

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCIÓN

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO TOTAL A LA FLOTA DE BUSES EME BUS SEDE CONCEPCIÓN.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero en Mantenimiento Industrial.

Alumno:
Felipe Ignacio Hernández Valezzi

Profesor Guía:
Carlos Boris Garay Burgos

2024

DEDICATORIA

A mi familia, por ser mi mayor fortaleza y fuente de inspiración. Su amor incondicional, su apoyo constante y sus sacrificios me han permitido llegar hasta aquí. Cada paso que doy está lleno del esfuerzo y los valores que ustedes me han enseñado.

A mis amigos, por su lealtad y por acompañarme en este viaje lleno de desafíos. Sus palabras de ánimo, sus risas compartidas y su presencia en los momentos más difíciles hicieron este camino mucho más llevadero.

A mis profesores, por su compromiso y pasión por enseñar. Gracias por compartir no solo sus conocimientos, sino también sus valiosas experiencias, que han moldeado mi visión profesional y personal.

A todos ustedes, quienes han dejado una huella imborrable en mi vida, les dedico este trabajo de título como muestra de mi profundo agradecimiento y respeto.

RESUMEN

Productivo Total (TPM) en la flota de buses de EME Bus, sede Concepción, con el objetivo de mejorar la seguridad, la productividad y la eficiencia operativa. EME Bus, fundada en 1990, se ha destacado como una de las empresas líderes en transporte interurbano en Chile, gracias a su compromiso con la calidad y la seguridad. Sin embargo, la falta de un plan de mantenimiento estructurado ha generado problemas operativos críticos que afectan tanto la seguridad de los pasajeros como la rentabilidad de la empresa.

A través de un diagnóstico exhaustivo, se identificaron fallas recurrentes en los sistemas mecánicos, eléctricos y de gestión de la flota, derivadas de un enfoque reactivo en lugar de preventivo. Estas deficiencias han incrementado el tiempo de inactividad de los vehículos, los costos operativos y el riesgo de accidentes, afectando la competitividad y la percepción de calidad del servicio.

Como solución, se propone la implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total, diseñado para optimizar los procesos operativos mediante estrategias preventivas y predictivas. Este plan incluye la creación de una unidad de mantenimiento, la capacitación del personal, el uso de herramientas de gestión avanzada y la estandarización de procesos para garantizar la continuidad operativa y la sostenibilidad a largo plazo.

En conclusión, este trabajo destaca la importancia de un enfoque planificado y proactivo en la gestión de mantenimiento. La implementación del plan propuesto no solo contribuirá a reducir costos y mejorar la eficiencia de la flota, sino que también fortalecerá la seguridad operativa y la calidad del servicio, posicionando a EME Bus como un referente en el sector del transporte interurbano.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE EME BUS	2
1.2 FLOTA Y MODELOS DE BUSES OPERADOS POR EME BUS	2
1.2.1 Marcas principales en chasis y carrocería:	2
1.2.2 Configuraciones Específicas:	3
1.2.3 Equipamiento Adicional:	3
1.3 PROCESO OPERATIVO Y PRODUCTIVO DE EME BUS	3
1.3.1. Planeación y Rutas Operativas	3
1.3.2. Gestión de la Flota.....	3
1.3.3. Sistema de Monitoreo y Control.....	4
1.3.4. Seguridad y Mantenimiento	4
1.3.5. Experiencia del Cliente.....	4
1.4 PRINCIPALES PROBLEMAS OPERATIVOS Y RELACIÓN CON LOS MODELOS DE BUSES	5
1.4.1. Problemas en el Sistema Hidráulico y Neumático	5
1.4.2. Deficiencias en el Sistema de Frenos	5
1.4.3. Problemas Electrónicos	6
1.4.4. Fallas en la Suspensión y Ejes.....	6
1.4.5. Problemas en los Rodamientos.....	6
1.5 MODELOS A ESTUDIAR:	7
2.1 OBJETIVO GENERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
3.1 Historia del auto bus	15
3.2 Tipos de buses.....	17
3.2.1 Autobús articulado:.....	17
3.2.2 Autobús de dos pisos	18
3.2.3 Autobús eléctrico	18
3.2.3.1 Trolebús	18
3.2.3.2 Autobús.....	19
3.2.4 Autobús urbano.....	19
3.3 MOTOR A COMBUSTIÓN INTERNA	19

3.3.1 MOTOR OTTO	20
3.3.1.1 Motor otto de 4 tiempos	20
3.3.1.2 Motor otto de 2 tiempos	21
3.3.2 Motor Diesel	22
3.3.3 Motor Wankel (rotativo):	23
3.3.4 Motor eléctrico	24
3.3.5 Motor corriente continua	24
3.3.6 Motor corriente alterna	24
3.4 Sistemas de funcionamiento de un bus	26
3.4.1 Sistema de dirección	26
3.4.1.1 Tipos de dirección	26
3.4.2 Sistemas de suspensión	29
3.4.2.1 Tipos de suspensión	30
3.5 TRANSMISIÓN	35
3.5.1 ¿Qué es el sistema de transmisión	35
3.5.2 ¿Cómo funciona la transmisión de un auto y qué elementos la conforman?	35
3.5.3 Tipos de transmisión	36
3.5.3.1 Transmisión manual	36
3.5.3.2 Transmisión Automática	37
3.5.3.3 Transmisión CVT (continuous variable transmittion) Transmisión continuanente variable	38
3.5.3.4 Trasmisión Semiautomática	38
3.5.3.5 Transmisión de Doble embrague	39
3.6 SISTEMA DE FRENOS	40
3.6.1 ¿Qué es el sistema de frenos	40
3.6.2 Tipos de sistemas de frenado	40
3.6.2.1 Freno de tambor	40
3.6.2.2 Freno de mano	41
3.6.2.3 Freno de disco	42
3.6.2.4 Frenos con ABS	43
3.6.2.5 Frenos de aire (neumáticos)	44

3.7 Sistema eléctrico.....	45
3.7.1 Unidad de control electrónico (UCE).....	46
3.7.2 Sensores y actuadores.....	47
3.7.3 Sistema de Generación y Almacenamiento.	48
3.7.4 Sistema de Encendido.....	49
3.7.5 Motor de arranque.	50
3.7.6 Inyección de Gasolina.	51
3.7.7 Sistema de Iluminación.	51
3.7.8 Instrumentos de Control.	52
3.8 Tipos de mantenimiento	53
3.8.1 Correctivo	53
3.8.1.1 Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo	53
3.8.2 Preventivo.....	54
3.8.2.1 Tipos de mantenimiento preventivo	55
3.8.3 Predictivo.....	56
3.8.3.1 Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo	56
3.8.3.2 Técnicas de mantenimiento predictivo (no destructivos).	57
4.1 Cobertura de la unidad de mantenimiento.....	59
4.1.1 Ámbitos de mantenimiento.....	59
4.1.2 Instalaciones	59
4.1.3 Operaciones programadas y emergentes	59
4.1.4 Gestión de repuestos.....	59
4.1.5 Cobertura temporal.....	59
4.2 Organización de la unidad de mantenimiento	60
4.2.1 Estructura Jerárquica Propuesta.....	60
4.2.2 División de Funciones por Especialidad	61
4.2.3 Turnos de Trabajo	61
4.2.4 flujograma Operacional	62
4.2.5 Indicadores de Desempeño Interno	62
4.3 Estandarización de proceso	63
4.3.1 Establecimiento de Procedimientos Operativos Estándar (SOP)	63

4.3.2 Planificación y Programación de Mantenimiento	63
4.3.3 Gestión de Repuestos y Materiales.....	64
4.3.4 Procedimientos de Inspección y Diagnóstico.....	64
4.3.5 Capacitación y Certificación del Personal.....	65
4.3.6 Registro y Reportes	65
4.3.7 Mejora Continua.....	65
4.3.8 Auditoria de procesos	66
4.4 Tipos de mantenimiento.	68
4.4.1 Mantenimiento Preventivo	68
4.4.2 Mantenimiento Correctivo.....	69
4.4.3 Mantenimiento Predictivo	70
4.4.4 Mantenimiento Proactivo	71
4.4.5 Mantenimiento de Condición (Mantenimiento Basado en Condición).....	72
4.4.6 Mantenimiento Autónomo.....	73
4.5 Indicadores de Desempeño para Toda la Flota	74
4.5.1 Disponibilidad de la Flota (Fleet Availability)	74
4.5.2 Tiempo Promedio de Reparación (Mean Time to Repair - MTTR)	74
4.5.3 Tiempo Promedio Entre Fallas (Mean Time Between Failures - MTBF).....	75
4.5.4 Costo de Mantenimiento por Vehículo (Maintenance Cost per Vehicle)	75
4.5.5 Tasa de Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo (Preventive Maintenance Compliance)	76
4.5.6 Porcentaje de Fallas Recurrentes (Recurring Failures Percentage).....	76
4.5.7 Tasa de Incidentes de Seguridad (Safety Incident Rate)	77
4.5.8 Tiempo de Inactividad de la Flota (Fleet Downtime).....	77
4.5.9 Eficiencia del Uso de Repuestos (Spare Parts Efficiency)	78
4.5.10 Tasa de Fallas por Vehículo (Failure Rate per Vehicle).....	78
4.5.11 Porcentaje de Mantenimiento Preventivo Realizado por Técnico (Preventive Maintenance Completed per Technician)	79
4.5.12 Tasa de Satisfacción del Cliente (Customer Satisfaction Rate).....	79
4.6 Gestión de recursos.....	80
4.6.1 Gestión de Recursos Humanos	80

4.6.2 Gestión de Recursos Materiales	81
4.6.3 Gestión de Recursos Financieros.....	82
4.6.4 Gestión de Recursos Tecnológicos	82
4.6.5 Planificación y Programación de Mantenimiento	83
4.6.7 Gestión de Calidad y Mejora Continua	84
4.6.8 Coordinación con Otras Áreas de la Empresa	84
4.7 Plan de Capacitación General.....	85
4.7.1 Componentes del Plan de Capacitación	85
4.7.1.1 Capacitación Técnica.....	85
4.7.1.2 Capacitación en Seguridad y Normativas.....	86
4.7.1.3 Capacitación en Gestión y Organización.....	86
4.7.1.4 Capacitación en Nuevas Tecnologías	87
4.7.1.5 Capacitación en Competencias Blandas	87
4.7.1.6 Capacitación en Sostenibilidad.....	88
4.7.2 Estructura del Plan.....	88
4.7.3 Metodología de Implementación del Plan.....	89
4.8 Sistema de Gestión Centralizado.....	89
4.8.1 Características Principales.....	90
4.8.1.2 Gestión de Órdenes de Trabajo.....	90
4.8.1.3 Control de Inventarios	91
4.8.1.4 Monitoreo del Estado de la Flota.....	91
4.8.1.5 Integración de Telemática.....	91
4.8.1.6 Indicadores de Desempeño (KPIs)	92
4.6.1.7 Gestión Documental	92
4.8.1.8 Gestión de Recursos Humanos	92
4.8.1.9 Gestión de Costos y Presupuestos	93
4.8.2 Ventajas del Sistema de Gestión Centralizado	93
4.8.3 Requisitos para la Implementación del SGC.....	94
4.9 Ejemplo de Funcionamiento.....	95
4.10 Estimación de costos	96
Conclusión.....	97

Bibliografia.....	98
-------------------	----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustraciones 1 y 2: Modelo Volvo B450R.....	7
Ilustraciones 3 y 4: Modelo Volvo B450R 8X2.....	8
Ilustraciones 6 y 7: Modelo Volvo B420R 6X2.....	9
Ilustraciones 6 y 7: Modelo Volvo B420R 6X2.....	10
Ilustración 10: Modelo K400-K440.....	11
Ilustraciones 11 Y 12: Modelo Scania K400 IB 8X2.....	12
Ilustración 13: Árbol de problemas.....	13
Ilustraciones 14 y 15.....	16
Ilustración 16: Autobús articular	17
Ilustraciones 17 y 18: Autobús de 2 pisos	18
Ilustración 19: Trolebús.....	18
Ilustración 20: Autobús eléctrico.....	19
Ilustración 21: Autobús urbano.....	19
Ilustraciones 22 y 23: Motor OTTO de 4 tiempos	20
Ilustraciones 24, 25 y 26: Motor OTTO de 2 tiempos.....	21
Ilustraciones 27 y 28: Motor Diesel.....	22
Ilustraciones 29, 30 y 31: Motor Wankel (rotativo).....	23
Ilustración 32: Motor eléctrico.....	24
Ilustración 33: Motor corriente continua.....	24
Ilustración 34: Motor Corriente alterna.....	25
Ilustración 35: Sistema de dirección.....	26
Ilustración 36: Sistema de bolas recirculantes.....	26
Ilustración 37: Sistema de cremallera.....	27
Ilustración 38: Sistema de dirección hidráulico.....	27
Ilustración 39: Sistema de dirección electrohidráulico.....	28

Ilustración 40: Sistemas de suspensión.....	29
Ilustración 41: Suspensión mecánica.....	30
Ilustración 42: Suspensión de flexibilidad variable.....	31
Ilustración 43: Suspensión regulable.....	31
Ilustración 44: Sistema de suspensión neumática.....	32
Ilustración 45: Suspensión hidráulica.....	32
Ilustración 46: Sistema de suspensión hidroneumática.....	33
Ilustración 47: Suspensión McPherson.....	33
Ilustración 48: Suspensión electromagnética.....	34
Ilustración 49: Transmisión.....	35
Ilustración 50: Transmisión manual.....	36
Ilustración 51 y 52: Transmisión automática.....	37
Ilustración 53: Transmisión CVT.....	38
Ilustración 54: Transmisión semiautomática.....	38
Ilustración 55: Transmisión de doble embrague.....	39
Ilustraciones 56 y 57: Freno de tambor	41
Ilustraciones 58 y 59: Freno de mano.....	41
Ilustraciones 60 y 61: Freno de disco.....	43
Ilustraciones 62 y 63: Frenos con ABS.....	43
Ilustraciones 64 y 65: Frenos de aire (neumáticos).....	44
Ilustración 66: Unidad de control electrónico (ECU).....	46
Ilustración 67: Sensores y actuadores.....	47
Ilustración 68: Sistema de generación y almacenamiento.....	48
Ilustración 69: Sistema de encendido.....	49
Ilustración 70: Motor de arranque.....	50
Ilustraciones 71 y 72: Inyección de gasolina.....	51
Ilustración 73: Sistema de iluminación.....	51

Ilustración 74: Instrumentos de control.....	52
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ejemplo de procedimiento estándar para mantenimiento preventivo (Cambio de aceite).....	66
Tabla 2 Ejemplo de plan general de mantenimiento.....	95
Tabla 3 Estimación de costo para una flota de 250 buses	96

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

- **ABS:** Anti-lock Braking System (Sistema Antibloqueo de Frenos).
- **CA:** Corriente Alterna.
- **CMMS:** Computerized Maintenance Management System (Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento).
- **CVT:** Continuously Variable Transmission (Transmisión Continuamente Variable).
- **ECU:** Electronic Control Unit (Unidad de Control Electrónico).
- **GPS:** Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global).
- **ICE:** Internal Combustion Engine (Motor de Combustión Interna).
- **MTBF:** Mean Time Between Failures (Tiempo Promedio Entre Fallas).
- **MTTR:** Mean Time to Repair (Tiempo Promedio de Reparación).
- **SOP:** Standard Operating Procedures (Procedimientos Operativos Estándar).
- **TPM:** Total Productive Maintenance (Mantenimiento Productivo Total).
- **UCE:** Unidad de Control Electrónico.

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente del mantenimiento es un factor clave para garantizar la operatividad y la seguridad de las flotas de transporte. En la empresa EME Bus, sede Concepción, la ausencia de un plan de mantenimiento estructurado ha generado deficiencias que impactan negativamente en la seguridad, la productividad y la calidad del servicio ofrecido. Este trabajo de titulación propone la implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) como una solución integral para abordar estas problemáticas.

Para comprender el alcance de la propuesta, se examina primero la evolución del autobús como medio de transporte, así como los tipos de buses, sus componentes y sistemas esenciales. Este análisis no solo destaca la importancia de los autobuses en la conectividad y movilidad, sino también la complejidad técnica que requieren en su mantenimiento para evitar fallas y maximizar su rendimiento.

Posteriormente, se analiza la situación actual de EME Bus, identificando las principales deficiencias en sus procesos de mantenimiento. Estas incluyen problemas mecánicos recurrentes, fallas en sistemas críticos y la falta de estrategias preventivas; factores que limitan la operatividad de la flota y aumentan los riesgos asociados al transporte interurbano.

Con esta base, el presente trabajo busca no solo proponer soluciones concretas, sino también resaltar la importancia de una gestión de mantenimiento planificada para garantizar la sostenibilidad y la competitividad de la empresa en el largo plazo.

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE EME BUS

EME Bus fue fundada en 1990 en la ciudad de Tomé, Región del Biobío, por Mario Muñoz Montecinos y su familia. En 1991 comenzó a operar con rutas que conectaban Tomé, Concepción y Santiago, destacándose desde el principio por su compromiso con la calidad del servicio y la seguridad, lo que le permitió sobresalir en el competitivo mercado del transporte interurbano. Con el tiempo, la empresa expandió sus rutas hacia distintas ciudades del centro y sur de Chile, como Chillán, Los Ángeles, Angol, Rancagua, Valparaíso y Viña del Mar. Este crecimiento estuvo respaldado por la modernización continua de su flota y la inversión en tecnología para garantizar una experiencia segura y cómoda para los pasajeros.

1.2 FLOTA Y MODELOS DE BUSES OPERADOS POR EME BUS

EME Bus cuenta con una flota moderna de aproximadamente 250 autobuses. Sus vehículos están diseñados para brindar comodidad en trayectos largos, combinando tecnología avanzada y seguridad. Entre los modelos que opera se encuentran:

1.2.1 Marcas principales en chasis y carrocería:

- Chasis: Volvo y Scania son marcas reconocidos mundialmente por su tecnología y durabilidad. EME Bus utiliza los modelos Volvo B450R y Scania con configuraciones avanzadas, adaptadas para trayectos largos y exigentes.
- Carrocería: Marcopolo y Comil son ampliamente utilizadas en el transporte interurbano debido a su diseño ergonómico y la incorporación de características de confort como asientos reclinables, climatización y sistemas multimedia.

1.2.2 Configuraciones Específicas:

Buses de dos ejes y configuraciones 6x2 o 8x2, que permiten mayor capacidad de pasajeros y mejor distribución del peso, asegurando estabilidad y eficiencia en rutas largas.

1.2.3 Equipamiento Adicional:

Todos los autobuses de EME Bus están equipados con Wi-Fi, asientos reclinables, cargadores USB y sistemas de climatización. Además, la empresa garantiza estándares altos de seguridad con sistemas como ABS y control de tracción en sus unidades.

1.3 PROCESO OPERATIVO Y PRODUCTIVO DE EME BUS

1.3.1. Planeación y Rutas Operativas

EME Bus opera en el ámbito interurbano conectando más de 30 ciudades en el centro y sur de Chile, como Santiago, Concepción, Viña del Mar y Talcahuano. Sus principales rutas incluyen tramos altamente demandados como Santiago-Concepción y Santiago-Tomé. Estas rutas se diseñan para cubrir las necesidades de los pasajeros, maximizando la eficiencia operativa y manteniendo horarios predefinidos para garantizar la puntualidad.

1.3.2. Gestión de la Flota

La empresa administra una flota moderna de aproximadamente 250 buses, compuesta principalmente por unidades de las marcas Volvo y Scania, con carrocerías Marcopolo y Comil. Cada unidad está configurada con tecnologías avanzadas de seguridad, como sistemas de frenos ABS, doble eje delantero para mayor estabilidad y calibradores de aire para los neumáticos. Adicionalmente, EME Bus aplica una estricta política de renovación de flota cada cuatro años, asegurando que los vehículos estén siempre en óptimas condiciones.

1.3.3. Sistema de Monitoreo y Control

Aunque EME Bus cuenta con una central de monitoreo que realiza un seguimiento en tiempo real de la ubicación de sus autobuses, la falta de mantenimiento adecuado en los sistemas de monitoreo ha provocado problemas en la precisión de los datos proporcionados. Los sensores GPS y los sistemas telemáticos a menudo no están optimizados, lo que lleva a una detección tardía de fallas. Además, la ausencia de actualizaciones regulares en el software y hardware de monitoreo afecta la capacidad para tomar decisiones rápidas y evitar fallos preventivos, lo que genera preocupaciones en cuanto a la seguridad y la gestión eficiente de la flota.

1.3.4. Seguridad y Mantenimiento

La falta de mantenimiento preventivo adecuado en componentes cruciales como los frenos, los sistemas de suspensión y los motores está aumentando el riesgo de fallas mecánicas imprevistas. EME Bus ha adoptado un enfoque reactivo en lugar de preventivo, lo que significa que las intervenciones se realizan solo después de que se presentan fallas. Este enfoque ha incrementado los riesgos de accidentes, especialmente en rutas de alta demanda o condiciones climáticas adversas, donde la fiabilidad del autobús es esencial para garantizar la seguridad de los pasajeros. La ausencia de un plan de mantenimiento proactivo también puede resultar en una vida útil reducida para los autobuses, afectando la rentabilidad a largo plazo.

