



## **FACULTAD DE INGENIERÍA ADMINISTRATIVA E INDUSTRIAL**

Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las unidades de una empresa de transporte público, Lima 2021

### **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

#### **AUTOR**

Aching Ventura, Cristhian Harold  
(<https://orcid.org/0009-0006-4409-6050>)

#### **ASESOR**

Dr. Muñoz Muñoz, Ricardo  
(<https://orcid.org/0000-0002-1768-0650>)

**Lima, Perú**

**2024**

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

21%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	1%
2	revvialibre.com.mx Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uigv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Inca Garcilaso de la Vega Trabajo del estudiante	1%

---

**Dedicatoria**

*A mis padres.*

### **Agradecimiento**

A la empresa donde laboro que me ha dado las facilidades para la realización del presente trabajo.

## Resumen

El objetivo primordial del proyecto fue implementar un plan de mantenimiento preventivo para las unidades de transporte público de una empresa en la ciudad de Lima. Este enfoque tenía como meta mejorar la operatividad de las unidades y reducir costos superfluos asociados con reparaciones y mantenimiento correctivo. En una primera etapa, se llevó a cabo un exhaustivo diagnóstico del plan de mantenimiento existente, el cual reveló diversas deficiencias, identificándose concretamente seis tipos de fallas recurrentes. Posteriormente, se ejecutaron cinco frecuencias de mantenimiento que comprendían un total de 20 actividades recurrentes destinadas a abordar las áreas críticas detectadas dentro de taller. Como resultado de estas acciones, se logró un significativo ahorro de 58,250.00 soles entre los años 2020 y 2021. La viabilidad financiera del proyecto se sustentó en un detallado análisis de flujo de caja, que demostró la recuperación de la inversión inicial de 45,279.52 soles en el mes 11. Además, se calculó un Valor Actual Neto (VAN) de 4,594.00 soles y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12.06%, confirmando la rentabilidad del proyecto para la empresa. Estos resultados destacan la efectividad del plan de mantenimiento preventivo implementado y respaldan su continuación para optimizar la gestión de la flota de vehículos y recursos.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, flota de buses, fallas recurrentes, reparación y mantenimiento.

## **Abstract**

Implementation of a preventive maintenance plan for the units of a public transportation company, Lima 2021.

The primary objective of the project was to implement a preventive maintenance plan for the public transport units of a company in the city of Lima. This approach aimed to improve the operability of the units and reduce unnecessary costs associated with repairs and corrective maintenance. In the first stage, a thorough diagnosis of the existing maintenance plan was carried out, which revealed various deficiencies, identifying six specific types of recurring failures. Subsequently, five maintenance schedules were executed, comprising a total of 20 recurring activities aimed at addressing the critical areas detected within the workshop. As a result of these actions, significant savings of 58,250.00 soles were achieved between 2020 and 2021. The financial viability of the project was supported by a detailed cash flow analysis, which demonstrated the recovery of the initial investment of 45,279.52 soles in the 11th month. Additionally, a Net Present Value (NPV) of 4,594.00 soles and an Internal Rate of Return (IRR) of 12.06% were calculated, confirming the profitability of the project for the company. These results highlight the effectiveness of the implemented preventive maintenance plan and support its continuation to optimize the management of the vehicle fleet and resources.

**Keywords:** Preventive maintenance, bus fleet, recurrent failures, repair and maintenance.

## Índice general

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Resumen y Palabras Clave .....	iv
Abstract and Keywords.....	v
Índice general .....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras .....	ix
Introducción .....	1
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>2</b>
1.1 Descripción de la empresa o institución .....	3
1.2 Descripción del producto o servicio .....	6
1.3 Ubicación geográfica y contexto socioeconómico .....	7
1.4 Actividad general o área de desempeño .....	9
1.5 Misión y visión.....	10
<b>CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>12</b>
2.1 Actividad profesional desarrollada.....	13
2.2 Propósito del puesto y funciones asignadas.....	14
2.3 Aplicación de la teoría en la práctica del desempeño profesional .....	14
<b>CAPÍTULO III: FUNDAMENTACIÓN DEL TEMA ELEGIDO .....</b>	<b>17</b>
3.1 Descripción de la Problemática.....	18
3.2 Teoría sobre la problemática.....	20
3.3 Análisis de la problemática.....	28
<b>CAPÍTULO IV: PRINCIPALES CONTRIBUCIONES .....</b>	<b>37</b>
4.1 Descripción de alternativas de solución .....	38
4.2 Evaluación de alternativas de solución.....	40

4.3	Implementación de alternativa seleccionada – actividades y procedimientos	42
4.4	Costos de implementación .....	59
4.5	Evaluación de factibilidad de la implementación .....	61
	CONCLUSIONES.....	64
	RECOMENDACIONES.....	65
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA .....	66



**Índice de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Resumen de tipos de mantenimiento.....	23
<b>Tabla 2.</b> Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo .....	25
<b>Tabla 3.</b> Causas de la baja disponibilidad de unidades.....	28
<b>Tabla 4.</b> Priorización de causas .....	35
<b>Tabla 5.</b> Comparativo de alternativas de solución.....	40
<b>Tabla 6.</b> Evaluación de alternativas de solución .....	41
<b>Tabla 7.</b> Resumen de información de unidades de transporte.....	44
<b>Tabla 8.</b> Costos de reparación .....	45
<b>Tabla 9.</b> Costo total de mantenimiento no atendido a tiempo año 2020.....	45
<b>Tabla 10.</b> Organización y funciones de cada área .....	47
<b>Tabla 11.</b> Actividades y frecuencia del mantenimiento preventivo .....	49
<b>Tabla 12.</b> Orden de Trabajo .....	51
<b>Tabla 13.</b> Registro de vehículos .....	52
<b>Tabla 14.</b> Revisión técnica .....	53
<b>Tabla 15.</b> Requerimiento de suministros (entrada).....	55
<b>Tabla 16.</b> Formato requerimiento de salida .....	56
<b>Tabla 17.</b> Formato de abastecimiento de combustible.....	57
<b>Tabla 18.</b> Costo total de mantenimiento no atendido a tiempo año 2021.....	58
<b>Tabla 19.</b> Ahorro luego de las mejoras al mantenimiento preventivo .....	59
<b>Tabla 20.</b> Inversión en equipamiento del taller .....	60
<b>Tabla 21.</b> Inversión en personal .....	60
<b>Tabla 22.</b> Flujo de caja.....	62

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Organización de la empresa .....	4
<b>Figura 2.</b> Buses del grupo Polo .....	6
<b>Figura 3.</b> Ubicación de la sede central de la empresa.....	7
<b>Figura 4.</b> Árbol del problema .....	29
<b>Figura 5.</b> Diagrama de Pareto .....	36
<b>Figura 6.</b> Diseño del plan de mantenimiento preventivo .....	43

## **Introducción**

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las unidades de una empresa de transporte público en Lima durante el año 2021 es un aspecto crucial para garantizar la eficiencia operativa y la seguridad de las flotas de autobuses en la ciudad. Este enfoque estratégico busca no solo reducir los costos asociados con reparaciones imprevistas, sino también maximizar la disponibilidad de los vehículos, lo que contribuye a una prestación de servicios más confiable y satisfactoria para los usuarios, así como a la maximización de la rentabilidad para los accionistas. Este informe está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I: Aspectos generales. En esta sección se presenta la empresa u organización donde se desarrolla la experiencia profesional. Se describe el servicio que ofrece, su ubicación geográfica, las actividades que desarrolla y la misión y visión empresarial.

Capítulo II: Descripción general de la experiencia. Aquí se detalla la experiencia profesional del bachiller, incluyendo la actividad desempeñada, el propósito del puesto de trabajo y cómo se aplicó la teoría en la práctica laboral.

Capítulo III: Fundamentos del tema elegido. Este capítulo aborda la problemática existente, analiza las teorías relacionadas con el tema y presenta el marco teórico relevante.

Capítulo IV: Principales contribuciones. Se presentan y evalúan las alternativas de solución, se describe la implementación de la alternativa seleccionada, se detallan los costos del proyecto y se realiza una evaluación económica del mismo.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto, y se incluyen las referencias bibliográficas utilizadas para sustentar el informe.

## **CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES**

## **1.1 Descripción de la empresa o institución**

El Grupo Polo es una empresa líder y pionera en el transporte urbano de pasajeros en Lima y Callao. Con una trayectoria destacada, actualmente lidera 2 concesionarios de los corredores del sistema integrado de transporte de Lima, además de gestionar 3 empresas de transporte, contando con una flota superior a los 600 buses.

En el año 2012, la empresa inició un importante proceso de cambio de matriz energética, pasando del diésel al Gas Natural Vehicular (GNV). Este compromiso con la sostenibilidad ha llevado a que actualmente cuenten con 300 vehículos propulsados con esta energía eco amigable. Con la proyección de continuar esta tendencia, se espera que para el 2024 el 100% de su flota esté operando con GNV, convirtiendo un total de 114 motores nuevos.

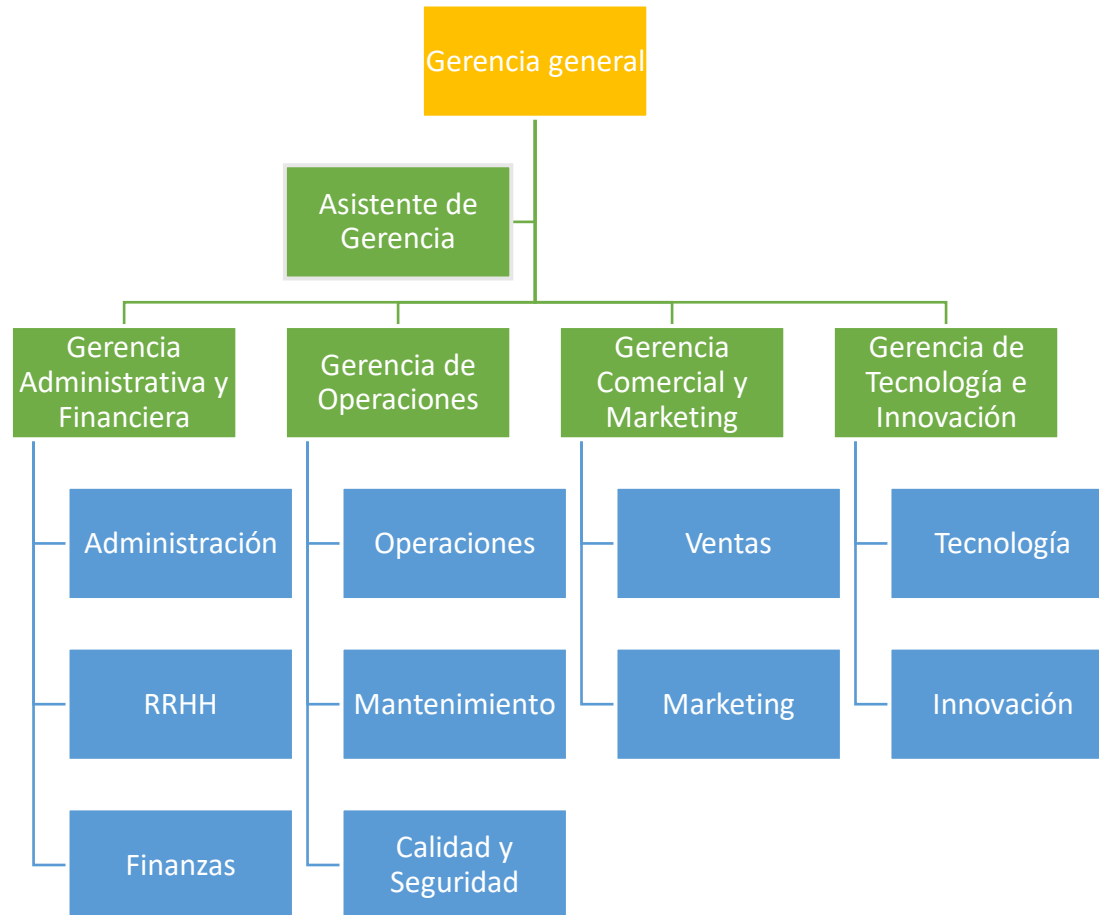
El Grupo Polo se destaca por su compromiso con la mejora del transporte en el país, buscando implementar tecnología moderna para ofrecer un servicio de alta calidad y con conciencia ambiental. Para lograr esta transición, han recurrido al "Programa Ahorro GNV" del Ministerio de Energía y Minas, que les ha otorgado financiamiento sin intereses para la implementación de los nuevos motores.

Además del aspecto ambiental, el cambio de matriz energética también ha tenido un impacto positivo en el aspecto económico y competitivo de la empresa. El uso de GNV representa un ahorro significativo en los costos operativos, con una reducción aproximada del 50% en comparación con el diésel. Además, la estabilidad del precio del gas natural permite una proyección más segura de los flujos de caja, eliminando la incertidumbre asociada a la volatilidad de otros combustibles.

Actualmente, el Grupo Polo participa en los consorcios que operan en los corredores rojo y amarillo del Sistema Integrado de Transporte, contando con estaciones internas de GNV en sus patios de almacenamiento. Esta inversión en infraestructura demuestra su compromiso con la innovación y la eficiencia operativa.

Desmitificando algunos mitos sobre el GNV, la empresa ha demostrado que el mantenimiento y el rendimiento de los vehículos a gas natural son equiparables a los de los vehículos que utilizan combustibles tradicionales. Además, la autonomía de los buses a GNV es similar, lo que hace que el gas natural sea una opción más conveniente en términos de rendimiento y costos.

**Figura 1.** Organización de la empresa



En la figura 1 se aprecia que la empresa cuenta con una gerencia general y 4 gerencias de línea.

La descripción del organigrama se presenta a continuación:

Gerente General:

Responsable de la gestión general de la empresa, toma de decisiones estratégicas y supervisión de todas las áreas.

Gerencia Administrativa y Financiera:

Gerente Administrativo y Financiero: Encargado de la gestión financiera, contabilidad, recursos humanos y administración general de la empresa.

Departamento de Finanzas: Encargado de la contabilidad, control de costos, presupuestos y gestión financiera.

Departamento de Recursos Humanos: Responsable de la gestión del personal, reclutamiento, selección, capacitación y desarrollo del talento humano, poniendo énfasis en el personal responsable de conducir los buses.

Departamento de Administración: Encargado de la gestión administrativa, compras, logística y mantenimiento de instalaciones.

Gerencia de operaciones:

Gerente de operaciones: Responsable de la gestión de las operaciones diarias del servicio de transporte público.

Departamento de Operaciones: Encargado de la planificación y coordinación de las rutas, programación de horarios, control de flota y supervisión de conductores.

Departamento de Mantenimiento: responsable del mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos, garajes y talleres.

Departamento de Calidad y Seguridad: Encargado de garantizar la calidad del servicio, implementar medidas de seguridad vial y controlar la satisfacción del cliente.

Gerencia Comercial y Marketing:

Gerente Comercial: Encargado de desarrollar estrategias de marketing, ventas y relaciones con los clientes.

Departamento de Ventas: Responsable de la captación de clientes, gestión de contratos y atención al cliente.

Departamento de Marketing: Encargado de la promoción del servicio, publicidad, branding y relaciones públicas.

