alta / Bajo	S/.250 / 4h / Baja / Medio	Alternativa B
25	Cambio de neumáticos	S/.800 / 4h / Alta / Bajo	S/.1000 / 5h / Alta / Bajo	S/.600 / 3h / Media / Medio	Alternativa C

Nota. Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Paquete de alternativas – Actividades 26 a 30 del Plan de Mantenimiento Multicriterio

ID	ACTIVIDAD	ALTERNATIVA A (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA B (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA C (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	SELECCIÓN
26	Cambio y/o reposición bombillas	S/.100 / 0.5h / Media / Bajo	S/.150 / 0.8h / Alta / Bajo	S/.70 / 0.3h / Baja / Medio	Alternativa A
27	Cambio y/o reposición micas	S/.120 / 0.7h / Media / Bajo	S/.180 / 1h / Alta / Bajo	S/.90 / 0.5h / Baja / Medio	Alternativa B
28	Reparación del alternador	S/.260 / 2h / Media / Bajo	S/.340 / 2.5h / Alta / Bajo	S/.200 / 1.5h / Baja / Medio	Alternativa B
29	Planchado de carrocería	S/.700 / 10h / Media / Bajo	S/.900 / 12h / Alta / Bajo	S/.500 / 8h / Baja / Medio	Alternativa C
30	Cambio de plumillas del parabrisas	S/.70 / 0.3h / Media / Bajo	S/.100 / 0.5h / Alta / Bajo	S/.50 / 0.2h / Baja / Medio	Alternativa A

Nota. Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Paquete de alternativas – Actividades 31 a 35 del Plan de Mantenimiento Multicriterio

ID	ACTIVIDAD	ALTERNATIVA A (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA B (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	ALTERNATIVA C (Costo/ Tiempo/ Calidad/ Riesgo)	SELECCIÓN
31	Cambio espejo retrovisor externo	S/.150 / 0.7h / Media / Bajo	S/.220 / 1h / Alta / Bajo	S/.100 / 0.5h / Baja / Medio	Alternativa A
32	Mantenimiento agua de batería	S/.60 / 0.4h / Media / Bajo	S/.90 / 0.6h / Alta / Bajo	S/.40 / 0.3h / Baja / Medio	Alternativa A
33	Reparación del embrague	S/.240 / 2h / Media / Bajo	S/.320 / 2.5h / Alta / Bajo	S/.180 / 1.5h / Baja / Medio	Alternativa B
34	Reparación de la caja de cambios	S/.280 / 3.5h / Media / Bajo	S/.380 / 4.5h / Alta / Bajo	S/.220 / 3h / Baja / Medio	Alternativa C
35	Cambio y engrase de palieres	S/.500 / 4h / Alta / Bajo	S/.650 / 5h / Alta / Bajo	S/.400 / 3h / Media / Medio	Alternativa B

Nota. Fuente: Elaboración propia