1.3.5. Experiencia del Cliente

Aunque EME Bus ofrece autobuses de alta gama con características como asientos reclinables y sistemas de entretenimiento a bordo, la falta de mantenimiento preventivo en equipos como los sistemas de climatización, Wi-Fi y entretenimiento ha comenzado a impactar negativamente la experiencia del cliente. Problemas como fallas en el aire acondicionado o interrupciones en el servicio de Wi-Fi han provocado una disminución en la satisfacción de los usuarios. Además, los retrasos y cancelaciones causados por fallas imprevistas afectan la confiabilidad del servicio, generando una percepción negativa entre los pasajeros. Esto no solo puede reducir la lealtad de los clientes, sino también perjudicar la reputación de la empresa.

1.4 PRINCIPALES PROBLEMAS OPERATIVOS Y RELACIÓN CON LOS MODELOS DE BUSES

1.4.1. Problemas en el Sistema Hidráulico y Neumático

El problema se detecta en las mangueras del radiador, de aceite y de aire tienden a sufrir desgaste acelerado debido a la falta de mantenimiento preventivo y el uso intensivo de las unidades. Estas fallas se agravan en condiciones de alta exigencia, como rutas con baches o caminos rurales.

Los principales modelos afectados son, primero, el Volvo B450R. Los problemas son recurrentes en este modelo debido a su exigente configuración de motor y transmisión. La falta de revisión periódica de las mangueras ha causado fugas de aceite y sobrecalentamiento del motor.

El segundo modelo afectado es el Volvo B420R. Este modelo, aunque nuevo, ha presentado fugas de aceite desde su llegada, atribuidas a problemas de ensamblaje en fábrica.

1.4.2. Deficiencias en el Sistema de Frenos

Los problemas relacionados a los frenos son generados por la falta de lubricación en los retardadores y el desgaste prematuro de pastillas y discos. En algunos casos, las unidades han mostrado dificultades para frenar en rutas con pendientes, aumentando el riesgo de accidentes. Los modelos afectados son el Volvo B450R por la falta de mantenimiento adecuado en los retardadores, estos son esenciales para reducir la velocidad sin usar excesivamente los frenos, ha llevado a un mal funcionamiento en rutas prolongadas. Las fallas de los frenos de los modelos Volvo B420R y Volvo B450R se deben principalmente a la fabricación masiva y deficiencias en el montaje, lo que requiere ajustes adicionales después de la entrega.

1.4.3. Problemas Electrónicos

El problema se detecta en la integración de sistemas electrónicos como pantallas y Wi-Fi ha generado cortocircuitos debido a instalaciones deficientes. Estas fallas también afectan los sistemas de monitoreo en tiempo real, como sensores de presión y temperatura.

Los modelos afectados son el Marcopolo Paradiso 1800 DD (K440) por la instalación de pantallas y sistemas adicionales frecuentemente genera problemas eléctricos, impactando la operatividad y el Volvo B450R por los sistemas electrónicos presentan desconexiones o fallos que complican el monitoreo de variables críticas como temperatura del motor y presión de aceite.

1.4.4. Fallas en la Suspensión y Ejes

Las fallas se detectan en los ejes y sistemas de suspensión, especialmente en rutas con mal estado, sufren daños como desgaste de bujes y reventones en los pulmones de aire. Estas fallas son exacerbadas por la falta de revisiones periódicas.

Los modelos afectados son el Volvo B450R y Marcopolo Paradiso 1800 DD (K440) donde sus ejes delanteros y traseros tienden a presentar problemas debido a baches en terminales o rutas rurales. Y el modelo Scania K440, este modelo, aunque confiable en carretera, ha mostrado debilidades en la suspensión cuando opera en zonas de alta irregularidad.

1.4.5. Problemas en los Rodamientos

Las fallas en los rodamientos de las ruedas se producen por una falta de lubricación adecuada, especialmente después de operar en rutas con pozas de agua. Esto genera fricción, calor excesivo y crujidos, lo que compromete la seguridad y la eficiencia del vehículo.

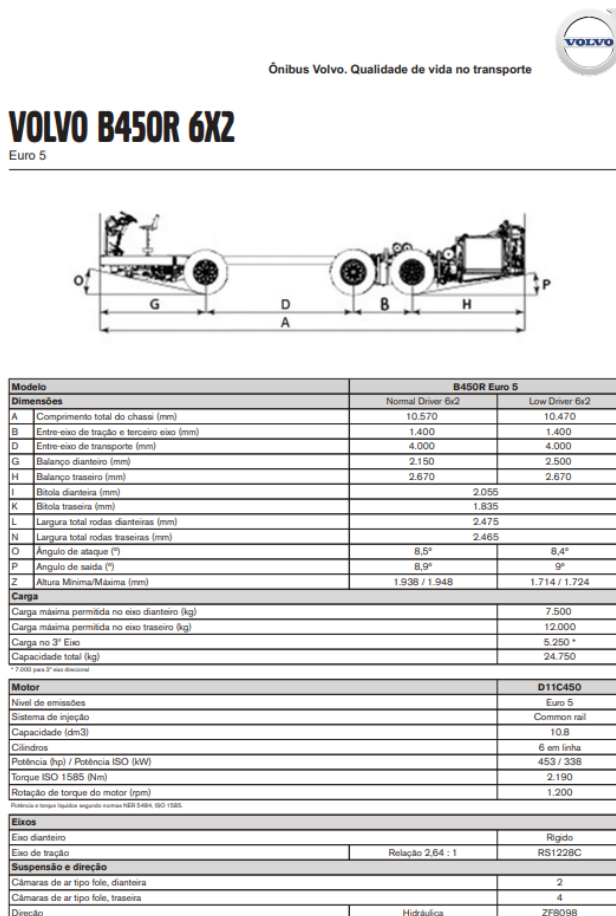
Los modelos afectados son el Comil Invictus y Volvo B450R estas unidades, frecuentemente operadas en rutas largas, muestran desgaste significativo en los rodamientos debido a la falta de mantenimiento preventivo específico.

1.5 MODELOS A ESTUDIAR:

EME Bus, comprometida con la calidad y eficiencia de su servicio, opera con una flota moderna y diversificada de buses. Cada modelo ha sido seleccionado por su capacidad de satisfacer las necesidades del transporte interurbano, destacando en seguridad, comodidad y tecnología.

A continuación, se presentan las fichas técnicas de los principales modelos utilizados en la sede de Concepción, resaltando sus características clave y aportes al desempeño operativo de la empresa.

Figura 1 y Figura 2: Modelo Volvo B450R 6x2¹



VOLVO B450R 6X2

Euro 5

Modelo	B450R Euro 5
Ângulo máximo de giro	52°

Sistema elétrico

- Bus Electrical Architecture, BEA2+
- Sistema digital de transmissão de dados, Multiplex 2
- Amperímetro
- Medidor de consumo de combustível
- Voltagem: 24 V
- Baterias: 2 x 170 Ah
- Alternadores: 2x150 A

Ar e sistema de freio

- Sistema Volvo de freios a disco.
- Freio VEB (Volvo Engine Brake) 390cv
- Electronic Stability Program (ESP).
- Electronic Braking System (ABS).
- Anti-lock Braking System (ABS).
- Controle de tração ASR.
- Frenagem combinada inteligente (retarder + VEB + freio de serviço).
- Sensor de desgaste de pastilha.
- Autonomia das pastilhas.
- Aviso de baixa performance dos freios.
- Sistema de ar comprimido.
- Auxílio de frenagem de emergência.
- Auxílio de arranque em rampas.

Posto do motorista

- Ajuste de inclinação do volante
- Tachômetro, velocímetro.
- Medidor de pressão de ar dos freios.
- Controle de iluminação do painel.
- Liberação do freio de estacionamento.
- Indicador do nível de combustível.
- Indicador da temperatura do líquido de arrefecimento.
- Indicador de pressão no turbocompressor.

Computador de bordo

- Diagnóstico de falhas.
- Limitador de velocidade.
- Limitador de rotação do motor.
- Relógio, alarme.
- Velocidade média, distância e tempo de viagem.
- Medidor de consumo de combustível.
- Registro de dados do veículo e identificador de frota.
- Temperatura de óleo do motor.

Luzes de aviso

- Baixa pressão de óleo do motor e ar do freio de serviço.
- Sobreaquecimento do sistema de refrigeração.
- Aviso de alta temperatura no compartimento do motor.
- Mau funcionamento do alternador e ABS.
- Baixo nível do líquido de arrefecimento do motor.
- Obstrução do filtro de ar.
- Acionamento do sistema de pré-aquecimento de partida.
- Controle de tração.
- Nível do óleo hidráulico.
- Baixo desempenho dos freios.

Opcionais

- Pacote de telemática.
- Tachômetro eletrônico.
- Pneu e roda reserva.
- Limitador de velocidade.
- Rodas de alumínio polido.
- Retardador hidrodinâmico Volvo.
- Piloto automático.
- Relação do eixo 2,85:1 e 3,08:1
- Bafômetro (Alcolock).
- 3º eixo direcional (para 6x2 com posição normal e posição baixa do condutor).
- Seletor de Marchas do tipo botoeira.

Capacidades

Tanque de arla 32	60 litros
Óleo do diferencial	15 litros
Óleo da caixa de direção	4 litros
Óleo da caixa AT2612D	16 litros
Óleo do motor	42 litros

Aros	Pneus
8,25"x22,5"	295/80R22,5"
9,00" x 22,5" (*)	315/80R22,5" (*)
11,75" x 22,5" (*)	385/65R22,5" (**)

(*) Opcional / (**) Opcional somente para terreno duro.

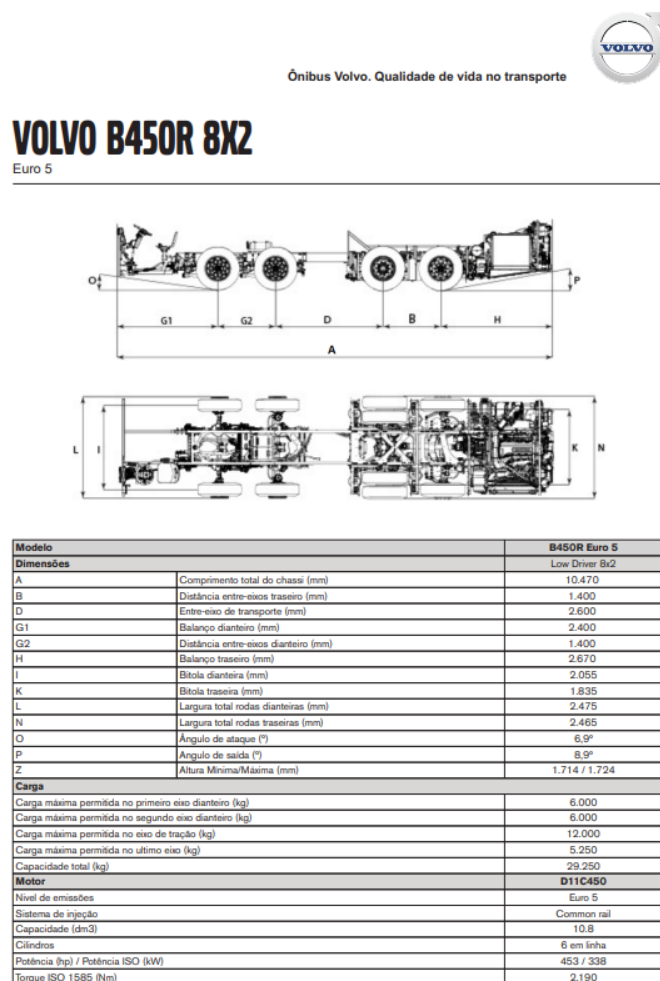
Transmissão

Caixa eletrônica automatizada I-SHIFT	Série
Modelo AT2612D, caixa inteligente Volvo automatizada 12 marchas (frente) e 2 marchas (ré)	
RELAÇÕES	1ª Marcha 14,94 : 1 12ª Marcha 1,00 : 1

Ilustraciones 1 y 2: Modelo Volvo B450R 6X2

¹ Extraído de Volvobuses.com

Figura 3 y Figura 4: Modelo B450R 8x2²



VOLVO B450R 8X2

Euro 5

Modelo	B450R Euro 5	
Relação de torque do motor (rpm)	1.200	
Eixos		
Eixo dianteiro	Rígido	
Eixo de tração	Relação 2,64 : 1	RS1228C
Suspensão e direção		
Câmaras de ar tipo folie, dianteira	2	
Câmaras de ar tipo folie, traseira	4	
Dirigido	Hidráulica	ZFB098
Ângulo máximo de giro	49°	

Sistema elétrico

- Bus Electrical Architecture, BEA2+
- Sistema digital de transmissão de dados, Multiplex 2
- Amperímetro
- Medidor de consumo de combustível
- Voltagem: 24 V
- Baterias: 2 x 170 Ah
- Alternadores: 2x150 A

Ar e sistema de freio

- Sistema Volvo de freios a disco.
- Freio VEB (Volvo Engine Brake) 390cv.
- Electronic Stability Program (ESP).
- Electronic Braking System (EBS 5).
- Anti-lock Braking System (ABS).
- Controle de tração ASR.
- Frenagem combinada inteligente (retarder + VEB + freio de serviço).
- Sensor de desgaste de pastilha.
- Autonomia das pastilhas.
- Aviso de baixa performance dos freios.
- Sistema de ar comprimido.
- Auxílio de frenagem de emergência.
- Auxílio de arranque em rampas.

Posto do motorista

- Ajuste de inclinação do volante
- Tacômetro, velocímetro.
- Medidor de pressão de ar dos freios.
- Controle de iluminação do painel.
- Liberação do freio de estacionamento.
- Indicador do nível de combustível.
- Indicador da temperatura do líquido de arrefecimento.
- Indicador de pressão no turbocompressor.

Computador de bordo

- Diagnóstico de falhas.
- Limitador de velocidade.
- Rotação do motor.
- Voltímetro, relógio, alarme.
- Velocidade média, distância e tempo de viagem.
- Medidor de consumo de combustível.
- Registro de dados do veículo e identificador de frota.
- Temperatura de óleo do motor.

Luzes de aviso

- Baixa pressão de óleo do motor e ar do freio de serviço.
- Sobreaquecimento do sistema de refrigeração.
- Aviso de alta temperatura no compartimento do motor.
- Mau funcionamento do alternador e ABS.
- Baixo nível do líquido de arrefecimento do motor.
- Obstrução do filtro de ar.
- Acionamento do sistema de pre-aquecimento de partida.
- Controle de tração.
- Nível do óleo hidráulico.
- Baixo desempenho dos freios.

Opcionais

- Pacote de telemática.
- Tacógrafo eletrônico.
- Pneu e roda reserva.
- Rodas de alumínio polido.
- Retardador hidrodinâmico Volvo
- Piloto automático
- Relação do eixo 2,85:1 e 3,08:1
- Balômetro (Alcoolock).
- Seletor de marchas do tipo botoeira.

Capacidades

Tanque de arla 32	60 litros
Óleos do diferencial	15 litros
Óleo da caixa de direção	4 litros
Óleo da caixa AT2612D	16 litros
Óleo do motor	42 litros

Aros	Pneus
8,25"x22,5"	295/80R22,5"
9,00" x 22,5" (*)	315/80R22,5" (*)
11,75" x 22,5" (*)	385/65R22,5" (**)

(*) Opcional. (**) Opcional somente para terrenos ondo.

Transmissão

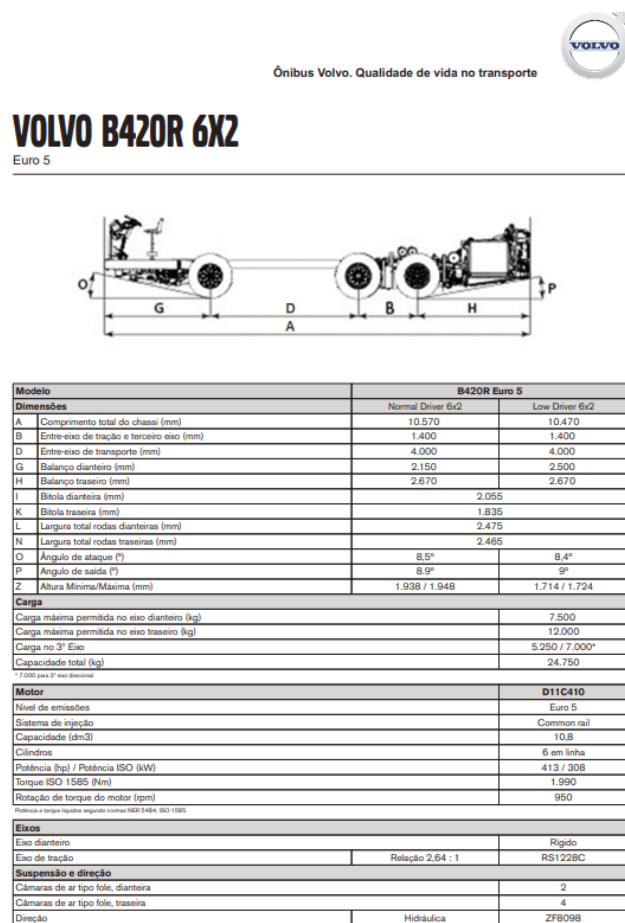
Caixa eletrônica automatizada I-SHIFT	Série
Modelo AT2612D, caixa inteligente Volvo automatizada 12 marchas (frente) e 2 marchas (re)	
RELACÕES	1ª Marcha 14,94 : 1 12ª Marcha 1,00 : 1

VOLVO
 Volvo Bus Corporation
 volvobuses.com

Ilustraciones 3 y 4: Modelo Volvo B450R 8X2

² Extraído de Volvobuses.com

Figura 6 y figura 7: Modelo Volvo B420R 6x2³



VOLVO B420R 6X2

Euro 5

Modelo	B420R Euro 5
Ângulo máximo de giro	52°

Sistema elétrico

- Bus Electrical Architecture, BEA2+
- Sistema digital de transmissão de dados: Multiplex 2
- Amperímetro
- Medidor de consumo de combustível
- Voltagem: 24 V
- Baterias: 2 x 170 Ah
- Alternadores: 2x150 A

Ar e sistema de freio

- Sistema Volvo de freios a disco.
- Freio VEB (Volvo Engine Brake) 390cv
- Electronic Stability Program (ESP).
- Electronic Braking System (EBS 5).
- Anti-lock Braking System (ABS).
- Controle de tração ASR.
- Frenagem combinada inteligente (retarder + VEB + freio de serviço).
- Sensor de desgaste de pastilha.
- Autonomia das pastilhas.
- Aviso de baixa performance dos freios.
- Sistema de ar comprimido.
- Auxílio de frenagem de emergência.
- Auxílio de arranque em rampas.

Posto do motorista

- Ajuste de inclinação do volante
- Tacômetro, velocímetro.
- Medidor de pressão de ar dos freios.
- Controle de iluminação do painel.
- Liberação do freio de estacionamento.
- Indicador do nível de combustível.
- Indicador da temperatura do líquido de arrefecimento.
- Indicador de pressão no turbocompressor.

Computador de bordo

- Diagnóstico de falhas.
- Limitador de velocidade.
- Limitador de rotação do motor.
- Relógio, alarme.
- Velocidade média, distância e tempo de viagem.
- Medidor de consumo de combustível.
- Registro de dados do veículo e identificador de frota.
- Temperatura de óleo do motor.

Luzes de aviso

- Baixa pressão de óleo do motor e ar do freio de serviço.
- Subresfriamento do sistema de refrigeração.
- Aviso de alta temperatura no compartimento do motor.
- Mau funcionamento do alternador e ABS.
- Baixo nível do líquido de arrefecimento do motor.
- Obstrução do filtro de ar.
- Acionamento do sistema de pre-aquecimento de parafusos.
- Controle de tração.
- Nível do óleo hidráulico.
- Baixo desempenho dos freios.

Opcionais

- Pacote de telemática
- Tacógrafo eletrônico.
- Pneu e roda reserva.
- Limitador de velocidade.
- Rodas de alumínio polido.
- Retardador hidrodinâmico Volvo.
- Piloto automático.
- Relação do eixo 2,85:1 e 3,08:1
- Balômetro (Alcolock)
- 3º eixo direcional (para 6x2 com posição normal e posição baixa do condutor)
- Seletor de marchas do tipo botoeira.

Capacidades

Tanque de ar	32	60 litros
Óleo do diferencial	15	litros
Óleo da caixa de direção	4	litros
Óleo da caixa AT2612D	16	litros
Óleo do motor	42	litros

Aros	Pneus
8,25"x22,5"	295/80R22,5"
9,00" x 22,5" (*)	315/80R22,5" (*)
11,75" x 22,5" (*)	385/65R22,5" (**)

(*) Opcional. (**) Opcional somente para trator de esteira.

VOLVO

Volvo Bus Corporation
volvobuses.com

Ilustraciones 6 y 7: Modelo Volvo B420R 6X2

Extraído de Volvobuses.com⁴



Euro 5

Modelo	B420R Euro 5
Elxos	
Elxo dianteiro	Rígido
Elxo de traseira	RS1228C
Pelicação do eixo traseiro	2,64 : 1
Suspensão e dirección	
Cámaras de ar tipo folo, dianteira	2
Cámaras de ar tipo folo, traseira	4
Dirección hidráulica	ZFR09B
Angulo máximo de curo	49°

Sistema elétrico

- Bus Electrical Architecture, BEA2+
- Sistema digital de transmissão de dados, Multiplex 2
- Amperímetro
- Medidor de consumo de combustível
- Voltagem: 24 V
- Baterias: 2 x 170 Ah
- Alternadores: 2x150 A

Ar e sistema de freio

- Sistema Volvo de freios a disco.
- Freio VEB (Volvo Engine Brake) 390cv.
- Electronic Stability Program (ESP).
- Electronic Braking System (EBS 5).
- Anti-lock Braking System (ABS).
- Controle de tração ASR.
- Freagem combinada inteligente (retarder + VEB + freio de serviço).
- Sensor de desgaste de pastilha.
- Autonomia das pastilhas.
- Aviso de baixa performance dos freios.
- Sistema de ar comprimido.
- Auxílio de frenagem de emergência.
- Auxílio de arranque em rampas.