Gerencia de Tecnología e Innovación:

Gerente de Tecnología: Responsable de la gestión de sistemas de información, tecnologías de la información y comunicación, así como de la innovación tecnológica en la empresa.

Departamento de Tecnología: Encargado del desarrollo y mantenimiento de sistemas de información, software de gestión y aplicaciones móviles relacionadas con el servicio de transporte público.

A continuación, se presenta una fotografía de parte de flota de los buses de la empresa.

**Figura 2.** Buses del grupo Polo



En la figura 2 se presenta parte de la flota de los buses con sus respectivos conductores, se aprecia la modernidad de los buses y la correcta vestimenta del personal.

## 1.2 Descripción del producto o servicio

El servicio de transporte público en buses en la ciudad de Lima, es reconocido por su organización y accesibilidad. Se trata de una red de vehículos que conecta diversos puntos de la ciudad, brindando una opción de movilidad tanto para los residentes como para los visitantes. Este servicio se ofrece de manera regular a lo largo del día, con horarios establecidos y rutas designadas para garantizar la eficiencia en los desplazamientos.

Los buses de transporte público operan en varias modalidades, incluyendo servicios regulares, expresos y alimentadores, adaptándose a las necesidades de cobertura y velocidad de desplazamiento requeridas. Estos vehículos recorren rutas específicas que abarcan distintos distritos y áreas metropolitanas, facilitando el traslado de personas desde sus lugares de origen hasta sus destinos finales de manera efectiva.



En cuanto a sus características, los buses de transporte público están diseñados para ser accesibles a personas de todas las edades y habilidades. Cuentan con rampas para sillas de ruedas y espacios reservados para personas con movilidad reducida, garantizando la inclusión de todos los usuarios. Además, se prioriza la seguridad, con conductores capacitados y vehículos que cumplen con las normativas de tránsito y seguridad vial vigentes.

La asequibilidad es otro aspecto destacado del servicio de buses de transporte público en Lima. Las tarifas son accesibles, lo que permite que una amplia gama de personas pueda acceder al transporte público sin dificultades económicas. Esta accesibilidad es fundamental para garantizar la equidad en el acceso a los servicios de transporte en la ciudad, contribuyendo así a una movilidad más inclusiva y sostenible.

### 1.3 Ubicación geográfica y contexto socioeconómico

#### Ubicación geográfica

La empresa tiene su sede central en el distrito de Ate Vitarte, en la ciudad de Lima, capital de la república del Perú.

**Figura 3.** *Ubicación de la sede central de la empresa*



En la figura 2, botón rojo, se muestra la ubicación geográfica de la sede central de la empresa de transporte público materia del presente informe.

#### Contexto socioeconómico

**Población y densidad demográfica:** Lima es la ciudad más poblada del Perú y una de las más grandes de América Latina, con una población que supera los 9 millones de habitantes según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2020). Esta densidad

demográfica contribuye a una alta demanda de servicios de transporte, lo que genera presión sobre el sistema de transporte público y privado.

**Infraestructura vial:** Según un informe del Banco Mundial (BM) (2022), Lima enfrenta problemas significativos de congestión vehicular, con una velocidad promedio de desplazamiento de aproximadamente 18 kilómetros por hora en las áreas urbanas más densas. Además, se estima que el 30% de las carreteras en Lima están en mal estado, lo que afecta la fluidez del tráfico y aumenta los costos de mantenimiento para los operadores de transporte.

**Transporte público:** El Metropolitano, el principal sistema de transporte masivo de Lima, transporta aproximadamente 1.5 millones de pasajeros al día, según datos proporcionados por Protransporte (2022), la entidad responsable de su operación. A pesar de esta alta demanda, la cobertura del transporte público en Lima sigue siendo insuficiente en muchas áreas de la ciudad, especialmente en los distritos periféricos y de bajos ingresos.

**Economía y poder adquisitivo:** Según INEI (2023), en Lima existe una marcada desigualdad económica, con un coeficiente de Gini que alcanza los 0.48, lo que indica una distribución de ingresos bastante desigual entre los habitantes de la ciudad. Esta desigualdad económica influye en las preferencias de transporte, ya que aquellos con mayores ingresos tienden a optar por vehículos privados, mientras que aquellos con menores recursos dependen principalmente del transporte público.

**Regulación y políticas gubernamentales:** Un estudio realizado por el Centro de Investigación de Transporte y Desarrollo (CITeD) (2023), señala que la falta de coordinación entre las entidades gubernamentales responsables del transporte en Lima ha contribuido a la fragmentación y la ineficiencia del sistema de transporte público. Además, la falta de aplicación efectiva de las leyes de tránsito y la corrupción pueden afectar la seguridad vial y la calidad del servicio de transporte.

**Impacto ambiental y salud pública:** La Organización Mundial de la Salud (OMS) (2023), estima que la contaminación del aire en Lima causa aproximadamente 3,000 muertes prematuras al año y contribuye a una serie de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Esta situación resalta la necesidad de políticas y acciones destinadas a reducir la contaminación y mejorar la calidad del aire en la ciudad.

Al considerar estas estadísticas, se destaca la urgente necesidad de abordar los desafíos socioeconómicos y ambientales que afectan al sector transporte en Lima. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las unidades de transporte de personas de una empresa de transporte es fundamental para mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad del sistema de transporte en la ciudad.

#### **1.4 Actividad general o área de desempeño**

El área de operaciones en una empresa de transporte público desempeña un papel crucial en la planificación, coordinación y ejecución de las operaciones diarias para garantizar la eficiencia y la calidad del servicio. Las funciones de esta área suelen ser amplias y abarcan varios aspectos del proceso operativo. Aquí hay una descripción detallada de las funciones del área de operaciones:

**Planificación de rutas y horarios:** Esta función implica diseñar las rutas óptimas para cubrir la demanda de transporte público en diferentes áreas geográficas. Los responsables de operaciones deben considerar factores como la densidad poblacional, los puntos de interés, los tiempos de viaje y la frecuencia de los servicios. Además, se encargan de establecer los horarios de operación de los buses, asegurándose de que haya una oferta adecuada de servicios en diferentes momentos del día.

**Programación de flota:** Los encargados de operaciones son responsables de asignar los vehículos disponibles de manera eficiente para cubrir las rutas planificadas. Esto implica coordinar la distribución de la flota de buses en función de la demanda de pasajeros, los horarios de servicio y los requisitos operativos específicos de cada ruta.

**Control de operaciones:** Esta función implica monitorear en tiempo real la ejecución de las operaciones, asegurándose de que los buses cumplan con los horarios programados y mantengan una frecuencia adecuada de servicios. Los responsables de operaciones deben estar atentos a posibles desviaciones o incidencias que puedan afectar la prestación del servicio y tomar las medidas necesarias para solucionarlas de manera rápida y eficiente.

**Gestión de conductores:** El área de operaciones se encarga de la gestión y supervisión del personal de conducción, asegurándose de contar con conductores capacitados y cumpliendo con los requisitos de seguridad y normativas vigentes. Esto incluye la programación de turnos, la asignación de rutas y la supervisión del desempeño de los conductores en términos de puntualidad, seguridad vial y atención al cliente.

**Atención de incidentes y emergencias:** Los responsables de operaciones deben estar preparados para gestionar y responder a situaciones de emergencia o incidentes operativos, como accidentes de tránsito, averías de vehículos o interrupciones en el servicio. Esto implica coordinar con otras áreas de la empresa, así como con autoridades externas, para garantizar una respuesta rápida y eficaz que minimice el impacto en los pasajeros y la operación del servicio.

**Optimización de procesos:** El área de operaciones se encarga de identificar oportunidades de mejora en los procesos operativos para aumentar la eficiencia y la calidad del servicio. Esto puede implicar la implementación de tecnologías de gestión de flotas, la

optimización de rutas y horarios, la automatización de procesos y la capacitación del personal para mejorar su desempeño.

## **1.5 Misión y visión**

### Misión

Brindar un servicio de transporte urbano de pasajeros de alta calidad con buses modernos de alta capacidad minimizando el impacto de nuestras operaciones en el medio ambiente, buscando una relación ganar – ganar con todos nuestros stakeholders.

### Visión

Ser generadores del cambio en el transporte urbano en el Perú, convirtiéndonos en operadores de buses de transporte rápido (BTR) sustentado en el profesionalismo, creatividad y pasión de nuestra gente.

### Valores

**Seguridad:** La seguridad es un valor fundamental en el transporte público, ya que la empresa tiene la responsabilidad de garantizar la seguridad de sus pasajeros, conductores y otros usuarios de la vía. Esto implica mantener vehículos en condiciones óptimas, cumplir con normativas de seguridad vial y promover una cultura de seguridad en toda la organización.

**Calidad del servicio:** Ofrecer un servicio de alta calidad es esencial para satisfacer las necesidades y expectativas de los pasajeros. Esto implica brindar un transporte puntual, limpio, cómodo y confiable, así como proporcionar una atención al cliente amable y eficiente en todo momento.

**Responsabilidad social y ambiental:** Las empresas de transporte público tienen un impacto significativo en la comunidad y el medio ambiente, por lo que es importante que operen de manera responsable y sostenible. Esto incluye la reducción de emisiones contaminantes, la promoción del uso de energías limpias, la inclusión de personas con discapacidad y la contribución al desarrollo social y económico de la comunidad.

**Innovación:** La innovación es clave para mantenerse competitivo en el mercado y mejorar constantemente el servicio ofrecido. Las empresas de transporte público deben estar abiertas a la adopción de nuevas tecnologías, procesos y modelos de negocio que mejoren la eficiencia operativa y la experiencia del cliente.

**Integridad y ética:** La integridad y la ética son valores fundamentales que guían el comportamiento y las decisiones de la empresa en todas sus interacciones. Esto implica actuar con honestidad, transparencia y respeto en todas las relaciones comerciales, laborales y comunitarias.

Colaboración y trabajo en equipo: Fomentar un ambiente de colaboración y trabajo en equipo es esencial para el éxito de una empresa de transporte público. Esto implica promover la comunicación abierta, la colaboración entre departamentos y la valoración de las contribuciones individuales hacia el logro de objetivos comunes.

## **CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EXPERIENCIA**

## **2.1 Actividad profesional desarrollada**

Se desarrollaron las siguientes actividades:

Planificación y programación de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo para la flota de vehículos:

Se asignó la responsabilidad principal de diseñar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la flota de vehículos de la empresa. Esta labor implicó la elaboración de un programa detallado que incluía inspecciones regulares, programación de cambios de aceite, revisiones de componentes críticos y otras tareas esenciales para garantizar el óptimo estado y funcionamiento de los vehículos. El enfoque meticuloso en la planificación contribuyó de manera significativa a la reducción del riesgo de fallos imprevistos y al incremento de la disponibilidad operativa de la flota.

Coordinación del equipo de mantenimiento, asignación de tareas y seguimiento del cumplimiento de los objetivos establecidos:

Se realizó la coordinación del equipo de mantenimiento, asignando tareas específicas y asegurando el seguimiento del cumplimiento de los objetivos establecidos. Esto incluyó la distribución eficiente de responsabilidades entre los miembros del equipo, así como el monitoreo continuo del progreso para garantizar la ejecución oportuna y precisa de las actividades de mantenimiento.

Evaluación y selección de proveedores de servicios y repuestos, asegurando la calidad y eficiencia en las operaciones de mantenimiento:

Se llevó a cabo la evaluación y selección de proveedores de servicios y repuestos, garantizando la calidad y eficiencia en las operaciones de mantenimiento. Esto implicó analizar cuidadosamente las ofertas de los proveedores potenciales, considerando aspectos como la calidad del producto, la fiabilidad del servicio, el precio y la disponibilidad de repuestos. La selección de proveedores confiables fue fundamental para asegurar la continuidad y eficacia de las operaciones de mantenimiento.

Implementación de medidas de mejora continua para optimizar los procesos de mantenimiento y reducir los tiempos de inactividad de las unidades:

Se implementaron medidas de mejora continua para optimizar los procesos de mantenimiento y reducir los tiempos de inactividad de las unidades. Esto involucró la identificación de áreas de oportunidad para la optimización de procesos, la implementación de cambios y mejoras en los procedimientos de trabajo, y el seguimiento de los resultados para evaluar su efectividad. El enfoque en la mejora continua permitió incrementar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados con los tiempos de inactividad no planificados.

Supervisión del cumplimiento de los estándares de seguridad y calidad en el trabajo, asegurando un entorno laboral seguro y saludable para el equipo:

Se supervisó el cumplimiento de los estándares de seguridad y calidad en el trabajo, garantizando un entorno laboral seguro y saludable para el equipo. Esto incluyó la realización de inspecciones regulares para verificar el cumplimiento de los procedimientos de seguridad, la implementación de medidas correctivas cuando fuera necesario, y la promoción de una cultura de seguridad en todo el equipo. La priorización de la seguridad y calidad en el trabajo contribuyó a mantener altos niveles de desempeño y satisfacción del equipo.

## **2.2 Propósito del puesto y funciones asignadas**

El propósito del puesto de supervisor de mantenimiento en la empresa de transporte público es asegurar el óptimo funcionamiento y la disponibilidad continua de la flota de vehículos mediante la implementación efectiva de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo. Esto implica diseñar y coordinar actividades específicas para garantizar que los vehículos estén en condiciones seguras y operativas en todo momento. Además, el propósito de este rol es garantizar la eficiencia en los procesos de mantenimiento, maximizando así la vida útil de los vehículos y minimizando los costos asociados con las reparaciones no planificadas.

Las funciones asignadas a este puesto están directamente alineadas con su propósito. Esto incluye la planificación y programación de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, la coordinación del equipo de mantenimiento, la evaluación y selección de proveedores de servicios y repuestos, la implementación de medidas de mejora continua y la supervisión del cumplimiento de los estándares de seguridad y calidad en el trabajo. Cada una de estas funciones contribuye a alcanzar el propósito general del puesto, que es garantizar la disponibilidad y eficiencia operativa de la flota de vehículos de la empresa de transporte público.

## **2.3 Aplicación de la teoría en la práctica del desempeño profesional**

En la práctica profesional se utilizaron las siguientes teorías, herramientas, metodologías y técnicas de ingeniería:

El Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE) se utilizó como una herramienta fundamental para identificar y evaluar posibles modos de falla en los componentes de los vehículos de la flota. Esto implicaba analizar cada componente en detalle, identificar posibles fallas que podrían ocurrir durante su operación normal y evaluar el impacto de estas fallas en



el rendimiento general del vehículo. La finalidad de utilizar el AMFE era anticipar y prevenir posibles problemas, permitiendo así la planificación proactiva de actividades de mantenimiento preventivo para abordar las áreas de mayor riesgo de falla y minimizar el riesgo de tiempos de inactividad no planificados.

La Planificación Basada en la Confiabilidad (RBM) se aplicó para optimizar la programación de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo. Esta metodología se basa en la idea de realizar mantenimiento en función de la condición y el desempeño real de los equipos, en lugar de basarse únicamente en intervalos de tiempo predefinidos. Al utilizar la RBM, se pudo programar el mantenimiento en momentos estratégicos, cuando realmente se necesitaba, lo que permitió maximizar la disponibilidad operativa de los vehículos y minimizar los costos asociados con el mantenimiento innecesario o prematuro.

