



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTROMECAÁNICA

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

Análisis del desgaste prematuro en elementos mecánicos de la caja automática Ecolife usada en buses marca Zhongtong.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Electromecánica

Autor:

Loor Hernández Evelin Lisseth

Tutor:

PhD Héctor Luis Laurencio Alfonso

LATACUNGA –ECUADOR
2021

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Análisis del desgaste prematuro en elementos mecánicos de la caja automática Ecolife usada en buses marca Zhongtong” presentado por Loor Hernández Evelin Lisseth, para optar por el título magíster en Electromecánica.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, noviembre, 03, 2021



.....
PhD Héctor Luis Laurencio Alfonso
CC.: 175836725-2

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Análisis del desgaste prematuro en elementos mecánicos de la caja automática Ecolife usada en buses marca Zhongtong” presentado por Loor Hernández Evelin Lisseth, para optar por el título magíster en Electromecánica.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, noviembre, 03, 2021



.....
PhD Héctor Luis Laurencio Alfonso
CC.: 175836725-2

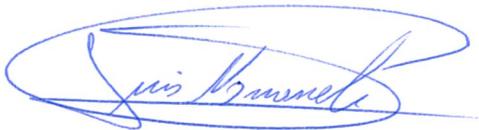
AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Análisis del desgaste prematuro en elementos mecánicos de la caja automática Ecolife usada en buses marca Zhongtong, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Electromecánica; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, diciembre, 06, 2021



.....
PhD. Enrique Torres Tamayo
175712194-0
Presidente del tribunal



.....
Mg. Luis Miguel Navarrete López
180374728-4
Lector 2



.....
Mg. Byron Paúl Corrales
050234776-8
Lector 3

DEDICATORIA

“Cada día llego más lejos en la vida y
debo reconocer que nada de esto sería
posible sin el apoyo incondicional de mi
querida familia”

Dedico este trabajo de titulación a toda mi
familia, es especial a mi mami y mi esposo,
que están para mí en todo momento.
Evy

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Gonza, mi esposo; por el apoyo, paciencia y amor en todo este camino recorrido, ha sido el sacrificio de ambos en estos dos años de estudio.

A mi alegre familia de Latacunga, mis queridos Rosita, Héctor y Wisi, por siempre abrirme las puertas de su hogar y hacerme sentir parte de ella.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, y a todos los docentes que fueron participes en este proceso, permitiéndome aprender cosas nuevas que me servirá en mi vida profesional.

A mi tutor PhD. Héctor Laurencio por su guía en este proceso, su apoyo a sido incondicional y me siento satisfecha de todo lo que he aprendido de él.

Evelin Lisseth Loor Hernández

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Quito, diciembre, 06, 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Evelin Lisseth Loor Hernández', is written over a horizontal dotted line.

Ing. Evelin Lisseth Loor Hernández
C.C. 172008312-8

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Quito, diciembre, 06, 2021



.....
Ing. Evelin Liseth Loor Hernández
C.C. 172008312-8

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Análisis del desgaste prematuro en elementos mecánicos de la caja automática Ecolife usada en buses marca Zhongtong contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, diciembre, 06, 2021



.....
PhD. Enrique Torres Tamayo
175712194-0

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

MAESTRÍA EN ELECTROMECAÁNICA

Título: Análisis del desgaste prematuro en elementos mecánicos de la caja automática Ecolife usada en buses marca Zhongtong

Autor: Loor Hernández Evelin Lisseth

Tutor: PhD Héctor Luis Laurencio Alfonso

RESUMEN

La investigación propuesta, salió de la necesidad de determinar los factores que intervienen para el desgaste prematuro de elementos mecánicos de una caja automática Ecolife, en los buses de una flota determinada; con esta investigación se tendrá herramientas suficientes para determinar el correcto procedimiento a seguir por los propietarios de unidades, evitando así el problema presentado. Esta clase de cajas automáticas están destinadas a vehículos de transporte masivo, los mismos que están iniciando su operación en el país, siendo sus costos elevados por la tecnología que presentan; a lo que se quiere llegar con esta investigación, es a determinar un correcto y acertado plan de mantenimiento para eliminar notablemente un desgaste prematuro, y confirmando que lo indicado por el fabricante tanto en tipo de fluido lubricante como en modo de operación, junto a otros factores es lo correcto y evitará pérdidas económicas. Para obtener los resultados esperados, la investigación se limitará en vehículos del mismo tipo y que trabajan en las mismas rutas, para de esta manera asegurar la viabilidad de esta investigación, obteniendo resultados positivos y esperados por esta flota.

PALABRAS CLAVE: transmisión automática; fluido lubricante; mantenimiento; desgaste; fricción; diagnóstico electrónico.

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCION DE POSGRADO**

MAESTRÍA EN ELECTROMECAÁNICA

Title: "Analysis of premature wear in mechanical elements of the Ecolife automatic gearbox used in Zhongtong buses".

Author: Loor Hernández Evelin Lisseth

Tutor: PhD Héctor Luis Laurencio Alfonso

ABSTRACT

The proposed research arose from the need to determine the factors involved in the premature wear of mechanical elements of an Ecolife automatic gearbox in the buses of a given fleet; this research will provide sufficient tools to determine the correct procedure to be followed by the owners of the units, thus avoiding the problem presented. This kind of automatic gearboxes are destined to mass transportation vehicles, which are just starting their operation in the country, being their costs high due to the technology they present; what we want to achieve with this research is to determine a correct and accurate maintenance plan to significantly eliminate premature wear, and confirming that what is indicated by the manufacturer both in type of lubricating fluid and in operation mode, along with other factors is correct and will avoid economic losses. To obtain the expected results, the research will be limited to vehicles of the same type and working on the same routes, in order to ensure the feasibility of this research, obtaining positive and expected results for this fleet.

KEYWORD: automatic transmission; lubricating fluid; maintenance; wear; friction; electronic diagnostics.

Yo, Mg Marco Paúl Beltrán Semblantes con cédula de identidad número 0502666514 Licenciado en Ciencias de la Educación especialización Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-06-701921; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: "Análisis del desgaste prematuro en elementos mecánicos de la caja automática Ecolife usada en buses marca Zhongtong". de: Loor Hernández Evelin Lisseth aspirante a Magister en Electromecánica.



Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes
0502666514



**CENTRO
DE IDIOMAS**

Latacunga, diciembre 07, 2021

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA PARA EL ANÁLISIS PREMATURO DE UNA CAJA AUTOMÁTICA ECOLIFE.....	8
1.1 Antecedentes de la investigación.....	8
1.2 Fundamentación Teórica.	9
1.2.1 Transmisiones en vehículos	9
1.2.2 Mantenimiento en el área automotriz.....	14
1.2.3 Lubricación y fluidos lubricantes.....	19
1.3 Descripción del objeto de estudio:.....	23
1.3.1 Descripción	23
1.4 Reportes de fallas frecuentes en transmisiones automáticas:	27
1.5 Conclusiones Capítulo 1.....	27
CAPÍTULO 2. MATERIAES Y MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS PREMATURO DE UNA CAJA AUTOMÁTICA ECOLIFE	29
2.1 Variables del proceso.....	29
2.2 Características de Aceite EcoFluid a Life	30
2.3 Plan de mantenimiento	34
2.3.1 Procedimiento de Gestión de Mantenimiento.....	34
2.3.2 Planificación de Mantenimiento.....	35
2.4 Metodología para análisis de criticidad.....	36
2.4.1 Procedimiento para realizar el análisis de criticidad.....	37
2.5 Criterio de selección del tipo de mantenimiento a nivel de máquina.	41
2.6 Determinación del estado técnico en mantenimiento preventivo planificado 43	
2.6.1 Determinación del tiempo real de operación (HROP)	44
2.6.2 Determinación de la cantidad de fallas (NTMC)	44
2.6.3 Tiempo de eliminación de las fallas o por acciones de mantenimiento programado (HTMC)	45
2.6.4 Tiempo medio entre fallas.....	45
2.6.5 Tiempo medio para la reparación.....	45
2.6.6 Disponibilidad de equipos.....	45
2.6.7 Duración del ciclo de reparación.....	46
2.6.8 Determinación del tiempo entre operaciones del ciclo	46
2.6.9 Cálculo del tiempo entre reparaciones	46
2.6.10 Criterio de confiabilidad	47
2.7 Costo de Mantenimiento.....	47
2.7.1 Costos de mantenimiento por facturación y eliminación de fallas.....	47

2.8	Instrumento para determinar fallas y sub características en Cajas Automáticas Ecolife	48
2.9	Características del equipamiento de laboratorio para el análisis de propiedades del aceite.....	49
2.9.1	Espectrómetro de masa	49
2.9.2	Viscosímetro	51
2.9.3	Analizador de partículas.....	51
2.10	Conclusiones del Capítulo 2.....	52
CAPÍTULO 3. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA		53
3.1	Análisis de las características de aceite	53
3.1.1	Contaminación	53
3.1.2	Viscosidad.....	57
3.1.3	Temperatura	57
3.2	Análisis del comportamiento operativo de la caja Ecolife	58
3.3	Código de fallas reportados en una flota	66
3.4	Propuesta de Plan de Mantenimiento de Resultados	68
3.4.1	Análisis de resultados del diagnóstico y planificación de mantenimiento 69	
3.5	Impactos.....	75
3.5.1	Impacto tecnológico.....	75
3.5.2	Impacto económico	75
3.5.3	Impacto ambiental	78
3.6	Valoración económica y/o presupuesto para implementar la propuesta del proyecto.....	79
3.7	Conclusiones del capítulo 3.....	80
Conclusiones generales		81
Recomendaciones.....		82
Referencias bibliográficas.....		83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Ishikawa	4
Figura 1. 1 Diagrama de Transmisión Automática	11
Figura 1. 2 Transmisión semiautomática	12
Figura 1. 3 Transmisión CVT	13
Figura 1. 4 Transmisión Robotizada	14
Figura 1. 5 Tareas Principales en los Mantenimientos Preventivos.....	17
Figura 1. 6 Tareas Principales en los Mantenimientos Correctivos.....	18
Figura 1. 7 Tareas Principales en los Mantenimientos Predictivos.....	19
Figura 1. 8 Lubricación Centrada en Confiabilidad.....	20
Figura 1. 9 Representación de la Película de Aceite entre piezas de Fricción.....	21
Figura 1. 10 Campo de aplicación de los tipos de lubricante.....	22
Figura 1. 11 Componentes de una caja automática Ecolife	24
Figura 1. 12 Partes de Convertidor Par	24
Figura 1. 13 Tren de Engranés	25
Figura 1. 14 Conjunto de Frenos.....	25
Figura 1. 15 Conjunto de Embrague de Discos.....	26
Figura 1. 16 Selector de Marchas Ecolife	26
Figura 2. 1 Ciclo de Gestión de Mantenimiento	34
Figura 2. 2 Aspectos de la confiabilidad operacional	36
Figura 2. 3 Proceso de la Gestión del Mantenimiento aplicando el análisis de modo de falla y sus efectos de criticidad	37
Figura 2. 4 Matriz de Criticidad.....	40
Figura 2. 5 Interfaz de comunicación ZF-TESTMAN	49
Figura 2. 6 Espectrómetro de masas.....	50
Figura 2. 7 Formas graficas de composición química.....	50
Figura 2. 8 Viscosímetro Rotacional.....	51
Figura 2. 9 Analizador de Partículas	52
Figura 3. 1 Contaminación de Fe en el Aceite	54
Figura 3. 2 Contaminación de Al en el Aceite	55
Figura 3. 3 Contaminación de CU en el Aceite.....	55
Figura 3. 4 Contaminación de SI en el Aceite.....	56
Figura 3. 5 Contaminación de H2O en el Aceite	56
Figura 3. 6 Análisis de Viscosidad.....	57
Figura 3. 7 Análisis Temperatura (°C).....	58
Figura 3. 8 Combinación de los elementos de mando (embragues y frenos).....	59
Figura 3. 9 Tiempo de permanencia en la marcha	60

Figura 3. 10 Permanencia motor clase de carga 1.....	60
Figura 3. 11 Permanencia motor clase de carga 2-3	61
Figura 3. 12 Perfil de velocidades.....	61
Figura 3. 13 Marchas relevantes para el arranque.....	62
Figura 3. 14 Tiempo de paradas con motor en marcha.....	62
Figura 3. 15 Cambio de marchas.....	63
Figura 3. 16 Tiempo de marcha con retardador reducido a causa de la temperatura..	63
Figura 3. 17 Cantidad de retardador máximo por cada accionamiento del retardador	64
Figura 3. 18 Colectivo de temperaturas del aceite con motor en marcha – Salida del retardador	64
Figura 3. 19 Colectivo de temperaturas del aceite con motor en marcha – Fondo del cárter.....	65
Figura 3. 20 Conjunto de temperaturas refrigerante	65
Figura 3. 21 Ciclos de enfriamiento del cárter de aceite.....	66
Figura 3. 22 Gráfica de códigos de falla y repeticiones presentadas	67
Figura 3. 23 Comportamiento de la TIR de las actividades de mantenimiento	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Variable independiente.....	29
Tabla 2. 2 Variable dependiente.....	29
Tabla 2. 3 Propiedades del aceite ZF EcoFluid.....	31
Tabla 2. 4 Rango de Temperaturas.....	31
Tabla 2. 5 Clasificación del vehículo TE-ML 20.100 (temperaturas en el cárter de aceite hasta 100°C).....	32
Tabla 2. 6 Clasificación del vehículo TE-ML 20.105 (temperaturas en el cárter de aceite hasta 105°C).....	32
Tabla 2. 7 Clasificación del vehículo TE-ML 20.110 (temperaturas en el cárter de aceite hasta 110°C).....	33
Tabla 2. 8 Límites Condensatorios de Contaminantes en el Aceite (PST).....	33
Tabla 2. 9 Pasos para la planeación de Gestión de Mantenimiento	35
Tabla 2. 10 Valores de los intervalos INGM	40
Tabla 2. 11 Reglas de selección del tipo de mantenimiento.	43
Tabla 2. 12 Determinación del estado técnico según la eficiencia actual	44
Tabla 3. 1 Descripción de Código de Fallas y Repeticiones.....	68
Tabla 3. 2 Clasificación de elementos y análisis del estado.....	69
Tabla 3. 3 Estructura del ciclo entre reparaciones.	70
Tabla 3. 4 Plan de Mantenimiento	71
Tabla 3. 5 Selección de tipo de mantenimiento de la caja de velocidades.....	72
Tabla 3. 6 Selección de tipo de mantenimiento de elementos de la caja automática..	73
Tabla 3. 7 Disponibilidad técnica del equipo.....	74

Tabla 3. 8 Costo de mantenimiento.....	76
Tabla 3. 9 Resultado de cálculo del VAN.....	77
Tabla 3. 10 Presupuesto para el desarrollo de la propuesta	79

INTRODUCCIÓN

Las primeras transmisiones automáticas surgieron alrededor del año 1940 facilitando el manejo y ampliando la base de usuarios que podían manejar, mejorando el mercado automotriz; con el paso del tiempo se iban aplicando mejoras, para tener mayor velocidad y menor consumo de combustible; analizando constantemente nuevos y actuales materiales que la componen para evitar desgastes por fricción en bandas, embragues, entre otros componentes. De la mano vino los avances continuos en cuanto a los lubricantes para que respondan correctamente en el mecanismo de cambio, con el fin de proteger de mejor manera los materiales, en todo ese camino se obtuvo algunas novedades como por ejemplo: los lubricantes que se diseñaban para temperaturas normales en una zona, no funcionaban de manera óptima en zonas con temperaturas diferentes, otra novedad que se presentaba era la oxidación prematura por las altas velocidades de las turbinas, y ya se presentó la necesidad de estandarizar los tipos de aceite (color) para poder diferenciarlos de otros aceites que se colocan en los vehículos [1].