Posto do motorista

- Ajuste de inclinação do volante
- Tacômetro, velocímetro.
- Medidor de pressão de ar dos freios.
- Controle de iluminação do painel.
- Liberação do freio de estacionamento.
- Indicador do nível de combustível.
- Indicador da temperatura do líquido de arrefecimento.
- Indicador de pressão no turbocompressor.

Computador de bordo

- Diagnóstico de falhas.
- Limitador de velocidade.
- Limitador de rotação do motor.
- Relógio, alarme.
- Velocidade média, distância e tempo de viagem.
- Medidor de consumo de combustível.
- Registro de dados do veículo e identificador de frota.
- Temperatura de óleo do motor.

Opcionais

- Relação do eixo 2,85:1 / 3,08:1
- Telemetria.
- Botão de assistência.
- I-coaching
- Pneu Michelin.
- Alcolock.
- ITS4Mobility.
- Alavanca de cambio botteira 4 botões.
- Retarder.
- Piso normal - DRL-N

Capacidades

Tanque de arla 32	60
Óleos do diferencial	15
Óleo da caixa de direção	4
Óleo da caixa AT2612D	16
Óleo do motor	42

Aros	Pneus
8,25"x22,5"	295/80R22,5"
9,00" x 22,5" (*)	315/80R22,5" (*)
11,75" x 22,5" (*)	385/65R22,5" (**)

Transmissão

Caixa eletrônica automatizada I-SHIFT		
Modelo AT2612D, caixa inteligente Volvo automatizada 12 marchas (frente) e 2 marchas (ré)		
RELAÇÕES:	1ª Marcha	14.94 : 1
	12ª Marcha	1.00 : 1

[illegible]**VOLVO**

Volvo Bus Corporation
volvobuses.com

Ilustraciones 6 y 7: Modelo Volvo B420R 6X2

Figura 10: Modelo K400-K440⁵



K400-K440

Ilustración 10: Modelo

Extraído de comil.cl⁵

SCANIA K 400 IBx2

Dimensões principais:

- Distância entre eixos dianteiros: 2.300 mm
- Distância entre o eixo dianteiro e o primeiro eixo traseiro: 1.400 mm
- Distância entre os dois eixos traseiros: 4.250 mm
- Distância total entre o primeiro e o último eixo: 1.300 mm
- Comprimento total da chassi: 4.000 mm
- Comprimento total do veículo: 10.553 mm

DIMENSÕES

- Ângulo máximo de giro	52°
- Altura do quadro do chassi na posição do motorista (peso 295/80 R22,5)	> 800 mm
- Largura máxima	2.480 mm
- Largura traseira	2.480 mm
- Pisos	6.200 kg

TIPO DE FORÇA

Motor - 400 hp - 13 litros	
- Cilindrada	12,7 litros
- Número de cilindros	6
- Nivel de Emissiones	Euro 5
- Potência	402 hp (294 kW) a 1.900 rpm
- Torque	2.100 Nm entre 1.000-1.300 rpm
- Pressão média	~263 kPa a 1.400 rpm
- Controlador de INO (ISO)	
- Controlador de Cruzeiro	
- Luzes de partículas de filtro de ar	
- Elemento de separação de filtro de ar	
- Controlador de velocidade	
- 175 km/h	● 80 km/h ● 85 km/h
- 102 km/h	
- Recirculação do líquido refrigerante (traseiro)	
- Filtro de combustível separador de água RACOR	
Sistema de Marchas	
- GRD EPS (72 marchas)	
- GSD EPS (72 marchas)	
- Amortecedor da caixa de câmbio	
- Sistema de troca de marchas: Opcionais	
Diferencial	
- Redução de deslizamento	
- R790	● R860
- (Atuação de diferencial)	
- Z711	● Z821

SUSPENSÃO

- Suspensão Dianteira a ar com capacidade máx. de até 2 t (4.000 kg) (AMA R60)	
- Suspensão Traseira a ar com capacidade máx. de até 7.550 kg (ACA 1.300 + ACA 700)	
- Capacidade do Chassi	> 29.500 kg

Componentes

- Direção e estabilização manual ELIC (p/ 100 km)
- Suspensão reformada
- Suspendido da carga - manual
- Proteção contra tombamento
- Nivel automático do chassi-definido
- Nivel (Load) by suspension

RODAS E PNEUS

Rodas	
- Tamanho padrão R25"	
- Alumínio padrão 9.00"	
Pneus	
- 295/80 R22,5	

FREIOS

- Sistema de freio: • Tambor • Disco
- Controlador sistema de Freios eletrônicos (ESP)
- Programa Eletrônico de Estabilidade (EPS)
- Equipamentos Adicionais**
- Freio aux. de escape - automaticamente
- Retarder Scania
- Acionador automático das lâminas de freio
- Freio de ação - (Hill Hold)
- Lâmina de separação do freio de estacionamento (limpado)
- Válvulas de saída com portas abertas - Todos os veículos

SISTEMA ELÉTRICO

- Sistema elétrico baseado na comunicação digital CAN, proporcionando mais informações sobre o status do veículo
- Alternador > 110 A
- Bateria > 180 Ah ● 230 Ah
- Chave geral bateria no painel (intermitente)

ÁREA DO MOTORISTA

- Computador de bordo**
- Painel Colorido com Display de 6,5"
- Dados sobre o consumo (distância, velocidade, consumo, tempo operação)
- Alternador > 110 A
- Bateria > 180 Ah ● 230 Ah
- Mensagens de advertência
- Indicador de manutenção futura
- Tacógrafo > 1 dia com disco
- Teto com disco
- Digital
- Vidro
- Cinto
- Manobras/cintos

TECNOLOGIA/SEGURANÇA

- Controlador de Cruzeiro com Predição Ativa (Active Prediction)
- Pacote ADAS
- AEB - Evitação de Emergências Avançada
- LWS - Assistência de Lateral de Faixa
- ACC - Controle de Cruzeiro Adaptativo
- Controlador de aceleração

CLIMATIZAÇÃO

- Válvula de calefusão
- Climatizador de polca estático > 280 mm

EQUIPAMENTOS ADICIONAIS

- Caixa de ferramentas
- Mecanismo hidráulico capacidade 10.000 kg
- Triângulo de segurança
- Kit de limpeza para encrasto dos pneus (20 m)
- Cadeia de Proteção

SCANIA K 400 IB 6X2

I: Voladizo delantero

2500 mm	
J: Voladizo trasero	4000 mm
A: Distancia entre ejes de transporte	3000 mm
O: Largo total (transporte)	9500 mm
Máximo ángulo de giro	52°
Ancho delantero de chasis	2475 mm
Ancho trasero de chasis	2487 mm

Puesto de conducción

- Volante regulable
- Puesto de conducción de altura rebajado (Low Driver).
- El tablero es a color y posee controles y herramientas combinados, indicador de nivel de combustible, indicador de temperatura de refrigerante, velocímetro, tacómetro (franja verde dinámica), computadora de abordo y pantalla de diagnóstico.
- Tacógrafo de 7 días.

Chasis

- Bestidor de 8 mm de espesor.
- Susp. neumática 2 cámaras eje delantero y 4 en ejes traseros.
- Suspensión reforzada.

Caja de Cambios

- GR 875 R
- Tipo automatizado de 8 marchas con sistema ScaniaOpticruise
- 1 marcha atarce.
- Enfriador de aceite.

Opcional

- Caja de 12 marchas.
- Caja com sobremarcha

Diferencial

- R660 de simple reducción.
- 2.731
- Reducción
- Arrastre máximo 40.000 Kg
- Opcionales
- Varías relaciones disponibles.

Suspensión

- Delantera: neumática, capacidade máxima de eje de 7.500 Kg y barra estabilizadora.
- Trasera: neumática, capacidade máxima

Extraído de scania.com⁶

Figura 13: Árbol de problemas⁷



Ilustración 13: Árbol de problemas

A modo de conclusión La falta de un plan de mantenimiento en EME Bus no es solo un problema operativo, sino una manifestación de una deficiencia estructural más profunda:

La ausencia de una unidad de mantenimiento. Este vacío organizacional no solo dificulta la planificación y ejecución de tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, sino que también limita la capacidad de la empresa para gestionar de manera eficiente los recursos, reducir costos y garantizar la seguridad operativa.

Además, las consecuencias de este problema impactan directamente en la calidad del servicio, la seguridad de los usuarios, y la rentabilidad de la empresa, comprometiendo su competitividad en el mercado. Por lo tanto, la solución no radica únicamente en diseñar un plan de mantenimiento, sino en establecer un departamento especializado en mantenimiento, que actúe como la base estructural para implementar estrategias efectivas, optimizar los procesos y elevar el estándar del servicio.

CAPÍTULO 2: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) a la flota de buses de EME Bus, sede Concepción, con el fin de optimizar la eficiencia operativa, mejorar la seguridad y reducir costos operacionales mediante la integración de estrategias preventivas y correctivas, contribuyendo así a la sostenibilidad y rentabilidad a largo plazo de la empresa.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diagnosticar el estado actual de la flota de buses de EME Bus, sede Concepción, mediante un análisis detallado de los procesos de mantenimiento existentes, identificando deficiencias y áreas de mejora en la gestión de mantenimiento de los vehículos.
- Diseñar un plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) adaptado a las necesidades de la flota, que incluya estrategias preventivas, correctivas y predictivas para maximizar la disponibilidad de los buses, reducir tiempos de inactividad y minimizar costos de reparaciones no planificadas.
- Capacitar al personal operativo y de mantenimiento de EME Bus en la implementación y gestión del plan TPM, asegurando el adecuado manejo de las herramientas, técnicas y procesos necesarios para la optimización del mantenimiento, promoviendo una cultura de mejora continua en la empresa.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1 Historia del auto bus

En 1831, el inglés Walter Hancock proveyó a su país del primer autobús de motor. Provisto de un motor de vapor, podía transportar diez pasajeros. Fue puesto en servicio, de forma experimental, entre Stratford y la ciudad de Londres el mismo año de su construcción y se lo bautizó Infant. Fue reemplazado por el autobús de motor de gasolina, construido por la firma alemana Benz y puesto en servicio el 18 de marzo de 1895 en una línea de 15 kilómetros, al norte de Renania. Podía transportar de seis a ocho pasajeros, en tanto que los dos conductores iban afuera. En Francia, la primera línea completa de bus fue inaugurada el día 11 de junio del año 1906 y hacia la ligación entre Montmartre y Saint-Germain-des-Prés. La distancia del trayecto era de 5,8 kilómetros. El primer autobús del mundo fue un vehículo de línea, que unía la ciudad de Siegen con las localidades de Netphen y Deuz. El 18 de marzo de 1895, exactamente a las 6:25 h de la mañana. Un año antes que el primer camión de Gottlieb Daimler, el primer autobús del mundo, fabricado por Karl Benz, se pone en camino desde Deuz hacia Siegen. Su motor de gasolina de 5 CV permite alcanzar una velocidad media de 15 km/h. En verano de 1895 asumió el servicio en la misma línea un segundo autobús de Benz. Pese al éxito inicial, la línea de autobuses del Siegerland tiene que cancelar el servicio antes de finalizar el año. Los primeros vehículos no estaban en condiciones de soportar a largo plazo las irregularidades y la orografía del terreno. Pese al aparente fracaso, los ingenieros no se echaron atrás. En los años siguientes se abrieron nuevas líneas, en las que los autobuses de Benz compartían el servicio con nuevos vehículos de Gottlieb Daimler. La carrocería del primer autobús de Benz era un "Landauer", llamado así por analogía con un popular carruaje de la época. La base técnica era el Benz Victoria, y estaba equipado con un motor monocilindro de cuatro tiempos en la parte trasera, que accionaba las ruedas traseras mediante una cadena. Benz fabricó su Landauer motorizado por encargo a partir de 1894, con capota plegable o con carrocería cerrada. Estos vehículos se utilizaban, por ejemplo, en los hoteles. El diseño exterior del primer autobús de 1895 recuerda a un carruaje sin caballos. Por ejemplo, las ruedas con radios de madera, o el asiento para el conductor en la parte delantera, bajo una cubierta al aire libre, mientras que los pasajeros tomaban asiento en una

carrocería cerrada. A comienzo de los años veinte, Benz mejora el aspecto externo, pues pierden el aspecto de vehículo de carga. Se producen diversas versiones: autobús urbano, autobús interurbano, con o sin plataforma para pasajeros de pie, con o sin portaequipajes sobre el techo y con diferentes configuraciones de las puertas. Motores de gasolina de cuatro cilindros En primavera de 1951, la empresa presenta el O 6600 H, el primer representante de una concepción técnica que no ha perdido su vigencia después del año 2000: la combinación de motor trasero con carrocería de cabina avanzada. Al suprimirse el capó largo se puede aprovechar mejor el espacio interior; la disposición del motor en la parte trasera elimina una fuente de ruidos en el habitáculo. Este autobús es además el primer modelo fabricado con un chasis propio, i El Salón del Automóvil de París en el año.

Finalmente se utiliza el autobús que tiene una capacidad de hasta 120 pasajeros distribuidos en varios niveles dentro de la carrocería. Existen diferentes tipos de motorizaciones como eléctricos que emiten menor contaminación y utilizan energías renovables. Existen 7 diferentes disposiciones en los diseños de los autobuses dependiendo las condiciones de trabajo y el lugar donde se opere, entre ellos se encuentran los autobuses guiados, articulados, de dos pisos, tránsito rápido, SITREN, eléctrico, urbano y autocar.

Figura 14 y Figura 15 ⁸



Ilustraciones 14 y 15

3.2 Tipos de buses

3.2.1 Autobús articulado: Un autobús articulado es un autobús de dos o más secciones tipo módulos, si posee dos secciones frecuentemente está dotado con dos ejes en la sección delantera y un tercer eje en la sección trasera (remolque). El autobús articulado de dos secciones suele poseer una longitud de aproximadamente 18 metros, en comparación con los 10 a 12 metros de un autobús normal de una unidad. Puede recibir el nombre coloquial de "bus oruga" por el parecido con dicho insecto.

La capacidad varía de acuerdo con el modelo de bus elegido, siendo por lo general entre ochenta a ciento sesenta pasajeros, dependiendo del modelo de carrocería, la capacidad del chasis portante, la cantidad de asientos incluidos en el diseño de la carrocería y la extensión del autobús.



Ilustración 16: Autobús articular

3.2.2 Autobús de dos pisos: Un autobús de dos pisos es un vehículo de transporte diseñado con dos niveles para pasajeros, lo que permite maximizar la capacidad y ofrecer una experiencia de viaje única. Estos autobuses son comunes en varias ciudades, especialmente en las de gran afluencia turística, donde el piso superior brinda vistas panorámicas.



Ilustraciones 17 y 18: Autobús de 2 pisos

3.2.3 Autobús eléctrico: Un autobús eléctrico es un autobús propulsado por uno o más motores eléctricos. Hay dos categorías principales de autobús eléctrico:

3.2.3.1 Trolebús: Es un autobús eléctrico alimentado por una catenaria unida a dos cables eléctricos. La electricidad se obtiene conectando ambos cables mediante una catenaria montada en la parte superior del trolebús.



Ilustración 19: Trolebús

3.2.3.2 Autobús: Este autobús se alimenta con electricidad almacenada a bordo del propio vehículo.



Ilustración 20: Autobús eléctrico

3.2.4 Autobús urbano: El chasis Mercedes-Benz LO 916, diseñado para aplicaciones urbanas, flotas y turismo en configuración 4x2, tiene una longitud total de 7,970 mm y una distancia entre ejes de 4,800 mm, soportando un peso bruto vehicular de 9,400 kg. Su capacidad máxima es de hasta 50 pasajeros, y permite una carrocería de hasta 9,2 metros, lo que lo convierte en una opción versátil y eficiente para el transporte.



Ilustración 21: Autobús urbano

3.3 MOTOR A COMBUSTIÓN INTERNA

Un motor de combustión interna (ICE, por sus siglas en inglés) es un dispositivo que convierte la energía química del combustible en energía mecánica a través de procesos de admisión de una mezcla de aire y combustible, compresión, ignición y expansión dentro de un cilindro cerrado. En este tipo de motor, la combustión ocurre directamente en los cilindros, lo que genera una rápida expansión de gases. Estos gases empujan el pistón, que, a su vez, mueve el cigüeñal y produce la energía necesaria para propulsar vehículos y maquinaria. Los

motores de combustión interna, como los de encendido por chispa (gasolina) y encendido por compresión (diésel), son ampliamente utilizados por su capacidad para generar potencia de manera eficiente en relación con su tamaño.

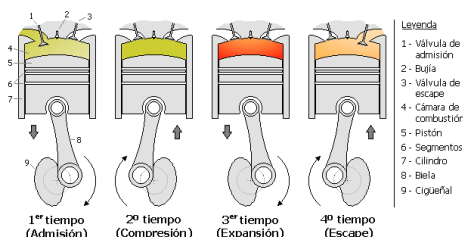
3.3.1 MOTOR OTTO:

3.3.1.1 Motor otto de 4 tiempos: Un motor de 4 tiempos es un tipo de motor de combustión interna que realiza su ciclo completo de trabajo en cuatro fases claramente separadas:

- Admisión: durante la fase de admisión, se produce la entrada de aire o una mezcla de aire y combustible al cilindro.
- Compresión: en la etapa de compresión, se comprime el aire o la mezcla de aire y combustible.
- Explosión: la fase de explosión es cuando se produce la ignición y se libera la energía.
- Escape: por último, en el ciclo de escape, se liberan los gases de combustión y se prepara para un nuevo ciclo de admisión.

Los motores de cuatro tiempos, también conocidos como motores de ciclo Otto, son utilizados en una amplia variedad de vehículos de combustión interna. Estos incluyen automóviles, camiones, motocicletas, embarcaciones, maquinaria agrícola y generadores.

Asimismo, estos motores son especialmente populares en coches de pasajeros debido a su eficiencia y rendimiento. También son comúnmente utilizados en aplicaciones industriales y comerciales debido a su capacidad para generar una cantidad significativa de energía.



Ilustraciones 22 y 23: Motor OTTO de 4 tiempos

Si bien es cierto que son más económicos, también son menos ecológicos que los motores de cuatro tiempos, por lo que en la actualidad los encontramos sólo en aquellos ciclomotores con potencia reducida y en determinados modelos de enduro o motocross -si hablamos de vehículos-.



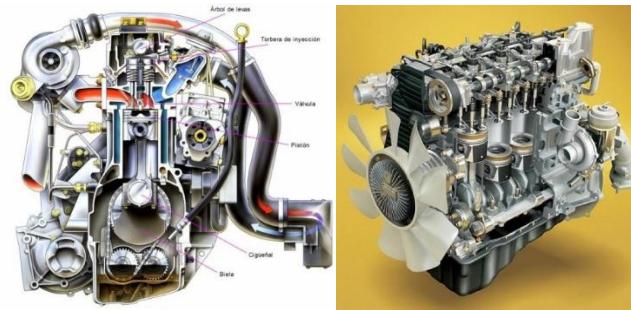
21

3.3.2 Motor Diesel

Se caracterizan por un elevado rendimiento termodinámico propiciado en gran medida porque la expansión provocada por la inflamación del combustible es relativamente constante durante toda la carrera del pistón, a diferencia de los motores de gasolina o de explosión.

Debido a los elevados índices de compresión necesarios para que la mezcla de aire y combustible arda espontáneamente sólo con la compresión, estos motores necesitan una construcción muy robusta, lo que los hace más pesados que un motor de gasolina de prestaciones equivalentes.

Debido al mayor peso de sus componentes y a la relativa baja velocidad a la que se expande la combustión, estos motores funcionan a regímenes relativamente bajos.



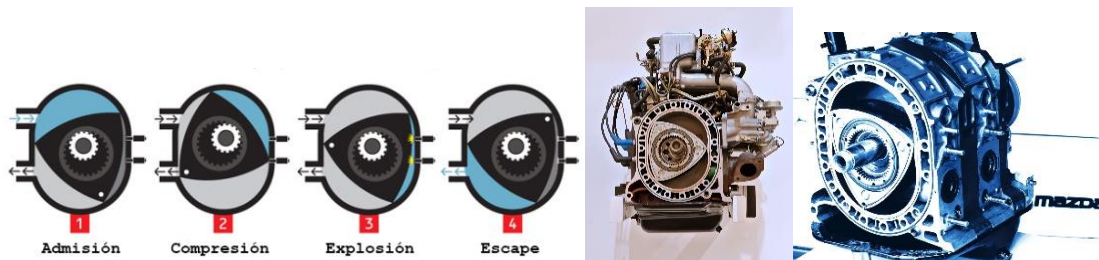
Ilustraciones 27 y 28: Motor Diesel

3.3.3 Motor Wankel (rotativo): Un motor rotativo o Wankel es un motor de combustión interna que funciona de una manera completamente diferente a los motores alternativos.