La metodología 5S se implementó para mantener el orden y la disciplina en el taller de mantenimiento de buses. Esta metodología se centra en cinco principios: clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina. Se aplicó para organizar eficientemente el espacio de trabajo, eliminar el desorden y mejorar la eficiencia en la realización de tareas de mantenimiento. La finalidad de utilizar la metodología 5S era optimizar el entorno de trabajo, reducir los tiempos de búsqueda de herramientas y repuestos, y fomentar una cultura de trabajo ordenado y disciplinado que contribuyera a la eficiencia operativa general del departamento de mantenimiento.

La Gestión de Calidad Total (TQM) se implementó con el objetivo de impulsar mejoras continuas en los procesos de mantenimiento. Esta metodología se centra en la satisfacción del cliente y la mejora continua de los procesos. Se aplicó en el departamento de mantenimiento para garantizar que los servicios ofrecidos cumplieran con los más altos estándares de calidad y satisfacción del cliente. La finalidad de utilizar la TQM era fomentar una cultura organizacional enfocada en la mejora continua, donde cada miembro del equipo estuviera comprometido con la excelencia y la satisfacción del cliente, lo que contribuyó a mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados con las reparaciones y el tiempo de inactividad de los vehículos.

El control estadístico de procesos (SPC) se aplicó para monitorear la calidad del trabajo realizado y tomar medidas correctivas cuando fuera necesario. Esta técnica se basa en el uso de datos estadísticos para controlar y mejorar la calidad de los procesos. Se utilizó en el departamento de mantenimiento para identificar posibles desviaciones en los procesos y tomar medidas preventivas antes de que se conviertan en problemas graves. La finalidad de utilizar el SPC era asegurar la consistencia y la calidad en la ejecución de las actividades de

mantenimiento, lo que contribuyó a mejorar la satisfacción del cliente y a reducir los costos asociados con las fallas y retrabajos.

Las técnicas de liderazgo se aplicaron para fomentar un ambiente de trabajo colaborativo y de alto rendimiento en el departamento de mantenimiento. Como supervisor, se utilizó el liderazgo para motivar y guiar al equipo, promoviendo la participación activa en la toma de decisiones y fomentando una cultura de mejora continua. La finalidad de utilizar estas técnicas era desarrollar un equipo altamente competente y comprometido, capaz de cumplir con las responsabilidades del departamento de manera efectiva y eficiente, lo que contribuyó a mejorar la productividad, la moral del equipo y la calidad del trabajo realizado.

Además, se implementaron técnicas como el liderazgo transformacional, la comunicación efectiva, la delegación de responsabilidades, el feedback constructivo y el desarrollo de habilidades, las cuales se utilizaron de manera integrada para promover una visión compartida de excelencia en el mantenimiento de la flota de vehículos. Facilitaron una comunicación abierta y transparente, asignaron responsabilidades según las habilidades individuales, proporcionaron retroalimentación constructiva y ofrecieron oportunidades de capacitación y desarrollo profesional. Estas estrategias se aplicaron con el objetivo de motivar y guiar al equipo hacia el logro de los objetivos del departamento y la organización en su conjunto.

### **CAPÍTULO III: FUNDAMENTACIÓN DEL TEMA ELEGIDO**

### 3.1 Descripción de la Problemática

A nivel mundial, el transporte público enfrenta desafíos significativos en términos de mantenimiento de flotas debido a la creciente demanda de movilidad urbana y a la complejidad de las infraestructuras viales. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2020), el 23% de los accidentes de tránsito a nivel global involucran a vehículos comerciales, lo que destaca la importancia de mantener adecuadamente estas unidades para garantizar la seguridad vial y la protección de los usuarios y peatones. La falta de mantenimiento preventivo no solo aumenta el riesgo de accidentes, sino que también contribuye a un mayor tiempo de inactividad de los vehículos y a costos operativos más altos para las empresas de transporte público.

En América, la falta de mantenimiento preventivo en el transporte público es una preocupación creciente que afecta la eficiencia y la seguridad de los sistemas de transporte urbano. Un informe de la Asociación Americana de Transporte Público (APTA) (2019), revela que el 42% de las agencias de transporte público en los Estados Unidos tienen problemas con la fiabilidad de sus flotas debido a la falta de mantenimiento adecuado. Este problema no solo impacta negativamente en la calidad del servicio ofrecido a los usuarios, sino que también tiene consecuencias económicas, ya que los costos de reparación de averías imprevistas pueden ser significativos y afectar el presupuesto de las empresas de transporte público.

En el contexto peruano, el mantenimiento preventivo en el transporte público enfrenta desafíos específicos que requieren una atención urgente por parte de las autoridades y las empresas del sector. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) (2020), el 65% de los accidentes de tránsito en el país involucran a vehículos de transporte público, lo que subraya la necesidad urgente de mejorar las prácticas de mantenimiento y promover la implementación de programas de inspección técnica vehicular más rigurosos (MTC, 2020). Además, la falta de mantenimiento preventivo también afecta la calidad del servicio ofrecido a los usuarios, lo que puede disminuir la confianza en el transporte público y llevar a una disminución en el uso de estos servicios.

En el ámbito local la empresa de transporte estudiada se dedica al transporte público de pasajeros. A pesar de que el éxito del negocio requiere una disponibilidad del 100% de los buses, se enfrenta a una cantidad considerable de fallas, lo que resulta en una disponibilidad promedio del 72%. Esta situación impacta negativamente en la rentabilidad de la empresa, ya que las unidades no funcionan de manera óptima y requieren tiempo en talleres para resolver problemas de mantenimiento. La falta de programación de actividades de mantenimiento, personal no calificado y desconocimiento en aspectos financieros, así como el incremento del

parque automotor como factor externo, afectan la rentabilidad al incrementar la competencia. Si no se abordan estas deficiencias, la rentabilidad del negocio se verá afectada negativamente.

Adicionalmente, otras causas contribuyen a las dificultades experimentadas por la empresa de transporte público. En primer lugar, muchos de los choferes carecen de la preparación adecuada para el cuidado de las unidades de transporte. Esto puede manifestarse en prácticas de conducción agresivas o descuidadas, lo que acelera el desgaste de los vehículos y aumenta la frecuencia de las averías mecánicas.

Por otro lado, el mal estado de las pistas de la ciudad de Lima también influye en la frecuencia de las fallas de los buses. Las vías deterioradas pueden causar vibraciones excesivas y daños en la suspensión, los neumáticos y otros componentes del vehículo, lo que contribuye a un mayor desgaste y necesidad de mantenimiento.

Además, la alta demanda de las unidades debido a la densa población y al creciente número de pasajeros también ejerce presión sobre el mantenimiento de los vehículos. La necesidad de operar continuamente para satisfacer la demanda puede limitar el tiempo disponible para el mantenimiento preventivo, lo que aumenta el riesgo de fallos mecánicos inesperados.

Otro factor a considerar es que, al ser unidades de transporte con sistema de gas natural, requieren un cuidado especial y un mantenimiento continuo que tampoco se da adecuadamente. Esto afecta la operatividad de las unidades y contribuye a un mayor número de fallas y tiempo de inactividad.

Estas causas adicionales subrayan la complejidad de los desafíos que enfrenta la empresa de transporte público en la gestión de su flota de transporte público. Resolver estas cuestiones requerirá un enfoque integral que aborde tanto los aspectos operativos como externos que afectan la disponibilidad y rentabilidad de la empresa.

Para mejorar esta situación, es fundamental implementar un sistema de mantenimiento preventivo adaptado a las necesidades urgentes de la empresa de transporte público.

En base a lo descrito se presenta el problema general y específicos.

### **Problema general y específicos**

Problema general

¿Cómo diseñar un plan de mejoras para el mantenimiento preventivo de las unidades de una empresa de transporte público?

Problemas específicos

¿Cómo realizar un diagnóstico del mantenimiento preventivo de las unidades de una empresa de transporte público?

¿Cómo identificar las actividades frecuentes en el mantenimiento preventivo para las unidades de una empresa de transporte público?

¿Cómo evaluar el impacto económico financiero de la propuesta de mejoras para el mantenimiento preventivo para las unidades de una empresa de transporte público?

### **Objetivo general y específicos**

Objetivo general

Implementar un plan de mejoras del mantenimiento preventivo para las unidades de una empresa de transporte público.

Objetivos específicos

Realizar un diagnóstico del plan de mantenimiento de las unidades de una empresa de transporte público.

Identificar las actividades frecuentes en el mantenimiento preventivo para las unidades de una empresa de transporte público.

Evaluar el impacto económico financiero de la propuesta de mejoras para el mantenimiento preventivo para las unidades de una empresa de transporte público.

## **3.2 Teoría sobre la problemática**

### **Mantenimiento**

El mantenimiento se refiere al conjunto de actividades planificadas y sistemáticas destinadas a preservar la condición operativa de un equipo, sistema o infraestructura, garantizando su funcionamiento eficiente y seguro a lo largo del tiempo. Estas actividades pueden incluir inspecciones regulares, reparaciones, ajustes, lubricación, limpieza y reemplazo de componentes, entre otras acciones, con el fin de prevenir fallos, minimizar el desgaste y prolongar la vida útil del activo (García, 2017).

### **Importancia del Mantenimiento**

Según Martínez (2019), el mantenimiento desempeña un papel fundamental en diversos sectores, incluyendo la industria, la construcción, la agricultura, la minería, el transporte, entre otros. Algunas razones que destacan su importancia son:

**Seguridad:** El mantenimiento adecuado de equipos e infraestructuras contribuye a garantizar condiciones seguras de trabajo y operación, reduciendo el riesgo de accidentes y lesiones.

**Fiabilidad:** Un programa de mantenimiento eficiente minimiza las posibilidades de fallos y averías inesperadas, lo que aumenta la fiabilidad y disponibilidad de los activos.

**Eficiencia:** Mantener los equipos en condiciones óptimas de funcionamiento ayuda a maximizar su eficiencia operativa y a reducir los costos asociados a la operación y producción.

**Cumplimiento Normativo:** En muchos casos, el mantenimiento regular es requerido por normativas y regulaciones gubernamentales para garantizar el cumplimiento de estándares de seguridad, salud y medio ambiente.

**Prolongación de la Vida Útil:** La aplicación de prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo contribuye a prolongar la vida útil de los activos, protegiendo así la inversión de la empresa.

### **Ciclo de Vida del Mantenimiento**

Rodriguez (2016) considera que el mantenimiento es un proceso continuo que sigue un ciclo de vida, que incluye las siguientes etapas:

**Planificación:** Se establecen los objetivos del mantenimiento, se definen las estrategias y métodos a utilizar, se asignan los recursos necesarios y se desarrolla un plan detallado para llevar a cabo las actividades de mantenimiento.

**Ejecución:** Se llevan a cabo las actividades de mantenimiento según lo planificado, incluyendo inspecciones, reparaciones, ajustes y reemplazos de componentes.

**Seguimiento:** Se monitorean y registran los resultados de las actividades de mantenimiento, se evalúa el rendimiento de los equipos y se identifican posibles áreas de mejora.

**Optimización:** Se analizan los datos recopilados durante el seguimiento para identificar oportunidades de optimización, se implementan acciones correctivas y se ajustan los planes de mantenimiento según sea necesario.

Este ciclo se repite de manera continua a lo largo de la vida útil del equipo, con el objetivo de garantizar su funcionamiento eficiente y seguro en todo momento.

### **Tipos de Mantenimiento**

De acuerdo con Perez (2018), existen varios tipos de mantenimiento, cada uno con sus características y aplicaciones específicas. Algunos de los más comunes son:

**Mantenimiento Correctivo:** Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo como respuesta a una avería o fallo en el equipo, con el objetivo de restaurar su funcionamiento normal. Puede ser planificado, cuando se programa la reparación después de una inspección rutinaria o no planificado, realizado de forma inmediata tras una avería inesperada. El mantenimiento correctivo planificado se diferencia en que se programa una intervención para abordar una falla conocida o potencial en el equipo, con el propósito de minimizar el tiempo de inactividad al

realizar la reparación en un momento conveniente, como durante un período de baja producción.

**Mantenimiento Preventivo:** Este tipo de mantenimiento implica la realización periódica de inspecciones, ajustes y reemplazos de componentes según un calendario preestablecido. El objetivo principal es prevenir fallos antes de que ocurran y mantener el equipo en condiciones óptimas de funcionamiento. Al llevar a cabo estas actividades de forma regular, se pueden identificar y corregir problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas importantes, lo que contribuye a prolongar la vida útil del equipo y a evitar costosos tiempos de inactividad.

**Mantenimiento Predictivo:** Este enfoque se basa en la monitorización continua de parámetros de funcionamiento clave del equipo, como temperatura, vibración o desgaste. La idea es predecir cuándo ocurrirá una avería y programar el mantenimiento en consecuencia, maximizando así la disponibilidad de los activos y minimizando los costos asociados.

**Mantenimiento Proactivo:** Este tipo de mantenimiento se enfoca en identificar y corregir las causas subyacentes de posibles problemas antes de que estos ocurran. Se utiliza una variedad de técnicas, como el análisis de riesgos, la mejora continua y la optimización de procesos, para prevenir fallos y mejorar la confiabilidad y el rendimiento del equipo.

**Mantenimiento Programado:** Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo de acuerdo con un plan predeterminado, independientemente de si hay o no una falla en el equipo. A diferencia del mantenimiento correctivo, que se realiza después de una avería, el mantenimiento programado se ejecuta en intervalos regulares para prevenir posibles problemas y maximizar la vida útil del equipo. Al realizar inspecciones y mantenimiento de forma sistemática, se pueden identificar y corregir problemas antes de que se conviertan en fallas importantes, lo que contribuye a mantener la fiabilidad y el rendimiento del equipo a lo largo del tiempo.

**Mantenimiento Correctivo Planificado:** Aunque el mantenimiento correctivo a menudo se asocia con reparaciones de emergencia, también puede ser planificado. En este caso, se programa una intervención para abordar una falla conocida o potencial en el equipo. El objetivo es minimizar el tiempo de inactividad al programar la reparación en un momento conveniente, como durante un período de baja producción.

**Mantenimiento Autónomo:** Este enfoque implica capacitar a los operadores y técnicos para realizar tareas de mantenimiento básicas y de rutina, como la lubricación, la limpieza y la inspección visual. Al empoderar al personal de primera línea para que participe en el cuidado de los equipos, se puede mejorar la eficiencia operativa y reducir la dependencia del personal de mantenimiento especializado.



**Mantenimiento Basado en la Condiciones:** Similar al mantenimiento predictivo, este enfoque se centra en monitorear constantemente las condiciones de funcionamiento de los equipos, pero se basa en umbrales predefinidos en lugar de algoritmos predictivos complejos. Cuando se detectan desviaciones en los parámetros de funcionamiento, se activa una acción de mantenimiento para corregir el problema antes de que cause una falla catastrófica.

**Mantenimiento de Fiabilidad Centrada en el Mantenimiento (RCM):** Este enfoque se centra en identificar las funciones críticas de los activos y desarrollar estrategias de mantenimiento específicas para garantizar su disponibilidad y confiabilidad. RCM se basa en el análisis de riesgos y la evaluación de los modos de falla potenciales para determinar las mejores prácticas de mantenimiento para cada activo.