Junto con los avances tecnológicos en las transmisiones automáticas y tomando en cuenta que los principales fabricantes son países con una tecnología que avanza día a día, nace la importancia de esta Investigación y es definir un correcto plan de mantenimiento para una caja automática de procedencia alemana, bajo condiciones propias de nuestro País y operación de las mismas, disminuyendo notablemente el desgaste prematuro de elementos de fricción que la componen, alargando así su vida útil.

El mantenimiento en el que enfocaremos en esta Investigación, será el que se nos recomiende ejecutar periódicamente y tratando que se realice antes que ocurra la falla o avería, el mismo se realizará bajo las recomendaciones del fabricante, y se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado, detallando así el procedimiento a seguir y las actividades a realizar, optimizando de esta manera tiempo y recursos [2].

Antecedentes:

Las cajas automáticas en vehículos pesados o de transporte masivo se están introduciendo al Ecuador de manera significativa, pese a los mitos que existen en torno a ellas; como por ejemplo, los costos elevados de reparación en el caso que lleguen a fallar, debido a su composición; ya que a diferencia de las cajas manuales que necesita la acción del conductor para presionar el embrague, desconectando el motor de la transmisión y mover la palanca para escoger la marcha necesaria, este tipo de cajas sustituye la acción humano-máquina con válvulas y/o sensores combinados con una computadora para programar el cambio de marcha [3], elementos que tienen mayor valor en el mercado automotriz, y a todo eso se suma la necesidad de contar con personal técnico calificado y capacitado en este tipo de reparaciones de la mano de un correcto mantenimiento específico para esta nueva tecnología y bajo condiciones propias, sin embargo, el estudio de la ergonomía ha tenido gran influencia en la construcción de buses de transporte masivo con cajas automáticas, por sus largas horas y recorridos de trabajo; viajes en carreteras con colinas, curvas estrechas, grandes pendientes con potencia de motor reducida, luego de regreso al tráfico interurbano o urbano, conducción lenta, frenado y aceleraciones frecuentes, es lo que le da acogida necesaria en el país este tipo de cajas [4].

La presente investigación está ligada a Plan Nacional de Desarrollo (2017 – 2021) Todo una Vida, bajo el Eje 2 (Economía al servicio de la sociedad) y el Eje 3 (Mas sociedad mejor Estado), debido a que al tener tecnología extranjera que está llegando a nuestro País, como es el caso de cajas automáticas alemanas debemos actualizar nuestro conocimiento y realizar un estudio de operación bajo condiciones propias de la región, que vendría siendo lo que más afecten en el funcionamiento óptimo de estos sistemas, y a la par se determinaría el mantenimiento específico para este tipo de cajas, enmarcándonos en este estudio se cumpliría el objetivo 5: Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible, de manera redistribuida y solidaria [5].

- **Línea de investigación:** La línea de investigación en la cual se enmarcará la presente investigación es la de Procesos Industriales, debido a que en la misma se promueve el desarrollo y proceso que permitan mejorar el rendimiento en la producción industrial, esto con el fin de contribuir al desarrollo socio económico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona [6]. Y al tener tecnologías nuevas ingresando al Ecuador, potenciando la Industria Automotriz, debemos enfocarnos a realizar un correcto análisis, en este caso el estudio de cajas Automáticas Ecolife, esto con el fin de optimizar el funcionamiento de las mismas, bajo parámetros en el uso local.
- **Sub línea de investigación:** en la carrera de Ingeniería Electromecánica la línea de investigación apropiada para la investigación a desarrollarse es la de Diseño, Construcción y Mantenimiento de Elementos, Prototipos y Sistemas electromecánicos, abarcando la parte de mantenimiento de un sistema electromecánico

Planteamiento del problema

Una transmisión automática tiene como finalidad proporcionar diferentes rangos de velocidad que va desde neutro, reversa y marchas hacia adelante; y cuya función principal es incrementar el par o fuerza torsional entre el motor y las ruedas propulsoras, y de esta manera el resultado obtenido es el rendimiento de vehículo [7].

Las cajas automáticas Ecolife con tecnología alemana han sido introducidas al país en buses de alta gama, ofreciendo ventajas como, disminución de consumo de combustible y por tanto las emisiones de CO₂, incremento de eficiencia, más ligeras y resistentes, más silenciosas por la reducción del régimen del motor y que el trayecto sea más cómodo, ya que el cambio de marchas será más rápido y suave [8], sin embargo, las mismas requieren un análisis profundo en cuanto al desgaste prematuro que están presentando en ciertos elementos mecánicos.

El correcto funcionamiento de las cajas automáticas depende en su mayoría de la lubricación y el tipo de fluido lubricante que se utilice, analizando características y propiedades de los mismos. En este tipo de cajas de cambios es muy recomendable utilizar siempre fluidos hidráulicos del tipo exacto que recomiende el fabricante, para asegurar de esta forma el funcionamiento óptimo del sistema [9]. Los elementos mecánicos que más presentan un desgaste, son los paquetes, convertidor par, entre otros elementos de fricción, ocasionando daños con costos elevados de reparación y pérdidas económicas significativas a los propietarios de los mismos en cuanto a la producción, teniendo en cuenta que son vehículos de trabajo.

El fluido de lubricación aparte de lubricar, enfriar y limpiar los componentes, tiene la función de transferir potencia al convertidor de par y proporcionar la presión necesaria para aplicar los diferentes embragues, paquetes entre otros componentes [7]. Por la falta de un análisis de los causales, tomando en cuenta factores importantes como son las geográficas de las rutas, temperaturas, presiones, kilometraje, tiempo de mantenimiento, homologaciones de fluidos; se está reduciendo la vida útil de estas cajas.

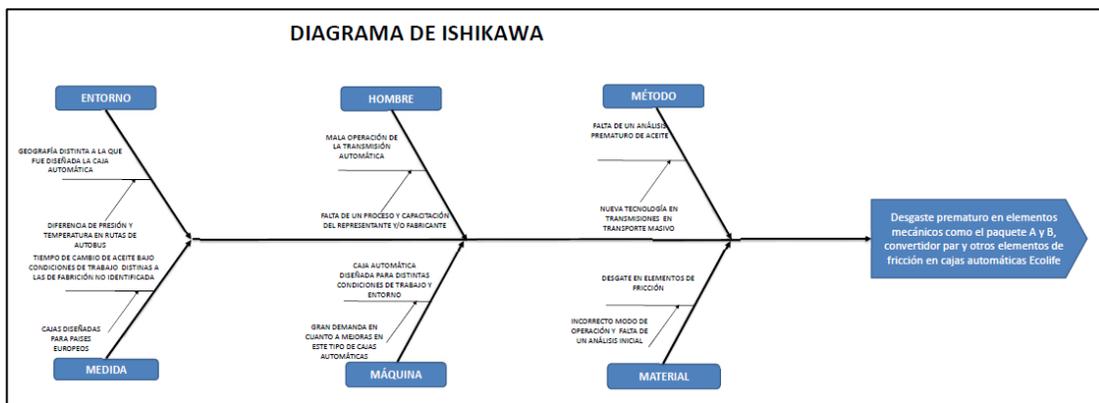


Figura 1 Diagrama de Ishikawa

Elaborado: Evelin Loor

Formulación del problema

Desgaste prematuro en elementos mecánicos como el paquete A y B, convertidor par y elementos de fricción en cajas automáticas Ecolife.

Objeto de estudio

Cajas automáticas Ecolife

Campo de acción

Mantenimiento de Equipo Mecánico y Transmisión de Energía; esto, bajo el perfil de Máster en Electromecánica que estaría dentro de la división en Tecnologías e Ingenierías Mecánicas, según la Nomenclatura internacional de UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología [11]

- 3313.23 Equipo Mecánico de Transmisión de Potencia (Ver 3322.04)
- 3322.04 Transmisión de Energía (Ver 3313.23)

Objetivo General

Analizar las causales del desgaste prematuro de elementos mecánicos, de una caja de Transmisión Automática Ecolife, partiendo del análisis de aceite y los cambios de temperatura que sufre la mismas.

Objetivos Específicos

- Demostrar la influencia que tiene el fluido lubricante recomendado por el fabricante para alargar la vida útil de la caja.
- Determinar las causales de desgaste prematuro de los elementos mecánicos.
- Diseñar un plan de mantenimiento para este tipo de cajas automáticas, incluyendo recomendaciones de condiciones de manejo, para así disminuir el problema planteado.

Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Demostrar la influencia que tiene el fluido lubricante recomendado por el fabricante para alargar la vida útil de la caja.	Toma de muestras del aceite recomendado por fábrica y otros aceites de venta en el mercado para el análisis de propiedades y características de los mismos	Estadísticas y valores cuantitativos de las muestras tomadas, determinando así diferencia en cuanto a las propiedades y características de los mismo	Instrumentos de análisis de aceite.
Determinar las causales de desgaste prematuro de los elementos mecánicos.	-Toma de muestras de aceite para ser enviadas a un laboratorio y realizar el diagnóstico a partir de los resultados obtenidos. -Diagnóstico de estado de la caja automática mediante el Testman, analizando códigos de falla y temperaturas de trabajo	Estadísticas y valores cuantitativos de las muestras tomadas, determinando así tipos de desgaste, material, y a que elemento corresponden las mismas	Instrumentos de análisis de aceite. Programa de diagnóstico propio de las cajas Ecolife. Flota de más de 5 unidades.
Diseñar un plan de mantenimiento para este tipo de cajas automáticas, incluyendo recomendaciones de condiciones de manejo, para así disminuir el problema planteado.	Propuesta de un plan, indicando el tiempo (Kilometraje) al que debe ser cambiado el aceite, con las ventajas y desventajas.	Entrega de resultados y pasos a seguir para para disminuir el desgaste prematuro que presentan las cajas automáticas Ecolife.	Manual de especificaciones técnicas recomendadas por el fabricante. Resultados de actividades anteriores.

Elaborado por: Evelin Loor

Justificación

La investigación propuesta, salió de la necesidad de determinar los factores que intervienen para el desgaste prematuro de elementos mecánicos de una caja automática Ecolife, en los buses de una flota determinada; con esta investigación se tendrá herramientas suficientes para determinar el correcto procedimiento a seguir por los propietarios de unidades, evitando así el problema presentado.

Esta clase de cajas automáticas están destinadas a vehículos de transporte masivo, los mismos que están iniciando su operación en el país, siendo sus costos elevados por la tecnología que presenta; a lo que se quiere llegar con esta investigación, es a determinar un correcto y acertado plan de mantenimiento para eliminar notablemente un desgaste prematuro, y confirmando que lo indicado por el fabricante tanto en tipo de fluido lubricante como en modo de operación, junto a otros factores es lo correcto y evitará pérdidas económicas.

Para obtener los resultados esperados, la investigación se limitará en vehículos del mismo tipo y que trabajan en las mismas rutas, para de esta manera asegurar la viabilidad de esta investigación, obteniendo resultados positivos y esperados por esta flota.

Hipótesis

El desgaste prematuro de elementos mecánicos de la caja Ecolife, se da a consecuencia de la falta de un diagnóstico acertado del tiempo (kilometraje) de cambio y el tipo de fluido lubricante utilizado, teniendo en cuenta factores de operación, características geográficas de rutas en las que operan los vehículos.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA PARA EL ANÁLISIS PREMATURO DE UNA CAJA AUTOMÁTICA ECOLIFE

En el presente capítulo se detallará a profundidad, los tipos de cajas automáticas que existen en el mercado, las características principales de la caja automática Ecolife, las recomendaciones de operación dadas por el fabricante, los tipos y/o características de lubricantes que se encuentra el mercado nacional y los tipos de mantenimientos que existen analizando las ventajas y desventajas de los mismos; esto como objetivo de estructurar un marco teórico que sería la base de la investigación propuesta, y facilitando investigaciones basadas en cajas automáticas y mantenimientos aplicados.

El objetivo específico de este capítulo es: revisar la bibliografía referente al mantenimiento de cajas automáticas, las mejoras que se han encontrado entorno a los lubricantes utilizados, lo puntos más relevantes que se han investigado para este tipo de cajas y el modo de operación recomendado para usuarios de cajas automáticas.

1.1 Antecedentes de la investigación

La investigación parte de la tecnología que avanza a diario en las transmisiones automáticas, sus ventajas y modo de uso.

El origen de las primeras transmisiones automáticas se da en inicios de la década de 1930, pero hasta el año de 1939 no apareció en las líneas de producción de la primera transmisión que no necesitaba embrague, fue un trabajo conjunto entre Ford y su modelo T (operación con el pie del engrane planetario), Chrysler (control hidráulico) y General Motors (convertidor de par). En el mes de octubre de 1939 la primera transmisión automática completa este modelo, y es presentada por la división Hydra-Matic de General Motors, para automóviles Oldsmobile, el próximo vehículo en utilizar este tipos de transmisiones son los Cadillac; ya para el año de 1958 la mayoría de fabricantes de automóviles, ofrecía este tipo de transmisiones automáticas, por lo que se puede decir que los elementos de este tipo de transmisiones aparecieron a finales de la década de 1940, desde entonces hay personal de investigación y técnica que se

dedica a mejorar diseño, aplicación y ubicación de los mismos, pero para la perspectiva del conductor no habido cambios significativos en el modo de operación [12]. En la década de los 80 ya hay cambios significativos en las transmisiones automáticas ya que las misma cuentan con hasta 10 velocidades y con altos estándares tecnológicos [13].

Con la llegada de las transmisiones automáticas al mercado automotriz se abrió un amplio campo de investigación entorno a estas, como por ejemplo, incremento y optimización en cuanto al manejo de las mismas, es decir, mecanismos con control electrónico, facilidad y agilidad de tiempos en el tema de diagnóstico o mantenimientos (cambio de aceite), como por ejemplo, se desarrolla una investigación titulada “Diseño y Construcción de una Unidad de Cambio de Fluido para Cajas Automáticas con Control Electrónico”, en la misma se explica la importancia el cambio de fluido hidráulico de transmisiones automáticas en vehículos livianos de modo seguro, rápido y confiable; todo esto con la ayuda de un sistema hidráulico externo que emula presión y caudal del flujo hidráulico de la transmisión en parking en su periodo de enfriamiento, este proceso se da mediante el acople del circuito de enfriamiento usual de la transmisión y el sistema hidráulico externo, formando un circuito abierto, que permite la recirculación y filtrado del fluido al efectuar el cambio de aceite de manera continua y automática [14].

1.2 Fundamentación Teórica.

1.2.1 Transmisiones en vehículos

La caja de cambios es un elemento de transmisión que se interpone entre el motor y las ruedas con la función de administrar las revoluciones entre estos dos elementos. Para ello, la caja de cambios modifica el número de revoluciones transmitidas a las ruedas e invierte su sentido de giro cuando las necesidades de la marcha así lo requieren [9]. Para la transferencia de energía a las ruedas del vehículo es necesario el conjunto de componentes, los mismo que transfieren la potencia desde el cigüeñal pasando por la transmisión y terminado en las ruedas del vehículo, para que las mismas den el movimiento final.

1.2.1.1 Tipos de Transmisiones

1.2.1.1.1 Transmisión Automática

La transmisión automática fue introducida a comienzos del año 1977, y en la actualidad incluso este tipo de transmisiones tienen una tecnología con 4WD (tracción en las cuatro ruedas) y ya están siendo utilizadas en automóviles y camiones.

Este tipo de cajas elimina el embrague convencional y solo tiene el mando de aceleración y frenado, debió a que los cambios se realizan de manera automática. La palanca de cambios también varía contando únicamente con tres posiciones D (Driver), R (Retro), N (Neutro); otro cambio es el tipo de engranes que lo conforman. [15]

Los vehículos utilizan motores térmicos y funcionan a un determinado rango de velocidad de giro, y para poder arrancar desde el reposo es necesario independizar el giro del motor del giro del eje que proporciona movimiento a las ruedas del vehículo. El elemento que hace esto posible es el embrague, en cajas automáticas este componente se acciona de manera hidráulica o/y electrónica [16], y depende de la interpretación de algunos parámetros: como la posición del acelerador, la velocidad y las revoluciones que va el vehículo [17].