Es un motor rotativo de cuatro tiempos, pero en zonas distintas del estator o bloque, con el pistón moviéndose sin detenciones de un tiempo a otro. Más concretamente, la envolvente es una cavidad con forma de 8, dentro de la cual se encuentra un rotor triangular o triángulo-lobular que realiza un giro de centro variable (rotor excéntrico). Este pistón transmite su movimiento rotatorio a un eje cigüeñal que se encuentra en su interior, y que gira ya con un centro único.

Al igual que un motor de pistones, el rotativo utiliza la presión producida por la combustión de la mezcla aire-combustible. La diferencia radica en que esta presión está contenida en la cámara formada por una parte de la envolvente o estator y cerrada por uno de los lados del rotor triangular, que en este tipo de motor reemplaza a los pistones. Estos motores, en su mayoría, desarrollan una mayor potencia que los cilíndricos debido a una mayor compresión aero-explosiva, por ejemplo, un 2 rotor equivale en potencia a un 6 cilindros de motor convencional.

El rotor sigue un recorrido en el que mantiene sus 3 vértices en contacto con el "estator" o "epitrocoide", delimitando así tres compartimentos separados de mezcla. A medida que el rotor gira dentro de la cámara, cada uno de los 3 volúmenes se expande y contrae alternativamente; es esta expansión-contracción la que aspira el aire y el combustible. Hacia el motor, comprime la mezcla, extrae su energía expansiva y luego expulsa los gases quemados hacia el escape.



Ilustraciones 29, 30 y 31: Motor Wankel (rotativo)

3.3.4 Motor eléctrico: Es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.



Ilustración 32: Motor eléctrico

3.3.5 Motor corriente continua: Es una máquina con la capacidad de convertir energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico a través de fuerzas electromagnéticas.

El motor de corriente continua funciona gracias al poder del magnetismo, aprovechando las fuerzas de atracción y repulsión de los polos con el fin de crear movimientos de rotación.

Este dispositivo emplea un rotor con dos polos magnéticos que interactúan de manera constante con un estator con polo N y un fijo de polo S; el rotor gira sobre su eje y gracias a la repulsión y atracción de sus propios polos con los del estator, se produce un movimiento constante.



Ilustración 33: Motor corriente continua

3.3.6 Motor corriente alterna: Un motor de corriente alterna (CA) es un tipo de motor eléctrico que funciona utilizando corriente alterna, donde la electricidad cambia de

dirección periódicamente, lo que produce un campo magnético variable en el estator del motor. Este campo magnético induce una corriente en el rotor, generando un par de fuerza que permite que el rotor gire. Los motores de CA suelen ser preferidos en aplicaciones industriales y domésticas debido a su durabilidad, bajo costo y eficiencia en la transmisión de energía a largas distancias. Hay varios tipos de motores de CA, siendo los más comunes el motor de inducción (asincrónico) y el motor síncrono, que se utilizan según las necesidades de velocidad y par de la aplicación.



Ilustración 34: Motor Corriente alterna

3.4 Sistemas de funcionamiento de un bus

3.4.1 Sistema de dirección: El sistema de dirección de un automóvil tiene la misión de orientar las ruedas delanteras del carro, de acuerdo con la "instrucción" que desde el volante le dé su conductor de dirigirse a izquierda, derecha o seguir en línea recta. El sistema de dirección está compuesto por una serie de elementos que funcionan del siguiente modo: el conductor controla la trayectoria del automóvil por medio del volante, lo que accionará la barra de dirección, que es la encargada de unirlo a la caja de dirección. Una vez la caja de dirección recibe el movimiento, por medio de los engranajes lo transmite a las ruedas.



Ilustración 35: Sistema de dirección

3.4.1.1 Tipos de dirección

3.4.1.1.1 Sistema de bolas recirculantes: Lo solemos encontrar en vehículos pesados, buses y camiones. Recibe ese nombre ya que se compone de unas esferas encargadas de facilitar el movimiento suavizándolo. Lleva un gran tornillo que gira sobre sí mismo para desplazar los engranajes dentro de una caja con valvulina.

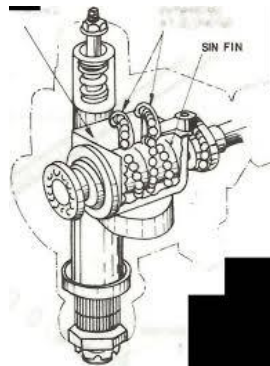


Ilustración 36: Sistema de bolas recirculantes

3.4.1.1.2 Sistema de cremallera: Es más sencillo, cuenta con un piñón que gira a derecha o izquierda sobre el riel o cremallera dentro de un lubricante graso, para proteger el desgaste acelerado de los distintos componentes del sistema.

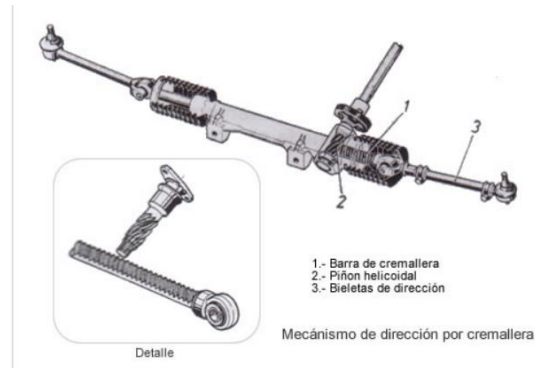


Ilustración 37: Sistema de cremallera

3.4.1.1.3 Sistema de dirección hidráulico: La bomba que acciona este mecanismo es puesta en marcha por el motor gracias a una correa que viene del cigüeñal facilitando así el movimiento de las llantas. Cuenta con un tanque de almacenamiento que distribuye un aceite especial que es activado por la bomba.

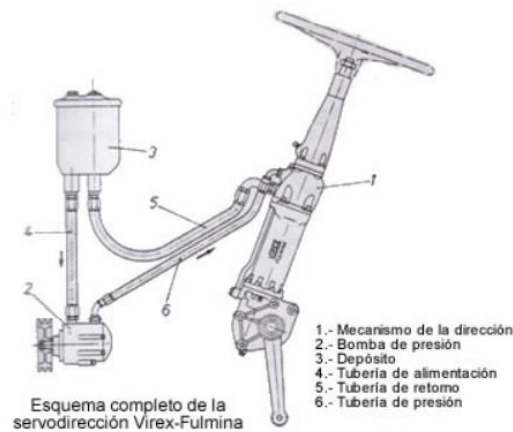


Ilustración 38: Sistema de dirección hidráulico

3.4.1.1.4 Sistema de dirección electrohidráulico: En este caso, la diferencia con el sistema hidráulico recae en que la fuerza que mueve la bomba viene de un motor eléctrico independiente en lugar del propio motor del vehículo, así no resta potencia al motor, por lo que es ideal para automóviles de baja cilindrada. Además, permite ajustar la dureza del sistema de dirección electrónicamente.

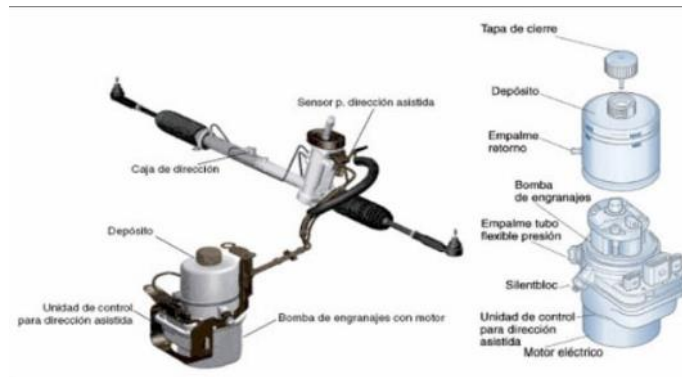


Ilustración 39: Sistema de dirección electrohidráulico

3.4.2 Sistemas de suspensión: Es el sistema intermedio entre las ruedas y el chasis que proporciona estabilidad, absorbe las irregularidades del camino y mantiene las ruedas siempre en contacto con el terreno. Dicho de otro modo, cuando la llanta realiza algún movimiento, el sistema de suspensión ofrece un equilibrio dinámico, se ajusta y compensa según las variaciones y las condiciones de la marcha.

Sin el sistema de suspensión, el chasis del vehículo estaría unido directamente a los ejes y a las ruedas. Entonces, la mínima irregularidad del terreno provocaría golpes bruscos que resultarían incómodos para los pasajeros y dañarían el propio vehículo. Para evitarlo, es necesaria la suspensión.

Función y características: Realiza una función doble: proporciona comodidad a los pasajeros y contribuye a mejorar la estabilidad. Pues bien, una avería en alguno de sus componentes que no se resuelva de inmediato, tendrá repercusiones sobre todo el sistema.

- Mantener de manera uniforme y perfecta la altura del coche.
- Soportar el peso de la carrocería o masa suspendida.
- Absorber las vibraciones producidas por la conducción a través de los elementos elásticos.
- Disminuir significativamente el efecto de los impactos sobre el vehículo al desplazarse, aislando las irregularidades y evitando daños en la carrocería y el chasis.
- Mantener las llantas alineadas y en continuo contacto con la carretera.
- Ofrecer estabilidad y confort reduciendo los impactos del camino.
- Ayudar a mantener la estabilidad en las curvas.



Ilustración 40: Sistemas de suspensión

3.4.2.1 Tipos de suspensión

Los dos tipos más importantes son la suspensión independiente y la dependiente. Dentro de la suspensión dependiente se encuentran las de eje rígido, de torsión o de Dion. En cuanto a las suspensiones independientes, cada rueda está aislada del resto.

3.4.2.1.1 Suspensión mecánica: La suspensión mecánica es la más tradicional e incluye los neumáticos, las ballestas o muelles y los amortiguadores. El sistema va instalado de manera que las ruedas delanteras comparten un mismo sistema de suspensión, igual que ocurre con la suspensión trasera.

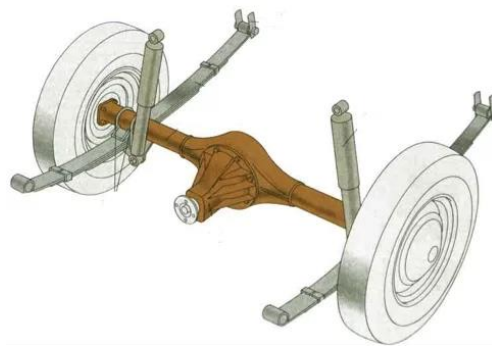


Ilustración 41: Suspensión mecánica

3.4.2.1.2 Suspensiones conjugadas: En este sistema de suspensión, las ruedas delanteras y traseras de un mismo lateral van comunicadas. Se reparten las vibraciones para reducir los daños, consiguiendo así una mejor estabilidad del vehículo y, por ende, una mayor comodidad para los pasajeros.

3.4.2.1.3 Suspensiones de flexibilidad variable: La rigidez de la suspensión varía dependiendo de la carga del vehículo. Así, cuando se encuentra cargado la suspensión cederá, por lo que el chasis del vehículo podría acercarse demasiado a la carretera y dañarse.

Para solucionar esto se utilizan suspensiones con flexibilidad variable, aumentando la rigidez si el vehículo va cargado y siendo más blanda si el vehículo está vacío. Se utilizan este tipo de suspensiones en vehículos destinados al transporte de mercancías.

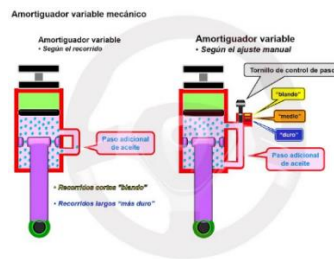


Ilustración 42: Suspensión de flexibilidad variable

3.4.2.1.4 Suspensión regulable: Las suspensiones con amortiguación controlada hacen que se pueda modificar la rigidez de la suspensión en función del tipo de carretera, ofreciendo así diferentes niveles de amortiguación.

Esto es posible gracias a unas electroválvulas, que permiten modificar el paso de aceite a las cámaras, de manera que se ajuste la rigidez por medio de un calculador electrónico.

Gracias a la acción de este calculador electrónico, las electroválvulas reciben información sobre la velocidad, la activación del sistema de frenado, las aceleraciones., etc.

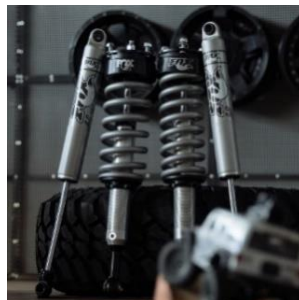


Ilustración 43: Suspensión regulable

3.4.2.1.5 Sistema de suspensión neumática: La suspensión neumática sustituye los muelles o ballestas por cámaras acopladas a cada rueda. De este modo, se producen movimientos verticales en las ruedas que sirven de amortiguación. Este tipo de suspensión suele ser también de flexibilidad variable.



Ilustración 44: Sistema de suspensión neumática

3.4.2.1.6 Suspensión hidráulica: La suspensión hidráulica utiliza un sistema de aceite para sustituir a los muelles o ballestas propios de la suspensión mecánica. Además, se basa en la resistencia del fluido ante el paso de un orificio de manera que, cuando se comprime el cilindro por las irregularidades de la carretera, el amortiguador actúa como un freno ante los golpes bruscos.

El amortiguador con este sistema lleva un pistón dividido en dos cámaras de aceite comunicadas a través de una válvula con un orificio. Cuando se comprime el cilindro, el pistón sube y el aceite contenido en las cámaras también sube hasta topar con la válvula; al bajar, lo hace de manera suave y progresiva. Así, la subida y la bajada de la rueda es apenas perceptible.



Ilustración 45: Suspensión hidráulica

3.4.2.1.7 Sistema de suspensión hidroneumática: Este sistema de suspensión combina algunos elementos de las suspensiones hidráulicas y otros de las neumáticas. Cada rueda va instalada sobre un brazo oscilante unido al pistón a través de una barra, de modo que pueda producirse el deslizamiento vertical dentro del cilindro.

En la parte superior del cilindro hay una esfera de metal con gas comprimido y aceite especial por debajo. Cuando la rueda sube por las fluctuaciones del terreno el pistón también sube, presionando el aceite del cilindro para que pase por las válvulas hasta llegar a la cámara inferior, comprimiendo así el gas.

Cuando la rueda baja, deja de comprimir el aceite y vuelve a su estado inicial, impidiendo que suba de nuevo el pistón. Por lo tanto, las válvulas funcionan como amortiguadores impidiendo el nuevo paso del aceite.

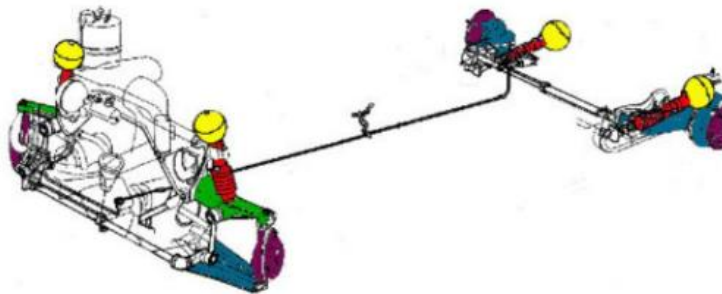


Ilustración 46: Sistema de suspensión hidroneumática

3.4.2.1.8 Suspensión McPherson: Es la más utilizada y conocida en la actualidad. Este sistema fue ideado por Earle S. McPherson en los años 40 y patentado por la compañía Ford en 1953. Actualmente, se utiliza en el eje delantero de la mayoría de los coches.

La aparición de la suspensión McPherson supuso la reducción de la masa suspendida del coche, mejoras de apoyo de las ruedas contra el suelo y una reducción del volumen y peso del sistema.

El amortiguador y el muelle son los que absorben los baches y mantienen la rueda en su lugar gracias a la mangueta.

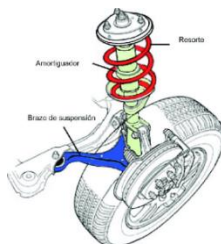


Ilustración 47: Suspensión McPherson

3.4.2.1.9 Suspensión electromagnética: En este tipo de suspensión, cada rueda tiene un motor y sensores que avisan al motor de las irregularidades del terreno para que actúe. Al recibir la información de los sensores, los motores reaccionan frente a los baches, golpes o derrapes.

Los motores empujan la rueda hacia abajo ante impactos, proporcionando una suspensión fiable. Superadas las irregularidades del terreno, la rueda vuelve a su altura normal.

En la actualidad, es la suspensión que mayor confort ofrece y la más costosa. Sin embargo, es el tipo de suspensión de mayor durabilidad pues, al tener motores independientes entre sí, no requiere desarmar el sistema entero si se avería. Suele emplearse en vehículos gama alta, modelos nuevos y camionetas 4×4 que requieren una suspensión duradera y eficaz.



Ilustración 48: Suspensión electromagnética

3.5 TRANSMISIÓN

3.5.1 ¿Qué es el sistema de transmisión?

El sistema de transmisión es un conjunto de piezas que transmiten la potencia generada por el motor directamente hacia las ruedas, para que el vehículo pueda desplazarse; dicho de otra manera, es el instrumento encargado de transformar la energía térmica en energía mecánica, para que se produzca el movimiento. Durante este proceso, el par motor se adapta a las necesidades de conducción, determinadas por unas condiciones de marcha que varían en función de la velocidad, del tipo de carretera y de la carga.



Ilustración 49: Transmisión

3.5.2 ¿Cómo funciona la transmisión de un auto y qué elementos la conforman?

Para saber cómo funciona la transmisión de un auto es necesario conocer los distintos elementos que la conforman, además de la manera en que se interrelacionan, ya que, como en todo engranaje, estos componentes deben trabajar de forma conjunta y coordinada. Embrague: esta pieza, ubicada entre la caja de velocidades y el motor, se acopla o desacopla del volante bimasa cada vez que pisas el pedal, permitiéndote desconectar la transmisión del motor, para lograr un cambio de marcha y arranque progresivo. Caja de cambios o de velocidades: esta puede ser automática o manual y se encuentra entre el embrague y el eje motriz. Es la que hace que puedas modificar la velocidad de giro del propulsor mediante el cambio de marcha. Árbol de transmisión: incorporado solo en los prototipos que llevan el motor en un eje distinto al de las ruedas que mueve, tiene la función de transmitir hacia el eje motriz, el movimiento procedente de la caja de cambios. Diferencial: compatibiliza el movimiento giratorio con los ejes de las ruedas, facilitando el movimiento lineal, tras hacerlo pasar de un eje longitudinal a un eje transversal, y en curvas, al dejar que sus ruedas exteriores giren más que las interiores. Palieres: conocidos también como semiárboles de transmisión,

son unas barras que giran con la misma orientación de las ruedas motrices, y tienen la no menos prominente tarea de transmitir hacia éstas el movimiento que sale del diferencial.

3.5.3 Tipos de transmisión

3.5.3.1 Transmisión manual: Es la transmisión más común y conocida en los vehículos; regularmente tiene 5 o 6 velocidades, el conductor debe realizar los cambios de manera física y correctamente para no dañar la caja de velocidades. Consta de una palanca al centro, la cual puede mover a cualquier lado y un pedal de embrague, mejor conocido como clutch, el cual acopla uno de sus engranes, dependiendo de la demanda en las revoluciones del motor; esta acción se conoce como cambio de velocidad. Las componentes principales son: Embrague. Es el encargado de transmitir la potencia generada del motor a las llantas, para acoplar o desacoplar los cambios de velocidades. Caja de velocidades. En este mecanismo se encuentran los engranes (piñones) encargados de la marcha del vehículo. Árbol de transmisión. Es un eje giratorio que transmite la potencia generada por el momento de giro al diferencial. Diferencial. Es un elemento mecánico encargado de convertir la rotación del árbol de transmisión hacia las llantas, permitiendo así la tracción de estas.



Ilustración 50: Transmisión manual

3.5.3.2 Transmisión Automática: Las transmisiones automáticas son las más comunes en estos tiempos, ya que son fáciles para la conducción, no cuentan con un clutch o pedal de embrague y son generalmente para automóviles de alto rendimiento. En este tipo de transmisiones, solo es necesario pisar el pedal del acelerador para que automáticamente se realice el cambio de velocidad, dependiendo de las revoluciones del motor. Se puede ahorrar combustible con esta transmisión, ya que se cuenta con un número elevado de velocidades, que van de 5 hasta 10 o más; esto evita que el motor se revolucione o fuerce demasiado y el consumo de combustible sea menor. Mientras más engranes se van añadiendo a una transmisión, el consumo de combustible disminuye. En una transmisión automática de 6 velocidades, se mejora la eficiencia un 2%, mientras que una de 8 velocidades mejora de 3% a 4% con respecto a la transmisión manual. Estas transmisiones añaden un “convertidor de par” en lugar de tener un pedal de embrague; el convertidor es un acoplador hidráulico, que conecta al motor con la transmisión, para que se genere el movimiento en las ruedas del automóvil. Un elemento fundamental en esta transmisión es la bomba de aceite, encargada de suministrar el fluido necesario (aceite), dependiendo de la demanda del motor: a mayores revoluciones, mayor será el suministro de aceite a los engranes para ser lubricados, permitiendo su movimiento. Se tiene un engrane “planetario”, que se encarga de generar diferentes relaciones de cambio.