**Tabla 1.** *Resumen de tipos de mantenimiento*

<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Descripción</b>
Mantenimiento Correctivo	Reparación realizada en respuesta a una avería o fallo en el equipo. Puede ser planificado o no planificado.
Mantenimiento Preventivo	Inspecciones, ajustes y reemplazos de componentes realizados periódicamente para prevenir fallos y mantener el equipo en óptimas condiciones.
Mantenimiento Predictivo	Monitorización continua de parámetros clave para predecir y programar el mantenimiento antes de una avería, maximizando la disponibilidad y minimizando costos.
Mantenimiento Proactivo	Identificación y corrección de causas subyacentes de problemas potenciales antes de que ocurran, mediante análisis de riesgos y mejora continua.
Mantenimiento Programado	Mantenimiento realizado según un plan predefinido, independientemente de la presencia de una falla en el equipo.
Mantenimiento Correctivo Planificado	Reparaciones programadas para abordar fallas conocidas o potenciales en el equipo, minimizando el tiempo de inactividad.
Mantenimiento Autónomo	Capacitación del personal de primera línea para realizar tareas básicas de mantenimiento, como lubricación y limpieza.
Mantenimiento Basado en Condiciones	Monitoreo constante de las condiciones de funcionamiento y activación de acciones de mantenimiento cuando se detectan desviaciones.
RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)	Identificación de funciones críticas y desarrollo de estrategias de mantenimiento específicas para garantizar disponibilidad y confiabilidad.

En la tabla 1 se presenta un resumen de los 9 tipos de mantenimiento que existen.

## **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es una estrategia de gestión que busca evitar fallos o degradaciones en los equipos, maquinaria o sistemas mediante la realización de inspecciones, ajustes y reemplazos de componentes de forma programada y regular. Su objetivo principal es prevenir la ocurrencia de averías y maximizar la disponibilidad y fiabilidad de los activos, lo que contribuye a reducir los costos de mantenimiento y mejorar la eficiencia operativa (Martínez, 2018). A continuación, se presentan algunas características clave y prácticas comunes asociadas con el mantenimiento preventivo:

**Programación Regular:** El mantenimiento preventivo se lleva a cabo de acuerdo con un calendario preestablecido, que puede basarse en el tiempo (por ejemplo, cada cierto número de horas de funcionamiento), eventos (como el inicio de un nuevo período de producción) o el desgaste previsible de los equipos (Sanchez, 2019).

**Inspecciones Programadas:** Incluyen la revisión visual, el control de parámetros operativos y la verificación de componentes críticos para detectar signos de desgaste, corrosión o deterioro. Estas inspecciones se realizan periódicamente para identificar posibles problemas antes de que se conviertan en fallos mayores (Gonzales, 2017).

**Reemplazo de Componentes:** Se lleva a cabo el reemplazo de piezas o componentes que tienen una vida útil limitada o que están sujetos a desgaste constante, como filtros, correas, rodamientos, entre otros. Este reemplazo se realiza de manera proactiva para evitar fallos inesperados y mantener el rendimiento óptimo del equipo (Ruiz, 2016).

**Lubricación y Mantenimiento General:** Incluye actividades como la lubricación de partes móviles, la limpieza de equipos y la aplicación de tratamientos anticorrosivos para prolongar la vida útil de los activos y prevenir problemas asociados con la fricción y la corrosión (Lopez, 2020).

**Registro y Seguimiento:** Se mantiene un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento preventivo realizadas, incluyendo fechas, descripción de las tareas realizadas, componentes reemplazados y cualquier anomalía detectada durante las inspecciones. Este registro ayuda a planificar futuras intervenciones y a evaluar la efectividad del programa de mantenimiento (Gomez, 2020).

**Análisis de Datos:** Se utilizan herramientas de análisis de datos, como el análisis de tendencias y la monitorización de parámetros operativos, para identificar patrones de desgaste o degradación en los equipos y tomar decisiones informadas sobre la necesidad de ajustes en el programa de mantenimiento (Sanchez, 2019).

**Tabla 2.** *Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo*

<b>Ventajas del Mantenimiento Preventivo</b>	<b>Desventajas del Mantenimiento Preventivo</b>
- Reduce el riesgo de fallos inesperados	- Costos asociados con la realización de mantenimiento programado
- Prolonga la vida útil de los activos	- Posibilidad de realizar mantenimiento innecesario
- Mejora la fiabilidad y disponibilidad de los equipos	- Riesgo de pasar por alto problemas no detectados durante inspecciones
- Programación flexible basada en el uso y la demanda	- Posible interrupción de la producción durante el mantenimiento

En la tabla 2 se presentan las ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.

Por su parte Ruiz (2016) precisa que los pasos generales para asegurar un buen mantenimiento son los siguientes:

**Identificar los equipos o sistemas a mantener:** Haz un inventario de todos los equipos y sistemas que requieran mantenimiento preventivo. Esto puede incluir maquinaria industrial, equipos informáticos, vehículos, sistemas eléctricos, entre otros.

**Elaborar un plan de mantenimiento:** Crea un plan detallado que especifique los procedimientos, la frecuencia y las responsabilidades para cada tipo de mantenimiento preventivo. Esto puede incluir tareas como inspecciones visuales, lubricación, limpieza, calibración, cambio de filtros, entre otros.

**Establecer una programación:** Define un calendario de mantenimiento preventivo que indique cuándo se realizarán las diferentes tareas de mantenimiento para cada equipo o sistema. La frecuencia de las inspecciones y el mantenimiento dependerá de factores como el tipo de equipo, su uso, las condiciones de operación, entre otros.

**Asignar responsabilidades:** Designa a personas responsables de llevar a cabo las tareas de mantenimiento preventivo. Asegúrate de que estas personas estén capacitadas y tengan los recursos necesarios para realizar las tareas de manera efectiva.

**Revisión y seguimiento:** Supervisa regularmente la ejecución del plan de mantenimiento preventivo para asegurarte de que se están cumpliendo todas las tareas según lo programado. Realiza ajustes en el plan si es necesario en función de la experiencia y los resultados obtenidos.

**Registro y documentación:** Lleva un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento preventivo realizadas, incluyendo fechas, tareas realizadas, problemas encontrados y acciones correctivas tomadas. Esta información será útil para realizar análisis de

tendencias, identificar áreas de mejora y demostrar el cumplimiento de normativas y estándares.

**Análisis de datos y mejora continua:** Utiliza los datos recopilados durante el mantenimiento preventivo para identificar patrones, tendencias y áreas de mejora. Implementa acciones correctivas y ajusta el plan de mantenimiento según sea necesario para optimizar su eficacia.

### **Ciclo de Deming**

El Ciclo de Deming, también conocido como el Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), es un concepto de gestión de la calidad desarrollado por el estadístico y profesor de gestión W. Edwards Deming. Este ciclo se utiliza para mejorar continuamente los procesos y productos en cualquier organización ( Aguayo, 2019).

Según Deming (2010) sus fases son:

#### 1. Planificar (Plan):

- En esta etapa, se establecen los objetivos y procesos necesarios para lograr resultados consistentes y alcanzar las metas establecidas. Aquí se definen:
- **Identificación de Objetivos:** Se establecen claramente los objetivos a alcanzar, ya sea mejorar la calidad, reducir los costos, aumentar la eficiencia, etc.
- **Análisis de Problemas y Oportunidades:** Se identifican los problemas existentes, las oportunidades de mejora y las posibles causas raíz.
- **Desarrollo de Planes de Acción:** Se diseñan los planes detallados para abordar los problemas identificados y alcanzar los objetivos establecidos.

#### 2. Hacer (Do):

Una vez que se ha planificado, se implementan los planes de acción diseñados en la etapa anterior. Esto implica:

- **Ejecución de las Actividades:** Se llevan a cabo las acciones planificadas, incluyendo la implementación de cambios en los procesos, la realización de mejoras y la aplicación de nuevas prácticas.
- **Recopilación de Datos:** Durante esta etapa, se recopilan datos relevantes que permitirán evaluar la efectividad de las acciones realizadas.

#### 3. Verificar (Check):

En esta etapa, se evalúan los resultados obtenidos mediante la comparación de los datos recopilados con los objetivos y metas establecidos en la etapa de planificación. Esto incluye:

- **Análisis de Resultados:** Se analizan los datos recopilados para determinar si se han logrado los objetivos y si se han obtenido mejoras en los procesos.
- **Comparación con Objetivos:** Se compara el desempeño real con los estándares y metas establecidos durante la planificación.
- **Identificación de Desviaciones:** Se identifican las desviaciones o brechas entre el desempeño actual y el esperado, así como las áreas que requieren atención adicional.

#### 4. Actuar (Act):

Basado en los resultados obtenidos en la etapa de verificación, se toman acciones correctivas o preventivas para mejorar continuamente los procesos. Esto implica:

- **Implementación de Mejoras:** Se implementan acciones correctivas para abordar las desviaciones identificadas y mejorar el desempeño de los procesos.
- **Revisión de Planes:** Se revisan y ajustan los planes de acción en función de los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas durante el ciclo.
- **Establecimiento de Nuevos Objetivos:** Se establecen nuevos objetivos y metas basados en las mejoras realizadas, iniciando así un nuevo ciclo de mejora continua.

### **Integración del Ciclo de Deming con la Mejora Continua**

El Ciclo de Deming se integra de manera natural con la filosofía de mejora continua en las organizaciones (Baltazar, 2019).

De acuerdo con Etkin (2014), algunos aspectos adicionales a considerar incluyen:

**Cultura de Mejora Continua:** Se fomenta una cultura organizacional que promueva la participación activa de todos los miembros en la identificación de problemas y la búsqueda de soluciones.

**Feedback y Comunicación:** Se establecen canales de comunicación abiertos y se fomenta el intercambio de información y retroalimentación entre los diferentes niveles de la organización.

**Aplicación en Todos los Niveles:** El Ciclo de Deming puede aplicarse en todos los niveles de la organización, desde la alta dirección hasta los equipos de trabajo en el nivel operativo.

**Uso de Herramientas de Calidad:** Se utilizan herramientas y técnicas de calidad, como diagramas de causa y efecto, diagramas de flujo, gráficos de control, entre otros, para facilitar la implementación y seguimiento del ciclo de mejora continua.

Al integrar el Ciclo de Deming con la filosofía de mejora continua, las organizaciones pueden lograr una mayor eficiencia, calidad y satisfacción del cliente a través de la identificación y corrección proactiva de problemas, y la implementación continua de mejoras en los procesos.

### 3.3 Análisis de la problemática

De acuerdo a la descripción de la realidad planteada en el numeral 3.1 del presente documento, las causas que originan la baja disponibilidad de los buses para el transporte público son los siguientes:

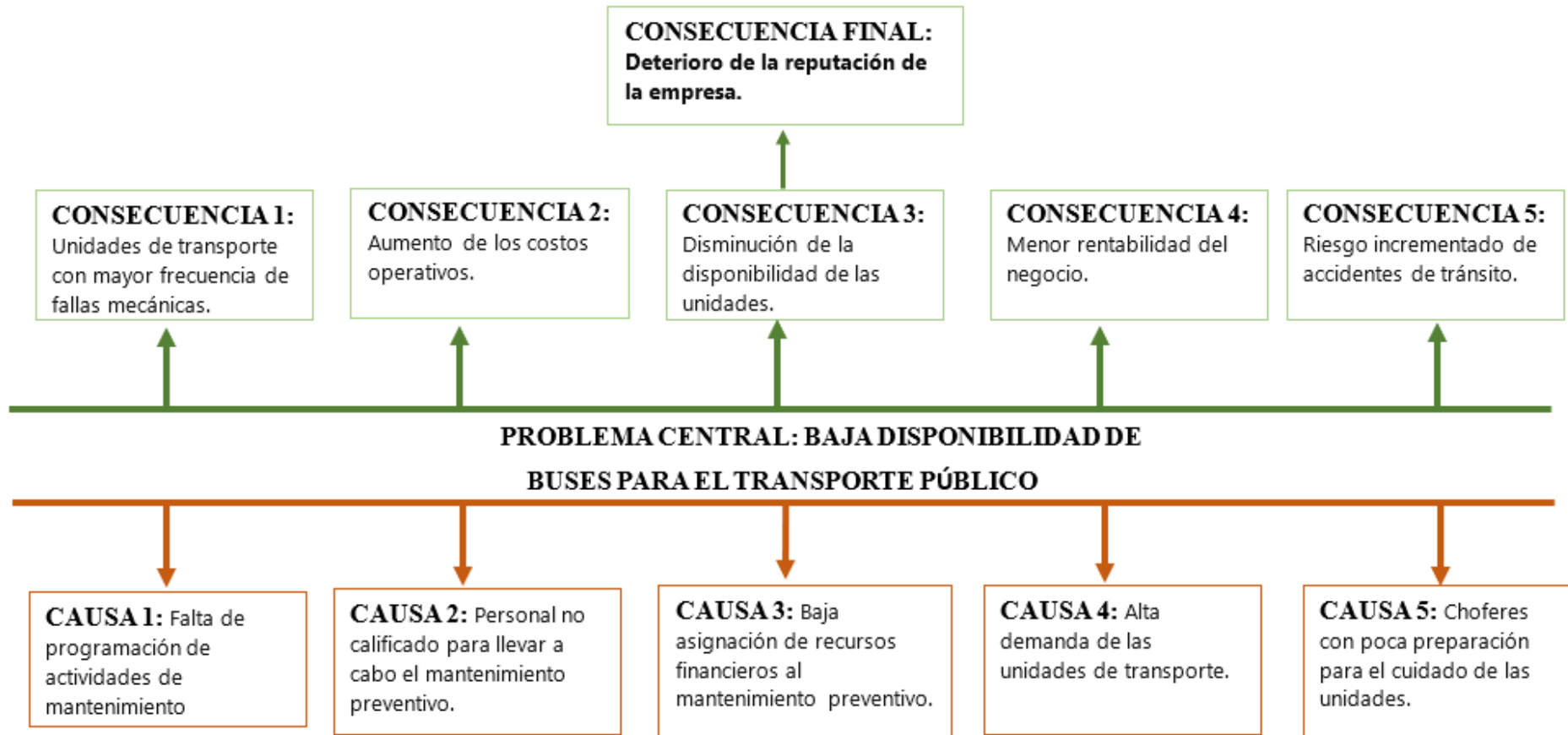
**Tabla 3.** *Causas de la baja disponibilidad de unidades*

Ítems	Causas
C01	Falta de programación de actividades de mantenimiento preventivo
C02	Personal no calificado para realizar el mantenimiento preventivo
C03	Baja asignación de recursos financieros al mantenimiento preventivo
C04	Alta demanda de las unidades de transporte público
C05	Choferes con poca preparación para el cuidado de las unidades

La tabla 3 presenta 5 causas que originan la baja disponibilidad de los buses de transporte público de la empresa investigada.

Con la información proporcionada se confeccionó el árbol del problema que se presenta en la figura 4.

**Figura 4.** *Árbol del problema*



En la Figura 4 se evidencia que el problema central radica en la baja disponibilidad de los buses para el transporte público.