Por la característica de tipo de control de cambio y sincronización de enclavamientos existen dos tipos:

- Transmisión de control hidráulico total.
- Transmisión de control electrónico, este tipo utiliza datos almacenados en la ECU como patrones de cambio, enclavamiento [10].

La característica fundamental de las cajas automáticas, es que, la transición del cambio de velocidad se realiza en función a dos parámetros, teniendo en cuenta el giro del motor en todo momento:

- Velocidad del vehículo
- El par resistente que se aprecia en la marcha del vehículo [9].

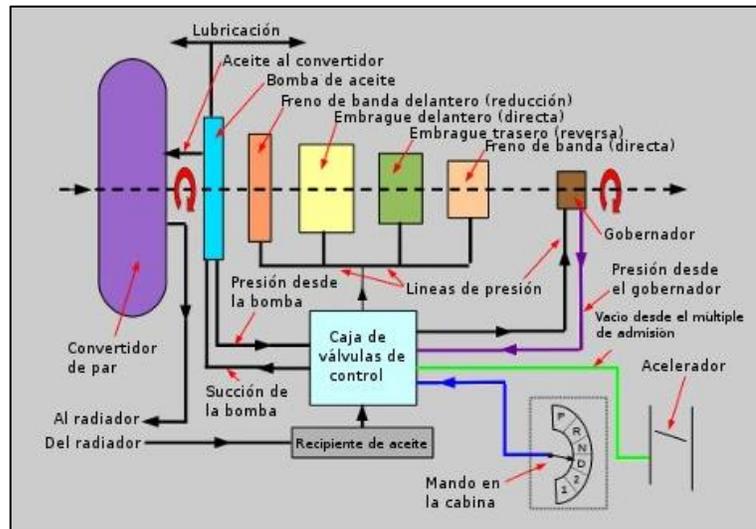


Figura 1. 1 Diagrama de Transmisión Automática

Fuente: [10]

VENTAJAS

- Reducción de la fatiga del conductor, ya que se evitaría el accionamiento del embrague y cambio de marchas manualmente.
- El cambio de marchas (cambio de engranajes) se da de una manera suave y apropiada, según las condiciones a las que pida el vehículo,
- Disminución de sobrecargas en el motor y línea de impulsión, ya que estos están conectados por un sistema hidráulico.
- Incremento de la aceleración para rebasar a otro vehículo o subir una colina [18].

1.2.1.1.2 Transmisión de Cambio Semiautomática

En este tipo de cajas la acción del embrague es encomendado a un sistema electrónico de gestión, que a su vez comanda un sistema hidráulico de mando de la palanca de desembrague, la palanca de desembrague es accionada por un cilindro hidráulico, la presión que recibe es del grupo hidráulico, el mismo que está gobernado por una electroválvula de control, que recibe los impulsos de mando del calculador electrónico, el cual, a su vez, toma señales de referencia de la posición de la palanca de cambios y del pedal del acelerador, así como del régimen motor y velocidad del vehículo [16].

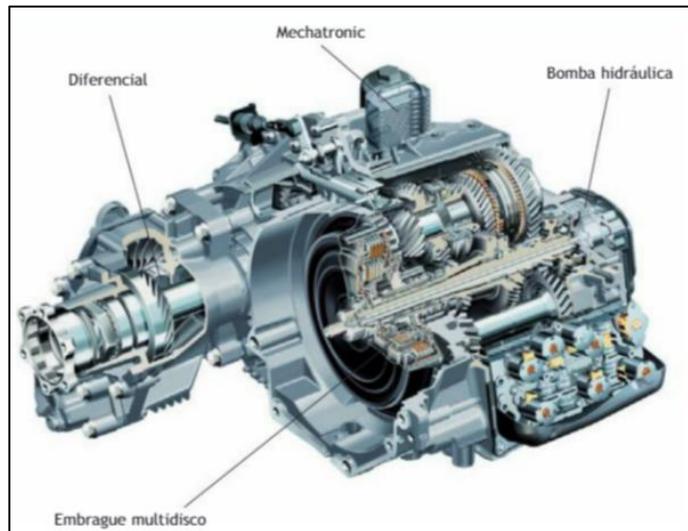


Figura 1. 2 Transmisión semiautomática

Fuente: [16]

1.2.1.1.3 Transmisión de cambio por Variador Continuo (CVT)

Este tipo de transmisiones es ideal para los vehículos, debido a que están variando continuamente las relaciones de velocidad, es decir que es una transmisión automática con un número infinito de relaciones. Esta característica nos da la ventaja que siempre trabajaremos en la curva de potencia máxima, haciendo de estas cajas superiores a las automáticas tradicionales o las manuales, ya que en esas se produce escalonamiento o salto entre diferentes velocidades [19].

Este tipo de cajas está conformado por poleas de diámetro variable unidas con correas o banda metálicas; depende de las condiciones del vehículo y los requerimientos de conducción, el diámetro en las poleas varían y es así que se logra un sinfín de relación de marchas, sin embargo, la desventaja de este tipo de cajas es la limitación de transmitir grandes pares del motor, por lo que su aplicación es en coches de poca potencia y destinados principalmente al uso urbano [16].

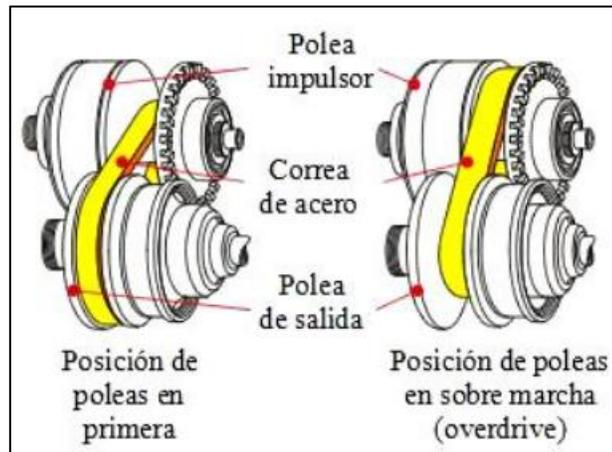


Figura 1. 3 Transmisión CVT

Fuente: [19]

1.2.1.1.4 Transmisión de Cambios Robotizada

Este tipo de cajas es la evolución del embrague pilotado o la transmisión semiautomática, ya que cuenta con la inserción de marchas robotizadas, la ventaja que presenta es que se basa en una transmisión manual al 100%, por lo que en tema de consumo y rendimientos son iguales o mejores ya que es un sistema automatizado. Una característica de este tipo de transmisiones es que, no es necesario soltar el acelerador para pasar los cambios, y al reducir la velocidad del vehículo automáticamente las marchas se reducen a primera, todo esto se realiza gracias al módulo electrónico con el que cuenta dando indicaciones al motor de la acción a realizar [15].

Estas cajas se han mejorado añadiendo un segundo embrague para evitar así la lentitud en el cambio de relación y el movimiento en seco que tiene en cada cambio, trabajan de manera coordinada, es decir, mientras un embrague está embragando el segundo está desembragando y viceversa [20].

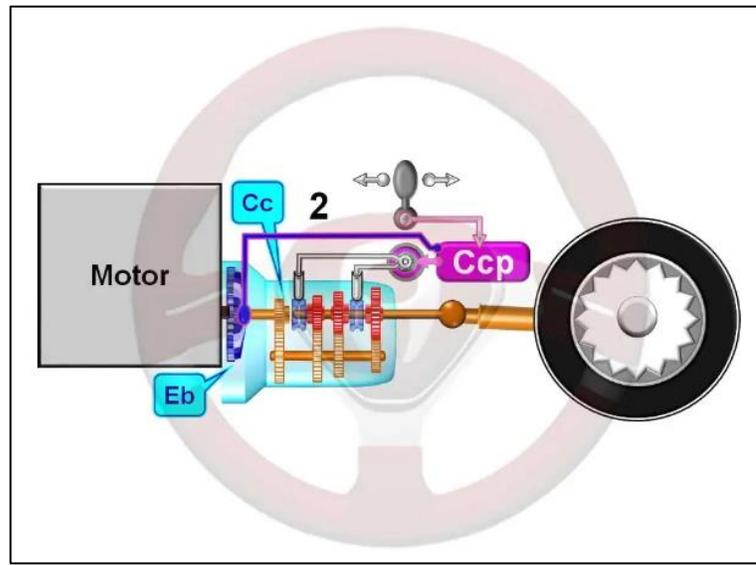


Figura 1. 4 Transmisión Robotizada

Fuente: [20]

1.2.2 Mantenimiento en el área automotriz

1.2.2.1 Evolución del mantenimiento

La necesidad de implementar planes de mantenimiento en la producción mecánica, tanto industrial como automotriz, comienza a partir de la década de los 40 comenzando con mantenimientos correctivos, y ya analizando la afectación tanto en producción como en rentabilidad únicamente con este tipo de mantenimiento, y es hasta la década de los 60 a 70 que ya se implementa un sistema que se encarga del control, supervisión, planeación, ejecución y evaluación de todas las tareas vinculadas con el mantenimiento y el buen funcionamiento de los equipos, el mismo que tiene como objetivo principal alargar la vida útil de la maquinaria, apoyada del mantenimiento autónomo y el compromiso de cada uno de los involucrados en todo este proceso [21].

En el transcurso de la Revolución Industrial el proceso de mantenimiento ha pasado por diferentes etapas; a inicios de la misma, los operarios eran los que se encargaba de realizar las reparaciones de los equipos, pero, con el paso de los años las máquinas se fueron volviendo más complejas y la dedicación a las tareas de mantenimiento

aumentaban, y es ahí donde empezaron a crearse departamentos de mantenimiento, quedando definido las tareas de cada departamento [22].

El mantenimiento se define como un conjunto de normas y técnicas establecidas para la conservación de equipos, maquinaria y plantas industriales, para que proporcione mayor rendimiento en mayor el tiempo posible [22]

Las terminologías que de uso más común son las siguientes [23]:

- a. Mantener. Conjunto de acciones para que las instalaciones y máquinas de una industria funcionen adecuadamente.
- b. Producción. Es un proceso mediante el cual se genera utilidades a la industria.
- c. Falla o avería. Daño que impide el buen funcionamiento de la maquinaria o equipo.
- d. Defecto. Suceso que ocurre en una máquina que no impide el funcionamiento.
- e. Confiabilidad. Buena funcionalidad de la maquinaria y equipo dentro de una industria en definitiva es por el grado de confianza que proporcione una planta
- f. Disponibilidad. Porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de una máquina o equipo por ende de toda la industria, es decir, producción óptima.
- g. Entrenamiento. Preparar o adiestrar al personal del equipo de mantenimiento, para que sea capaz de actuar eficientemente en las actividades de mantenimiento.
- h. Seguridad. Asegurar el equipo y personal para el buen funcionamiento de la planta, para prevenir condiciones que afecten a la persona o la industria.
- i. Prevención. Preparación o disposición que se hace con anticipación ante un riesgo de falla o avería de una máquina o equipo.
- j. Diagnóstico. Dar a conocer las causas de un evento ocurrido en el equipo o máquina o evaluar su situación y su desempeño.

- k. Reparación. Solución de una falla o avería para que la maquinaria o equipo este en estado operativo.
- l. Mejorar. Pasar de un estado a otro que de mayor desempeño de la máquina o equipo.
- m. Planificar. Trazar un plan o proyecto de las actividades que se van a realizar en un periodo de tiempo.

El valor añadido de un sistema de mantenimiento es, optimizar la eficiencia de operación de los vehículos, evitar paradas prolongadas de vehículos, disminuir costos de reparaciones mayores por falta de un sistema de mantenimiento acertado para cada proceso, en cuanto a lo que brinda la aplicación de un plan de mantenimiento, y es la garantía y seguridad entregada, para mantener los equipos funcionando bajo toda condición.

1.2.2.2 Tipos de Mantenimiento

1.2.2.2.1 Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento se lo realiza en intervalos de tiempo periódicos [24] junto con un listado de actividades a cumplirse, la misma que se elaborará bajo recomendaciones del fabricante; el objetivo de este mantenimiento es prevenir fallas o averías mayores en los equipos, reduciendo tiempo de parada y costos elevados en reparaciones mayores.

Para establecer un programa de mantenimiento preventivo vehicular, se debe tomar parámetros como: el tiempo de trabajo, el tipo de servicio que presta, las condiciones de trabajo (humedad, polvo), el tipo de vehículo, el kilometraje y las recomendaciones específicas por los fabricantes en los manuales técnicos [25].

Las tareas principales que se deben realizar en el mantenimiento preventivo son:

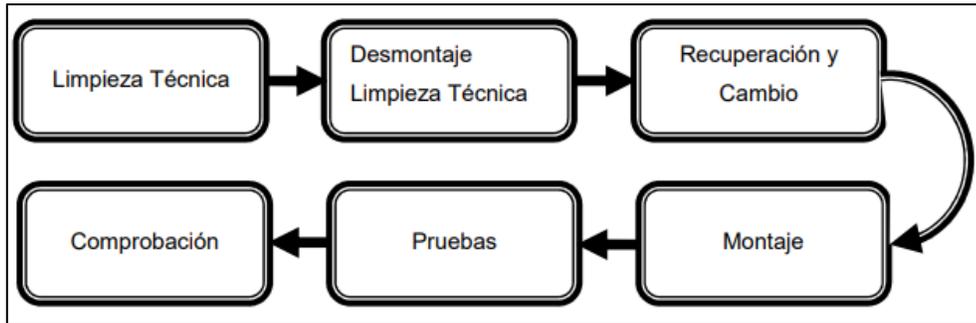


Figura 1. 5 Tareas Principales en los Mantenimientos Preventivos

Fuente: [25]

Como desventajas en este tipo de mantenimientos tenemos:

- Costos de inversión en herramientas y mano de obra técnica para la realización periódica de este mantenimiento.
- Personal capacitado en la línea a realizarse el mantenimiento preventivo.
- No determina exactamente el desgaste de piezas internas.

1.2.2.2 Mantenimiento Correctivo

Es un mantenimiento pasivo, es decir, esperar hasta que la avería o falla se presente en el equipo, sin embargo, es un mantenimiento muy recurrente en la mayoría de industrias, ya que se recurre en gastos de repuestos y de mano de obra únicamente cuando se presenta la avería [25]. Su objetivo principal es restaurar o dejar las máquinas en su operatividad normal, devolviendo el equipo a la producción habitual.

El mantenimiento correctivo también puede ir de la mano del mantenimiento preventivo, ya que, puede haber daños que se encontraron en el proceso del mantenimiento preventivo y ya con el diagnóstico inicial se procederá a reparar la avería, transformándose en un mantenimiento correctivo.

Las tareas principales que se deben realizar en el mantenimiento correctivo son:

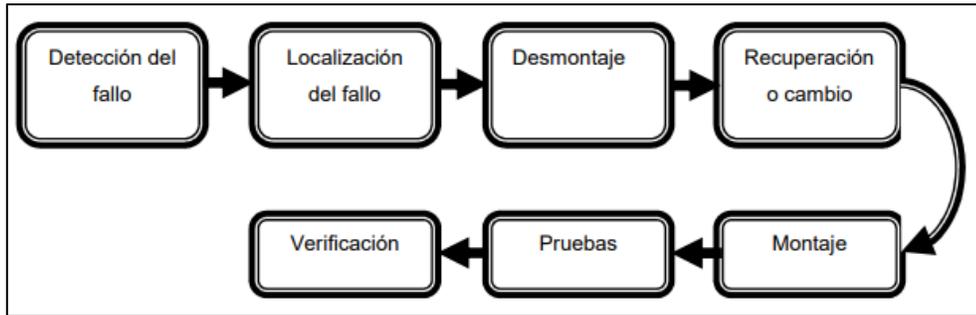


Figura 1. 6 Tareas Principales en los Mantenimientos Correctivos

Fuente: [25]

Como desventajas en este tipo de mantenimientos tenemos:

- Disminuye la vida útil de los equipos.
- No se analiza los antecedentes de las fallas presentadas ni la recurrencia.
- No se sabe con exactitud en que tiempo se presentaran las averías.
- Los gastos económicos pueden ser elevados.
- Paradas prolongadas de los equipos, ya que la reparación puede tomar un tiempo más largo.