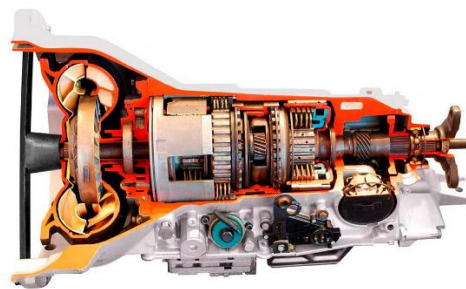


Ilustración 51 y 52: Transmisión automática

3.5.3.3 Transmisión CVT (continuous variable transmission) Transmisión continuamente variable: Esta transmisión es la más innovadora, puesto que no está compuesta de engranes. Consta de poleas con diámetros variables y una correa metálica o de acero. Mientras se empieza a acelerar, la correa metálica va tomando innitas posiciones respecto al diámetro variable de la polea, dependiendo de la carga que se le esté dando al motor; en este caso, no se tienen cambios de velocidad como en las manuales o automáticas. Es una caja de transmisión más económica, debido a que no cuenta con la complejidad de una automática o manual y/o todos sus componentes. La potencia producida siempre es óptima, lo que genera un consumo de combustible menor. La reducción del consumo de combustible en una CVT puede variar, dependiendo del tamaño del motor; la reducción en el consumo va de 1% hasta 7%, comparado con una transmisión automática de cuatro velocidades.



Ilustración 53: Transmisión CVT

3.5.3.4 Trasmisión Semiautomática: Es una caja manual, pero sin tener un pedal para el clutch. Se trata de una transmisión “automatizada”, en la que se usa un sistema de control electrónico para que se acople el embrague mecánico y se hagan los cambios. Se tiene una pequeña palanca para hacer cambios hacia arriba o abajo o, de igual manera, se CONUEE MOVILIDAD Y TRANSPORTE pueden tener paletas a las orillas del volante para ir ascendente o descendente en las velocidades.

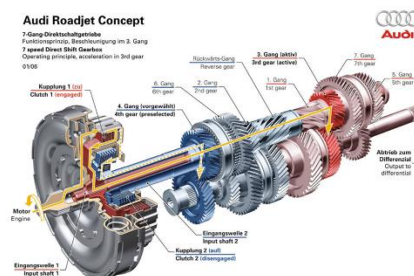


Ilustración 54: Transmisión semiautomática

3.5.3.5 Transmisión de Doble embrague: Son cajas de transmisión que cuentan con un doble clutch o embrague. Estas transmisiones son “automatizadas”, es decir, usan servos y motores eléctricos para hacer los cambios de velocidad. Los embragues van separados y existe uno para los números de velocidades pares y otro para los impares. El funcionamiento es simple: se tiene siempre acoplado un embrague en la transmisión y, de esta manera, los cambios se realizan de forma más rápida que en una transmisión manual. Mientras un embrague está trabajando en una velocidad, el otro ya está acoplado en la siguiente; así, no se tiene que desacoplar el embrague, hacer el cambio y volver a acoplar. Por ejemplo, si estamos en 3.a velocidad, el segundo embrague ya está acoplado en 4.a, así se realiza inmediatamente el cambio de velocidad. Una transmisión de 6 velocidades de doble embrague puede ahorrar entre 6% y 9% de combustible, comparada con una automática de 4 velocidades, y de 3% a 4%, con una automática de 6 velocidades.

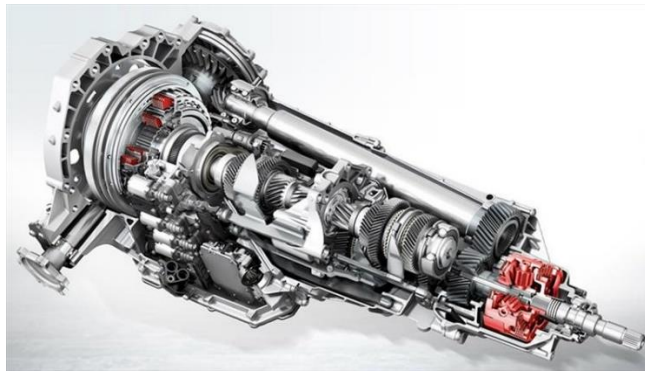


Ilustración 55: Transmisión de doble embrague

3.6 SISTEMA DE FRENOS

3.6.1 ¿Qué es el sistema de frenos?

Es el encargado de reducir o detener el movimiento de un vehículo. Así, el sistema de frenos actúa sobre las ruedas, los elementos en contacto con el suelo, convirtiendo la energía cinética del vehículo en calor debido a la fricción. Gracias a esto, con solo pisar el pedal del freno reducimos la velocidad del coche o lo detenemos por completo.

3.6.2 Tipos de sistemas de frenado:

3.6.2.1 Freno de tambor

También conocidos como frenos de campana, fueron inventados alrededor del año 1900 por Wilhelm Maybach. Aunque es común encontrarlo en vehículos pesados, muchos vehículos usan regularmente este tipo de sistema en las ruedas traseras.

El freno de tambor es sellado y consta de dos partes principales: la parte estática, pegada a la rueda, se llama tambor, y la parte en movimiento se denomina plato trasero, la cual está atada al chasis del vehículo.

El tambor está hecho por lo general de hierro reforzado, el cual disipa bien el calor y es resistente al desgaste.

Por otro lado, el plato trasero contiene todos los componentes para que el freno de tambor funcione:

- **Zapatas de freno:** Son unos marcos de acero equipados con material friccionante en la parte externa.
- **Cilindro de rueda:** Está conectado al sistema hidráulico. Contiene pistones en su interior los cuales son empujados hacia el exterior, hacia las zapatas de freno, por la presión hidráulica al ser presionado el pedal del freno.
- **Resorte de tensión:** Se encarga de regresar a su sitio inicial a las zapatas de freno, una vez se deja de presionar el pedal del freno.

- **Ajustador:** Este mecanismo autoajustable reduce el espacio que va quedando al desgastarse las zapatas de freno, manteniendo así una sensación constante de respuesta al frenar y al pisar el pedal del freno.

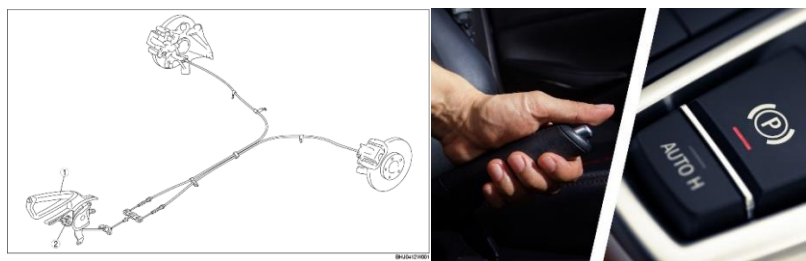


Ilustraciones 56 y 57: Freno de tambor

3.6.2.2 Freno de mano: Puede haber diferentes tipos (cable, electrónico e hidráulico). En este caso, al activarse el freno de mano, se tensiona el cable el cual presiona las zapatas de freno contra el tambor. Un trinquete en el freno de mano mantiene la tensión hasta que es liberada, lo que hace regresar las zapatas a su lugar.

Este funciona al presionar el pedal del freno, el líquido hidráulico transporta la presión viajando a través de cables hasta el cilindro de rueda, el cual empuja sus pistones hacia el exterior para presionar a las zapatas de ruedas contra el tambor. Una vez se libera la presión del pedal del freno, los pistones del cilindro de rueda regresan a su lugar y el resorte de tensión devuelve las zapatas de rueda a su sitio inicial.

Aunque el freno de tambor es efectivo al momento de detener el vehículo, tiene un problema ante condiciones intensas y de frenado frecuente: se calienta demasiado, a tal nivel que no es posible transformar más el movimiento en calor, y por lo tanto, se pierde la efectividad al frenar, lo que resulta peligroso.



Ilustraciones 58 y 59: Freno de mano

3.6.2.3 Freno de disco

Su característica principal es el diseño enfocado en la ventilación para el enfriamiento de la superficie del área de fricción, en este caso, el disco. Fue inventado a mediados de la década de los años 80, el freno de disco es usado en la gran mayoría de vehículos, sea en todas las ruedas o solo en las delanteras. Su parte móvil es el disco de freno y su parte estática es el caliper o pinza de freno.

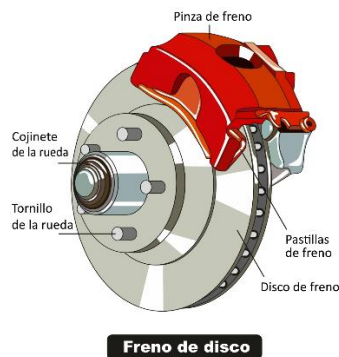
El freno de disco está conformado por varias piezas:

- **Montaje del cubo de rueda:** Está atado al chasis del vehículo, y sostiene el disco de freno y la rueda. Cuentan con un rodamiento en su interior que permite que el disco y la rueda puedan rotar suavemente.
- **Disco de freno o rotor:** Consiste en dos platos redondos metálicos unidos, y cuentan con un sistema de ventilación en su interior. Algunos discos tienen agujeros para que circule mejor el aire entre ellos.
- **Las pastillas de freno:** Estas son presionadas contra el disco, lo que crea fricción y detiene el movimiento de la rueda. Como bien sabemos, la fricción produce altos niveles de temperatura, pero el sistema de ventilación ayuda a reducir esto al contribuir a la circulación del aire, lo que enfría el disco.
- **Caliper o pinza de freno:** Contiene el mecanismo para apretar las pastillas de freno contra el disco. Lo componen el cuerpo del caliper o pinza de freno, el portacaliper y las pastillas de freno.

Este funciona al presionar el pedal del freno, activando la varilla de empuje el cual se encarga a su vez, de activar el pistón que genera presión hidráulica con el líquido de freno. Este viaja a través de las líneas hidráulicas hasta llegar al cuerpo del caliper. La presión hidráulica empuja entonces el pistón hacia fuera, forzando las pastillas de freno contra el disco.

Primero, el pistón empuja la pastilla de freno interna contra la parte interna del disco. Luego, llega un punto en el que la pastilla no puede ir más lejos, por lo que la presión hidráulica empuja el cuerpo del caliper y hace que la pastilla de freno externa presione la parte externa del disco, deteniendo el movimiento de la rueda.

Cuando se quita la presión del pedal del freno, el pistón regresa a su lugar, liberando el disco y recuperando nuevamente el movimiento.



Ilustraciones 60 y 61: Freno de disco

3.6.2.4 Frenos con ABS

Los frenos de disco tienen una falla: las ruedas pueden bloquearse al momento de frenar, haciendo que se pierda el control sobre el vehículo. Debido a esto, se creó el sistema antibloqueo o ABS, por sus siglas en inglés.

Básicamente, este sistema está cargado con sensores de velocidad en todas las ruedas, que al identificar que una de ellas está a punto de bloquearse, manda una señal a la válvula moduladora para liberar parcialmente el freno. De esta manera, la rueda puede girar intermitentemente durante el frenado, lo que da mayor maniobrabilidad y mejor tiempo de respuesta al frenar.



Ilustraciones 62 y 63: Frenos con ABS

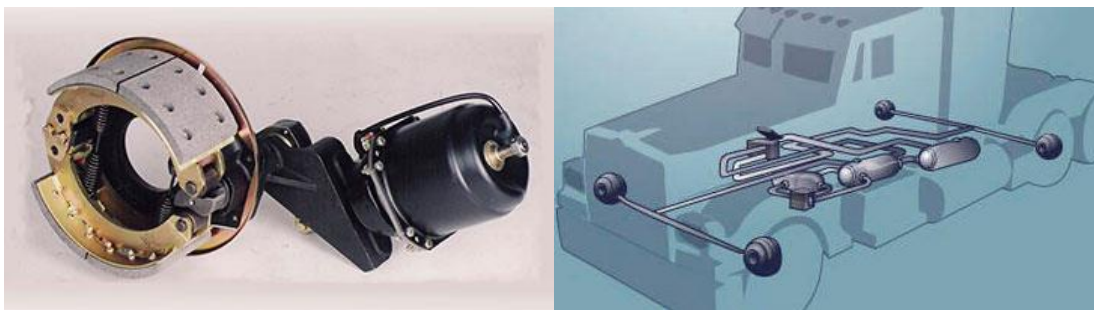
3.6.2.5 Frenos de aire (neumáticos)

Los frenos de aire son un tipo de sistema de frenado que utiliza aire comprimido para aplicar presión a las zapatas de freno, deteniendo el vehículo. Este sistema es esencial en vehículos grandes y pesados como camiones, autobuses y trenes debido a su fiabilidad y capacidad de proporcionar una mayor fuerza de frenado en comparación con los frenos hidráulicos convencionales.

El sistema de frenos de aire funciona mediante el uso de un compresor que genera aire comprimido, almacenado en tanques. Cuando el conductor presiona el pedal de freno, el aire comprimido se libera a través de válvulas y tuberías hacia las cámaras de freno, aplicando presión a las zapatas de freno y desacelerando el vehículo.

El freno de aire está conformado por varias piezas:

- **Compresor de aire:** Genera el aire comprimido necesario.
- **Tanques de aire:** Almacenan el aire comprimido.
- **Válvulas de control:** Regulan la distribución del aire.
- **Cámaras de freno:** Convierten la presión de aire en fuerza mecánica.
- **Zapatas y tambores de freno:** Partes que se presionan entre sí para crear fricción y detener el vehículo.



Ilustraciones 64 y 65: Frenos de aire (neumáticos)

3.7 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico del automóvil es fundamental para el funcionamiento del vehículo. Está formado por un conjunto de elementos y sistemas que proporcionan energía eléctrica a cualquier otro sistema o sensor que requiera de este tipo de energía para su funcionamiento. También gestiona el módulo de control del motor o UCE (Unidad de Control Eléctrico).

El sistema eléctrico del automóvil es el encargado de repartir alimentación hacia todo el coche, sin el que no se podría arrancar el vehículo o encender las luces. Está formado por:

- Unidad de Control Electrónico (UCE)
- Sistema de generación y almacenamiento.
- El Sistema de encendido.
- Sistema de arranque.
- El Sistema de inyección de gasolina.
- Sistema de iluminación.
- Instrumentos de control.

3.7.1 Unidad de control electrónico (UCE).

Las UCEs son pequeños dispositivos distribuidos por el vehículo que controlan una función determinada del mismo. Un automóvil puede tener más de 100 UCEs instaladas.

Las Unidades de control Electrónico reciben, dependiendo de su función, entradas de algunos elementos del vehículo. En ese caso, se comunica con los actuadores y realiza una determinada acción basada en dicha acción. Por ejemplo, la UCE que controla el airbag, recibe entradas de los sensores de choque y de los asientos para saber cuál de ellos está ocupado por un pasajero. En ese momento, la unidad se comunica con los actuadores y decide que airbag debe desplegar, en función de que asientos estén ocupados y da el orden de desplegarlos.

Las Unidades de control Electrónico del Sistema eléctrico electromotriz tienen diversas funciones:

- Controles esenciales: del motor y de la dirección asistida
- Acceso y seguridad: controla las cerraduras de las puertas o los novedosos sistemas de apertura sin llave.
- Sistemas para la comodidad: elevalunas eléctricos, regulación de asientos y retrovisores, etc.
- Los sistemas de seguridad pasiva: control de los airbags, pretensores del cinturón de seguridad, etc.
- Sistemas de seguridad activa como los ADAS (frenado predictivo, asistente de carril, etc.)



Ilustración 66: Unidad de control electrónico (ECU)

3.7.2 Sensores y actuadores.

Los sensores y los actuadores son componentes fundamentales del sistema eléctrico de un vehículo. Los sensores se encargan de medir y detectar las condiciones físicas del entorno, como la temperatura, la presión, la velocidad, el nivel de combustible, etc. Los actuadores son dispositivos que transforman una señal eléctrica en una acción mecánica, como abrir o cerrar una válvula, mover un motor, encender o apagar una luz, etc.

Los sensores y los actuadores se comunican con una unidad de control electrónico (ECU) que procesa la información y envía las órdenes adecuadas para optimizar el funcionamiento del vehículo. Por ejemplo, si el sensor de temperatura detecta que el motor está demasiado caliente, la ECU puede enviar una señal al actuador que abre el circuito de refrigeración. De esta forma, se evitan posibles averías o daños en el motor.

Los sensores y los actuadores del sistema eléctrico de un vehículo deben estar bien calibrados y sincronizados para garantizar la seguridad, el confort y la eficiencia del vehículo. Para ello, es necesario realizar un mantenimiento periódico y una revisión profesional de estos componentes. Así, se pueden detectar y corregir posibles fallos o anomalías que puedan afectar al rendimiento del vehículo o poner en riesgo a los ocupantes.

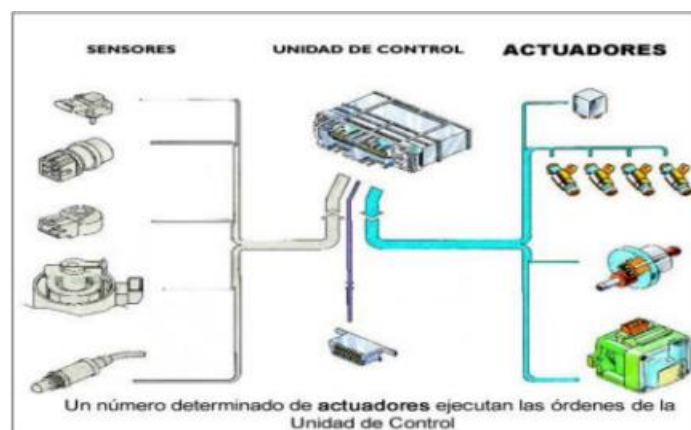


Ilustración 67: Sensores y actuadores

3.7.3 Sistema de Generación y Almacenamiento.

Este subsistema del sistema eléctrico del automóvil está constituido comúnmente por cuatro componentes; el generador, el regulador de voltaje, que puede estar como elemento independiente o incluido en el generador, la batería de acumuladores y el interruptor de la excitación del generador.

El borne negativo de la batería de acumuladores está conectado a tierra para que todos los circuitos del sistema se cierren por esa vía. Del borne positivo sale un conductor grueso que se conecta a la salida del generador, por este conductor circulará la corriente de carga de la batería producida por el generador. Esta corriente en los generadores modernos puede estar en el orden de 100 amperios. De este cable parte uno para el indicador de la carga de la batería en el tablero de instrumentos, generalmente un voltímetro en los vehículos actuales. Este indicador mostrará al conductor el estado de trabajo del sistema. Desde el borne positivo de la batería también se alimenta, a través de un fusible, el interruptor del encendido.

Cuando se conecta este interruptor se establece la corriente de excitación del generador y se pone en marcha el motor, la corriente de excitación será regulada para garantizar un valor preestablecido y estable en el voltaje de salida del generador. Este valor preestablecido corresponde al máximo valor del voltaje nominal del acumulador durante la carga, de modo que cuando este, esté completamente cargado, no circule alta corriente por él y así protegerlo de sobrecarga.



Ilustración 68: Sistema de generación y almacenamiento

3.7.4 Sistema de Encendido.

Es el sistema necesario e independiente capaz de producir el encendido de la mezcla de combustible y aire dentro del cilindro en los motores de gasolina o LPG, conocidos también como motores de encendido por chispa, ya que en el motor Diesel la propia naturaleza de la formación de la mezcla produce su autoencendido.

El sistema de encendido de un vehículo es crucial para iniciar y mantener el funcionamiento del motor. Aquí están los elementos principales que componen este sistema:

- Batería (5): La batería proporciona la energía eléctrica necesaria para el sistema de encendido.
- Interruptor de encendido (4): Controla la conexión y desconexión del encendido.
- Bobina de encendido (1): Transforma la corriente de la batería en una chispa de alta tensión para encender las bujías.
- Bujías (2): Generan la chispa que enciende la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión.
- Motor de arranque (3): Mueve el motor de cuatro tiempos para iniciar las fases de admisión, compresión, expansión y escape.
- Sensores del árbol de levas y el cigüeñal (6 y 7): Detectan la posición de los pistones y sincronizan el encendido.

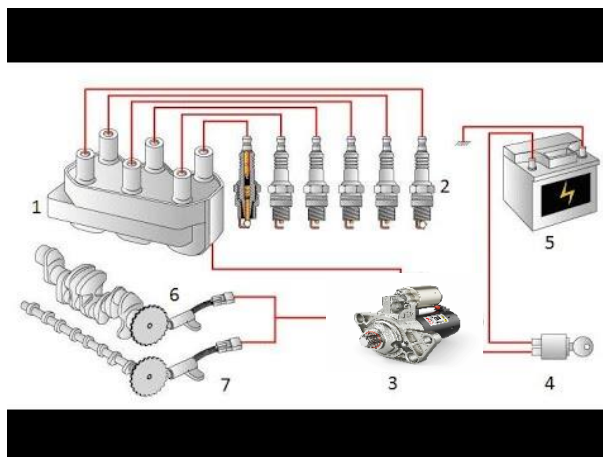


Ilustración 69: Sistema de encendido

3.7.5 Motor de arranque.

En la actualidad todos los automóviles llevan incorporado el **motor eléctrico de arranque**, que ofrece unas prestaciones extraordinarias. El circuito eléctrico de arranque consta de batería, interruptor de arranque, conmutador y motor.

El motor de arranque se basa en el principio de inducción electromagnética. No requiere conmutación mecánica aparte de su excitación. Fue desarrollado por Nikola Tesla y permite que el motor arranque de manera eficiente.