## **Análisis del árbol del problema**

Problema central: Baja disponibilidad de buses para el transporte público

Este problema hace referencia a la situación en la cual la empresa de transporte público enfrenta dificultades para mantener una cantidad adecuada de autobuses disponibles y operativos para satisfacer la demanda de transporte público de la comunidad. La cantidad de autobuses disponibles para prestar el servicio de transporte público es insuficiente en comparación con la demanda o necesidad de transporte de los usuarios. La baja disponibilidad de autobuses tiene un impacto directo en la calidad y la eficacia del servicio de transporte público ofrecido por la empresa. Puede resultar en esperas más largas en las paradas de autobús, frecuencias de servicio reducidas, mayor congestión en los autobuses disponibles y una experiencia general menos satisfactoria para los usuarios. Además del impacto en el servicio de transporte público, la baja disponibilidad de autobuses también puede tener consecuencias negativas adicionales para la empresa, como costos operativos más altos debido a la necesidad de realizar reparaciones urgentes, pérdida de ingresos por la falta de pasajeros transportados y una reputación deteriorada como proveedor confiable de servicios de transporte público.

### Causas

- Falta de programación de actividades de mantenimiento preventivo:  
La ausencia de un programa de mantenimiento preventivo adecuado significa que las actividades de mantenimiento no se realizan de manera sistemática y planificada. Esto puede llevar a que se pasen por alto las inspecciones regulares, la lubricación, la limpieza y otras tareas preventivas que son esenciales para mantener la salud y el rendimiento óptimo de los autobuses. Sin un programa de mantenimiento adecuado, es más probable que los problemas mecánicos se agraven con el tiempo, lo que resulta en una mayor frecuencia de fallas y tiempos de inactividad.
- Personal no calificado para llevar a cabo el mantenimiento preventivo:  
La falta de capacitación y experiencia del personal encargado del mantenimiento preventivo puede resultar en la realización inadecuada o incompleta de las tareas de mantenimiento. Un personal no calificado puede no ser capaz de identificar correctamente los problemas potenciales o realizar las reparaciones necesarias de manera efectiva. Esto puede conducir a un mantenimiento deficiente, un diagnóstico incorrecto de problemas y una menor confiabilidad de los autobuses.



- **Baja asignación de recursos financieros al mantenimiento preventivo:**  
Cuando una empresa no asigna suficientes recursos financieros para el mantenimiento preventivo, puede resultar en una falta de fondos para adquirir herramientas y equipos adecuados, contratar personal calificado, comprar piezas de repuesto de calidad y llevar a cabo las actividades de mantenimiento necesarias. La falta de inversión en mantenimiento preventivo puede llevar a un ciclo de reparaciones costosas, tiempos de inactividad prolongados y una menor vida útil de los vehículos.
- **Alta demanda de las unidades de transporte:**  
Una alta demanda de los servicios de transporte público puede ejercer una presión adicional sobre los autobuses, sometiéndolos a un mayor desgaste y aumentando la probabilidad de fallas mecánicas. Los autobuses que operan constantemente en rutas congestionadas y de alta demanda pueden experimentar un mayor estrés en sus componentes, lo que puede acelerar el desgaste y la degradación de los sistemas mecánicos.
- **Choferes con poca preparación para el cuidado de las unidades:**  
Los conductores de autobuses desempeñan un papel crucial en el cuidado y mantenimiento de los vehículos durante su operación diaria. Si los conductores no están adecuadamente capacitados para reconocer y reportar problemas mecánicos, o si no siguen prácticas de conducción seguras que prolonguen la vida útil de los autobuses, puede contribuir a un mayor desgaste y deterioro de los vehículos. Además, la falta de capacitación sobre cómo operar los autobuses de manera eficiente y conservadora en términos de combustible puede aumentar los costos operativos y el desgaste del vehículo.

#### Consecuencias

- **Unidades de transporte con mayor frecuencia de fallas mecánicas:**  
Esta consecuencia implica que los autobuses experimentan problemas mecánicos con mayor frecuencia debido a la falta de mantenimiento preventivo adecuado. Las fallas mecánicas pueden incluir problemas con el motor, la transmisión, el sistema de frenos, la suspensión, entre otros. Estas fallas pueden resultar en la interrupción del servicio, retrasos en las rutas programadas y una experiencia insatisfactoria para los pasajeros.

- Aumento de los costos operativos debido a reparaciones imprevistas y tiempos de inactividad:

Cuando los autobuses sufren fallas mecánicas con mayor frecuencia, la empresa se enfrenta a costos adicionales asociados con las reparaciones imprevistas y los tiempos de inactividad de los vehículos. Esto incluye el costo de las piezas de repuesto, la mano de obra de los técnicos, el tiempo perdido en la reparación de los autobuses, así como los costos indirectos relacionados con la pérdida de ingresos debido a la falta de disponibilidad de los vehículos.

- Disminución de la disponibilidad de las unidades para el servicio de transporte público:

La baja disponibilidad de los autobuses para el servicio de transporte público significa que hay menos vehículos disponibles para operar las rutas programadas. Esto puede resultar en una reducción de la frecuencia de los servicios, una mayor congestión en los autobuses restantes, una disminución de la calidad del servicio percibida por los usuarios y una posible pérdida de pasajeros.

- Menor rentabilidad del negocio:

El aumento de los costos operativos, combinado con una posible disminución en los ingresos debido a la menor disponibilidad de autobuses y la pérdida de pasajeros, puede afectar negativamente la rentabilidad del negocio de transporte público. Una rentabilidad reducida puede dificultar la capacidad de la empresa para reinvertir en mejoras, expandir servicios o mantener estándares de calidad adecuados.

- Riesgo incrementado de accidentes de tránsito:

La falta de mantenimiento preventivo adecuado puede aumentar el riesgo de accidentes de tránsito debido a fallas mecánicas repentinas o problemas operativos. Los autobuses con fallas en los sistemas de frenos, dirección, suspensión u otros componentes mecánicos son más propensos a estar involucrados en accidentes que pueden poner en peligro la seguridad de los pasajeros, conductores y peatones, así como dañar la reputación de la empresa.

## Consecuencia final

### Deterioro de la reputación de la empresa

Cuando una empresa de transporte público experimenta una baja disponibilidad de autobuses debido a fallas mecánicas frecuentes, costos operativos crecientes y una disminución de la calidad del servicio, su reputación puede verse afectada negativamente. Los usuarios pueden volverse descontentos con el servicio debido a retrasos, cancelaciones de rutas y una experiencia general insatisfactoria. Esto puede llevar a una percepción negativa de la empresa por parte de los usuarios actuales y potenciales, así como una pérdida de confianza en su capacidad para proporcionar un servicio confiable y seguro.

Una reputación deteriorada puede resultar en una pérdida de clientes, ya que los usuarios pueden optar por utilizar otros medios de transporte o competidores que ofrezcan un servicio más confiable y de mejor calidad. Esto puede conducir a una disminución de los ingresos por concepto de tarifas de transporte, lo que afecta directamente la rentabilidad y la sostenibilidad financiera de la empresa en el mediano y largo plazo.

Una reputación negativa puede hacer que la empresa sea menos competitiva en el mercado de transporte público. Los competidores podrían aprovechar la oportunidad para atraer a los clientes insatisfechos ofreciendo servicios de mejor calidad y confiabilidad. Como resultado, la empresa podría experimentar una pérdida de participación en el mercado y enfrentarse a mayores desafíos para mantener su base de clientes existente y atraer nuevos usuarios.

El deterioro de la reputación puede dañar la imagen de marca de la empresa y socavar su credibilidad en el mercado. Esto puede afectar las relaciones públicas de la empresa y su capacidad para atraer inversionistas, socios comerciales y colaboradores clave en el futuro. Además, una mala reputación puede tener repercusiones legales y regulatorias, así como generar una mayor atención por parte de los medios de comunicación y los reguladores gubernamentales.

Por otro lado, restaurar la reputación dañada de la empresa requerirá inversiones significativas en estrategias de marketing, mejoras operativas, programas de calidad del servicio y esfuerzos de relaciones públicas. Estas inversiones pueden aumentar los costos operativos y financieros de la empresa en el corto plazo, así como requerir un compromiso a largo plazo para reconstruir la confianza y lealtad de los clientes.

### **Priorización de causas**

La priorización de causas por juicio experto es un enfoque comúnmente utilizado para determinar el orden de importancia de las causas identificadas en un problema. En este caso, se solicitó la opinión de tres expertos de la empresa de transporte público para evaluar y clasificar las causas en función de su experiencia laboral y conocimientos específicos sobre el funcionamiento interno de la empresa. Aquí se describe el proceso y la importancia de este enfoque:

**Selección de expertos:** Se seleccionaron cuatro expertos de la empresa de transporte público con experiencia relevante en áreas como mantenimiento de vehículos, gestión de recursos humanos, finanzas u operaciones de transporte. Los expertos seleccionados tienen un conocimiento profundo de las operaciones de la empresa y están familiarizados con los problemas relacionados con la disponibilidad de autobuses para el transporte público.

**Evaluación de causas:** Se proporcionó a los expertos la lista de las causas identificadas, junto con información relevante sobre cada una de ellas, como su descripción y posibles efectos en el problema central. Los expertos evaluaron cada causa en función de su percepción sobre la importancia relativa de cada una en relación con la baja disponibilidad de autobuses.

**Clasificación de causas:** Los expertos clasificaron las causas en función de su experiencia y conocimiento, asignando una puntuación numérica a cada una.

**Consolidación de resultados:** Una vez que los expertos completaron sus evaluaciones individuales, se consolidaron los resultados para determinar el orden de importancia de las causas. Esto se realizó mediante un promedio de las puntuaciones asignadas por cada experto o a través de un proceso de discusión y consenso para llegar a una clasificación final.

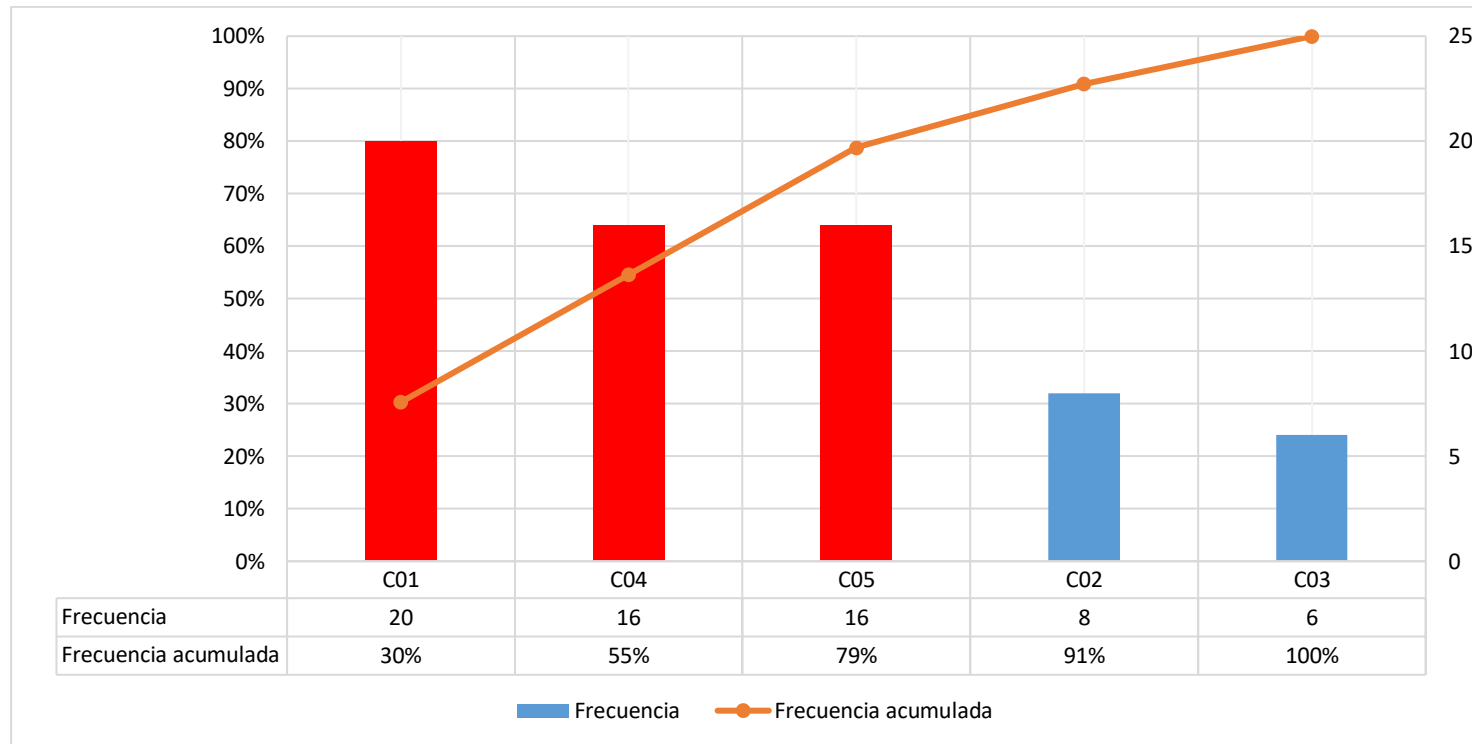
**Identificación de las causas prioritarias:** Con base en los resultados de la evaluación por juicio experto, se identificaron las causas que fueron consideradas como las más importantes o críticas para abordar en primera instancia. Estas causas prioritarias son aquellas que tienen un mayor impacto en la baja disponibilidad de autobuses y, por lo tanto, deben recibir una atención prioritaria en los esfuerzos de mejora.

**Tabla 4.** *Priorización de causas*

<b>Causas</b>	<b>Gerente de mmto.</b>	<b>Jefe de taller</b>	<b>Supervisor</b>	<b>Mecánico</b>	<b>Sumatoria</b>	<b>Porc. Frec.</b>	<b>Porc. Acum.</b>
Falta de programación de actividades de mantenimiento preventivo	5	5	5	5	20	30%	30%
Alta demanda de las unidades de transporte público	5	3	5	3	16	24%	55%
Choferes con poca preparación para el cuidado de las unidades	5	3	5	3	16	24%	79%
Personal no calificado para realizar el mantenimiento preventivo	3	3	1	1	8	12%	91%
Baja asignación de recursos financieros al mantenimiento preventivo	1	1	1	3	6	9%	100%

En la tabla 4 se presenta las 5 causas debidamente priorizadas. Se aprecia que se convocó a 4 expertos del área de mantenimiento de la empresa.

**Figura 5. Diagrama de Pareto**



En la figura 5 se presentan las causas priorizadas según el diagrama de Pareto. Se observa que las causas C1, C04 y C05 concentran el 80% de la responsabilidad en la baja disponibilidad de unidades de transporte público. Este hallazgo confirma que la causa principal es la deficiente programación de actividades de mantenimiento, lo que justifica la propuesta de diseñar un plan de mejoras para el mantenimiento preventivo de las unidades.

**CAPÍTULO IV: PRINCIPALES CONTRIBUCIONES**

#### 4.1 Descripción de alternativas de solución

Se evaluaron tres alternativas de solución que a continuación se detallan:

Mantenimiento Programado:

El mantenimiento programado implica realizar tareas de mantenimiento en intervalos regulares y preestablecidos, independientemente del estado de las unidades de transporte.