1.2.2.2.3 Mantenimiento Predictivo

Este mantenimiento es basado en una Condición, es decir, bajo parámetros que tenemos durante el diagnóstico, el seguimiento y monitoreo constante al equipo bajo condiciones de óptimo funcionamiento, se determinará la necesidad de la acción a realizar, sea ajuste o corrección del sistema que nos está dando problemas, teniendo como objetivo principal en este tipo de mantenimiento alargar la vida útil de los equipos, y eliminar notablemente las paradas de producción.

Este mantenimiento requiere un seguimiento constante del equipo, para de esta manera disminuir posibles daños catastróficos, paradas imprevistas, falta de producción. La exigencia de este tipo de mantenimiento es mantener un stock amplio y disponible de repuestos, para que se mejore la gestión de reemplazo de piezas o partes averiadas y si

se cumple con todo lo anteriormente mencionado, el resultado será la reducción de los gastos de mantenimiento [24].

Este proceso de mantenimiento reconoce que la razón principal para realizar el mantenimiento es el cambio en la condición y/o prestaciones, ya que la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo debe estar basada en el estado real del elemento o sistema. De esta forma, mediante la vigilancia de ciertos parámetros sería posible identificar el momento más conveniente en que se debe realizar las tareas de mantenimiento preventivo [26].

Las tareas principales que se deben realizar en el mantenimiento predictivo son:



Figura 1. 7 Tareas Principales en los Mantenimientos Predictivos

Fuente: [25]

Como desventajas en este tipo de mantenimientos tenemos:

- El personal técnico debe tener un elevado conocimiento de los equipos en lo que está trabajando, debido al seguimiento requerido.
- Para monitorear los equipos de manera periódica o/y constantes, se necesita tener un alto presupuesto, para personal técnico fijo que realice esta tarea.
- La demanda de un stock amplio para el reemplazo de partes o piezas afectadas implica un gasto considerable.

1.2.3 Lubricación y fluidos lubricantes

La función principal en una planta industrial, es la lubricación del equipo; una lubricación que realmente proteja al equipo en la operación, evitando el desgaste excesivo y reduciendo al mínimo los paros de la planta [27].

La lubricación se define como: la interposición entre dos superficies que se encuentran en movimiento relativo la una respecto a la otra de una sustancia cualquiera conocida con el nombre de lubricante. Un buen lubricante tiene como función principal disminuir al máximo el desgaste de las superficies lubricadas, el calor generado por la fricción, el consumo de energía, el ruido [28].

De no utilizar el lubricante apropiado, las superficies metálicas en el mecanismo utilizado se fundirían, quedando el equipo obsoleto.

Al ser las transmisiones automáticas equipos de altas prestaciones, los lubricantes recomendados deben tener características de lubricación y a la vez actuar como fluidos hidráulicos transmitiendo potencia, la lubricación debe abarcar características de materiales distintos, siendo compatibles con todos los elementos, otra característica fundamental es las propiedades que debe mantener en diferentes temperaturas de trabajos, resistentes a la oxidación, evitar formación de espuma [29]

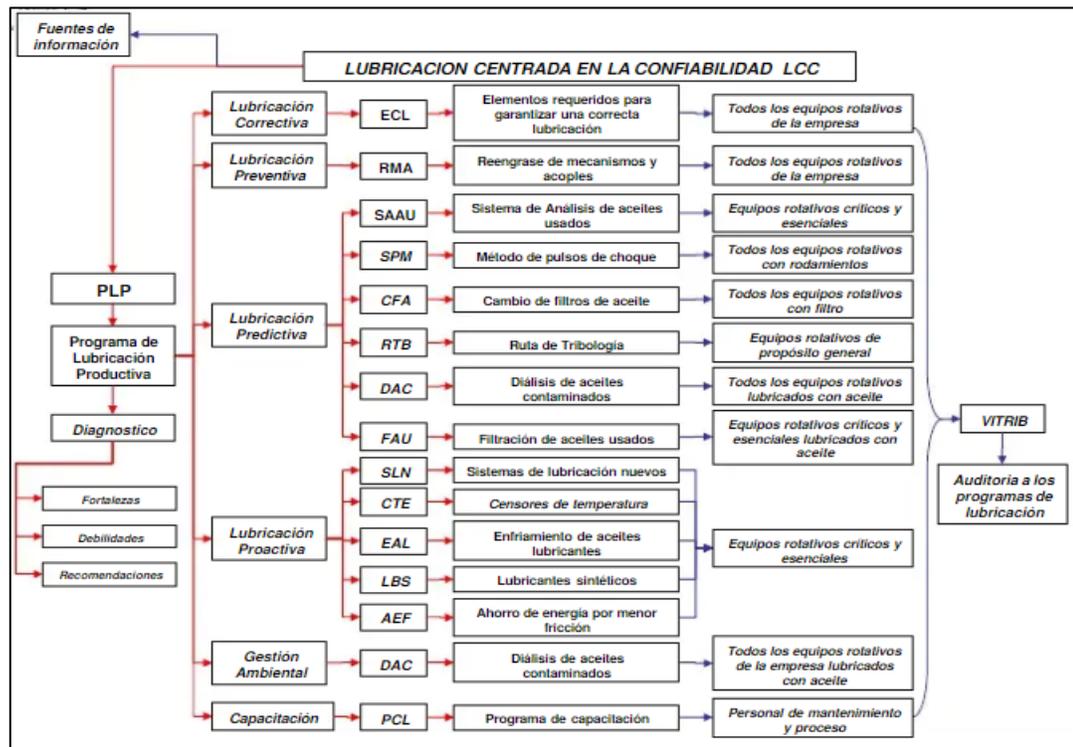


Figura 1. 8 Lubricación Centrada en Confiabilidad

Fuente: [29]

1.2.3.1 Funciones de la lubricación

Es muy importante mejorar el sistema de lubricación, por lo que, algo fundamental para cumplir con este requerimiento es un entrenamiento constante al personal técnico, de la mano con el estudio del desarrollo continuo de los lubricantes que ofrecen el mercado industrial, con el fin de mejorar el proceso de lubricación en cada sistema según su demanda [27].

La lubricación tiene como objetivos:

- Reducir el rozamiento y aumentar la durabilidad.
- Reducir el desgaste.
- Reducir el calentamiento de piezas en movimiento [30].
- Control de contaminación.
- Previene ataques químicos.
- Transmisión de energía [31]

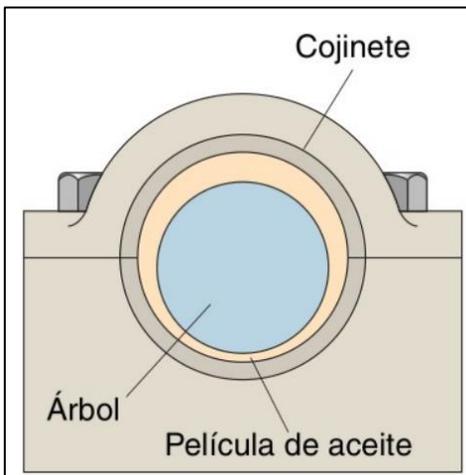


Figura 1. 9 Representación de la Película de Aceite entre piezas de Fricción

Fuente: [30]

Entre otras funciones del lubricante actúa de manera eficaz de sellante y refrigerante del sistema y facilitando la limpieza del mismo. El lubricante sella las partes por donde se puede presentar fugas (orificios y/o aberturas), y a la vez refrigera zonas donde no

llega el refrigerante; también posee la propiedad de sacar partículas de las zonas comprometidas y transportarlas al filtro [32].

1.2.3.2 Clasificación de lubricantes:

Para clasificar los lubricantes de debe realizar de acuerdo a su rendimiento, para esto se puede emplear la clasificación de la Norma A.P.I, o a su vez las compañías proveedoras a través del Departamento Técnico, y se enlistarán en base a la calidad y seguridad ofrecida [27].

Los lubricantes se clasifican de la siguiente manera:

- **Líquidos:** son los más utilizados y proceden de los derivados del petróleo, están combinados con más aditivos, dentro de esta clasificación tenemos a los aceites y agua.
- **Semisólidos:** están formados por una base y jabones espesantes, esta combinación ayuda a que el lubricante este más tiempo en la superficie de fricción, siendo este tipo de lubricante las grasas.
- **Sólidos:** su coeficiente de fricción es muy bajo, ya que se adhieren fuertemente en la superficie lubricada, como ejemplos serian, grafito, pastas, polvos y sulfuro de molibdeno.

	Aceite	Grasas	Sólidos - Semi sólidos
Lubricación Hidrodinámica	Excelente	Pobre	No aplicable
Lubricación Limite	Bueno	Bueno	Excelente
Refrigeración	Excelente	Pobre	No aplicable
Sellado	Bueno	Excelente	Bueno

Figura 1. 10 Campo de aplicación de los tipos de lubricante

Fuente: [29]

El lubricante está compuesto por una base y un porcentaje de aditivos. La base de aceite lubricante determina la mayor parte de las características tales como: viscosidad, resistencia a la oxidación, punto de inflamación y de fluidez [29].

Esta base pueda clasificarse en dos tipos:

- **Mineral:** su producción se da mediante tratamiento del petróleo.
- **Sintético:** su producción se da a partir de una reacción química entre varios materiales.

Sin embargo, en el mercado también se encuentra con aceites **semisintéticos**, los mismo que se obtienen a partir de la mezcla de aceites minerales y aceites sintéticos, en un porcentaje de 80%:20% [30].

1.3 Descripción del objeto de estudio:

Cajas automáticas Ecolife

1.3.1 Descripción

La caja automática Ecolife es de fabricación alemana y es adecuada para todo tipo de autobuses, es una transmisión de 6 marchas, que, como característica de estas cajas, es la reducción de ruido, Start/Stop sin consumo de combustible, más amigable en la conducción (menos estrés) y medio ambiente [4].

Una ventaja de este tipo de cajas frente a otras que se ofrecen en el mercado es el aumento del 25% más de par motor y es diseñada para una vida útil para prolongada.

- Torque: 2300 Nm (1696 lb-pies)
- 6 velocidades

1.3.1.1 Componentes Principales de una Caja automática

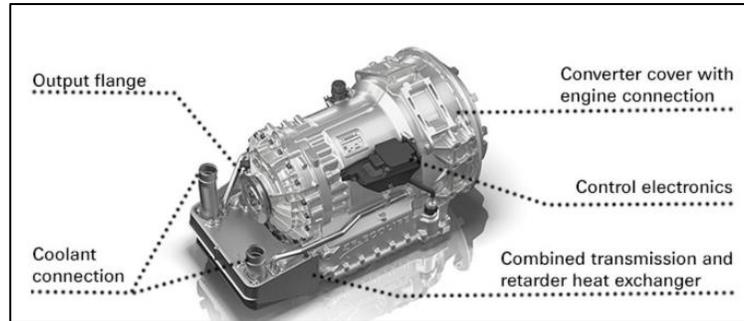


Figura 1. 11 Componentes de una caja automática Ecolife

Fuente: [33]

- **Convertidor Par**

Su función principal es ajustar de forma automática el par de salida con el par que requiere la transmisión en cada momento, el mismo hace la función de un embrague con la ventaja que es capaz de entregar a la caja de cambios un par mayor.

Este componente absorbe las vibraciones torsionales del motor y del tren de impulsión, a la vez sirve como volante de motor, con el fin de suavizar la rotación del motor [34].

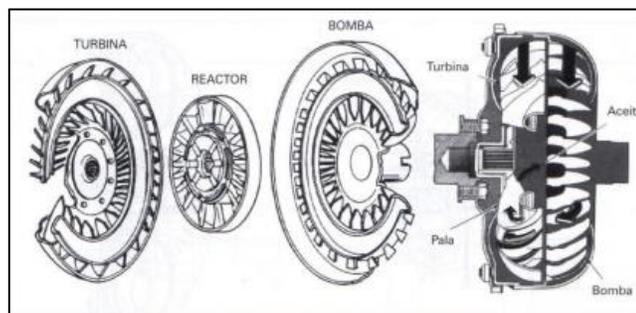


Figura 1. 12 Partes de Convertidor Par

Fuente: [34]

- **Bomba de aceite**

Su función es hacer circular el aceite por el interior de la caja de cambios y el convertidor de par. Lubrica y realiza el control de los elementos que intervienen en los cambios [18].

- **Tren de engranes**

Su función principal es proveer las diferentes relaciones de engranajes para obtener el torque y la velocidad de giro correcto, bajo las condiciones de conducción.

A la vez los engranes son los que pueden cambiar de sentido el movimiento del vehículo siendo el caso del retro, o en su defecto mantener al vehículo sin movimientos es decir en ralentí. [34]



Figura 1. 13 Tren de Engranes

Fuente: [34]

- **Conjunto de Embragues y Frenos**

Son elementos mecánicos de un material de acero alternados con discos de fibra, siendo su función principal liberar o fijarlas distintas partes en los trenes epicicloidales para generar las diferentes relaciones de transmisión.

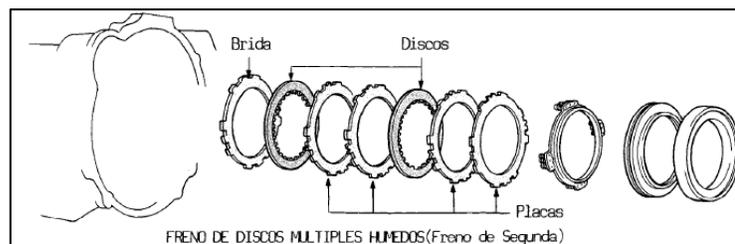


Figura 1. 14 Conjunto de Frenos

Fuente: [35]

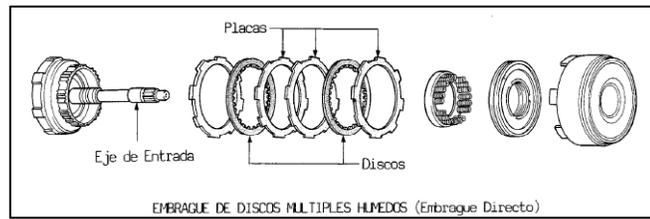


Figura 1. 15 Conjunto de Embrague de Discos

Fuente: [35]

- **Selector de marchas**
 - **R**= retro
 - **N**= neutro
 - **D**= marcha hacia adelante
 - **1** = primera velocidad
 - **2** = segunda velocidad
 - **3** = tercera velocidad [36]



Figura 1. 16 Selector de Marchas Ecolife

Fuente: [36]

- **Caja de Válvulas y ECM**

Es el mecanismo fundamental de control hidráulico de una transmisión automática, su función junto con la ECM, es recibir todos los datos o señales de los sensores como revoluciones del motor, revoluciones de salida, carga del motor, posición del selector de marchas, para entregar al conductor lo que solicita. (Figura 1.16)

1.4 Reportes de fallas frecuentes en transmisiones automáticas:

- El problema común de las cajas automáticas es el resbalamiento, y esto se debe a que la fricción es un fenómeno que está presente en el funcionamiento de las cajas automáticas, y a esto se le suma el desperdicio de energía, ya que las cajas automáticas necesitan presión de aceite constante en el embrague y el convertidor de par, para remediar este problema, los fabricantes agregan cada vez más un lock-up al convertidor, un sistema que, en determinadas velocidades, solidariza parcial o totalmente la turbina con el impulsor [37].
- Fallas en la prueba de calado, esta prueba consiste en comprobar la capacidad de sostén del freno de cinta y embragues, paralelamente permite comprobar el funcionamiento de los embragues unidireccionales, del estator en el convertidor y el rendimiento operativo del motor. Esta prueba consiste en comprobar las revoluciones máximas del motor con el vehículo frenado en los regímenes de marcha adelante y atrás [38].
- Falla en el efecto retardado, y se puede confirmar midiendo el tiempo que tarda en reaccionar el cambio de marchas mientras el motor este en ralentí [38].
- Aceleración deficiente en bajas velocidades, esto se provoca debido a un nivel bajo de aceite, o si el convertidor de par esta con problemas.
- No cambia de velocidad o la caja se encuentre neutralizada, puede ser indicio de presencia de suciedad en el filtro de combustible o aceite ya deteriorado.
- Si el vehículo tiene una salida anormal, es por problemas de presión y niveles de aceite.