El **motor de arranque** es un componente esencial en los vehículos. Su función principal es **iniciar el motor de combustión interna** para que el vehículo pueda ponerse en marcha.

Funcionamiento del motor de arranque:

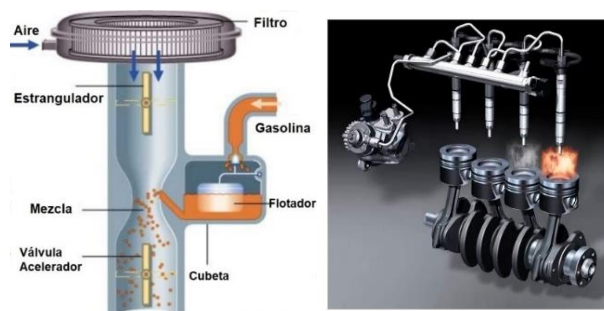
- Cuando giras la llave de encendido o presionas el botón de arranque, se envía una señal eléctrica al **solenoid**.
- El solenoide se activa y transmite la corriente eléctrica al **motor de arranque**.
- El motor de arranque comienza a girar, generando movimiento en su eje.
- Este movimiento se transmite al **volante motor**, que a su vez hace girar el cigüeñal del motor de combustión interna.
- Una vez que se produce la primera explosión en la cámara de combustión, el motor ya puede trabajar por sí solo, y la función del motor de arranque finaliza.



Ilustración 70: Motor de arranque

3.7.6 Inyección de Gasolina.

Aunque el carburador nacido con el motor, se desarrolló constantemente hasta llegar a ser un complejo compendio de cientos de piezas, que lo convirtieron en un refinado y muy duradero preparador de la mezcla de aire-gasolina para el motor del automóvil en todo el rango de trabajo, no pudo soportar finalmente la presión ejercida por las reglas de limitación de contaminantes emitidas por las entidades gubernamentales de los países más desarrollados y fue dando paso a la inyección de gasolina, comenzada desde la décadas 60-70s principalmente en Alemania, pero que no fue tecnológicamente realizable hasta que no se desarrolló lo suficiente la electrónica miniaturizada.



Ilustraciones 71 y 72: Inyección de gasolina

3.7.7 Sistema de Iluminación.

Cada vez es más frecuente la utilización de circuitos electrónicos de control en el sistema de iluminación del automóvil, de esta forma en un auto actual es frecuente que las luces de carretera se apaguen solas si el conductor se descuida y las deja encendidas cuando abandona el vehículo, o, las luces de cabina estén dotadas de temporizadores para mantenerlas encendidas un tiempo después de cerradas las puertas, y otras muchas, lo que hace muy difícil generalizar. Todos estos circuitos se alimentan a través de fusibles para evitar sobrecalentamiento de los cables en caso de posibles cortocircuitos.

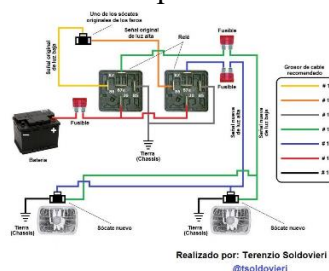


Ilustración 73: Sistema de iluminación

3.7.8 Instrumentos de Control.

El Sistema eléctrico electromotriz también interviene en el tablero de mandos. En todos los automóviles resulta necesario la presencia de ciertos instrumentos o señales de control en el tablero, al alcance de la vista, que permitan al conductor mantener la vigilancia de su funcionamiento con seguridad y cumpliendo con los reglamentos de tránsito vigentes. Aunque es variable el modo de operar y la cantidad de estos indicadores de un vehículo a otro en general pueden clasificarse en cuatro grupos:

- Instrumentos para el control de los índices de funcionamiento técnico del coche.
- Instrumentos para indicar los índices de circulación vial.
- Señales de alarma.
- Señales de alerta.



Ilustración 74: Instrumentos de control

3.8 Tipos de mantenimiento

3.8.1 Correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel que busca reparar los errores, desperfectos o averías que un equipo o herramienta pueda presentar, sin importar si continúa funcionando o no.

Este es el tipo más antiguo de mantenimiento conocido y el único que se aplicaba hasta los tiempos de la Primera Guerra Mundial, dado que en ese entonces las máquinas y herramientas eran lo bastante simples como para sólo esperar a que una falla se manifestara.

Puede entenderse el mantenimiento correctivo como la simple reparación de algo averiado. Dada su naturaleza, su necesidad es imposible de predecir y planificar en el tiempo, de modo que suele implementarse en escenarios de urgencia o incluso de catástrofe, y suele implicar el cambio de piezas y repuestos del equipo, así como la asistencia de personal especializado.

El mantenimiento correctivo puede darse incluso cuando un equipo continúa funcionando, es decir, no siempre debe esperarse al colapso total, y tomando esto en cuenta se suele distinguir entre:

- **El mantenimiento correctivo urgente o no planificado**, que se lleva a cabo bajo un estado de urgencia o emergencia, es decir, como respuesta a un daño o desperfecto que ocurre de improviso y requiere solución inmediata.
- **El mantenimiento correctivo no urgente o planificado**, que implica sólo los casos en que la falla o el desperfecto es descubierto, pero el equipo o la herramienta puede continuar trabajando (generalmente con menor efectividad o con mayores márgenes de riesgo), de modo que la reparación puede realizarse posteriormente.

3.8.1.1 Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo

En líneas generales, el mantenimiento correctivo presenta el siguiente conjunto de ventajas y desventajas:

- **Ventajas:**
 - Permite que el equipo o la máquina continúen funcionando sin necesidad de reemplazarla por otra nueva.

- Tienen casi siempre una solución concreta (de tenerla) que radica en el reemplazo del repuesto adecuado o su reparación.
 - No implica costos extra mientras la falla no se produzca.
 - Suele ser el más común de los mantenimientos.
- **Desventajas:**
 - Permite que el equipo o la máquina continúen funcionando sin necesidad de reemplazarla por otra nueva.
 - Tienen casi siempre una solución concreta (de tenerla) que radica en el reemplazo del repuesto adecuado o su reparación.
 - No implica costos extra mientras la falla no se produzca.
 - Suele ser el más común de los mantenimientos.

3.8.2 Preventivo

Se define como mantenimiento preventivo a la acción de revisar de manera sistemática y bajo ciertos criterios a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc.) para evitar averías ocasionadas por uso, desgaste o paso del tiempo.

El mantenimiento preventivo se adelanta a las averías antes de que ocurran o hace que sean menos graves, por lo que disminuye el gasto en reparaciones y el tiempo en el que los equipos dejan de estar operativos debido a las mismas.

El mantenimiento preventivo es esencial debido a sus múltiples beneficios en diversos campos y áreas de negocio. Por ejemplo, en la industria, la tecnología evita costosos gastos al anticipar problemas y prolonga la vida útil de equipos, además de mejorar la eficiencia y seguridad. También permite realizar una planificación más eficiente del trabajo al reducir el tiempo de inactividad no planificado, conservando recursos y cumpliendo con las regulaciones vigentes.

El mantenimiento preventivo es un enfoque rentable que asegura operaciones confiables, eficientes y seguras, al tiempo que minimiza costos y maximiza la vida útil de los activos.

3.8.2.1 Tipos de mantenimiento preventivo

Existen tres tipos de mantenimientos preventivos y el conjunto de todos ellos forma un plan de mantenimiento; el cuál es indispensable para realizar una labor de mantenimiento de calidad y profesional. Estos son los tres tipos principales de mantenimiento preventivo:

- **Mantenimiento programado:** Se realizan por tiempo, kilómetros u horas de funcionamiento.
- **Mantenimiento predictivo:** Es realizado al final del período estimado máximo de utilización.
- **Mantenimiento de oportunidad:** Se aprovecha el período en el que no se está utilizando el equipo para realizar el mantenimiento y evitar cortes de producción.
- Además, dependiendo del tipo de servicio y equipo al que realizar el mantenimiento también podemos contemplar:
- **Mantenimiento pasivo:** Aplicando medidas de mantenimiento pasivo a nuestro plan de mantenimiento estamos aplicando una capa de seguridad para que el equipo siempre opere en las condiciones físicas excelentes y evitar factores externos como desgaste por condiciones meteorológicas (lluvia, nieve, humedad, calor) o por manipulaciones intencionadas/accidentales.
- **Mantenimiento activo:** Dependiendo de la calidad y tipo de los componentes a realizar el mantenimiento preventivo, deberemos supervisar de manera más asidua el desgaste de estos debido al uso.

Cómo ya hemos comentado anteriormente, la suma de todos estos tipos de mantenimiento da lugar al plan de mantenimiento, que es base para poder ofrecer un servicio de mantenimiento puntual, de calidad y rentable tanto para la empresa receptora como para la empresa que ofrece el servicio.

3.8.3 Predictivo: Es una técnica que utiliza herramientas y técnicas de análisis de datos para detectar anomalías en el funcionamiento y posibles defectos en los equipos y procesos, de modo que puedan solucionarse antes de que sobrevenga el fallo.

El mantenimiento predictivo permite que la frecuencia de mantenimiento sea lo más baja posible. Cuando simplemente se programa el mantenimiento cada cierto tiempo (preventivo), pueden ocurrir dos cosas: o bien se realiza cuando no es necesario —antes de tiempo o tarde—, incurriendo en costes evitables, o bien no es lo bastante frecuente, con el riesgo de que los equipos den fallos. Así pues, el objetivo del mantenimiento predictivo es optimizar el uso de los recursos de mantenimiento.

Para hacer el seguimiento del estado de los equipos y avisar a los técnicos de los próximos fallos, el mantenimiento preventivo cuenta con tres componentes principales:

- **Los sensores y los dispositivos conectados** instalados en las máquinas envían datos sobre el estado y el rendimiento de la máquina en tiempo real gracias a tecnologías del Internet de las Cosas (IoT), que permiten la comunicación entre las máquinas y los sistemas de análisis.
- **Las soluciones de software y el almacenamiento en la nube** (cloud computing) permiten aplicar la minería de datos (data mining) y recopilar y analizar enormes cantidades de datos usando aplicaciones de big data.
- **Los modelos predictivos se alimentan con los datos** procesados y utilizan tecnologías de aprendizaje automático (machine learning) para establecer patrones y comparaciones, elaborar predicciones de fallos y programar el mantenimiento antes de que ocurran.

3.8.3.1 Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo garantiza que un equipo sólo se apague antes de un fallo inminente. Esto reduce los costes operativos, minimiza el tiempo de inactividad y mejora el rendimiento general de la maquinaria. Sin embargo, la inversión en los equipos de monitorización necesarios para este tipo de mantenimiento suele ser elevada, así como el nivel de conocimiento y la experiencia necesarios para interpretar los datos.

3.8.3.2 Técnicas de mantenimiento predictivo (no destructivos).

Hay diversas técnicas ligadas al mantenimiento predictivo y, a continuación, repasamos algunas de ellas:

- **Termografía infrarroja:** Las piezas y los componentes desgastados, incluidos los circuitos electrónicos, suelen emitir más calor de lo normal. Mediante el uso de cámaras de infrarrojos (IR), el personal de mantenimiento es capaz de detectar altas temperaturas (puntos calientes) en los equipos.
- **Monitoreo acústico:** Con los sensores acústicos el personal de mantenimiento puede detectar fugas de gas, líquido o vacíos en los equipos. También se pueden detectar fricciones y tensiones en las máquinas procedentes de rodamientos desgastados o mal lubricados.
- **Análisis de vibraciones:** Permite a los técnicos analizar las vibraciones de una máquina mediante sensores integrados en el equipo. Una máquina que funciona en condiciones óptimas presenta un patrón de vibración concreto, pero cuando los componentes se desgastan las frecuencias de vibración cambia

Capítulo 4: Solución del problema

A modo introducción el principal desafío identificado en la flota de buses de EME Bus Concepción es la ausencia de un plan de mantenimiento total, lo que afecta directamente la seguridad, productividad y confiabilidad de las operaciones. Para abordar esta problemática, la solución propuesta se centra en la creación de una unidad de mantenimiento especializada, que sentará las bases para implementar un plan de mantenimiento integral. Esta unidad permitirá centralizar las actividades de mantenimiento, optimizar los recursos, garantizar la correcta ejecución de tareas preventivas y correctivas, y establecer los cimientos para una gestión técnica eficiente que asegure la continuidad operativa de la flota.

Para comenzar, es necesario explicar que es una unidad de mantenimiento, esta es una estructura, equipo, área o conjunto de recursos destinados específicamente a realizar actividades de mantenimiento dentro de una organización. Su objetivo principal es garantizar que los equipos, instalaciones, maquinarias o sistemas operen de manera eficiente, segura y con la menor cantidad de interrupciones posibles.

El objetivo general de esta unidad de mantenimiento es garantizar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad operativa de la flota de buses de EME Bus mediante la implementación de una unidad de mantenimiento integral, capaz de optimizar los recursos, reducir los tiempos de inactividad y mejorar la calidad del servicio ofrecido.

4.1 Cobertura de la unidad de mantenimiento

Esta unidad abarcará toda la flota de EME Bus, independientemente del modelo o año de fabricación, asegurando una atención equitativa y personalizada a cada unidad en función de sus necesidades.

4.1.1 Ámbitos de mantenimiento: En este se asignarán trabajadores que se encarguen específicamente de las siguientes áreas:

- Mecánico: Motores, sistemas de frenos, transmisión, y suspensión.
- Eléctrico: Circuitos, baterías, sistemas de iluminación.
- Electrónico: Diagnóstico de fallas en sistemas avanzados como ABS, inyección electrónica, telemetría, y conectividad CAN.

4.1.2 Instalaciones: Cobertura en los talleres principales de la empresa y en puntos estratégicos en la ruta, considerando bases en terminales.

4.1.3 Operaciones programadas y emergentes:

- Mantenimiento preventivo: Inspecciones periódicas y reemplazo de componentes críticos.
- Mantenimiento correctivo: Reparación de fallas detectadas durante la operación.
- Asistencia en ruta: Servicio en carretera para atender emergencias técnicas de las unidades.

4.1.4 Gestión de repuestos: Control centralizado del inventario para toda la flota, con acceso a piezas y componentes para garantizar tiempos mínimos de reparación.

4.1.5 Cobertura temporal:

- Incluye buses en operación diaria, buses en reserva, y aquellos que estén en transición (entrada o salida de servicio por renovación).

4.2 Organización de la unidad de mantenimiento

La organización de la unidad de mantenimiento debe estar diseñada para garantizar un funcionamiento eficiente, cubriendo las necesidades específicas de la flota y asegurando la continuidad operativa de los buses. Estructura para plantear:

4.2.1 Estructura Jerárquica Propuesta

- Jefe de Mantenimiento General: Responsable de la gestión global del mantenimiento. Coordina recursos, supervisa al personal y se asegura del cumplimiento de los objetivos.
- Supervisores por Áreas:
 - Supervisor Mecánico: Encargado de los sistemas mecánicos (motores, transmisión, suspensión, frenos).
 - Supervisor Eléctrico/Electrónico: Encargado de los sistemas eléctricos y electrónicos (baterías, iluminación, telemetría).
 - Supervisor de Mantenimiento Preventivo: Gestiona las inspecciones y tareas planificadas para toda la flota.
 - Supervisor de Mantenimiento Correctivo: Coordina las reparaciones emergentes y correctivas.
- Técnicos Especializados:
 - Técnicos en mecánica.
 - Técnicos en electricidad/electrónica.
 - Técnicos en neumática/hidráulica.
- Personal de Apoyo:
 - Encargados de almacén: Gestionan repuestos y materiales.
 - Planificador de mantenimiento: Usa un CMMS para planificar y coordinar actividades.

4.2.2 División de Funciones por Especialidad

- Área Mecánica:
 - Reparación y mantenimiento de motores, transmisiones, frenos y sistemas de suspensión.
 - Revisión y ajuste de sistemas de dirección y ejes.
- Área Eléctrica/Electrónica:
 - Diagnóstico y reparación de sistemas eléctricos (baterías, alternadores, iluminación).
 - Mantenimiento de sistemas electrónicos como ABS, GPS, y telemetría.
- Área Preventiva:
 - Inspección periódica de todos los buses (visual, funcional y técnica).
 - Seguimiento del plan de mantenimiento según kilometraje y tiempo.
- Área Correctiva:
 - Diagnóstico rápido y reparación de fallas en taller o en ruta.
 - Gestión de emergencias para minimizar tiempos de inactividad.

4.2.3 Turnos de Trabajo

Dado que los buses operan en horarios extendidos, la unidad de mantenimiento debe considerar turnos escalonados para cubrir las 24 horas, dividiéndose en:

- Turno diurno: Inspecciones preventivas y reparaciones planificadas.
- Turno nocturno: Reparaciones correctivas para buses que operan durante el día.

4.2.4 flujograma Operacional

El flujo de trabajo podría estructurarse así:

- Detección de Necesidades:
 - Inspecciones programadas (preventivo).
 - Reporte de fallas por conductores o telemetría.
- Diagnóstico Técnico:
 - Supervisores asignan técnicos especializados según la naturaleza del problema.

Ejecución del Mantenimiento:

- Reparación en taller o atención en ruta.

-Verificación y Pruebas:

- Supervisores validan las reparaciones realizadas antes de poner la unidad nuevamente en operación.

-Registro:

- Historial de mantenimiento actualizado en el CMMS.

4.2.5 Indicadores de Desempeño Interno

Para evaluar el funcionamiento interno de la unidad, se pueden implementar los siguientes indicadores:

- Tasa de cumplimiento del mantenimiento preventivo (%).
- Tiempo promedio de reparación (MTTR).
- Tasa de fallas recurrentes en buses (%).
- Disponibilidad operativa de la flota (%).

4.3 Estandarización de proceso

Esto es clave para asegurar que todas las actividades se realicen de manera eficiente, consistente y conforme a las mejores prácticas. Consiste en establecer procedimientos uniformes y documentados para todas las actividades de mantenimiento que se realicen en la flota. Aquí propongo aspectos clave para la estandarización de procesos para la unidad de mantenimiento:

4.3.1 Establecimiento de Procedimientos Operativos Estándar (SOP)

- Definición de tareas estándar para cada tipo de mantenimiento (preventivo, correctivo, predictivo, proactivo).
- Documentación detallada de los pasos a seguir para cada actividad, por ejemplo:
 - Inspección visual de frenos.
 - Cambio de aceite y filtros.
 - Reemplazo de componentes eléctricos.
- Cada procedimiento debe incluir:
 - Objetivo: Qué se busca lograr con la actividad.
 - Alcance: Qué equipos y partes están involucrados.
 - Herramientas necesarias: Equipos y herramientas que se deben utilizar.
 - Tiempo estimado: Duración estimada de la tarea.
 - Seguridad: Instrucciones sobre seguridad y precauciones durante la tarea.

4.3.2 Planificación y Programación de Mantenimiento

- Mantenimiento Preventivo Programado:
 - Establecer intervalos específicos de mantenimiento según el kilometraje, horas de operación, o tiempo (por ejemplo, revisión de frenos cada 10,000 km).

- Utilizar un software CMMS (Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora) para programar automáticamente las actividades preventivas.
- Asignar tareas a técnicos con base en su especialidad y disponibilidad.
- Mantenimiento Correctivo:
 - Definir el proceso para la gestión de emergencias, incluyendo la asignación de prioridades y recursos.
 - Crear listas de repuestos críticos para evitar retrasos en reparaciones.
 - Establecer tiempos de respuesta y criterios para diagnóstico rápido.

4.3.3 Gestión de Repuestos y Materiales

- Inventario centralizado de repuestos comunes a toda la flota (por ejemplo, filtros, aceites, pastillas de freno).
- Procedimiento de adquisición de repuestos: Establecer criterios de selección, órdenes de compra, y control de calidad.
- Control de existencias mediante herramientas tecnológicas para evitar escasez de materiales esenciales y asegurar la disponibilidad de repuestos para las reparaciones.

4.3.4 Procedimientos de Inspección y Diagnóstico

- Checklists de inspección estándar para evaluar condiciones básicas de los buses (niveles de aceite, frenos, suspensión, luces, etc.).
- Diagnóstico basado en herramientas: Implementar procedimientos estandarizados para el uso de escáneres de diagnóstico para verificar sistemas electrónicos y sensores de los buses.

4.3.5 Capacitación y Certificación del Personal

- Crear un plan de capacitación estándar que incluya:
- Formación en los procedimientos operativos.
- Cursos sobre el uso adecuado de herramientas y equipos.
- Procedimientos de seguridad e higiene laboral.

Los técnicos deben ser certificados en el cumplimiento de estos procedimientos para garantizar que las actividades se realicen de manera eficiente y segura.

4.3.6 Registro y Reportes

- Registro digital de todas las actividades de mantenimiento: Utilizar el software CMMS para almacenar información detallada sobre cada tarea (fecha, tipo de mantenimiento, piezas reemplazadas, técnicos responsables).
- Informes de desempeño: Crear reportes periódicos que permitan analizar la efectividad de las actividades de mantenimiento, como:
 - Tiempo de inactividad de la flota.
 - Costos asociados a cada tarea.
 - Cumplimiento de las tareas preventivas.

4.3.7 Mejora Continua

- Establecer un proceso de retroalimentación donde los técnicos puedan sugerir mejoras a los procedimientos existentes, basado en su experiencia práctica.
- Utilizar auditorías periódicas de mantenimiento para identificar áreas de mejora y asegurar que los procedimientos se siguen adecuadamente.