Características:

- Las actividades de mantenimiento se planifican con anticipación según un calendario establecido.
- Se realizan inspecciones y servicios periódicos, como cambios de aceite, ajustes de piezas, entre otros, incluso si la unidad no presenta fallas aparentes.
- Su enfoque principal es prevenir posibles averías y maximizar la vida útil de los vehículos.

Ventajas:

- Permite anticiparse a posibles problemas y evitar averías graves.
- Contribuye a mantener un nivel constante de rendimiento y seguridad en las unidades.
- Ayuda a prevenir paradas no programadas que puedan afectar la operatividad del servicio.

Desventajas:

- Puede generar costos adicionales al realizar mantenimiento incluso cuando las unidades no lo necesitan.
- Exige una planificación precisa y recursos para cumplir con el programa de mantenimiento.

Mantenimiento Correctivo:

El mantenimiento correctivo consiste en reparar las unidades de transporte solo cuando presentan fallas o averías.

Características:

- Las intervenciones de mantenimiento se realizan como respuesta directa a problemas identificados en las unidades durante su operación.
- Se concentra en corregir las averías existentes para devolver la unidad a un estado operativo.
- No se realizan actividades de mantenimiento preventivo de manera regular.

Ventajas:



- Minimiza los costos de mantenimiento al evitar intervenciones innecesarias en las unidades.
- Se focaliza en resolver los problemas específicos que surgen, lo que puede reducir el tiempo de inactividad de las unidades.
- No requiere una planificación previa, ya que las acciones se toman en función de las necesidades inmediatas.

#### Desventajas:

- Puede resultar en una mayor frecuencia de averías y paradas no programadas, lo que afecta la continuidad del servicio.
- Incrementa el riesgo de daños graves en las unidades si no se detectan y reparan a tiempo.

#### Mantenimiento Preventivo:

El mantenimiento preventivo implica realizar inspecciones y tareas de mantenimiento en las unidades según un plan establecido para evitar la aparición de posibles fallos.

#### Características:

- Se realizan inspecciones y servicios programados de forma regular para identificar y corregir posibles problemas antes de que se conviertan en fallas mayores.
- Combina elementos del mantenimiento programado y correctivo al anticiparse a posibles averías, pero también al corregir pequeñas deficiencias antes de que se conviertan en problemas mayores.
- Las acciones preventivas pueden incluir cambios de componentes, ajustes, limpieza, entre otros.

#### Ventajas:

- Contribuye a reducir la probabilidad de averías graves y paradas no programadas al abordar problemas potenciales de manera proactiva.
- Puede aumentar la vida útil de las unidades al mantenerlas en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Permite una mejor planificación y control de los costos de mantenimiento a largo plazo.

#### Desventajas:

- Requiere una inversión inicial significativa en tiempo y recursos para desarrollar y ejecutar un plan de mantenimiento preventivo efectivo.

- Puede generar costos adicionales al realizar mantenimiento preventivo en unidades que podrían no necesitarlo inmediatamente.
- Si no se ejecuta correctamente, podría no ser tan efectivo como se espera en la prevención de averías.

#### 4.2 Evaluación de alternativas de solución

El primer paso para evaluar las alternativas de solución fue la confección de una tabla comparativa donde se resumieron las ventajas y desventajas de cada alternativa.

**Tabla 5.** *Comparativo de alternativas de solución*

Aspecto	Mantenimiento Programado	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Preventivo
<b>Definición</b>	Realización de tareas de mantenimiento en intervalos regulares preestablecidos.	Reparación de unidades solo en respuesta a fallas o averías.	Realización de inspecciones y tareas de mantenimiento según un plan establecido para prevenir fallas.
<b>Características</b>	Planificación anticipada según un calendario establecido. Inspecciones y servicios periódicos incluso sin fallas aparentes. Enfoque en prevenir averías y maximizar la vida útil de las unidades.	Intervenciones realizadas en respuesta a problemas identificados durante la operación. No se realizan actividades de mantenimiento preventivo regularmente.	Inspecciones y servicios programados regularmente para identificar y corregir posibles problemas antes de que se conviertan en fallas mayores. Combina elementos del mantenimiento programado y correctivo.
<b>Ventajas</b>	- Anticipación a problemas para evitar averías graves. - Mantenimiento de rendimiento y seguridad constante. - Prevención de paradas no programadas.	- Minimización de costos al evitar intervenciones innecesarias. - Focalización en resolver problemas específicos. - No requiere planificación previa.	- Reducción de probabilidad de averías graves y paradas no programadas. - Aumento de vida útil de las unidades. - Mejor planificación y control de costos a largo plazo.
<b>Desventajas</b>	- Posibles costos adicionales por mantenimiento innecesario. - Exige planificación y recursos.	- Mayor frecuencia de averías y paradas no programadas. - Incremento del riesgo de daños graves si no se detectan a tiempo.	- Requiere inversión inicial significativa. - Posibles costos adicionales por mantenimiento preventivo innecesario. - Efectividad dependiente de ejecución correcta.

Luego se aplicaron 3 criterios de evaluación y se sometieron las 3 alternativas a evaluación. El resultado se presenta en la siguiente tabla 6.

**Tabla 6.** *Evaluación de alternativas de solución*

IT	Tipo de Mantenimiento	Criterio de evaluación									Puntaje final
		Facilidad de aplicación			Costo de implementación			Experiencia del personal			
		1 = Difícil	2 = Medio	3 = Fácil	1= Alto	2 = Medio	3 = Bajo	1 = Poca	2 = Media	3= Alta	
1	Preventivo			3		2				3	8
2	Programado		2			2			2		6
3	Correctivo	1			1				2		4

La tabla 6 muestra la evaluación de tres tipos de mantenimiento: Preventivo, Programado y Correctivo, utilizando tres criterios de evaluación: Facilidad de aplicación, Costo de implementación y Experiencia del personal. Cada criterio se califica del 1 al 3, donde 1 representa una calificación baja y 3 una calificación alta.

Para el Mantenimiento Preventivo, se le asigna una calificación de 3 en Facilidad de aplicación, lo que indica que es relativamente fácil de implementar. Además, obtiene una calificación de 2 en Costo de implementación y una calificación de 3 en Experiencia del personal, lo que sugiere que el personal está bien preparado para llevar a cabo este tipo de mantenimiento. Sumando estos puntajes, el Mantenimiento Preventivo tiene un puntaje final de 8, el más alto entre las alternativas evaluadas.

El Mantenimiento Programado, por otro lado, recibe una calificación de 2 en todos los criterios de evaluación. Esto sugiere que es una opción intermedia en términos de facilidad de aplicación, costo de implementación y experiencia del personal. Su puntaje final es de 6, lo que lo coloca en segundo lugar en comparación con el Mantenimiento Preventivo.

Finalmente, el Mantenimiento Correctivo obtiene las calificaciones más bajas en Facilidad de aplicación y Costo de implementación, con una calificación de 1 en ambos criterios. Sin embargo, recibe una calificación ligeramente más alta de 2 en Experiencia del personal. Esto sugiere que el personal puede tener una experiencia media para abordar problemas correctivos. Con un puntaje final de 4, el Mantenimiento Correctivo es la opción menos preferida entre las tres alternativas evaluadas.

En consecuencia, el cuadro ofrece una evaluación comparativa de los tres tipos de mantenimiento en función de varios criterios, y el Mantenimiento Preventivo se destaca como la opción más favorable debido a su facilidad de aplicación, costos relativamente bajos y la experiencia del personal en su implementación.

### **4.3 Implementación de alternativa seleccionada – actividades y procedimientos**

De acuerdo a la evaluación de las alternativas de solución se determinó que la mejor alternativa era implementar un plan de mantenimiento preventivo para las unidades de transporte público de la empresa en estudio.

Para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo, se adoptó la metodología PHVA, también conocida como el ciclo de Deming, reconocida por su enfoque sistemático y cíclico para la mejora continua de los procesos. En la primera fase, enfocada en la planificación, se evaluó el rendimiento de las unidades de transporte, así como sus paradas por desperfectos. Se creó un manual de organización y funciones. Este documento sirvió como un compendio detallado que describe la estructura organizativa adoptada, las responsabilidades del personal y los procedimientos a seguir. Esencialmente, este manual actúa como una guía fundamental para orientar las actividades dentro del ámbito del mantenimiento preventivo.

En la segunda fase, que corresponde al aspecto operativo, se estableció políticas específicas relacionadas con las operaciones de mantenimiento y logística. Esto incluirá la definición de procedimientos estándar de trabajo, protocolos de seguridad y manejo de materiales, así como la asignación de recursos necesarios para la ejecución eficiente del plan de mantenimiento. Esta etapa es crucial para garantizar que todas las operaciones se lleven a cabo de manera coordinada y eficaz.

La tercera fase del ciclo PHVA implica la implementación y verificación del cumplimiento del mantenimiento por sistemas. En esta etapa, se puso en práctica los procedimientos y protocolos establecidos, y se llevó a cabo un seguimiento continuo para evaluar su eficacia y realizar ajustes según sea necesario. La utilización de sistemas de monitoreo y control permite una gestión más eficiente y proactiva del mantenimiento preventivo.

Finalmente, en la cuarta fase, que es la etapa de actuación, se llevó a cabo la documentación detallada del plan de mantenimiento. Esto incluyó la creación de órdenes de trabajo detalladas y fichas de registro para registrar todas las actividades realizadas, los resultados obtenidos y cualquier observación relevante. Esta documentación proporciona un historial completo y transparente de las acciones tomadas, facilitando la evaluación de la

efectividad del plan y brindando información útil para futuras mejoras y ajustes. En conjunto, estas cuatro fases del ciclo PHVA garantizan un enfoque integral y sistemático para el desarrollo e implementación del plan de mantenimiento preventivo. Además se verificó la eficacia del mantenimiento preventivo evaluando los resultados obtenidos.

**Figura 6.** *Diseño del plan de mantenimiento preventivo*



La figura 6 muestra la secuencia del plan de desarrollo del plan del mantenimiento preventivo.

### **Fase planificación**

#### **Diagnóstico del mantenimiento actual**

La primera medida adoptada consistió en recopilar información detallada sobre el parque vehicular, abarcando aspectos como la cantidad de unidades, la documentación asociada a cada vehículo, los permisos de circulación, los seguros obligatorios (SOAT), la presencia de dispositivos de posicionamiento satelital (GPS) y el estado de mantenimiento de cada autobús. Este levantamiento de datos proporcionó una visión completa y precisa de la situación actual de la flota vehicular, lo que permitió identificar posibles áreas de mejora y establecer prioridades para futuras acciones y decisiones.

**Tabla 7.** *Resumen de información de unidades de transporte*

<b>Descripción</b>	<b>VIGENTE</b>	<b>NO VIGENTE</b>
<b>Total de unidades</b>	235	
Placa	235	0
Marca	235	0
Modelo	235	0
Año	235	0
Tarjeta de circulación	235	0
SOAT	230	5
<b>Mantenimiento</b>	<b>150</b>	<b>85</b>
GPS	235	0
Póliza	230	5
Unidades operativas	210	25

La tabla 7 muestra la situación del registro y vigencia de diversos documentos y mantenimientos relacionados con las unidades operativas de la empresa. Se observa que la mayoría de los documentos están vigentes para todas las unidades, como la placa, descripción, marca, modelo, año y GPS, lo que indica un buen cumplimiento en ese aspecto.

Sin embargo, llama la atención que el mantenimiento no se haya realizado a 85 unidades que están operando, lo que podría indicar una falta de seguimiento o actualización en los mantenimientos de las unidades operativas. Esto podría afectar la seguridad y eficiencia de la flota vehicular.

En cuanto al SOAT y la póliza de seguro, aunque la mayoría de los registros están vigentes, hay algunos casos (5 en ambos casos) en los que no lo están. Esto podría representar un riesgo legal y financiero para la empresa en caso de algún incidente, accidente o robo de la unidad.

Por otro lado, GPS está completamente vigentes para todas las unidades, lo que sugiere una buena gestión en estos aspectos.

Se ha podido comprobar que existen averías recurrentes en las unidades, principalmente las que no cuentan con mantenimiento al día. A continuación, en la tabla 8 se presentan las mencionadas averías y sus costos por cada vez que se ejecuta.

**Tabla 8.** *Costos de reparación*

Costos recurrentes en reparar unidades	
Cambio de fajas de motor	S/ 180.00
Parches de llantas	S/ 60.00
Auxilio Mecánico	S/ 150.00
Refrigerantes	S/ 120.00
Filtros	S/ 227.00
Inspección de las Válvulas de freno	S/ 380.00
Suministros diversos	S/ 200.00

La Tabla 8 revela la presencia de seis tipos de fallas recurrentes en las unidades de transporte, destacando la posibilidad de evitar estas situaciones mediante un mantenimiento preventivo adecuado. Además, se proporciona el costo promedio asociado a cada tipo de reparación y suministro necesario.

Tras completar el inventario de las 235 unidades de transporte, se procedió a evaluar económicamente las reparaciones no realizadas dentro del tiempo previsto, es decir el costo total del mantenimiento fuera de tiempo en el año 2020.

**Tabla 9.** *Costo total de mantenimiento no atendido a tiempo año 2020*

AÑO 2020	Solicitudes de mantenimiento	Solicitudes atendidas a tiempo	Solicitudes NO atendidas a tiempo	Costo promedio de solicitud NO atendida a tiempo	Costo total de solicitudes NO atendidas a tiempo
<b>Enero</b>	15	5	10	550	S/ 5,500.00
<b>Febrero</b>	15	7	8	550	S/ 4,400.00
<b>Marzo</b>	16	7	9	550	S/ 4,950.00
<b>Abril</b>	16	5	11	550	S/ 6,050.00
<b>Mayo</b>	16	6	10	550	S/ 5,500.00
<b>Junio</b>	15	6	9	550	S/ 4,950.00
<b>Julio</b>	16	6	10	550	S/ 5,500.00
<b>Agosto</b>	17	7	10	550	S/ 5,500.00
<b>Setiembre</b>	17	7	10	550	S/ 5,500.00
<b>Octubre</b>	16	7	9	550	S/ 4,950.00
<b>Noviembre</b>	15	6	9	550	S/ 4,950.00
<b>Diciembre</b>	16	6	10	550	S/ 5,500.00
					<b>S/ 63,250.00</b>

La tabla 9 proporciona un desglose detallado del costo total del mantenimiento no atendido a tiempo durante el año 2020, distribuido mensualmente. Los datos muestran el número de solicitudes de mantenimiento recibidas, la cantidad atendida dentro del plazo establecido y aquellas que no lo fueron, junto con el costo asociado a una solicitud no atendida a tiempo. A lo largo del año, se observa una consistente cantidad de solicitudes no atendidas a tiempo, con costos mensuales que oscilan entre S/ 4,400.00 y S/ 6,050.00. Esto refleja un costo total acumulado de S/ 63,250.00 al finalizar el año, evidenciando el impacto económico significativo de no abordar las solicitudes de mantenimiento de manera oportuna, lo que puede afectar la eficiencia operativa y generar mayores gastos en las reparaciones de las unidades de transporte público.