1.5 Conclusiones Capítulo 1

- Las investigaciones relacionadas con el tema de lubricación, coinciden en la importancia de realizar un correcto análisis de mantenimiento, siendo este la base de mantener y/o alargar la vida útil de los equipos.

- Los mantenimientos principales que se encuentra en las industrias son: preventivo, correctivo y predictivo, los mismos que se ejecutan dependiendo de la necesidad o demanda de la industria.
- Las investigaciones de cajas automáticas en vehículos de transporte masivo son escasas, debido a que es una tecnología nueva en el mercado automotriz.

CAPÍTULO 2. MATERIAES Y MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS PREMATURO DE UNA CAJA AUTOMÁTICA ECOLIFE

El desgaste prematuro de partes mecánicas de la Cajas Automáticas Ecolife dependen de numerosos parámetros de funcionamiento a analizarse, y el método de recolección de la base de datos a analizar. Las condiciones locales en la que funcionan estas cajas automáticas hacen que esta investigación se torne sumamente útil para el desarrollo y operatividad de vehículos de cargas masiva con cajas automáticas.

El objetivo específico de este capítulo es definir el método y el tipo de experimento a desarrollarse, detallar las propiedades y limites condenatorios del fluido lubricante para el desarrollo de la investigación, y finalmente definir la gestión de mantenimiento.

2.1 Variables del proceso

Tabla 2. 1 Variable independiente

VARIABLES INDEPENDIENTE		
Descripción	Unidad	Instrumento
R.P.M	r.p.m.	TESTMAN
Temperatura	°C	TESTMAN
Viscosidad	mm ² /s	Viscosímetro
Modo de Conducción	-	TESTMAN
Códigos de falla	-	TESTMAN

Elaborador por: Evelin Loor

Tabla 2. 2 Variable dependiente

VARIABLES DEPENDIENTE		
Descripción	Unidad	Instrumento
Intervalo de mantenimiento	h	Cálculos
Desgaste	m.m.	Pie de Rey
Costo VAN / TIR \$	\$	Ecuaciones

Elaborador por: Evelin Loor

2.2 Características de Aceite EcoFluid a Life

El aceite ZF EcoFluid a Life fue desarrollado especialmente para su uso en transmisiones ZF-Ecomat y ZF-Ecolife, este aceite cuenta con una combinación de aditivos, cuyo beneficio principal es garantizar la estabilidad a la oxidación y un coeficiente a la fricción constante. Este aceite se recomienda en vehículos que trabajan por una topografía desafiante y que el uso del retardador es frecuente, debido a un tráfico intermitente [39].

La viscosidad de este aceite se mantiene estable a lo largo de la vida, así como los aditivos, dando mayor nivel de protección y vida útil a los rodamientos y engranes. Además, ZF EcoFluid A Life presenta una característica de viscosidad-temperatura plana curva y, por lo tanto, es especialmente adecuado para aplicaciones en regiones con climas fríos o calientes [39].

Ventajas

- Los intervalos de cambio de aceite son prolongados, debido a la estabilidad térmica y a la oxidación, y ayuda que el tiempo de inactividad de los vehículos que vienen con este tipo de transmisión será reducidos.
- Cambio de marchas delicado, gracias a las características de fricción que brinda el aceite.
- Menor impacto ambiental, por la reducción de cantidades de aceite usado.
- Temperatura flexible, debido al índice de viscosidad, este tipo de aceites es adecuado para regiones climáticas frías y calientes [39].

Tabla 2. 3 Propiedades del aceite ZF EcoFluid

Densidad a 15°C	kg/m ³	835
Viscosidad cinemática a 40°C	mm ² /s	68
Viscosidad cinemática a 100°C	mm ² /s	10
Índice de Viscosidad	-	150
Viscosidad Brookfield a -40 ° C	mPa.s	28000
Punto de Fluidez	°C	-48
Punto de inflamación (COC)	°C	240
Otras especificaciones		MAN 339 tipo Z-4, Z-13

Elaborado por: [40]

El intervalo o tiempo de mantenimiento (cambio de aceite y filtro), depende de la aplicación y las condiciones de manejo, una característica principal es la temperatura de trabajo, por lo que, una falla común en este tipo de cajas es la variación de temperatura de trabajo, siendo este un indicador fundamental en el diagnóstico de las cajas automáticas Ecolife ZF; y el fabricante nos dan rangos óptimos de trabajo, entendiendo que, si los mismos salen de estos rangos, sean a menos o más ya es un aviso de revisión. Con un estudio prematuro de temperaturas se podría evitar daños mayores, los mismos que implicarían fundamentalmente costos elevados de reparación.

Tabla 2. 4 Rango de Temperaturas

TEMPERATURA (°C)	75/90	NORMAL
	90/95	ACEPTABLE
	95/105	REVISIÓN / SEGUIMIENTO
	105/115	CRÍTICO

Elaborado por: Evelin Loor

Tabla 2. 5 Clasificación del vehículo TE-ML 20.100 (temperaturas en el cárter de aceite hasta 100°C)

CLASE DE LUBRICANTE	Intervalo de cambio de aceite y filtro de presión [km/años]
20B	60.000 km 1 vez al año
20C	120.000 km 1 vez cada 2 años
20F/20G	240.000 km 1 vez cada 4 años

Elaborado por: [40]

Tabla 2. 6 Clasificación del vehículo TE-ML 20.105 (temperaturas en el cárter de aceite hasta 105°C)

CLASE DE LUBRICANTE	Intervalo de cambio de aceite y filtro de presión [km/años]
20B	60.000 km 1 vez al año
20C	120.000 km 1 vez cada 2 años
20F/20G	180.000 km 1 vez cada 3 años

Elaborado por: [40]

Tabla 2. 7 Clasificación del vehículo TE-ML 20.110 (temperaturas en el cárter de aceite hasta 110°C)

CLASE DE LUBRICANTE	Intervalo de cambio de aceite y filtro de presión [km/años]
20F/20G	120.000 km 1 vez cada 3 años

Elaborado por: [40]

Otro parámetro fundamental es el análisis de aceite, el mismo que consiste en un análisis realizado por un laboratorio certificado, y que nos expresa los resultados de los materiales encontrados en el aceite, reflejados en % de partículas por millón; con estos valores se analiza los materiales encontrados y que se compara con la tabla condenatoria dada por el fabricante, y junto con el resto de estudios y análisis realizados se determinar el kilometraje óptimo para realizar los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos.

Tabla 2. 8 Límites Condenatorios de Contaminantes en el Aceite (PST)

Desgaste mg/kg								Contenido en -%
ELEMENTOS	FE				Al	Cu	Si	Agua
Rango Aceptable	180	210	235	260	<1 00	<1 00	<1 00	<0,1
Rango en Observación	>180	>210	>235	>260	>1 00	>1 00	>1 00	
Kilometraje Caja de Cambios	bis 180.000	bis 360.000	bis 540.000	bis 720.000	-	-	-	-

Elaborado por: [40]

2.3 Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se realiza en base a las recomendaciones dadas por el fabricante, indicando los pasos a seguir en todo el procedimiento, sin embargo, el tipo de mantenimiento y la fecha se determinan con un estudio previo de funcionamiento, es decir, horas de trabajo, kilometraje recorrido, ruta, temperaturas de trabajo; de esta manera se puede planificar los distintos trabajos de mantenimientos y al que kilometraje se realizará.

2.3.1 Procedimiento de Gestión de Mantenimiento

La gestión de mantenimiento es un conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización, siempre orientadas a favorecer el resultado económico y operación global; siendo responsable de armonizar los activos fijos, minimizando los tiempos de parada y los costos asociados a los mismos [41].

Sobre el análisis de la efectividad de la gestión del mantenimiento que se ha realizado a lo largo de este tiempo, la conclusión que más coincide es que un tercio de todos los costos de mantenimiento se deben a una mala gestión [41].

Para una buena gestión de mantenimiento se debe tener presente el ciclo de mantenimiento:

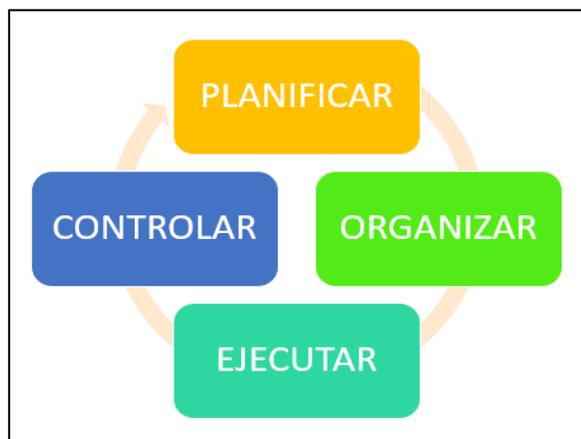


Figura 2. 1 Ciclo de Gestión de Mantenimiento

Fuente: [41]

2.3.2 Planificación de Mantenimiento

La planificación del mantenimiento es un conjunto de actividades que nos indican el campo de acción en el que se debe actuar y las oportunidades para realizarlas de manera satisfactoria, partiendo de los recursos y medios necesarios para poder llevarlos a cabo.

En la planificación debemos tener en cuenta los siguientes recursos:

- Planes de mantenimiento, desarrollados y aplicables.
- Manejo de repuestos y partes, stock o facilidad de obtenerlos.
- Recursos Humanos, capacitados y calificados.
- Manejo de contratistas, calificados.
- Recursos físicos, facilidad y accesibilidad a realizar las actividades propuestas.
- Recursos financieros, proyección de gastos necesarios para el cumplimiento.

Una alternativa para una planificación acertada se basa en cumplir los siguientes pasos:

Tabla 2. 9 Pasos para la planeación de Gestión de Mantenimiento

1	Detención de Oportunidades	Parte inicial de la planificación de mantenimiento.
2	Establecimiento de objetivos	Se basan tanto en el área de mantenimiento como en el área de trabajo que se relaciona directamente.
3	Consideración de las hipótesis de planeación	Hipótesis críticas a considerarse como: pronósticos, planes existentes, resultados pasados.
4	Identificación de alternativas	Deben variar entre comunes, razonables o evidentes y las no evidentes.
5	Comparación de alternativas a la luz de las metas deseadas	Evaluar alternativas en base a lo que se quiere alcanzar
6	Elección de una alternativa	Escoger la alternativa que mejor se acople a los objetivos planeados, y los resultados deseados
7	Elaboración de planes de apoyo	Con el fin de abarcar situaciones no contempladas o que se presenten de manera inesperada

8	Expresión numérica de los planes mediante la elaboración de presupuestos	La parte final es tener el presupuesto necesario para llevar a cabo el plan de mantenimiento elaborado, y con esto nos aseguramos de la funcionalidad del mismo
----------	---	---

Elaborado: Evelin Loor

2.4 Metodología para análisis de criticidad

Este tipo de análisis permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual [42].

- La confiabilidad es la probabilidad que un equipo o sistema opere sin fallar por un determinado periodo de tiempo, pero bajo condiciones de operación ya establecidas.
- La confiabilidad operacional de una instalación o un sistema, ya con procesos, tecnología y gente, para cumplir su función dentro del tiempo para el que fue diseñado, y cumpliendo el contexto operacional específico [42].



Figura 2. 2 Aspectos de la confiabilidad operacional

Fuente: [42]

2.4.1 Procedimiento para realizar el análisis de criticidad

Para comenzar con un análisis de criticidad debemos partir de un estudio de riesgo muy básico, como es plantearse las siguientes preguntas: ¿Qué puede salir mal?, ¿Qué tan frecuente es?, ¿Cuáles son sus efectos?; Ya con el análisis de estos simples resultados podemos ir definiendo que riesgos se nos puede presentar y cómo podemos mejorar el diseño para la prevención y control de nuestro sistema o equipo [43].

En la siguiente figura 2.3 se puede ver, cuál sería el proceso correcto de la Gestión del Mantenimiento aplicando el análisis de modos de falla y su efectos y criticidad.

- RCM (reliability-centred maintenance) mantenimiento centrado en confiabilidad.
- FMECA (failure mode, effects and criticality analysis) análisis de criticidad de modo de falla y efectos.

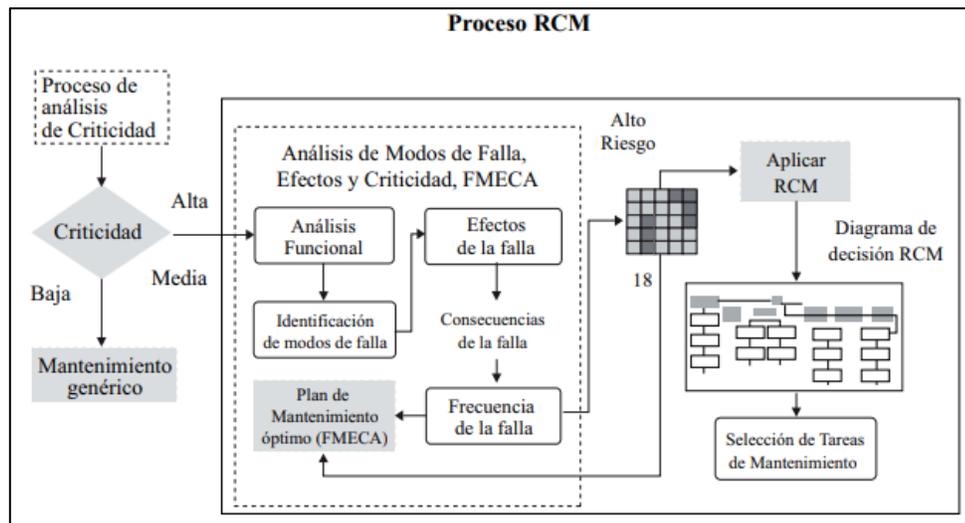


Figura 2. 3 Proceso de la Gestión del Mantenimiento aplicando el análisis de modo de falla y sus efectos de criticidad

Fuente: [43]

El proceso de la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos es el siguiente:

- 1) Inicio
- 2) Definición de la intensidad de diseño

- 3) Análisis funcional
- 4) Identificación de modos de falla
- 5) Efectos y consecuencias de fallas
- 6) Jerarquización de riesgos
- 7) Efectos y consecuencias de fallas

La criticidad se calcula multiplicando la probabilidad o frecuencia de la ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de las mismas, estableciendo rasgos de valores para homologar los criterios de evaluación [24].

$$Cr = F \cdot C \quad (2. 1)$$

Donde:

Donde: *Cr*: Criticidad; [adimensional]. *F*: Frecuencia; [adimensional]. *C*: Consecuencia; [adimensional].

Para realizar un análisis de criticidad se deben seguir los siguientes pasos [24]:

Primer paso. - Definir el nivel de análisis [24].