Ejemplo de Procedimiento Estándar para Mantenimiento Preventivo (Cambio de Aceite)

Tabla 1 Ejemplo de procedimiento estándar para mantenimiento preventivo (Cambio de aceite)

Paso	Descripción	Responsable	Tiempo Estimado
1. Inspección visual	Revisar el estado del motor y la carrocería por posibles fugas.	Técnico Mecánico	15 minutos
2. Drenaje de aceite	Retirar el aceite usado mediante el drenaje del cárter.	Técnico Mecánico	30 minutos
3. Reemplazo del filtro	Colocar un nuevo filtro de aceite.	Técnico Mecánico	15 minutos
4. Carga de nuevo aceite	Verificar el nivel y tipo de aceite recomendado por el fabricante.	Técnico Mecánico	15 minutos
5. Prueba de funcionamiento	Arrancar el motor y verificar el correcto funcionamiento.	Técnico Mecánico	10 minutos
6. Registro y cierre	Registrar el mantenimiento realizado y actualizar el historial de mantenimiento en el CMMS.	Supervisor	10 minutos

(Tabla 1)⁹

4.3.8 Auditoria de procesos

- Realizar auditorías internas periódicas para verificar que todos los procesos estandarizados se están llevando a cabo correctamente.
- Las auditorías también deben evaluar la eficacia del proceso de mantenimiento, identificando áreas donde se pueda mejorar la calidad o la eficiencia.

4.4 Tipos de mantenimiento.

En una unidad de mantenimiento, los tipos de mantenimiento son fundamentales para asegurar la operación continua y eficiente de la flota. Cada tipo de mantenimiento tiene su objetivo específico y se aplica según la situación o necesidad de la flota de buses.

4.4.1 Mantenimiento Preventivo

Objetivo: Prevenir fallas antes de que ocurran mediante inspecciones y reemplazo de componentes en intervalos programados.

- Características:
 - Se basa en un programa de mantenimiento regular (según el kilometraje, tiempo de operación, o recomendación del fabricante).
 - Se realiza de manera proactiva para evitar paradas imprevistas.
 - Está diseñado para mantener la flota en condiciones operativas óptimas.
- Actividades comunes:
 - Reemplazo de aceite y filtros.
 - Inspección de frenos, sistemas eléctricos y de suspensión.
 - Reemplazo de piezas que sufren desgaste como neumáticos y pastillas de freno.
 - Inspección de sistemas de aire acondicionado y climatización.
- Ventajas:
 - Reducción de fallas imprevistas.
 - Aumento de la vida útil de los componentes.
 - Mejora la seguridad operativa.

4.4.2 Mantenimiento Correctivo

Objetivo: Reparar fallas y averías que ocurren en los buses durante su operación. Se realiza después de que ocurre una falla o problema en el bus.

- Características:
 - Este tipo de mantenimiento es reactivo, es decir, se lleva a cabo cuando ocurre una avería.
 - Se enfoca en la reparación de las partes dañadas.
- Actividades comunes:
 - Reparación de motores, transmisiones, y sistemas de frenos tras una falla.
 - Diagnóstico y reparación de sistemas electrónicos y eléctricos.
 - Reparación de componentes mecánicos que han fallado inesperadamente.
- Ventajas:
 - Permite solucionar problemas específicos de manera inmediata.
 - Es útil cuando no se detectaron problemas antes (si bien esto es un riesgo).
- Desventajas:
 - No planeado, lo que puede generar tiempos muertos no deseados.
 - Costos más altos debido a reparaciones de emergencia.
 - Menor control de la flota.

4.4.3 Mantenimiento Predictivo

Objetivo: Prever y anticipar fallas antes de que ocurran mediante el monitoreo constante de la condición de los equipos usando tecnologías de medición y análisis de datos.

- Características:
 - Utiliza sensores y herramientas de diagnóstico para detectar fallas potenciales.
 - Permite realizar reparaciones solo cuando son necesarias, lo que puede ahorrar costos y tiempos.
 - Basado en el monitoreo de condiciones como vibración, temperatura, ruido, etc.
- Actividades comunes:
 - Monitoreo del rendimiento de motores, transmisiones y otros componentes clave en tiempo real.
 - Uso de análisis de aceites, termografía (detectar puntos calientes) y análisis de vibración.
 - Detección de desajustes en sistemas eléctricos o electrónicos antes de que ocurran fallas graves.
- Ventajas:
 - Maximiza el tiempo de vida útil de los componentes.
 - Menor costo de reparación comparado con el mantenimiento correctivo.
 - Mejora la seguridad y fiabilidad de los vehículos.
- Desventajas:
 - Requiere una inversión inicial en tecnologías de monitoreo (sensores, software de análisis).
 - Necesita personal capacitado en el uso de estas herramientas.

4.4.4 Mantenimiento Proactivo

Objetivo: Minimizar la ocurrencia de fallas mediante la eliminación de las causas subyacentes que puedan generar futuros problemas.

- Características:
 - Se enfoca en la prevención de la raíz de las fallas, más allá de los síntomas.
 - Incluye análisis de causa raíz (Root Cause Analysis, RCA) para identificar y solucionar los problemas de manera definitiva.
- Actividades comunes:
 - Análisis y solución de problemas recurrentes en motores, sistemas de frenos, etc.
 - Mejora de procesos de mantenimiento para evitar fallas recurrentes.
 - Cambios en los procedimientos operativos o en la capacitación del personal para evitar errores comunes.
- Ventajas:
 - Reducción de los costos de mantenimiento a largo plazo.
 - Menor frecuencia de fallas inesperadas.
 - Aumento de la fiabilidad y estabilidad operativa.
- Desventajas:
 - Requiere un análisis detallado de cada tipo de falla.
 - Puede ser un proceso más lento y costoso debido al análisis y cambios en procesos.

4.4.5 Mantenimiento de Condición (Mantenimiento Basado en Condición)

Objetivo: Realizar mantenimiento en función del estado real de los componentes, basándose en la medición de su condición física en lugar de en el tiempo o el kilometraje.

- Características:
 - Se basa en monitorear los componentes claves y realizar el mantenimiento solo cuando se alcanza un nivel crítico de desgaste o deterioro.
 - Puede incluir métodos como el análisis de aceite, monitoreo de vibraciones, y análisis de fallas mediante pruebas de diagnóstico.
- Actividades comunes:
 - Inspección de sistemas de frenos mediante sensores de desgaste.
 - Monitoreo del nivel de aceite y la condición del sistema de transmisión.
 - Inspección de los sistemas de refrigeración y transmisión para evaluar su rendimiento.
- Ventajas:
 - Optimiza los recursos, ya que el mantenimiento solo se realiza cuando es necesario.
 - Ahorra costos al reducir intervenciones innecesarias.
- Desventajas:
 - Requiere equipamiento avanzado para realizar monitoreos constantes.
 - Es necesario tener un sistema de monitoreo eficiente y constante.

4.4.6 Mantenimiento Autónomo

Objetivo: Involucrar al operador del bus en tareas de mantenimiento básico para reducir la carga de trabajo del personal técnico.

- Características:
 - Los conductores y operadores realizan inspecciones diarias y pequeñas tareas de mantenimiento.
 - Esto incluye tareas simples como revisar niveles de aceite, limpiar filtros, verificar neumáticos y realizar inspecciones visuales.
- Actividades comunes:
 - Verificación del estado de los neumáticos.
 - Revisión del nivel de líquidos (agua, aceite, combustible).
 - Inspección de frenos y luces.
- Ventajas:
 - Aumenta la eficiencia operativa.
 - Reduce la cantidad de trabajo que recae sobre los técnicos de mantenimiento.
 - Detecta fallas menores antes de que se conviertan en problemas mayores.
- Desventajas:
 - Los operadores deben recibir formación para realizar correctamente estas tareas.
 - Las tareas que involucran técnicas más complejas deben ser gestionadas por personal especializado.

4.5 Indicadores de Desempeño para Toda la Flota

Los indicadores de desempeño (KPIs) son esenciales para medir la efectividad de la unidad de mantenimiento y evaluar cómo está contribuyendo a la disponibilidad, seguridad y eficiencia operativa de la flota. Aquí presento una lista de indicadores clave para utilizar y así medir el desempeño del mantenimiento de la flota:

4.5.1 Disponibilidad de la Flota (Fleet Availability)

- Definición: Porcentaje de la flota disponible para operar en comparación con la flota total.
- Formula:

$$DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA = \left(\frac{NÚMERO DE VEHÍCULOS OPERATIVOS}{NÚMERO TOTAL DE VEHÍCULOS} \right) \times 100$$

- Importancia: Mide la efectividad de las actividades de mantenimiento en términos de asegurar que la flota esté disponible y lista para operar. Un alto porcentaje indica que el mantenimiento preventivo y correctivo está funcionando bien.

4.5.2 Tiempo Promedio de Reparación (Mean Time to Repair - MTTR)

- Definición: El tiempo promedio que se tarda en reparar un vehículo después de que se ha detectado una falla o avería.
- Fórmula:

$$MTTR = \frac{TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN}{NÚMERO DE REPARACIONES}$$

- Importancia: Un MTTR bajo indica que el mantenimiento correctivo se está realizando de manera eficiente y rápida, minimizando los tiempos de inactividad.

4.5.3 Tiempo Promedio Entre Fallas (Mean Time Between Failures - MTBF)

- Definición: El tiempo promedio entre fallas o averías de un vehículo. Indica la fiabilidad de la flota.
- Fórmula:

$$MTBF = \frac{TIEMPO\ TOTAL\ DE\ OPERACIÓN}{NÚMERO\ TOTAL\ DE\ FALLAS}$$

- Importancia: Un MTBF alto es deseable, ya que indica que los vehículos tienen una buena fiabilidad y están menos sujetos a fallas imprevistas.

4.5.4 Costo de Mantenimiento por Vehículo (Maintenance Cost per Vehicle)

- Definición: El costo total de mantenimiento dividido por el número de vehículos en la flota.
- Fórmula:

$$\begin{aligned} &COSTO\ DE\ MANTENIMIENTO\ POR\ VEHÍCULO \\ &= \frac{COSTO\ TOTAL\ DE\ MANTENIMIENTO}{NÚMERO\ TOTAL\ DE\ VEHÍCULOS} \end{aligned}$$

- Importancia: Este indicador ayuda a controlar los costos operativos relacionados con el mantenimiento y a identificar oportunidades para mejorar la eficiencia en el uso de recursos.

4.5.5 Tasa de Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo (Preventive Maintenance Compliance)

- Definición: Porcentaje de tareas de mantenimiento preventivo completadas según el plan.
- Fórmula:

CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

$$= \left(\frac{\text{NÚMERO DE TAREAS PREVENTIVAS REALIZADAS}}{\text{NÚMERO DE TAREAS PROGRAMADAS}} \right) \times 100$$

- Importancia: Este indicador mide la efectividad de la planificación de mantenimiento preventivo. Un alto porcentaje indica que las tareas preventivas se están llevando a cabo a tiempo, reduciendo el riesgo de fallas inesperadas.

4.5.6 Porcentaje de Fallas Recurrentes (Recurring Failures Percentage)

- Definición: El porcentaje de fallas que se repiten en un mismo vehículo dentro de un período de tiempo específico.
- Fórmula:

PORCENTAJE DE FALLAS RECURRENTE

$$= \left(\frac{\text{NÚMERO DE FALLAS RECURRENTE}}{\text{NÚMERO TOTAL DE FALLAS}} \right) \times 100$$

- Importancia: Este KPI mide la calidad de las reparaciones y el mantenimiento. Un bajo porcentaje indica que las reparaciones son eficaces y que las fallas no se repiten.

4.5.7 Tasa de Incidentes de Seguridad (Safety Incident Rate)

- Definición: Número de incidentes de seguridad relacionados con el mantenimiento o durante la operación de la flota.

- Fórmula:

$$\begin{aligned} &TASA DE INCIDENTES DE SEGURIDAD \\ &= \left(\frac{NÚMERO DE INCIDENTES DE SEGURIDAD}{NÚMERO TOTAL DE HORAS DE OPERACIÓN} \right) \times 1,000,000 \end{aligned}$$

- Importancia: Este indicador mide la efectividad de las prácticas de seguridad en las operaciones de mantenimiento. Un bajo índice es esencial para garantizar un ambiente de trabajo seguro.

4.5.8 Tiempo de Inactividad de la Flota (Fleet Downtime)

- Definición: El tiempo total en el que los vehículos no están operativos debido a reparaciones, mantenimiento preventivo o correctivo.

- Fórmula:

$$TIEMPO DE INACTIVIDAD = \left(\frac{TIEMPO TOTAL DE INACTIVIDAD}{NÚMERO TOTAL DE VEHÍCULOS} \right) \times 100$$

- Importancia: Este KPI ayuda a medir la eficiencia del mantenimiento en términos de minimizar el tiempo en que la flota no está disponible para operaciones. Se debe buscar reducir este tiempo al mínimo.

4.5.9 Eficiencia del Uso de Repuestos (Spare Parts Efficiency)

- Definición: La relación entre el costo de los repuestos utilizados y el costo total del mantenimiento.
- Fórmula:

EFICIENCIA DEL USO DE REPUESTOS

$$= \left(\frac{\text{COSTO TOTAL DE REPUESTOS}}{\text{COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO}} \right) \times 100$$

- Importancia: Permite evaluar la eficiencia en la gestión de repuestos. Un valor muy alto puede indicar un uso ineficiente de repuestos, mientras que un valor bajo podría sugerir la necesidad de ajustar los niveles de inventario.

4.5.10 Tasa de Fallas por Vehículo (Failure Rate per Vehicle)

- Definición: El número total de fallas o averías ocurridas en la flota en relación con el número total de vehículos.
- Fórmula:

$$\text{TASA DE FALLAS POR VEHÍCULO} = \left(\frac{\text{NÚMERO TOTAL DE FALLAS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE VEHÍCULOS}} \right)$$

- Importancia: Este indicador ayuda a evaluar la confiabilidad general de la flota. Un valor bajo sugiere que las unidades son confiables y bien mantenidas.

4.5.11 Porcentaje de Mantenimiento Preventivo Realizado por Técnico (Preventive Maintenance Completed per Technician)

- Definición: La cantidad de tareas preventivas realizadas por cada técnico en un período determinado.
- Fórmula:

MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR TÉCNICO

$$= \left(\frac{\text{NÚMERO TOTAL DE TAREAS PREVENTIVAS}}{\text{NÚMERO DE TÉCNICOS}} \right)$$

- Importancia: Este indicador ayuda a evaluar la carga de trabajo de los técnicos y la eficiencia en la ejecución del mantenimiento preventivo. Un valor adecuado garantiza que la carga de trabajo esté bien distribuida.

4.5.12 Tasa de Satisfacción del Cliente (Customer Satisfaction Rate)

- Definición: Medición de la satisfacción de los clientes (en este caso, los conductores y operadores) con la calidad de los buses después del mantenimiento.
- Fórmula:

SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

$$= \left(\frac{\text{NÚMERO DE ENCUESTAS POSITIVAS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE ENCUESTAS}} \right) \times 100$$

- Importancia: Un alto nivel de satisfacción indica que la flota está operando eficientemente y los problemas técnicos no afectan la calidad del servicio.

4.6 Gestión de recursos

La gestión de recursos para una unidad de mantenimiento es un aspecto crucial que implica la administración eficaz de todos los recursos necesarios para garantizar que las operaciones de mantenimiento se realicen de manera eficiente, segura y rentable. Estos recursos incluyen tanto los humanos como los materiales, financieros y tecnológicos.

4.6.1 Gestión de Recursos Humanos

- Personal Técnico:
 - Se refiere a la correcta selección, capacitación y distribución de los técnicos de mantenimiento (mecánicos, eléctricos, especialistas en diagnóstico, etc.).
 - Es fundamental asegurarse de que el personal cuente con las habilidades técnicas adecuadas y esté actualizado en cuanto a los procedimientos de mantenimiento y las nuevas tecnologías.
 - La formación continua y la asignación adecuada de tareas son clave para garantizar que las reparaciones y el mantenimiento preventivo se realicen de manera eficiente.
- Gestión de Turnos:
 - La correcta asignación de turnos de trabajo para asegurar que siempre haya personal disponible para realizar mantenimiento en la flota.
 - Los turnos deben estar bien coordinados para cubrir las necesidades de mantenimiento durante todo el día, minimizando el tiempo de inactividad de los vehículos.
- Gestión de Seguridad:
 - Implementación de protocolos de seguridad para el personal, asegurándose de que se cumplan las normativas laborales y de seguridad en el trabajo.

- La formación en seguridad es vital para prevenir accidentes y lesiones en el lugar de trabajo.

4.6.2 Gestión de Recursos Materiales

- Repuestos y Componentes:
 - La gestión del inventario de repuestos es esencial para garantizar que los repuestos y piezas críticas estén siempre disponibles cuando se necesiten.
 - Control de inventarios: Llevar un registro de los repuestos usados y los que están por vencer, para evitar demoras en los mantenimientos por falta de piezas.
 - Establecer un sistema de reabastecimiento automático o planificado para evitar escasez de repuestos esenciales.
- Herramientas y Equipos:
 - La unidad de mantenimiento debe contar con las herramientas adecuadas para realizar las reparaciones. Esto incluye herramientas manuales, equipos de diagnóstico (como escáneres de diagnóstico de motor), y maquinaria especializada (como elevadores para buses).
 - Las herramientas deben ser mantenidas en buen estado y reemplazadas cuando se desgasten.
- Equipos de Diagnóstico:
 - Uso de tecnología avanzada para realizar diagnósticos precisos y rápidos, como sensores, diagnósticos a distancia, y software de gestión de mantenimiento.

4.6.3 Gestión de Recursos Financieros

- Presupuesto de Mantenimiento:
 - El presupuesto de mantenimiento debe ser cuidadosamente planificado para cubrir los costos de repuestos, mano de obra, equipos y tecnología.
 - El presupuesto debe priorizar gastos en función de las necesidades de mantenimiento más críticas y las estrategias de mejora de la flota.
 - Análisis de costos: Asegurarse de que los costos no excedan lo planificado, y buscar formas de optimizar los recursos.
- Costos Operativos y Control Financiero:
 - La gestión financiera implica controlar los costos operativos del mantenimiento, como salarios, compra de repuestos y suministros, y el costo de la maquinaria o herramientas necesarias.
 - Evaluación continua de la rentabilidad de los programas de mantenimiento preventivo frente a los correctivos.

4.6.4 Gestión de Recursos Tecnológicos

- Sistemas de Gestión de Mantenimiento (CMMS):
 - La implementación de un sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS) es esencial para realizar un seguimiento de todas las actividades de mantenimiento, gestionar los registros históricos y planificar las tareas.
 - El CMMS permite organizar y coordinar los mantenimientos preventivos, registrar las intervenciones, generar informes de desempeño y hacer seguimiento de los costos.
- Tecnologías de Diagnóstico:

- La utilización de tecnologías avanzadas para la detección temprana de fallas, como sensores de vibración, termografía infrarroja, análisis de aceite, y sistemas de monitoreo en tiempo real.
- Esto permite un mantenimiento predictivo, anticipando las averías antes de que se conviertan en problemas graves.

4.6.5 Planificación y Programación de Mantenimiento

- Planes de Mantenimiento Preventivo (PMP):
 - Elaboración de planes de mantenimiento preventivo basados en las especificaciones de los fabricantes y las necesidades operativas de la flota.
 - Estos planes deben ser flexibles y adaptarse a cambios en las condiciones operativas de la flota, ajustándose a las horas de operación de los vehículos o al kilometraje.
- Planificación de Recursos:
 - La programación de las actividades debe tener en cuenta la disponibilidad de recursos humanos, materiales y equipos para evitar interrupciones en las operaciones.
 - Optimización de tiempos: Organizar las tareas de mantenimiento de forma que se minimice el tiempo de inactividad de los vehículos.

4.6.7 Gestión de Calidad y Mejora Continua

- Evaluación de Desempeño:
 - Establecer un sistema para evaluar el desempeño de la unidad de mantenimiento mediante indicadores clave de desempeño (KPIs), tales como tiempos de reparación, costos de mantenimiento, y disponibilidad de la flota.
 - Análisis de fallas recurrentes y evaluación de procesos para identificar áreas de mejora.
- Mejora Continua:
 - Promover un enfoque de mejora continua mediante la revisión constante de los procedimientos de mantenimiento y el feedback de los técnicos y operadores.
 - Innovación en procesos: Implementar nuevas tecnologías y métodos de mantenimiento para aumentar la eficiencia.

4.6.8 Coordinación con Otras Áreas de la Empresa

- Comunicación con Operaciones:
 - La unidad de mantenimiento debe tener una estrecha coordinación con el área de operaciones, asegurándose de que los vehículos estén disponibles para el servicio y que el mantenimiento se realice en tiempos adecuados.
 - Establecer protocolos de comunicación claros para reportar fallas o necesidades de mantenimiento.
- Gestión de la Capacitación:
 - Asegurarse de que los empleados reciban la capacitación necesaria en nuevas tecnologías, procedimientos y herramientas que se utilicen en la flota.

4.7 Plan de Capacitación General

Debe ser una estrategia integral orientada a mejorar las habilidades, competencias y conocimientos del personal técnico y administrativo, garantizando que puedan cumplir con los estándares de calidad, seguridad y eficiencia requeridos en el mantenimiento de la flota.