#### **Desarrollo del manual de organización y funciones (MOF)**

El MOF es esencialmente un compendio detallado que delinea las funciones, deberes y procesos que la gerencia de mantenimiento debe seguir en el desempeño de sus labores diarias. Además de definir claramente los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo, el MOF también proporciona una estructura organizativa clara, que ayuda a optimizar la coordinación y la comunicación dentro del departamento.

Este documento no solo sirve como una herramienta de orientación para el personal de la gerencia de mantenimiento, sino que también establece estándares de desempeño y protocolos de operación consistentes. Al seguir el MOF, se garantiza una gestión coherente y eficaz de todas las actividades relacionadas con el mantenimiento, lo que a su vez contribuye a la eficiencia operativa y al logro de los objetivos estratégicos de la empresa. En la tabla 10 se presenta el MOF diseñado.



**Tabla 10. Organización y funciones de cada área**

AREA	CARGO	FUNCIONES
<b>Gerencia</b>	Gerente General	Encargado de planificar, organizar, dirigir y controlar todas las actividades de la empresa. También emite instrucciones a los responsables de los mantenimientos de los vehículos.
<b>Mantenimiento</b>	Jefatura de área	Responsable de elaborar el programa de mantenimiento preventivo y el cronograma de actividades, junto con su correspondiente presupuesto. Además, presenta informes detallados con todas las incidencias encontradas, con el fin de almacenarlos en una base de datos para consultas futuras y evitar costos adicionales.
<b>Mantenimiento</b>	Supervisor de área	Encargado de revisar las solicitudes de requerimientos emitidas por los técnicos de mantenimiento. Asimismo, verifica el cumplimiento de los procedimientos establecidos según las fichas técnicas.
<b>Mantenimiento</b>	Mecánicos	Responsables de elaborar las solicitudes de requerimientos de repuestos, en función de las reparaciones mecánicas realizadas a diario. Informan al supervisor de mantenimiento sobre los avances en las reparaciones y mantenimientos realizados.
<b>Abastecimientos</b>	Jefatura de abastecimientos	Encargado de realizar las compras según los requerimientos recepcionados del supervisor de mantenimiento. Además, lleva a cabo el inventario de existencias de diversos artículos para mantenimiento y ordena y almacena los suministros según su importancia.

En la tabla 10 se presenta el área, cargo y funciones que se deben desarrollar. Ha quedado delimitado claramente las responsabilidades de cada uno de los actores en el plan de

mantenimiento preventivo. Con esta información, se establece de manera inequívoca quién es responsable de qué tarea, asegurando así una gestión eficiente y efectiva del mantenimiento preventivo de los vehículos. Esta delimitación de funciones es esencial para garantizar que cada etapa del proceso se lleve a cabo de manera adecuada y oportuna, lo que a su vez contribuye a maximizar la durabilidad y el rendimiento óptimo de los activos de la empresa.

#### Definición de las tareas de mantenimiento preventivo

A continuación, se definieron las tareas a realizarse para cada las unidades como parte del mantenimiento preventivo.

**Tabla 11.** *Actividades y frecuencia del mantenimiento preventivo*

<b>Inspección Diaria</b>	<b>Mantenimiento Mensual</b>	<b>Mantenimiento Trimestral</b>	<b>Mantenimiento Semestral</b>	<b>Mantenimiento Anual</b>	<b>Registro y Seguimiento</b>	<b>Revisión y Actualización</b>
- Verificación de niveles de fluidos (aceite, refrigerante, líquido de frenos).	- Cambio de aceite y filtro.	- Balanceo y alineación de neumáticos.	- Cambio de líquido de frenos.	- Revisión completa del sistema de frenos.	- Registro de todas las actividades en un sistema de gestión de mantenimiento, incluyendo fechas, kilometraje y detalles de acciones realizadas.	- Revisión periódica para garantizar efectividad y adaptación a condiciones operativas y requerimientos específicos.
- Revisión de luces y señales de advertencia.	- Revisión y ajuste de frenos.	- Revisión de sistema de enfriamiento.	- Inspección y limpieza de filtros de aire y habitáculo.	- Inspección detallada del chasis y carrocería.	- Asignación de un responsable de mantenimiento para supervisar y documentar todas las actividades.	
- Control de neumáticos (presión, desgaste).	- Verificación de sistema de suspensión y dirección.	- Comprobación de sistema de combustible.	- Revisión de sistema de transmisión.	- Prueba y calibración de sistemas de seguridad (cinturones, airbags).		
- Comprobación de frenos.	- Inspección de sistema de escape.	- Inspección de correas y mangueras.	- Inspección de sistema de dirección.	- Inspección del sistema de combustible.		
- Inspección visual de daños o anomalías externas.	- Revisión de sistema eléctrico y luces.	- Verificación de sistema de aire acondicionado (si aplica).				
- Lubricación de partes móviles						

La Tabla 11 muestra el conjunto de tareas que deben llevarse a cabo junto con su respectivo período de ejecución. Además, se detalla el método para registrar y dar seguimiento a cada mantenimiento, así como el procedimiento para inspeccionar los trabajos y realizar las actualizaciones correspondientes.



## Desarrollo de la Documentación de Trabajo

Este proceso implica la implementación de procedimientos detallados para llevar a cabo todas las actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo. Esto incluye la creación y utilización de una variedad de formatos, como órdenes de trabajo, reportes diarios de mantenimiento, y reportes de inspección, entre otros. La documentación generada contendrá información exhaustiva sobre las reparaciones necesarias, así como las especificaciones técnicas relevantes. Además, estos documentos servirán como registros precisos y detallados de todas las acciones llevadas a cabo en el proceso de mantenimiento, proporcionando una guía clara para el personal encargado de ejecutar dichas tareas.

### Orden de Trabajo

La orden de trabajo es un documento fundamental emitido para registrar la ejecución del mantenimiento, y su completitud es crucial, requiriendo que se detallen todos los aspectos relevantes. Es esencial comenzar las labores de mantenimiento preventivo haciendo uso de esta orden, que debe incluir la clasificación de la prioridad de la tarea, ya sea como muy alta, alta, media o baja, dependiendo de la urgencia y la naturaleza de la necesidad.

**Tabla 12.** Orden de Trabajo

Ficha de orden de trabajo			
Nro. de registro			
Solicitado por:		Entrega deseada:	
Fecha:		Hora:	
Placa del vehículo:		Km recorrido	
Tipo de mantenimiento	Preventivo urgente	Preventivo programado	Preventivo
Prioridad	Muy alta	Alta	Media/baja
Nombre de Técnico		Nombre de Conductor	

En la tabla 12 se presenta un modelo sugerido de orden de trabajo para garantizar una gestión eficaz y sistemática de las actividades de mantenimiento.

### Registro de Vehículos

La ficha de registro de vehículos es un documento crucial que recoge un inventario técnico exhaustivo de cada unidad vehicular. A diferencia de la orden de trabajo, la ficha de

registro se centra principalmente en detalles técnicos, proporcionando una visión más precisa de la condición y especificaciones de cada vehículo.

**Tabla 13.** Registro de vehículos

Ficha de registro de vehículos				
Nro. de registro				
Marca del vehículo		Serie del vehículo		
Modelo del vehículo		Versión		
Año de fabricación		Color		
Motor:		Estado actual del vehículo	SI	NO
Cilindros:		En buen estado		
Tipo de combustible:		Reparable		
Torque:		En mal estado		
Tipo de inyección				
		<b>Observaciones:</b>		
Ejes:				
Ruedas:				
Tipo de transmisión:				
Realizado por				
Cargo				
Fecha		Sello del área de mantenimiento		
Firma				

En la Tabla 13 se presenta un formato estándar para esta ficha, que incluye campos como el número de registro, la marca, el modelo, la serie, la versión y el año de fabricación del vehículo, así como detalles sobre el motor, como el tipo de combustible, el estado actual y el torque. Además, se registran aspectos específicos como los cilindros, la transmisión, los ejes, las ruedas y el tipo de inyección, con espacio adicional para observaciones detalladas. Esta ficha de registro es vital para mantener un control adecuado del estado de cada vehículo y facilitar la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo.

### Revisión técnica

La ficha de revisión técnica es un instrumento crucial para garantizar la seguridad y el funcionamiento óptimo de cada una de las unidades vehiculares.

**Tabla 14.** *Revisión técnica*

Ficha de revisión técnica							
Modelo		Categoría			Placa		
Marca		Año			Fecha		
SISTEMAS		Si	No	SISTEMAS		Si	No
Sistema de dirección				Sistema de refrigeración			
Caja de dirección				Termostato			
Manguera de dirección				Radiador			
Brazos de dirección				Intercooler			
Terminales				Sistema de luces			
Sistema de suspensión				Delanteras			
Bolsa de aire				Traseras			
Amortiguadores				Sistema de neumáticos			
Delantera				Presión			
Posterior				Desgaste uniforme			
Sistema de lubricación				Embrague			
Filtro de aceite				Líquido para embragar			
Filtro de combustible				Acople			
Uniones y conexiones				Platos			
Sistema de frenos				Sistema de arranque			
Fuerza de frenado				Batena			
Líquido de frenos				Terminales			
Bomba principal				Alternador			
Motor				Carrocería			
Nivel de tracción				Retrovisores			
Temperatura				Guardalodos			
Coloración de gases				Tubos de escape			
Observaciones:				Firma del operario			

En la Tabla 14 se detallan los parámetros técnicos que deben ser evaluados minuciosamente para asegurar que los vehículos cumplan con los estándares de seguridad establecidos. Esta ficha incluye campos para registrar información detallada sobre el modelo, marca, año y placa de cada vehículo, así como la fecha de la revisión. Además, se detallan distintos sistemas y componentes, como el sistema de dirección, refrigeración, luces,

suspensión, neumáticos, lubricación, frenos, motor, entre otros, con casillas para indicar si cada sistema ha sido verificado y si cumple con los requisitos establecidos. Se deja espacio adicional para observaciones específicas y la firma del operario responsable de la revisión técnica. Esta ficha es esencial para identificar cualquier irregularidad o necesidad de mantenimiento, asegurando así la seguridad y el rendimiento adecuado de la flota vehicular.

#### Requerimiento de suministros (entrada)

La ficha de requerimientos de entradas es un recurso esencial utilizado para solicitar los suministros necesarios que se utilizarán en cada uno de los mantenimientos programados. Su objetivo principal es mejorar el control de las existencias en cuanto a repuestos y materiales, asegurando que se disponga de todo lo necesario para llevar a cabo las tareas de mantenimiento de manera eficiente y oportuna. En la tabla 15 se presenta la ficha de requerimiento de entrada.



**Tabla 15.** *Requerimiento de suministros (entrada)*

Ficha de requerimientos de entrada				
Nro. de factura:		Nro. de guía de remisión:		Fecha:
Nro.	Cantidad	Descripción	Importe unitario	Importe total

En la Tabla 15 se registran detalles clave como el número de factura, el número de guía de remisión y la fecha de la solicitud. Además, se enumeran los distintos ítems requeridos, incluyendo el número de artículo, la cantidad necesaria, la descripción detallada del suministro, el importe unitario y el importe total. Esta ficha proporciona un marco estructurado para gestionar eficazmente los requerimientos de suministros, garantizando que se cumplan los estándares de calidad y que se optimice el proceso de mantenimiento de la flota vehicular.

### Requerimiento de salida

La ficha de requerimientos de salida es un documento fundamental para registrar y gestionar los suministros utilizados durante el mantenimiento de las unidades vehiculares.

**Tabla 16.** *Formato requerimiento de salida*

Ficha de requerimientos de salida				
Placa:		Conductor:		Fecha:
Item	Sistema	Cantidad	Descripción	Observaciones
Jefe de mantenimiento:		Jefe de logística:		Técnico responsable:

En la Tabla 16 se detallan los datos esenciales de cada solicitud de suministros que se realiza al finalizar un proceso de mantenimiento. Esta ficha incluye información relevante como la placa del vehículo, el nombre del conductor y la fecha de la solicitud. Además, se enumeran los ítems específicos que se han utilizado durante el mantenimiento, incluyendo el sistema al que pertenecen, la cantidad utilizada, una descripción detallada del suministro y cualquier observación relevante. Al final de la ficha, se deja espacio para la firma del jefe de mantenimiento, el jefe de logística y el técnico responsable, lo que garantiza una trazabilidad adecuada y un control eficiente de los recursos utilizados en cada mantenimiento. Esta ficha facilita la gestión de inventarios y contribuye a asegurar que se disponga siempre de los suministros necesarios para mantener en óptimas condiciones la flota vehicular.

### Abastecimiento de combustible

El formato abastecimiento de combustible es una herramienta estructurada para registrar información crucial cada vez que se lleva a cabo la recarga de combustible en una unidad de transporte.

**Tabla 17.** *Formato de abastecimiento de combustible*

Abastecimiento de combustible			
Placa		Fecha	
Modelo		Origen	
Nro. de ficha		Destino	
Nombre del conductor:		Nro. de licencia:	
Galones	Kilometraje actual	Tipo de combustible	Observaciones

La tabla 17 presenta el formato de abastecimiento de combustible que recopila datos como la placa del vehículo, la fecha del abastecimiento, el modelo del vehículo, el lugar de origen y destino, el nombre y número de licencia del conductor, la cantidad de combustible abastecido en galones, el kilometraje actual del vehículo, el tipo de combustible utilizado y cualquier observación relevante. Esta documentación detallada permite un seguimiento preciso del consumo de combustible, el kilometraje recorrido y otros aspectos relacionados con la gestión de la flota de vehículos, facilitando así la toma de decisiones informadas y la optimización de los recursos.

### Evaluación de la implementación del mantenimiento preventivo

La evaluación se realizó monitoreando la labor del taller con respecto al cumplimiento del mantenimiento preventivo programado de las unidades de transporte público. En la tabla 18 se presentan los resultados.

**Tabla 18.** *Costo total de mantenimiento no atendido a tiempo año 2021*

<b>AÑO 2021</b>	<b>Solicitudes de mantenimiento</b>	<b>Solicitudes atendidas a tiempo</b>	<b>Solicitudes NO atendidas a tiempo</b>	<b>Costo promedio de solicitud NO atendida a tiempo</b>	<b>Costo total de solicitudes NO atendidas a tiempo</b>
Enero	16	14	2	250	S/ 500.00
Febrero	17	15	2	250	S/ 500.00
Marzo	15	13	2	250	S/ 500.00
Abril	18	16	2	250	S/ 500.00
Mayo	17	15	2	250	S/ 500.00
Junio	16	14	2	250	S/ 500.00
Julio	16	15	1	250	S/ 250.00
Agosto	16	14	2	250	S/ 500.00
Setiembre	18	17	1	250	S/ 250.00
Octubre	14	12	2	250	S/ 500.00
Noviembre	16	15	1	250	S/ 250.00
Diciembre	19	18	1	250	S/ 250.00
					<b>S/ 5,000.00</b>

La tabla 18 presenta el costo total del mantenimiento no atendido a tiempo durante el año 2021. Cada mes se registran las solicitudes de mantenimiento, el número de solicitudes atendidas a tiempo y las solicitudes no atendidas a tiempo. Además, se indica el costo promedio de cada solicitud no atendida a tiempo, calculado en 250 soles mensuales. El costo total de las solicitudes no atendidas a tiempo se calcula multiplicando el número de solicitudes no atendidas a tiempo por el costo promedio de cada solicitud. En total, el costo acumulado de las solicitudes no atendidas a tiempo durante todo el año 2021 asciende a 5,000 unidades monetarias.