Se deben definir los niveles en donde se va a realizar el análisis: instalación, sistema, equipo o elemento, de acuerdo con las necesidades de jerarquización:

Para realizar el análisis es necesario disponer de la siguiente información:

- Tipo de equipo a analizarse y donde está instalado
- Ubicación de operaciones (área geográfica, región)
- Tipo de operación externa.
- Diagramas de flujo del proceso de operación
- Registro de las fallas presentadas
- Frecuencia de las fallas presentadas, que se tendrían que considerar en el análisis.

Segundo paso. - Definir la Criticidad [24].

Para este punto se emplean los siguientes análisis:

Evaluación de la frecuencia de la falla funcional: estos resultados se obtendrán de los diagnósticos electrónicos realizados a los vehículos de la flota seleccionada, el mismo que nos da la facilidad de indicarnos las frecuencias o repeticiones de cada falla presente, obteniendo así la criticidad de fallas puntuales.

El impacto en la producción podemos definir bajo la siguiente fórmula, tomando en cuenta datos importantes en este estudio [24].

$$IP = PD \cdot TPPR \cdot CP \quad (2.2)$$

Donde:

Donde: *IP*: Impactos en la producción; [\$.horas]. *PD*: Producción diferida (Volumen de áridos); [m³]. *TPPR*: Tiempo promedio para reparar; [horas]. *CP*: Costos de producción; [\$/m³].

Los impactos asociados a daños de las cajas automáticas se evaluarán considerando los siguientes factores [24] :

$$DI = CR + CRE \quad (2.3)$$

Dónde:

Dónde: *CR*: Costos de reparación; [\$]. *CRE*: Costos de reposición de equipos afectados; [\$].

El resultado nos ayudara a categorizar las fallas presentadas y la afectación económica de las mismas.

Tercer Paso. - Cálculo del nivel de criticidad [24].

La evaluación de la gestión del mantenimiento se lo realiza a través del indicador de nivel de gestión del mantenimiento (INGM).

$$INGM = \frac{\sum_{i=1}^9 TA_i}{\sum Tp_{m\acute{a}x}} \times 100 \quad (2.4)$$

Donde:

TA_i : Puntuación real obtenida por cada área evaluada.

$Tp_{m\acute{a}x}$: Puntuación máxima posible a obtener en cada área.

Y con la siguiente tabla determinaremos la evaluación de la gestión:

Tabla 2. 10 Valores de los intervalos INGM

Intervalos de INGM (%)	Evaluación de la gestión
$(95 \leq INGM \leq 100)$	Excelente
$(85 \leq INGM < 95)$	Bien
$(60 \leq INGM < 85)$	Aceptable
$(INGM < 60)$	Deficiente

Fuente: [44]

El valor de la criticidad, se busca en la siguiente matriz, para determinar el nivel de criticidad de acuerdo con los valores y la jerarquización establecidos.



Figura 2. 4 Matriz de Criticidad

Fuente: [24]

Cuarto paso. - Análisis y Validación de los resultados [24].

En base a todos los resultados obtenidos, se comienza un análisis exhaustivo para comenzar a dar soluciones al problema planteado, reduciendo así la falla o los impactos que resulten de la falla.

Quinto paso. - Definir el nivel de análisis [24].

Es importante ya poder “jerarquizar” las fallas y problemas que surgen a raíz de las mismas, ya basados en la criticidad.

Con esta jerarquización se puede ya realizar el estudio de los recursos que son necesarios para combatir y/o minimizar las consecuencias del problema planteado.

Sexto paso. - Determinar la criticidad [24].

Cuando en la evaluación de un equipo se obtienen frecuencias de ocurrencias altas, las acciones recomendadas para llevar la criticidad a un valor más tolerable deben orientarse a reducir la frecuencia de ocurrencia del evento. Si el valor de criticidad se debe a valores altos en alguna de las categorías de consecuencias, las acciones deben orientarse a mitigar los impactos que el evento (modo de falla o falla funcional) puede generar.

2.5 Criterio de selección del tipo de mantenimiento a nivel de máquina.

La tendencia actual de seleccionar los sistemas de mantenimiento, se sitúa entre los siguientes [24]:

- Mantenimiento preventivo definido estadísticamente (fiabilidad).
- Mantenimiento preventivo con medición de parámetros y síntomas.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento por condición.

Para la selección del sistema de mantenimiento se han propuesto diferentes metodologías, las cuales analizan con distintas particularidades, diferentes criterios que aplicados a la máquina como un todo permiten determinar qué sistema de mantenimiento es el más conveniente. Para la selección del sistema de mantenimiento se utilizará el análisis de criterio a nivel de máquina [45]. Para esto se evalúa la máquina como un todo, teniendo en cuenta los aspectos más significativos de la misma.

Según Morrow [45] se realiza de la siguiente forma:

“Se debe utilizar una serie de coeficientes que cuantifican cada uno de los aspectos a valorar:

- **C1:** Elevado costo de adquisición de la máquina.
- **C2:** Alto costo por concepto de pérdidas de producción.
- **C3:** No existencia de duplicado de la máquina.
- **C4:** Posibilidad de efectuar un diagnóstico de la máquina con la instrumentación disponible.
- **C5:** Posibilidad de efectuar mediciones de control de parámetros globales tales como: niveles totales de vibración, temperatura, flujo.
- **C6:** Elevado costo de mantenimiento de la máquina. Aquí se incluyen los gastos de materiales y de recursos humanos en un determinado período de tiempo.
- **C7:** Elevadas pérdidas de vida útil debido al desarme. Se refiere a máquinas que por sus características técnicas constructivas sufren deterioro de su estado técnico con el desarme.
- **C8:** Graves consecuencias económicas de una rotura para la máquina. Considera que el deterioro de una de sus partes debido a un fallo haría muy costosa su reparación.

Los coeficientes que no cumplen la condición adoptan el valor de 0.

Los coeficientes que cumplen con la condición descrita adoptan el valor de 1”.

Posteriormente se determinan los siguientes coeficientes:

- **Coficiente de mantenimiento predictivo**

$$C_{PRED} = \frac{C1 + C2 + C3 + C6}{4} \quad (2.5)$$

- **Coficiente de mantenimiento correctivo/preventivo**

$$C_{CORR} = \frac{C_{PERDIDAS} + C_{FALLAS}}{5} \quad (2.6)$$

Siendo:

$$C_{PÉRDIDAS} = C1 + C2 + C6 \quad (2.7)$$

$$C_{FALLAS} = C7 + C8 \quad (2.8)$$

Tabla 2. 11 Reglas de selección del tipo de mantenimiento.

Valor de los coeficientes		Sistema de mantenimiento
$C_{CORR/PREV} = 0$		Correctivo
$C_{PRED} \leq 0,25$	$C7 = 1$	Preventivo según índices de fiabilidad
$C_{PRED} > 0,5$	$C4 = 0$ $C5 = 1$	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
$0,25 \leq C_{PRED} \leq 0,5$	$C4 = 1$ y/o $C5 = 1$	
$C_{PRED} \geq 0,5$	$C4 = 1$	Predictivo

Fuente: [46].

2.6 Determinación del estado técnico en mantenimiento preventivo planificado

El procedimiento que se sigue para la determinación del estado técnico es muy sencillo y útil, al terminarse la revisión previa, se hace una valoración del equipo que puede ser de buena, regular, mala o muy mala. Para esto es necesario determinar el porcentaje de la eficiencia del equipo, donde existen pasos intermedios que se deben calcular [24].

Cómo lo dice [47]:

$$Zi = e \cdot c \quad (2.9)$$

Donde: Zi : Calificación de los elementos con igual evaluación; [adimensional]. e : Número de elementos con igual evaluación; [u]. c : Coeficiente que contempla el estado actual del elemento; [adimensional].

$c = 1$; Si el elemento evaluado es bueno; [adimensional].

$c = 0,8$; Si el elemento evaluado es regular; [adimensional].

$c = 0,6$; Si el elemento evaluado es malo; [adimensional].

$c = 0,4$; Si el elemento evaluado es muy malo; [adimensional].

Luego de multiplicar la cantidad de elementos según la evaluación obtenida se procede a sumar estos productos mediante la ecuación:

$$Z = \sum_{i=1}^n Zi \quad (2.10)$$

Donde: Z : Calificación total de los elementos evaluados; [adimensional].

Al dividir este resultado entre la cantidad de elementos evaluados y multiplicándolo por 100 se obtiene el grado de eficiencia del equipo respecto a su condición inicial, lo anteriormente expuesto se evalúa empleando la expresión siguiente:

$$\eta = \frac{Z}{n} \cdot 100 \quad (2.11)$$

Donde: η : Eficiencia obtenida al efectuar la defectación; [%]. n : Número de elementos evaluados del equipo; [u].

Para clasificar el estado técnico del equipo de acuerdo con la eficiencia que se obtuvo al efectuar la defectación es necesario tomar como referencia la semejanza siguiente (Tabla 2.12):”

Tabla 2. 12 Determinación del estado técnico según la eficiencia actual

Eficiencia actual	Estado técnico	Se comienza por
90 – 100 %	Bueno	Revisión
75 – 89 %	Regular	Reparación pequeña
50 – 74 %	Malo	Reparación media
Menos del 50 %	Muy mal	Reparación general

Fuente: [48].

2.6.1 Determinación del tiempo real de operación (HROP)

La determinación del tiempo real de operación de las cajas automáticas ECOLIFE se encuentra almacenada de la ECU de la caja, y lo podemos obtener en el diagnóstico electrónico realizado.

2.6.2 Determinación de la cantidad de fallas (NTMC)

La determinación o historial de fallas nos da el diagnóstico electrónico realizado para cada unidad, y es el almacenamiento de información relevante en la ECU, tanto como historial de fallas, y diagrama de funcionamiento de la caja Ecolife.

Los diagnósticos electrónicos se realizan en cada mantenimiento o cuando se presente algún tipo de anomalía indicada por los conductores.

2.6.3 Tiempo de eliminación de las fallas o por acciones de mantenimiento programado (HTMC)

Para obtener el tiempo empleado para la eliminación de las fallas se cuenta con un tempario de Mano de Obra, ya establecido, previo a un análisis e información brindada por el fabricante, y adicional la información transmitida por el personal técnico del procedimiento (tareas) a seguir en la ejecución de los trabajos.

2.6.4 Tiempo medio entre fallas

El tiempo medio entre fallas es calculado para ítems que son reparados tras la ocurrencia de una falla [49].

$$TMEF = \frac{HROP}{NTMC} \quad (2.12)$$

Donde: *HROP*: Tiempo real de operación por equipo en el mes; [horas]. *NTMC*: Cantidad total de fallas en cada mes; [u].

2.6.5 Tiempo medio para la reparación.

Este índice debe ser usado, para ítems en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación [49].

$$TMPR = \frac{HTMC}{NTMC} \quad (2.13)$$

Donde: *HTMC*: Tiempo para la eliminación de las fallas; [horas]. *NTMC*: Cantidad total de fallas en cada mes; [u].

2.6.6 Disponibilidad de equipos

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad (2.14)$$

Donde: *TMEF*: Tiempo medio entre fallas; [horas]. *TMPR*: Tiempo medio para la reparación; [horas].

2.6.7 Duración del ciclo de reparación

La duración del ciclo de reparación no es más que las horas que debe trabajar un equipo entre dos reparaciones generales o entre la puesta en marcha y la primera reparación general [50], y se determina mediante la fórmula:

$$T = N \cdot M \cdot Y \cdot Z \cdot K \quad (2.15)$$

Donde: T : Duración del ciclo de reparación [horas]. N : Coeficiente que relaciona el tipo de producción [adimensional] (Anexo 1, tabla 1 y tabla 2). M : Coeficiente que relaciona el tipo de material que trabaja la máquina [adimensional] (Anexo 1, tabla 3). Y : Coeficiente que relaciona las condiciones ambientales donde se encuentra el equipo [adimensional] (Anexo 1, Tabla 4). Z : Coeficiente que relaciona el peso del equipo [Adimensional] (Anexo 1, tabla 5). K : Duración teórica del ciclo [adimensional] (Anexo 1, tabla 6).

2.6.8 Determinación del tiempo entre operaciones del ciclo

Después de calcular el tiempo de duración del ciclo T y de seleccionar su estructura conveniente, se puede determinar el tiempo entre las operaciones utilizando la siguiente fórmula [50]:

$$t_o = \frac{T}{R+P+M+1} \quad (2.16)$$

Donde: t_o : Tiempo entre operaciones [horas]. T : Duración del ciclo [horas]. R : Cantidad de revisiones en el ciclo [u]. P : Cantidad de reparaciones pequeñas en el ciclo [u]. M : Cantidad de reparaciones medianas en el ciclo [u].

Lo que quiere decir que cada t_o de trabajo del equipo debe efectuarse un trabajo de MPP, como es natural pueden ocurrir alteraciones ya que este cálculo se hace con vistas a la planificación y puede apartarse de la realidad.

2.6.9 Cálculo del tiempo entre reparaciones

Según Muñoz [50] el tiempo entre reparaciones se determina mediante la fórmula:

$$t_r = \frac{T}{P+M+1} \quad (2.17)$$

Donde: t_r : Tiempo entre reparaciones [horas]. T: Duración del ciclo [horas]. P: Cantidad de reparaciones pequeñas en el ciclo [u]. M: Cantidad de reparaciones medianas en el ciclo [u].

2.6.10 Criterio de confiabilidad

La confiabilidad puede ser definida como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema realice su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo sus condiciones estándares de operación [51].

La confiabilidad permite modelar y comprender el desempeño de un sistema, evaluar sus componentes (entradas, salidas y partes internas) y servir de base para decisiones preventivas, correctivas, de inversión y de automatización [24].

La confiabilidad de un equipo o producto puede ser expresada a través de la expresión:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.18)$$

Donde: $R(t)$: Confiabilidad de un equipo en el tiempo; [%]. e: Constante Neperiana ($e = 2.303$); [adimensional]. λ : Tasa de fallas; [fallas/período]. t: Tiempo; [horas].

2.7 Costo de Mantenimiento

El costo de mantenimiento es el precio que se paga por las acciones realizadas para conservar o restaurar un equipo a un estado específico. Para tomar decisiones basadas en la estructura de costos, y teniendo presente que para un propietario una de sus principales tareas será reducir costos notablemente, entonces es importante conocer sus componentes [49].

2.7.1 Costos de mantenimiento por facturación y eliminación de fallas

Para obtener el costo del mantenimiento por facturación y el costo para la eliminación de las fallas por tipo de equipo en cada mes, se utilizan también las órdenes de mantenimiento. En ellas se refleja la información relacionada con el costo de la mano de obra empleada durante la ejecución de los diferentes trabajos, el costo de los materiales utilizados en el mantenimiento o reparación [49].

- **Costo de mantenimiento por facturación**

$$\text{COMF} = \frac{\text{FEP}}{\text{CTMP}} \quad (2.19)$$

Donde: COMF: Costo de mantenimiento por facturación; [\$]. FEP: Facturación de la empresa en el período; [\$]. CTMP: Costos totales de mantenimiento en ese período; [\$].

- **Costo de mantenimiento para eliminación de fallas**

$$\text{COEF} = \text{CM} + \text{SD} + \text{OG} \quad (2.20)$$

Donde: COEF: Costo de mantenimiento para eliminación de fallas; [\$]. CM: Consumo de materiales; [\$]. SD: Salarios devengados; [\$]. OG: Otros gastos; [\$].

2.8 Instrumento para determinar fallas y sub características en Cajas Automáticas Ecolife

Las fallas de este tipo de cajas se determinan mediante un diagnóstico electrónico, el mismo que se lo realiza con la herramienta llamada ZF-TESTMAN, esta búsqueda dirigida de fallos le permite al personal técnico calificado encontrar rápidamente el fallo en el sistema de transmisión, y una vez detectado el mismo, el software propone medidas de correctivas [40].