El objetivo del Plan de Capacitación es garantizar que el personal de mantenimiento cuente con los conocimientos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento de manera eficiente, segura y conforme a las normativas vigentes, además de mantenerse actualizado con las nuevas tecnologías aplicadas al transporte y mantenimiento vehicular.

4.7.1 Componentes del Plan de Capacitación

4.7.1.1 Capacitación Técnica

- Objetivo: Desarrollar y fortalecer las habilidades prácticas y teóricas de los técnicos en relación con los sistemas y componentes de los buses.
- Temas clave:
 - Diagnóstico y solución de problemas mecánicos, eléctricos y electrónicos en buses de la flota.
 - Capacitación en sistemas específicos de los vehículos, como motores, transmisiones automáticas, frenos ABS/EBS, sistemas de suspensión neumática y sistemas de inyección de combustible.
 - Uso de equipos de diagnóstico avanzado (por ejemplo, escáneres electrónicos y software de diagnóstico).
 - Procedimientos para realizar mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
- Modalidad: Talleres prácticos y teóricos.
- Frecuencia: Trimestral o según incorporación de nuevos equipos o tecnologías.

4.7.1.2 Capacitación en Seguridad y Normativas

- Objetivo: Asegurar que el personal de mantenimiento opere bajo los más altos estándares de seguridad, cumpliendo las normativas legales y de la empresa.
- Temas clave:
 - Protocolos de seguridad en el taller (uso correcto de EPP, manejo de materiales peligrosos, prevención de accidentes).
 - Normativas de transporte y mantenimiento vehicular en Chile, como la Ley de Tránsito y reglamentos asociados.
 - Procedimientos de gestión de residuos peligrosos y cuidado del medio ambiente (aceites usados, baterías, filtros, etc.).
 - Planes de emergencia y manejo de situaciones críticas.
- Modalidad: Cursos teóricos, simulacros y ejercicios prácticos.
- Frecuencia: Anual o según cambios en normativas.

4.7.1.3 Capacitación en Gestión y Organización

- Objetivo: Optimizar la organización y planificación de las actividades de mantenimiento, así como fomentar habilidades administrativas en el personal clave.
- Temas clave:
 - Gestión de mantenimiento preventivo y predictivo.
 - Uso de sistemas de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS).
 - Gestión de inventarios y control de repuestos.
 - Planificación de turnos y recursos.
 - Habilidades de liderazgo y trabajo en equipo.
- Modalidad: Talleres y capacitaciones en software de gestión.
- Frecuencia: Semestral o según implementación de nuevos procesos.

4.7.1.4 Capacitación en Nuevas Tecnologías

- Objetivo: Mantener al personal actualizado sobre las tecnologías emergentes en transporte y mantenimiento vehicular.
- Temas clave:
 - Introducción a la tecnología de buses eléctricos e híbridos.
 - Mantenimiento de sistemas de energías renovables y baterías.
 - Diagnóstico y reparación de sistemas telemáticos (GPS, sensores de rendimiento, etc.).
 - Innovaciones en lubricantes, combustibles y recubrimientos.
- Modalidad: Cursos especializados impartidos por fabricantes o expertos externos.
- Frecuencia: Según la incorporación de nuevas tecnologías en la flota.

4.7.1.5 Capacitación en Competencias Blandas

- Objetivo: Fomentar habilidades interpersonales y comportamientos laborales que impacten positivamente en el ambiente de trabajo y la productividad.
- Temas clave:
 - Trabajo en equipo y comunicación efectiva.
 - Resolución de conflictos.
 - Manejo del estrés y prevención de riesgos psicosociales.
 - Atención al cliente interno (conductores y área de operaciones).
- Modalidad: Talleres participativos y sesiones prácticas.
- Frecuencia: Anual.

4.7.1.6 Capacitación en Sostenibilidad

- Objetivo: Incorporar prácticas sostenibles y de cuidado ambiental en las actividades de mantenimiento.
- Temas clave:
 - Reducción de desperdicios en el mantenimiento.
 - Uso eficiente de recursos (agua, energía, lubricantes, etc.).
 - Manejo responsable de residuos peligrosos.
 - Cumplimiento con normativas medioambientales.
- Modalidad: Talleres y charlas especializadas.
- Frecuencia: Semestral.

4.7.2 Estructura del Plan

El plan de capacitación puede dividirse en niveles según el personal:

- Técnicos Operativos: Capacitación específica en procedimientos técnicos y normativos.
- Supervisores y jefes de Mantenimiento: Enfocados en gestión de recursos, liderazgo y uso de tecnologías avanzadas.
- Personal Administrativo: Formación en gestión de inventarios, reportes y sistemas informáticos.

4.7.3 Metodología de Implementación del Plan

- Diagnóstico inicial: Identificar brechas de conocimiento y competencias del personal.
- Diseño del plan: Establecer los contenidos, las metodologías y los cronogramas.
- Ejecución: Contratar capacitadores internos o externos (por ejemplo, proveedores de buses o repuestos).
- Evaluación: Realizar evaluaciones al final de cada curso para medir el impacto de la capacitación.
- Certificación: Entregar certificados que acrediten la capacitación realizada.
- Beneficios:
 - Reducción de tiempos de reparación y fallas recurrentes.
 - Mejora en la seguridad del personal y de las operaciones.
 - Optimización del uso de recursos (repuestos, herramientas, tiempo).
 - Mayor disponibilidad y fiabilidad de la flota.
 - Adaptación a nuevas tecnologías y normativas, manteniendo la competitividad.

4.8 Sistema de Gestión Centralizado

Se diseña como una herramienta estratégica para organizar, controlar y supervisar todas las actividades relacionadas con el mantenimiento de la flota. Este sistema permite que la unidad de mantenimiento opere de manera eficiente, con información en tiempo real, optimización de recursos y asegurando la continuidad operativa de los vehículos.

El objetivo del Sistema de Gestión Centralizado es garantizar que todas las actividades de mantenimiento sean planificadas, ejecutadas y monitoreadas desde un único sistema, centralizando la información necesaria para tomar decisiones estratégicas, optimizar recursos y maximizar la disponibilidad de la flota.

4.8.1 Características Principales

4.8.1.1 Planificación y Programación del Mantenimiento

- Permite crear un calendario centralizado de mantenimiento preventivo y predictivo para toda la flota.
- Programación automática basada en:
 - Kilometraje.
 - Horas de operación.
 - Condiciones detectadas por sistemas telemáticos.
 - Recomendaciones del fabricante.
- Alertas y notificaciones:
 - Avisos automáticos para mantenimientos programados.
 - Alertas de vencimiento para inspecciones obligatorias.

4.8.1.2 Gestión de Órdenes de Trabajo

- Creación y Seguimiento:
 - Generación automática de órdenes de trabajo basadas en solicitudes internas o diagnósticos.
 - Seguimiento en tiempo real de cada intervención (estado: pendiente, en proceso, finalizado).
- Asignación de Recursos:
 - Asigna tareas a técnicos específicos según su experiencia y disponibilidad.
 - Control de tiempos estimados y reales para cada trabajo.

4.8.1.3 Control de Inventarios

- Monitoreo en tiempo real del stock de repuestos, herramientas y consumibles.
- Generación automática de solicitudes de compra para evitar faltantes.
- Optimización de costos al reducir exceso de inventario y desperdicios.
- Registro de historial de uso de repuestos por vehículo.

4.8.1.4 Monitoreo del Estado de la Flota

- Consolida datos sobre el estado actual de los vehículos:
 - Buses en operación.
 - Vehículos en mantenimiento.
 - Buses fuera de servicio (y motivo).
- Historial completo de cada unidad:
 - Registro de fallas previas.
 - Mantenimientos realizados y pendientes.
 - Costos asociados a cada vehículo.

4.8.1.5 Integración de Telemática

- Recopilación de datos en tiempo real desde los vehículos, como:
 - Condiciones de motor, temperatura, presión de neumáticos.
 - Alertas por mal uso o condiciones críticas.
- Diagnóstico remoto:
 - Permite identificar problemas antes de que el bus llegue al taller.

4.8.1.6 Indicadores de Desempeño (KPIs)

- El sistema genera reportes automáticos con métricas clave:
 - Tasa de disponibilidad de la flota.
 - Costo de mantenimiento por unidad.
 - Tiempo promedio de reparación (TTR).
 - Cumplimiento de los mantenimientos programados.
 - Tasa de reincidencia de fallas.
- Los indicadores se visualizan en tableros de fácil acceso para la toma de decisiones.

4.6.1.7 Gestión Documental

- Digitalización de todos los documentos relacionados con el mantenimiento:
 - Manuales técnicos.
 - Normativas legales.
 - Procedimientos internos.
 - Historial de auditorías.
- Facilita la trazabilidad y el cumplimiento normativo.

4.8.1.8 Gestión de Recursos Humanos

- Registro del personal técnico:
 - Habilidades y certificaciones.
 - Capacitación realizada y pendientes.
- Asignación de carga de trabajo equitativa y eficiente.
- Evaluación del desempeño de los técnicos basada en tiempos de reparación y calidad del trabajo.

4.8.1.9 Gestión de Costos y Presupuestos

- Registro de costos asociados a cada mantenimiento:
 - Mano de obra.
 - Repuestos y consumibles.
 - Servicios externos.
- Comparación entre costos planificados y reales.
- Identificación de áreas donde se pueden reducir costos.

4.8.2 Ventajas del Sistema de Gestión Centralizado

- Optimización de recursos:
 - Reduce tiempos muertos y evita la falta de repuestos críticos.
 - Mejora la asignación de técnicos según la carga de trabajo.
- Reducción de tiempos de inactividad:
 - Garantiza la disponibilidad de la flota mediante la programación eficiente de mantenimientos preventivos y predictivos.
- Mejora en la toma de decisiones:
 - Proporciona datos en tiempo real que permiten identificar problemas recurrentes y áreas de mejora.
- Cumplimiento normativo:
 - Ayuda a garantizar que los mantenimientos se realicen dentro de los plazos legales y siguiendo los estándares establecidos.
- Control total de costos:
 - Monitorea en detalle los gastos y permite la comparación entre unidades para detectar vehículos con altos costos operativos.

4.8.3 Requisitos para la Implementación del SGC

- Infraestructura Tecnológica
 - Servidores locales o en la nube para almacenar datos.
 - Estaciones de trabajo (PCs, tablets) conectadas al sistema.
 - Sensores telemáticos en los vehículos para la recopilación de datos.
- Capacitación del Personal
 - Formación en el uso del sistema para técnicos, supervisores y administrativos.
 - Instrucción en la interpretación de reportes generados por el sistema.
- Adaptación de Procesos
 - Estandarización de procedimientos de mantenimiento para facilitar su integración en el sistema.
 - Definición clara de roles y responsabilidades dentro de la unidad.

4.9 Ejemplo de Funcionamiento

1. Un bus llega al taller con un problema detectado mediante diagnóstico telemático.
 2. El sistema genera automáticamente una orden de trabajo, asignando a un técnico y verificando la disponibilidad de repuestos necesarios.
 3. El técnico realiza la intervención, y el sistema registra el tiempo empleado, los repuestos utilizados y el costo total.
 4. Una vez finalizada la reparación, el sistema actualiza el historial del vehículo, evalúa el impacto en los KPIs y genera un reporte para supervisión.
- Ejemplo de Plan General de Mantenimiento:
 - Diseñar un plan aplicable a toda la flota que abarque actividades genéricas y específicas:

Tabla 2 Ejemplo de plan general de mantenimiento

Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspección general visual	Semanal	Revisar estado exterior e interior.
Revisión de frenos	Cada 10,000 km	Evaluar desgaste de pastillas/discos.
Cambio de aceite	Cada 20,000 km	Según las recomendaciones del fabricante.
Diagnóstico de sistema CAN	Mensual	Uso de software para detectar errores.

(Tabla 2) ¹⁰

4.10 Estimación de costos

La estimación de costo es un cálculo aproximado de los recursos financieros necesarios para llevar a cabo un proyecto o actividad. Se basa en información disponible en el momento y tiene como objetivo prever los gastos asociados, incluyendo materiales, mano de obra, equipos, y otros recursos. Su finalidad es ayudar a establecer un presupuesto, tomar decisiones informadas y gestionar los riesgos financieros del proyecto.

Esta estimación está estimada para los 250 buses de la flota de EME BUS.

Tabla 3 Estimación de costo para una flota de 250 buses

Categoría	Elemento	Costo Unitario (CLP)	Cantidad	Costo Total (CLP)
Herramientas Manuales	Llaves combinadas	20.000	50	1.000.000
	Destornilladores (set)	15.000	20	300.000
	Llaves dinamométricas	150.000	10	1.500.000
	Alicates (set)	25.000	20	500.000
	Martillos	10.000	10	100.000
Herramientas Eléctricas	Taladros	80.000	5	400.000
	Llaves de impacto	150.000	5	750.000
	Esmeriles angulares	70.000	3	210.000
Equipos Especializados	Máquina de diagnóstico	5.000.000	2	10.000.000
	Elevadores hidráulicos (2 postes)	3.500.000	5	17.500.000
	Compresor de aire	2.000.000	2	4.000.000
Materiales Consumibles	Lubricantes	15.000	1.000	15.000.000
	Repuestos (filtros, correas, etc.)	100.000	500	50.000.000
	Tornillos y sujetadores	500	10.000	5.000.000
Repuestos Específicos	Filtros de aceite	30.000	200	6.000.000
	Pastillas de freno	80.000	400	32.000.000
	Correas y tensores	50.000	300	15.000.000
	Bujías	5.000	1.000	5.000.000
	Amortiguadores	120.000	150	18.000.000
Mano de Obra	Técnicos de mantenimiento (mensual)	700.000	10	7.000.000
	Supervisor (mensual)	1.200.000	2	2.400.000
Capacitación	Especialización en diagnóstico	600.000	5	3.000.000
	Curso de mantenimiento avanzado	500.000	10	5.000.000
Software y Gestión	Software de gestión de mantenimiento	2.500.000	1	2.500.000
	Licencias anuales	1.000.000	1	1.000.000
Costos Indirectos	Energía eléctrica (mensual)	150.000	12	1.800.000
	Otros costos indirectos	100.000	12	1.200.000
Paradas no Programadas	Costo por horas de inactividad (CLP por hora)	200.000	100 Hrs	20.000.000
	Costo por reparaciones de emergencia	1.000.000	10	10.000.000
Inspecciones y Preventivo	Costo de inspecciones preventivas (mensual)	500.000	12	6.000.000
	Costo de mantenimiento preventivo (anual)	2.000.000	1	2.000.000
Inventario de Repuestos	Costo de gestión de inventario (anual)	500.000	1	500.000
	Costo de almacenamiento de repuestos (anual)	300.000	1	300.000
Tecnología Adicional	Sensores de monitoreo para buses (por bus)	100.000	250	25.000.000
Proyección a Largo Plazo	Incremento anual de costos por inflación (5%)			6.500.000
Total General				276.460.000

(Tabla 3)¹¹

Conclusión

En un principio, el propósito de este trabajo fue evaluar la viabilidad de implementar un plan de mantenimiento para la flota de 250 buses de EME Bus, con la finalidad de optimizar la productividad y reducir los costos operativos. No obstante, durante el desarrollo del estudio, se descubrió que la carencia de una unidad de mantenimiento bien estructurada y especializada era el principal obstáculo para llevar a cabo dicho plan. Este hallazgo nos llevó a modificar el enfoque inicial, concluyendo que lo prioritario era establecer primero una unidad de mantenimiento adecuada antes de implementar cualquier estrategia de mantenimiento. Sin una estructura organizada, con personal capacitado y recursos suficientes, sería imposible garantizar un mantenimiento efectivo y sostenible a largo plazo.

La creación de esta unidad de mantenimiento no solo asegurará la implementación exitosa del plan en el futuro, sino que también permitirá una administración más eficiente de los recursos, mejorará la seguridad de la flota y reducirá los costos operativos. Una vez establecida, EME Bus podrá poner en marcha de manera óptima las estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo, alargando la vida útil de los buses y evitando interrupciones en las operaciones. Este enfoque integral también permitirá un control más estricto de los costos, resultando en una mayor rentabilidad a largo plazo.

A lo largo de este proceso, he comprendido la relevancia de planificar de manera estratégica y construir una base sólida antes de realizar cambios significativos. La unidad de mantenimiento propuesta representa una solución a corto plazo, pero también una inversión a largo plazo que garantiza la viabilidad y el crecimiento futuro de EME Bus. Una vez que esta unidad esté en funcionamiento, será posible implementar el plan de mantenimiento con éxito, asegurando que la empresa esté mejor preparada para enfrentar los desafíos operativos y optimizar su eficiencia, logrando una ventaja competitiva en el mercado.

Bibliografía

Wiki-EAD. (2024). *Autobús: Ficha técnica 1*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de https://wiki-ead.b-cdn.net/images/e/e3/Autobus_Ficha1.pdf

Chalco Guzhña, G. D., & Chuchuca Zhizhpon, J. L. (2022). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la flota de buses de la empresa Transvicport S.A. de la ciudad de Cuenca* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23898/1/UPS-CT010235.pdf>

Wikipedia. (2024). *Autobús articulado*. Wikipedia. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de https://es.wikipedia.org/wiki/Autobús_articulado

Real Academia Española. (2024). *Autobús de dos pisos*. En *Diccionario de la lengua española* (23.^a ed.). Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://dpej.rae.es/lema/autobús-de-dos-pisos>

Wikipedia. (2024). *Autobús eléctrico*. Wikipedia. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de https://es.wikipedia.org/wiki/Autobús_eléctrico

Wikipedia. (2024). *Motor de combustión interna*. Wikipedia. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combustión_interna

Massachusetts Institute of Technology. (2024). *Thermodynamics: Node 26*. Recuperado el 10 de enero de 2025, de <https://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node26.html>

Massachusetts Institute of Technology. (2017). *2.61 Internal combustion engines (Spring 2017)*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://ocw.mit.edu/courses/2-61-internal-combustion-engines-spring-2017/>

Renting Finders. (2024). *Motor de 4 tiempos*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://rentingfinders.com/glosario/motor-4-tiempos/>

Autonocion. (2024). *Motores de dos tiempos: Funcionamiento*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.autonocion.com/motores-dos-tiempos-funcionamiento/>

Autonocion. (2024). *Motores de dos tiempos: Funcionamiento*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.autonocion.com/motores-dos-tiempos-funcionamiento/>

Autocasion. (2024). *Motor diésel*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.autocasion.com/diccionario/motor-diesel#:~:text=Se%20conoce%20como%20motor%20diésel,por%20compresión%20de%20dicho%20combustible>

Wikipedia. (2024). *Motor Wankel*. Wikipedia. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de

https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Wankel
Wikipedia. (2024). *Motor eléctrico*. Wikipedia. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_eléctrico

SD Industrial. (2022). *Motor de corriente continua*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://sdindustrial.com.mx/blog/motor-de-corriente-continua/>

Montana State University. (n.d.). *Lecture 22: AC motors*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de https://www.montana.edu/aolson/eele354/presentation-files/Lecture_22_AC_Motors.pdf

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2022). *Ley N° 9612*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=9612>

DEI-CAS. (2023). *¿Qué es el sistema de dirección?* Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.dei-cas.com.ar/publicaciones/que-es-el-sistema-de-direccion-12>

RO-DES. (2024). *Sistema de dirección: ¿Qué es?* Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.ro-des.com/mecanica/sistema-de-direccion-que-es/#:~:text=El%20sistema%20de%20dirección%20permite,esfuerzo%2C%20pueda%20guiar%20el%20vehículo.>

Autodoc. (2024). *¿Qué es la suspensión? Definición, función, tipos*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://club.autodoc.es/magazin/que-es-la-suspension-definicion-funcion-tipos>

Dercocenter. (2024). *¿Qué es el sistema de transmisión en un auto?* Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.dercocenter.cl/noticias/que-es-el-sistema-de-transmision-en-un-auto>

Gobierno de México. (2022). *Transmisión*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313832/transmision.pdf>

Neumáticos KM0. (2024). *Sistemas de frenos*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.neumaticoskm0.com/sistemas-de-frenos/>

Motorkote. (2024). *Cómo funciona el sistema de frenos*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://motorkote.com.co/como-funciona-sistema-frenos/>

Tuteorica. (2023). *Sistema eléctrico del vehículo*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://tuteorica.com/material-complementario/sistema-electrico-del-vehiculo/>

Scania. (2018). *Especificaciones técnicas del autobús K-400 IB 6x2*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.scania.com/content/dam/scanianoe/market/ar/products-and-services/buses-and-coaches/larga-distancia/2018/especificaciones-tecnicas/K-400-IB-6x2-27042018.pdf>

Stelorder. (2022). *Mantenimiento preventivo: ¿Qué es?* Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/#¿que-es-el-mantenimiento-preventivo>

Concepto.de. (2023). *Mantenimiento correctivo*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://concepto.de/mantenimiento-correctivo/>

Iberdrola. (2024). *Mantenimiento predictivo*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.iberdrola.com/innovacion/mantenimiento-predictivo#:~:text=El%20mantenimiento%20predictivo%20es%20una,de%20que%20sobre venga%20el%20fallo.>

Madohila Casa del Compresor. (2023). *¿Por qué los camiones usan frenos de aire?* Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://madohilacasadelcompresor.com/por-que-los-camiones-usan-frenos-de-aire/>

Kaufmann. (2024). *Chasis Mercedes-Benz LO 916*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.kaufmann.cl/buses/chasis-lo-916>