A continuación, se establece el ahorro alcanzado luego de la mejora del mantenimiento preventivo. Para tal efecto es necesario comparar los costos del año 2020 (tabla 9) y el 2021 (tabla 18). En la tabla 19 se presenta el resultado.

**Tabla 19.** *Ahorro luego de las mejoras al mantenimiento preventivo*

	<b>Costos 2020</b>	<b>Costos 2021</b>	<b>Ahorro</b>
Enero	S/ 5,500.00	S/ 500.00	S/ 5,000.00
Febrero	S/ 4,400.00	S/ 500.00	S/ 3,900.00
Marzo	S/ 4,950.00	S/ 500.00	S/ 4,450.00
Abril	S/ 6,050.00	S/ 500.00	S/ 5,550.00
Mayo	S/ 5,500.00	S/ 500.00	S/ 5,000.00
Junio	S/ 4,950.00	S/ 500.00	S/ 4,450.00
Julio	S/ 5,500.00	S/ 250.00	S/ 5,250.00
Agosto	S/ 5,500.00	S/ 500.00	S/ 5,000.00
Setiembre	S/ 5,500.00	S/ 250.00	S/ 5,250.00
Octubre	S/ 4,950.00	S/ 500.00	S/ 4,450.00
Noviembre	S/ 4,950.00	S/ 250.00	S/ 4,700.00
Diciembre	S/ 5,500.00	S/ 250.00	S/ 5,250.00
			<b>S/ 58,250.00</b>

La tabla 19 muestra el ahorro mensual y total después de implementar mejoras en el mantenimiento preventivo durante los años 2020 y 2021. Cada mes se registra el costo asociado con el mantenimiento en el año 2020 y el costo reducido después de las mejoras en el año 2021. El ahorro mensual se calcula restando el costo del mantenimiento en 2021 del costo en 2020. Posteriormente, se presenta el ahorro total acumulado hasta el final del año 2021. Por ejemplo, en enero se registró un ahorro mensual de S/ 5,000.00, que es la diferencia entre los costos de mantenimiento en 2020 y 2021. El ahorro total acumulado para todo el año 2021 es de S/ 58,250.00. Este análisis muestra los beneficios financieros derivados de las mejoras en el mantenimiento preventivo a lo largo del año y resalta el impacto positivo en la gestión de costos a largo plazo.

#### **4.4 Costos de implementación**

El proceso de mejorar el mantenimiento preventivo de las unidades de transporte público conllevó dos aspectos fundamentales en términos de costos de implementación: la optimización de las instalaciones del taller y la contratación de personal técnico altamente especializado. Estos dos aspectos tuvieron una inversión de S/ 45, 279.52. A continuación se detalla el costo total.

En primer lugar, para garantizar un mantenimiento más eficiente y efectivo, fue necesario realizar mejoras significativas en las instalaciones del taller. Esto implicó la adquisición de herramientas y equipos modernos, así como la implementación de tecnologías

avanzadas para el diagnóstico y reparación de vehículos. El costo del mejoramiento de equipos del taller se muestra en la tabla 20.

**Tabla 20.** *Inversión en equipamiento del taller*

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
Equipos de oxicorte.	1	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00
Gata hidráulica por 5 ton lagarto	6	S/ 280.00	S/ 1,680.00
Juego de dados x 30 pcs	6	S/ 400.00	S/ 2,400.00
Desenllantadora Neumática	1	S/ 2,600.00	S/ 2,600.00
Camilla para taller mecánico	3	S/ 300.00	S/ 900.00
Prensa Hidráulica de 20 TN	1	S/ 7,000.00	S/ 7,000.00
Hidrolavadora de 3 Hp	1	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00
Rectificador de 600 watt	3	S/ 1,000.00	S/ 3,000.00
<b>TOTAL (S/.)</b>			<b>S/ 26,080.00</b>

La tabla 20 presenta la descripción de las 8 herramientas y equipos adquiridos para el mejoramiento del taller de mecánica de la empresa.

Por otro lado, la contratación de personal técnico especializado fue esencial para llevar a cabo las tareas de mantenimiento de manera efectiva. Se buscó reclutar a profesionales con amplia experiencia y conocimientos en mecánica automotriz, capacitados para realizar inspecciones exhaustivas, identificar posibles problemas y llevar a cabo las reparaciones necesarias de manera oportuna.

**Tabla 21.** *Inversión en personal*

Personal especializado (mecánicos)	Cantidad	Sueldo Bruto	Obligaciones y beneficios				Costo Mensual	Costo Anual
			EsSalud	Gratificación	Vacaciones	CTS		
			9%	0.1667	0.0833	0.0833		
Mecánico	1	1200	108.00	200.04	99.96	99.96	1,599.96	19,199.92

La tabla 21 presenta información detallada sobre el costo mensual y anual asociado con el empleo de personal especializado, específicamente mecánicos, teniendo en cuenta los sueldos brutos y las obligaciones y beneficios adicionales, como EsSalud, gratificación, vacaciones y CTS (Compensación por Tiempo de Servicios). En este caso, se ha contratado a un mecánico, con un sueldo bruto de 1200 soles, y se detallan los costos adicionales mensuales y anuales asociados al beneficiado. Esto da como resultado un costo mensual total de S/ 1,599.96. A lo largo de un año, esto suma un costo anual total de S/ 19,199.92.

#### **4.5 Evaluación de factibilidad de la implementación**

La evaluación de la factibilidad del mantenimiento preventivo para las unidades de transporte público se realizó con un enfoque económico exhaustivo. Se elaboró un flujo de caja que detallaba ingresos y egresos a lo largo de 1 año, proporcionando una visión clara de los recursos necesarios y los beneficios esperados. Se calculó el Valor Actual Neto (VAN) para determinar la rentabilidad del proyecto, junto con la Tasa Interna de Retorno (TIR), que iguala los flujos de efectivo futuros al costo inicial de la inversión. Estos análisis permitieron evaluar la viabilidad económica del mantenimiento preventivo, fundamentando decisiones informadas. En la tabla 22 se presenta el flujo de caja.

**Tabla 22. Flujo de caja**

MES	Flujo de caja												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Saldo inicial</b>	0	-45,279.52	-45,279.52	-40,279.52	-36,379.52	-31,929.52	-26,379.52	-21,379.52	-16,929.52	-11,929.52	-6,679.52	-2,229.52	2,470.48
<b>Ingresos</b>													
Ingresos	0	0	5,000	3,900	4,450	5,550	5,000	4,450	5,000	5,250	4,450	4,700	5,250
Otros ingresos													
<b>Total Ingresos</b>	0	0	5,000.00	3,900.00	4,450.00	5,550.00	5,000.00	4,450.00	5,000.00	5,250.00	4,450.00	4,700.00	5,250.00
<b>Egresos</b>													
Costo de implementación	45,279.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros gastos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Egresos</b>	45,279.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Flujo de caja económico</b>	-45,279.52	-45,279.52	-40,279.52	-36,379.52	-31,929.52	-26,379.52	-21,379.52	-16,929.52	-11,929.52	-6,679.52	-2,229.52	2,470.48	7,720.48

En la tabla 23 se presenta el flujo de caja que refleja los movimientos financieros asociados con la implementación de mantenimiento preventivo a lo largo de un período de 12 meses. Inicia con un saldo inicial de cero, seguido por la generación gradual de ingresos consistentes a partir del mes 2, alcanzando un total de 58,250.00 soles en el mes 12. El principal egreso identificado es el costo de implementación que asciende a 45,279.52 soles, registrado en el mes 0. A pesar del flujo de caja negativo al inicio debido al costo de implementación, el proyecto comienza a generar ganancias a partir del mes 11, resultando en un saldo final positivo en el mes 12.



### VAN y TIR

El Valor Actual Neto (VAN) para la mejora del mantenimiento preventivo, con una tasa de descuento del 10%, es de S/ 4,594.84.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto, que es la tasa de rendimiento que hace que el VAN sea igual a cero, es 12.06%.

Estos resultados sugieren que el proyecto es rentable, ya que el VAN es mayor que cero y la TIR es mayor que la tasa de descuento del 10%.

## Conclusiones

Primera: Se implementó un plan de mejoras del mantenimiento preventivo para las unidades de una empresa de transporte público. El plan de mejora del mantenimiento preventivo involucró un análisis exhaustivo de la situación del taller de reparaciones, revelando deficiencias en la programación de mantenimiento. El diagnóstico detallado identificó seis tipos de fallos recurrentes. Como resultado, se diseñaron cinco frecuencias de mantenimiento, que incluyen un total de 20 actividades a ser llevadas a cabo regularmente. Esta mejora en el plan de mantenimiento condujo a un ahorro de 58,250.00 soles entre los años 2020 y 2021.

Segunda: Se realizó un diagnóstico al plan de mantenimiento de las unidades de una empresa de transporte público. El diagnóstico reveló que la empresa posee 235 unidades de transporte, de las cuales 85 carecen de mantenimiento preventivo y 25 están fuera de servicio. Se identificaron seis tipos de fallos recurrentes debido a deficiencias en la programación del mantenimiento. La pérdida de ingresos debido a estas fallas en la programación del mantenimiento preventivo alcanzó los 63,250 soles en el año 2020.

Tercera: Se identificaron las actividades frecuentes en el mantenimiento preventivo para las unidades de una empresa de transporte público. Se implementaron cinco frecuencias de mantenimiento: diaria, mensual, trimestral, semestral y anual, que abarcan un total de 20 actividades de mantenimiento frecuente destinadas a asegurar el funcionamiento óptimo de las unidades en la flota de autobuses. Además, como parte de la mejora continua, se identificaron tres actividades adicionales de seguimiento y actualización.

Cuarta: Se evaluó el impacto económico financiero de la propuesta de mejoras para el mantenimiento preventivo para las unidades de una empresa de transporte público. La inversión del proyecto totalizó 45,279.52 soles, que incluyó la adquisición de herramientas y la contratación de un profesional en mecánica. La mejora en la programación del mantenimiento preventivo entre los años 2020 y 2021 generó un ahorro de 58,250.00 soles. Según el flujo de caja, la inversión se recuperó en el mes 11. El Valor Actual Neto (VAN) fue de 4,594.00 soles y la Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanzó el 12.06%. Estos resultados indican la rentabilidad del proyecto para la empresa.

### **Recomendaciones**

**Optimización Continua del Plan de Mantenimiento Preventivo:** Dada la eficacia demostrada del plan de mejora del mantenimiento preventivo implementado, se recomienda establecer un proceso de optimización continua. Esto implica la revisión periódica de las actividades de mantenimiento, así como la identificación y corrección proactiva de posibles deficiencias en la programación. Se sugiere realizar análisis regulares para detectar nuevas áreas de mejora y ajustar el plan según sea necesario para maximizar su efectividad y mantener los niveles de ahorro económico.

**Priorización de Mantenimiento Preventivo y Correctivo:** Considerando el diagnóstico del estado actual del mantenimiento de las unidades de transporte público, se insta a priorizar tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo. Es esencial centrarse en abordar las unidades que carecen de mantenimiento preventivo y aquellas que están fuera de servicio. Esto ayudará a reducir la frecuencia y el impacto de las fallas recurrentes identificadas, minimizando así las pérdidas de ingresos asociadas con la interrupción del servicio.

**Seguimiento y Evaluación Financiera Continua:** Dado el análisis del impacto económico financiero de las mejoras propuestas en el mantenimiento preventivo, se recomienda establecer un sistema de seguimiento y evaluación continuo. Esto implica monitorear de cerca los costos y ahorros asociados con el mantenimiento, así como el cumplimiento de los plazos de recuperación de la inversión. Se sugiere establecer indicadores clave de rendimiento (KPIs) para evaluar regularmente la rentabilidad del proyecto y realizar ajustes según sea necesario para garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

## Referencias Bibliográfica

- Aguayo, R. (2019). *La aventura de la calidad: Cómo W. Edwards Deming cambió el mundo*. Lid Editorial Empresarial.
- Etkin, J. (2014). *Mejora continua para la competitividad*. Limusa.
- Asociación Americana de Transporte Público (APTA). (2019). *Public Transportation Fact Book*. Buenos Aires: APTA.
- Baltazar, M. (2019). *Aplicación del ciclo Deming para aumentar la productividad en el área de producción de la empresa Metalmecánica Emmsegen S.A.C., Callao, 2019*. Obtenido de Universidad Cesar Vallejo: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53112/Baltazar\\_PMA-Pinto\\_AJP-SD.pdf?sequence=4](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53112/Baltazar_PMA-Pinto_AJP-SD.pdf?sequence=4)
- Banco Mundial (BM). (2022). *Informe sobre congestión vehicular en Lima*. Washington D.C.: Banco Mundial (BM).
- Centro de Investigación de Transporte y Desarrollo (CITeD). (2023). *Estudio sobre la coordinación gubernamental en el transporte de Lima*. Lima: CITeD.
- Deming, W. E. (2010). *Calidad, productividad y competitividad: La salida de la crisis*. Díaz de Santos.
- García, A. (2017). *Mantenimiento de Flotas de Transporte Público de Pasajeros por Carretera*. Madrid: Editorial Síntesis. Obtenido de Editorial Síntesis
- Gomez, D. (2020). *Gestión Integral del Mantenimiento de Flotas de Transporte Público de Pasajeros*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Gonzales, P. (2017). *Mantenimiento Preventivo Industrial: Teoría y Práctica*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- INEI. (2023). *La canasta familiar en Lima*. Lima: INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2020). *Demografía empresarial en el Perú*. Nov. 2020. Obtenido de [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin-demografia\\_empresarial.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin-demografia_empresarial.pdf)
- Lopez, A. (2020). *Planificación y Control del Mantenimiento Preventivo: Casos Prácticos*. Sevilla: Editorial Alfaomega.
- Martínez, C. (2019). *Gestión y Mantenimiento de Autobuses y Flotas de Transporte Público*. Barcelona: Ediciones ENI.

- Martínez, J. (2018). *Mantenimiento Preventivo: Principios y Aplicaciones*. Madrid: Editorial Díaz de Santos.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2020). *Estadísticas de accidentes de tránsito 2020*. Lima: MTC.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). *Global Status Report on Road Safety*. Nueva York: OMS.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Informe sobre la calidad del aire y la salud en Lima*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Perez, J. (2018). *Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Vehículos de Transporte Público por Carretera*. Valencia: Ediciones del Castillo.
- Protransporte. (2022). *Datos sobre el sistema de transporte masivo en Lima*. Lima: Mun. Lima.
- Rodríguez, M. (2016). *Manual de Mantenimiento de Transporte Público de Pasajeros en Carretera*. Sevilla: Editorial Alfaomega.
- Ruiz, C. (2016). *Mantenimiento Preventivo de Maquinaria: Métodos y Procedimientos*. Valencia: Editorial CEAC.
- Sanchez, L. (2019). *Gestión del Mantenimiento Preventivo: Estrategias y Prácticas Efectivas*. Barcelona: Editorial UOC.