La gama de funciones de esta herramienta es la siguiente [40]:

- Datos estadísticos

Se muestran todos los datos estadísticos que se encuentran almacenados en la unidad de control.

- Diagnóstico

Indicación de fallos actuales, lectura de la memoria de fallos, borrado de la memoria de fallos, lectura de los datos de identificación.

- Monitoreo

Comprobador (visualización de todas las entradas y salidas digitales), visualización de magnitudes digitales y analógicas como, p.ej., números de revoluciones, intensidades de corriente y tensiones.

- Ayuda para la reparación

Los pares de apriete, datos de ajuste, herramientas especiales, aparatos de comprobación, mantenimiento, reparación, presiones, diagramas eléctricos y valores de medición eléctricos están disponibles en formato de archivo PDF.

- Configuración del vehículo

Según el producto ZF, pueden ajustarse todos los datos específicos del vehículo o bien seleccionarse y adaptarse los programas de marcha (dependiendo de la versión y aplicación del software ZFTESTMAN).

- Programación (flasheado)

Pueden instalarse archivos de programación disponibles (dependiendo de la versión y aplicación del software ZF-TESTMAN).



Figura 2. 5 Interfaz de comunicación ZF-TESTMAN

Fuente: [40]

2.9 Características del equipamiento de laboratorio para el análisis de propiedades del aceite.

2.9.1 Espectrómetro de masa

Este equipo de laboratorio se usa para realizar análisis espectroscópicos con el fin de identificar materiales o tipos de masas moleculares (composición química de las muestras), es decir, determinan los componentes reales que están presentes en una prueba y la concentración de cada uno. Cuando un material se calienta hasta la incandescencia emite una luz que es característica de la composición atómica del

material. Las frecuencias de luz particulares dan lugar a bandas bruscamente definidas en la escala, que son similares a huellas digitales. Por ejemplo, el elemento sodio tiene una doble banda amarilla muy característica, conocida como líneas D del sodio a 588.9950 y 589.5924 nanómetros, cuyo color será familiar a quien haya visto una lámpara de vapor de sodio de baja presión [52].

Se usa para conocer los tipos de masas moleculares, así como la relatividad de los isotopos, como la composición química de la muestra, el registro se hace a través de formas de gráficas [52].



Figura 2. 6 Espectrómetro de masas

Fuente: [53]

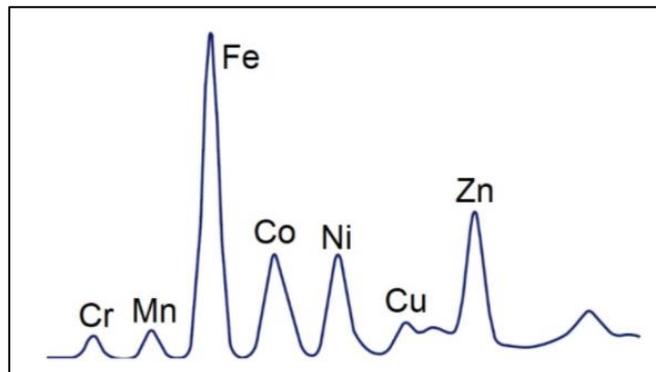


Figura 2. 7 Formas gráficas de composición química

Fuente: [53]

2.9.2 Viscosímetro

Este instrumento de medición sirve para medir la viscosidad como parámetro principal, debido a que esta característica depende de condiciones ambientales como temperatura y presión, adicional también mide parámetros de flujo como velocidad y esfuerzo de corte.



Figura 2. 8 Viscosímetro Rotacional

Fuente: [53]

2.9.3 Analizador de partículas

Como su nombre le indica analiza partículas de una muestra determinada, es decir, realiza la medición de las distribuciones de tamaño de la partícula, debido, a que el tamaño y la distribución de las partículas tiene un efecto directo en las propiedades de los materiales, como, por ejemplo: velocidad de reacción, tasa de disolución, densidad de compresión, apariencia del producto, sedimentación, textura.



Figura 2. 9 Analizador de Partículas

Fuente: [53]

2.10 Conclusiones del Capítulo 2

- Es importante la definición de los métodos a seguir para ya obtener los resultados de la investigación.
- Es necesario en esta investigación detallar las características, propiedad y/o límites condensorios del fluido lubricante, que nos servirá para realizar la aplicación y validación detallada en el capítulo 3.
- Los parámetros de criticidad, gestión de mantenimientos, impactos de producción, daños de instalación, se obtienes bajo formulas definidas, y asociadas a datos importantes como valores de producción y tiempos perdidos.

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo se expone la importancia de realizar un diagnóstico electrónico y un análisis de aceite en las cajas Ecolife, debido a que partiendo de los resultados y datos arrojados podemos determinar las fallas y posibles causas de un desgaste prematuro presentado en los elementos de fricción de estas cajas automáticas.

Parámetros importantes a considerarse en el análisis de aceites son: la contaminación que presenta el aceite (FE, AL, CU, SI, H₂O) y la viscosidad; por lo que los parámetros importantes en el diagnóstico electrónico son: temperatura de trabajo del aceite, tiempo de trabajo y kilometraje de recorrido.

El objetivo específico de este capítulo es realizar la propuesta de mantenimiento afín de las necesidades y demanda de las cajas automáticas Ecolife, bajo condiciones propias de trabajo, de vehículos equipados con este modelo de caja automática; todo esto se lo realiza partiendo de un estudio de criticidad y ya con la validación de todos los datos recolectados en esta investigación.

3.1 Análisis de las características de aceite

El análisis de aceite consiste en un diagnóstico realizado por un laboratorio certificado, el mismo que nos expresa los resultados de los materiales contaminantes encontrados en el aceite, y la viscosidad del mismo, el análisis se lo realizó al 19% del total de la flota de 80 unidades.

3.1.1 Contaminación

Un factor importante para el análisis de la contaminación de aceite es el promedio del kilometraje del total de la flota, la misma que estaría en 179.867 Km

El rango aceptable de:

- Fe 180 mg/kg (Piñones, Eje de masa)
- Al <100 mg/kg (Carcaza)
- Cu <100 mg/kg (Sincronizados)
- Si <100 mg/kg (Discos de embrague)
- H₂O <0.1%

Por lo que tenemos los siguientes resultados:

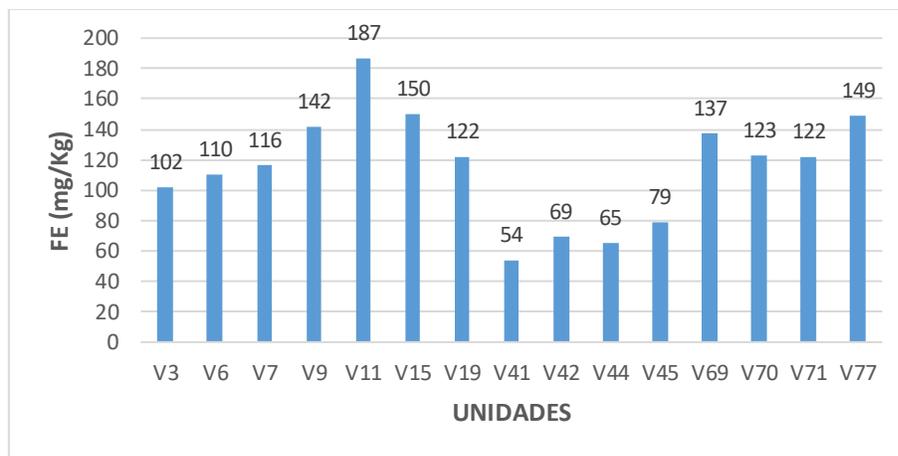


Figura 3. 1 Contaminación de Fe en el Aceite

Elaborado por: Evelin Loor

De las 15 unidades que se realizó el análisis de aceite se puede determinar que la unidad V11 esta para revisión por una alta presencia Fe en el aceite (Figura 3.1), y las unidades V15, V69 y V77 estarían en seguimientos constante.

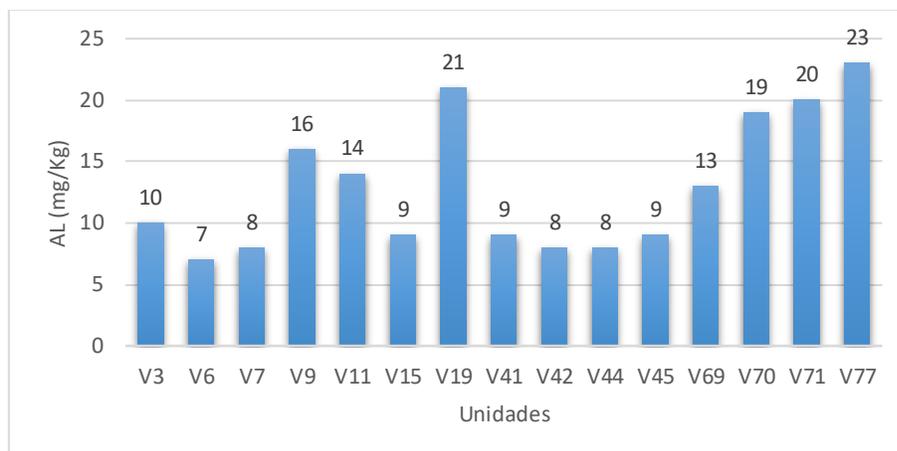


Figura 3. 2 Contaminación de Al en el Aceite

Elaborado por: Evelin Loor

De las 15 unidades que se realizó el análisis de aceite se puede determinar que ninguna unidad supera el límite condinatorio de presencia de Al (Figura 3.2), sin embargo, las unidades V19, V70, V71, V77 estarían en seguimiento constante.

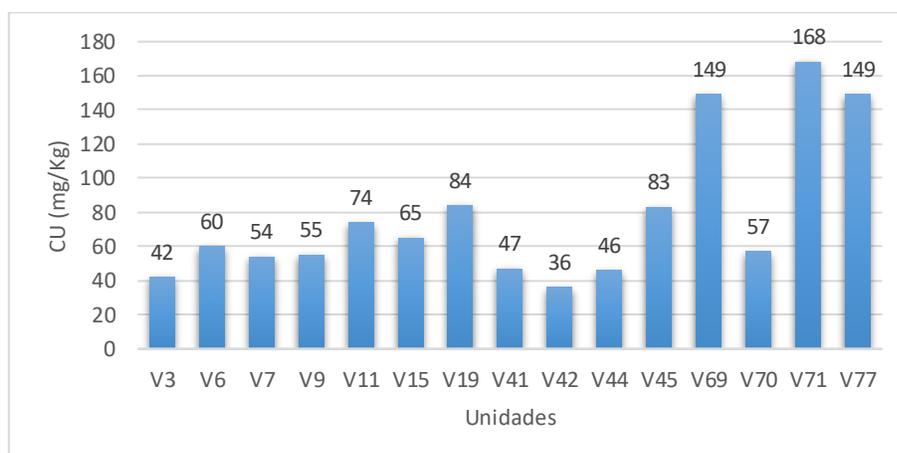


Figura 3. 3 Contaminación de CU en el Aceite

Elaborado por: Evelin Loor

De las 15 unidades que se realizó el análisis de aceite se puede determinar que las unidades V69, V71 y V77 necesitarían una revisión por una alta presencia Cu en el aceite (Figura 3.3), y las unidades V11, V19 y V45 estarían en seguimientos constante.

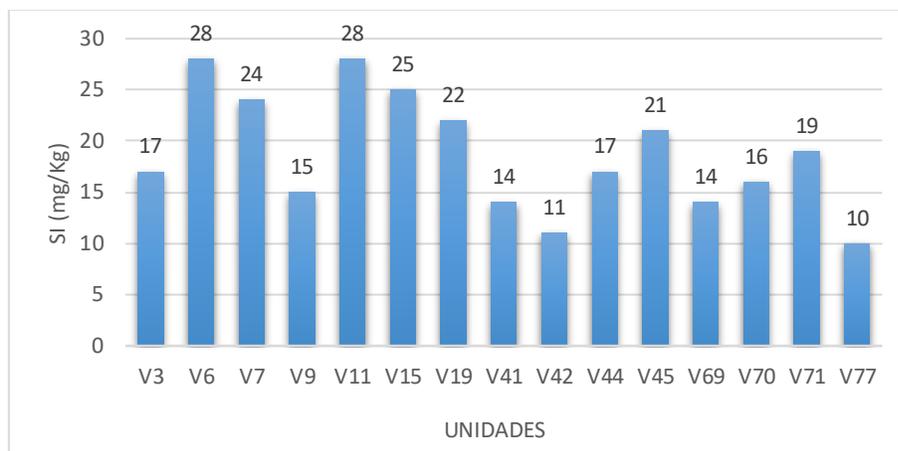


Figura 3. 4 Contaminación de SI en el Aceite

Elaborado por: Evelin Loor

De las 15 unidades que se realizó el análisis de aceite se puede determinar que ninguna unidad tiene presencia de SI como factor contaminante (Figura 3.4).

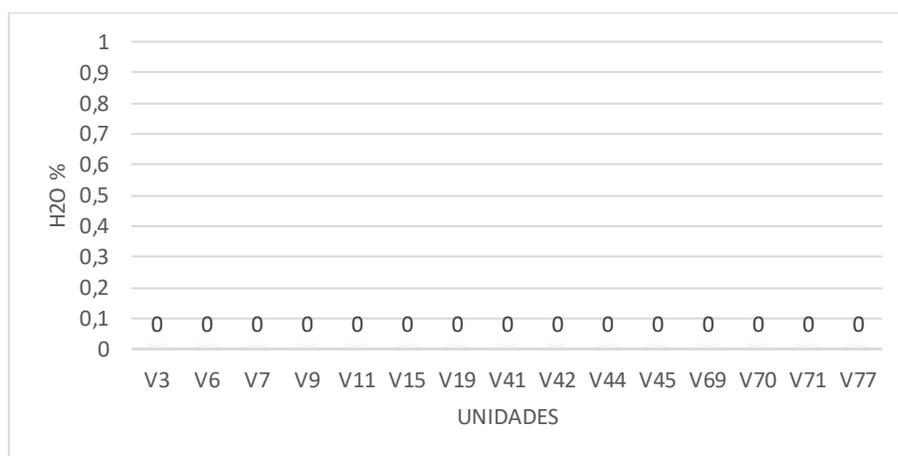


Figura 3. 5 Contaminación de H2O en el Aceite

Elaborado por: Evelin Loor

De las 15 unidades que se realizó el análisis de aceite se puede determinar que ninguna unidad tiene presencia de H2O como factor contaminante (Figura 3.5).

3.1.2 Viscosidad

Partiendo de la importancia de la viscosidad como propiedades de un aceite lubricantes, y comparando con las propiedades de aceite recomendado por el fabricante se puede analizar la variación o pérdida de propiedades con el tiempo de uso del mismo.

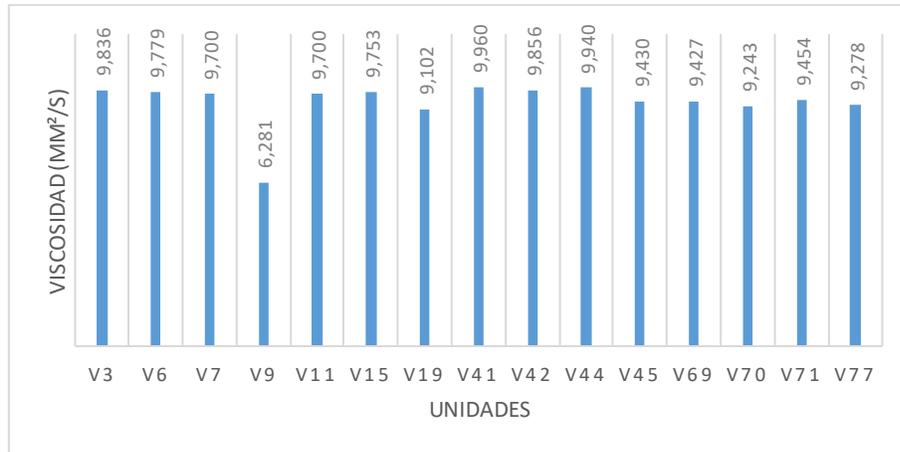


Figura 3. 6 Análisis de Viscosidad

Elaborado por: Evelin Loor

De las 15 unidades que se realizó el análisis de aceite, y se puede determinar la unidad V9 es la que presente un bajo índice de viscosidad (figura 3.6), mientras que el resto de unidades se mantienen superiores a 9 mm²/s.

3.1.3 Temperatura

El análisis de temperatura de aceite es otro factor importante al momento de determinar si la caja de cambios está fallando, o tener en cuenta que unidades son necesarias hacer un seguimiento, con el fin de evitar daños significativos.

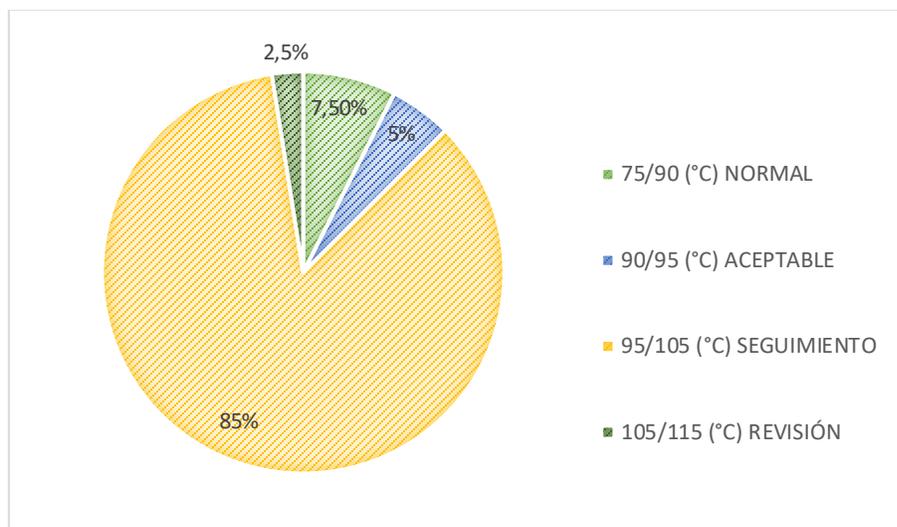


Figura 3. 7 Análisis Temperatura (°C)

Elaborado por: Evelin Loor

En la Figura 3.7 se puede apreciar que un 85% de las unidades a presentando niveles de temperatura entre 95 a 105°C, y es importante el seguimiento que se realice, ya que es otro factor importante para determinar el mantenimiento apropiado que se debe realizar en esas unidades; también hay que tener en cuenta que el 2.5% de unidades que están para revisión, los propietarios de las unidades han decidido parar su funcionamiento.

3.2 Análisis del comportamiento operativo de la caja Ecolife

Con la herramienta de Diagnóstico Electrónico se determina el comportamiento de la caja Automática Ecolife en toda su vida útil, y avisos de fallas que está presentando, al interpretar cada gráfica se puede determinar errores que se están cometiendo en la operación, o si por una mala maniobra está afectando a elementos internos de la caja Ecolife, lo que provocará desgaste prematuro y que se necesario una reparación con un bajo kilometraje.

Algunos de los datos dados son:

- Clase de par por cada marcha.
- Velocidades de marchas con diferentes estados de embrague.

- Comportamiento de retro con embrague de convertidor.
- Tiempo de permanencia de marcha.
- Comportamiento de las turbinas en diferentes clases de par.
- Cantidad de cambio wk en 1ra marcha.
- Revoluciones del motor en diferentes clases de carga.
- Diferentes clases de carga.
- Perfil de velocidades.
- Marchas relevantes para el arranque.
- Tiempos de paradas con el motor en marcha.
- Cambios de marcha.
- Tiempo de marcha con retardador reducido a causa de temperatura.
- Temperatura de motor, con motor en marcha en el retardador.
- Temperatura de motor, con motor en marcha en el cárter.
- Temperatura del refrigerante.
- Ciclos de enfriamiento del cárter de aceite.
- Perfil de trayectos.
- Datos de funcionamiento.

Marcha	Elemento de mando				
	A	B	D	E	F
1	x				x
2	x			x	
3	x		x		
4	x	x			
5		x	x		
6		x		x	
M.A.			x		x
AIS marcha 1	O				x
AIS marcha 2 (versión especial AIS)	O			x	
AIS optimizada marcha 1					x
AIS optimizada marcha 2 (versión especial AIS)				x	
NB (disposición de neutro)					x

Figura 3. 8 Combinación de los elementos de mando (embragues y frenos)

Fuente: [54]

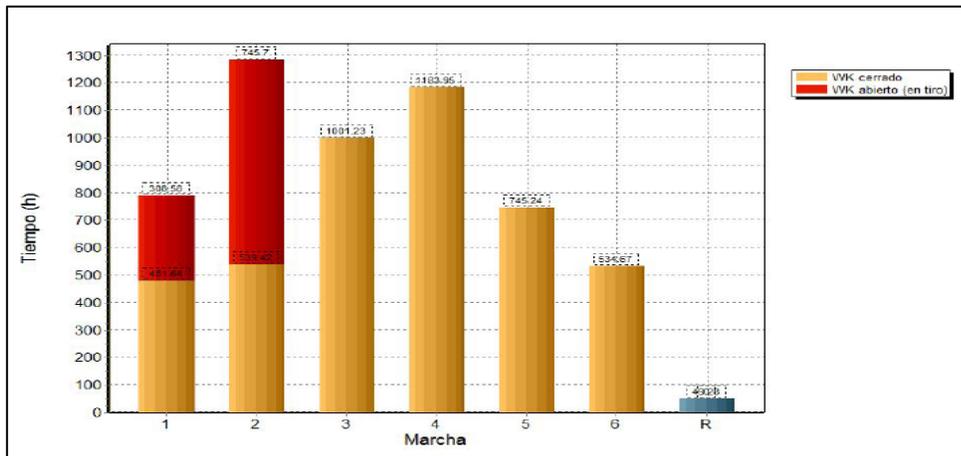


Figura 3. 9 Tiempo de permanencia en la marcha

Fuente: [55]

En la Figura 3.9 se puede apreciar que las marchas con más tiempo de uso son la 1ra y 2da, siendo estas las marchas con más torque, trabaja tanto con el convertidor de par abierto y cerrado debido a la escasa presión del aceite en la turbina.

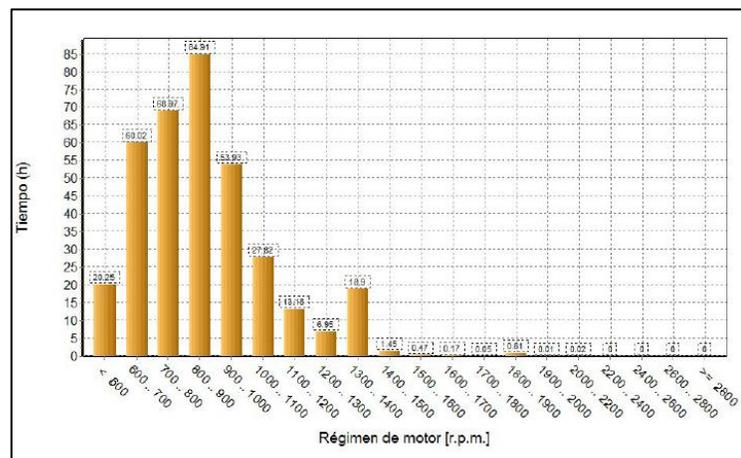


Figura 3. 10 Permanencia motor clase de carga 1

Fuente: [55]

En la Figura 3.10 se puede apreciar, el mayor tiempo de permanencia del motor con clase de carga 1, se da en el rango de 800 a 900 rpm, 84.91 horas, esto se debe, a que la flota analizada tiene paradas establecida, rutas fijas, y salidas de cada unidad cronometrada, y la aceleración se va dando paulatinamente.

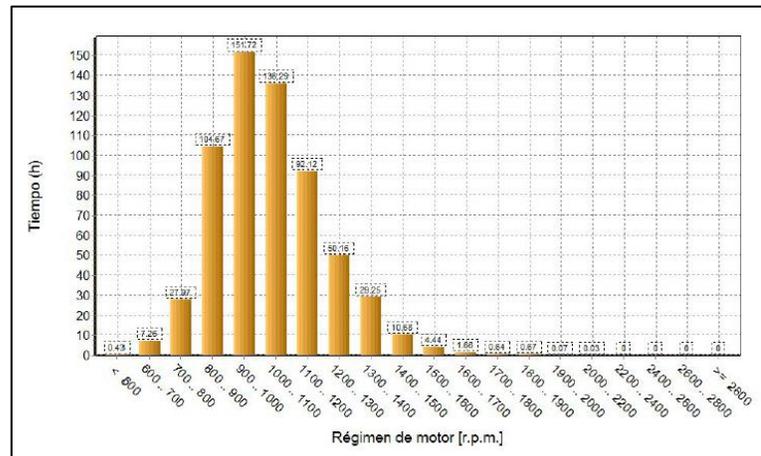


Figura 3. 11 Permanencia motor clase de carga 2-3

Fuente: [55]

En la Figura 3.11 se puede apreciar el mayor tiempo de permanencia del motor con clase de carga 2-3, se da en el rango de 900 a 1000 rpm, 151.72 horas, ya que las condiciones de trabajos de los vehículos permiten la uniformidad de velocidad de trabajos.

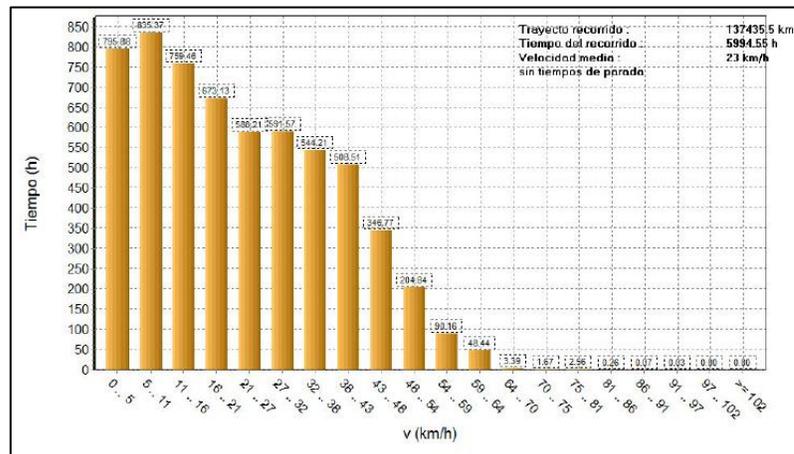


Figura 3. 12 Perfil de velocidades

Fuente: [55]

En la Figura 3.12 se puede apreciar que la velocidad con mayor tiempo de duración (835,37 Horas) es de 5 - 11 Km/h, ya que son velocidades de salida, y al ser vehículos que operan en la ciudad, ha alcanzado una velocidad máxima de 59 – 65 Km/h

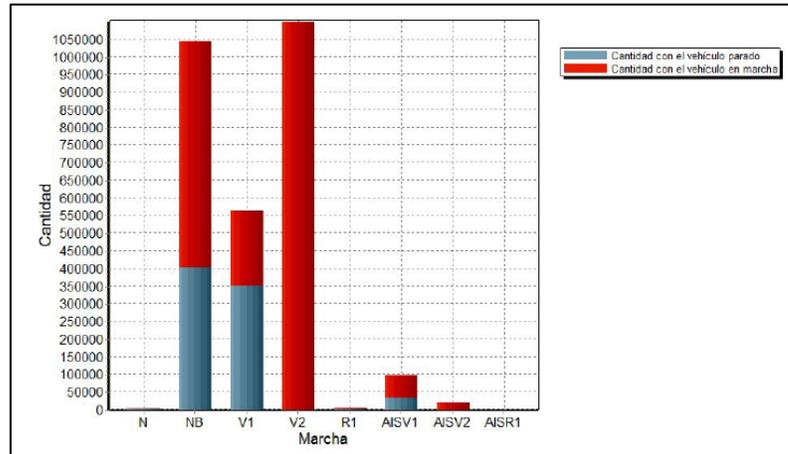


Figura 3. 13 Marchas relevantes para el arranque

Fuente: [55]

En la Figura 3.13 se puede apreciar que las marchas más relevantes para el arranque ha sido la NB (disposición en neutro), tanto en el vehículo en marcha y el vehículo parado, se puede apreciar los operadores de los vehículos no están aprovechando el confort de las marchas AIS, que son marchas de avance en la 1ra y 2da.

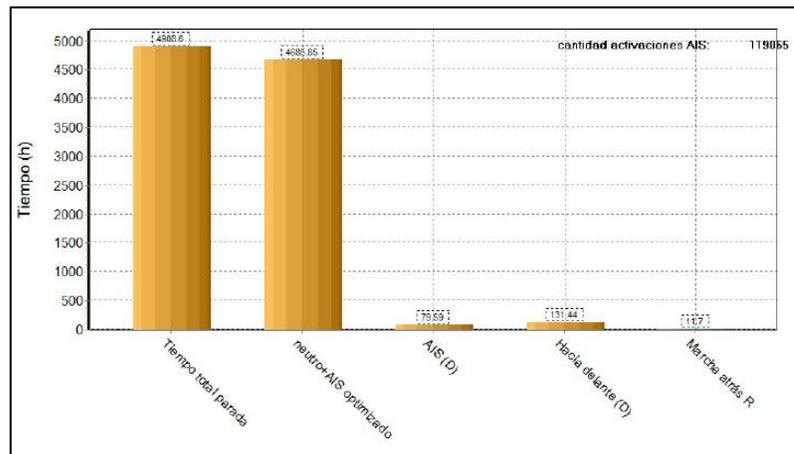


Figura 3. 14 Tiempo de paradas con motor en marcha

Fuente: [55]

En la Figura 3.14 se puede apreciar, el tiempo total de parada es de 4908,6 horas, y en la posición neutro AIS Optimizado es de 4685,85 horas.

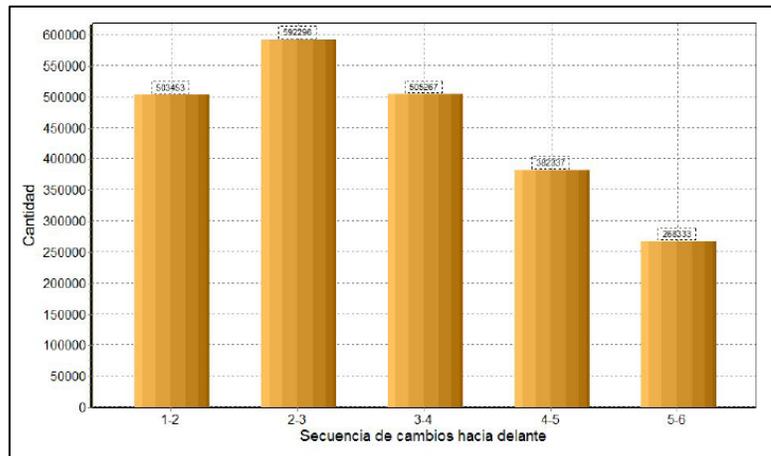


Figura 3. 15 Cambio de marchas

Fuente: [55]

En la Figura 3.15 se puede apreciar la cantidad de marchas que se utiliza para que el vehículo vaya desarrollando y alcanzando la velocidad deseada, siendo de la siguiente manera, 1-2 (503453), 2-3 (592296), 3-4 (505267), 4-5 (382337), 5-6 (268333).

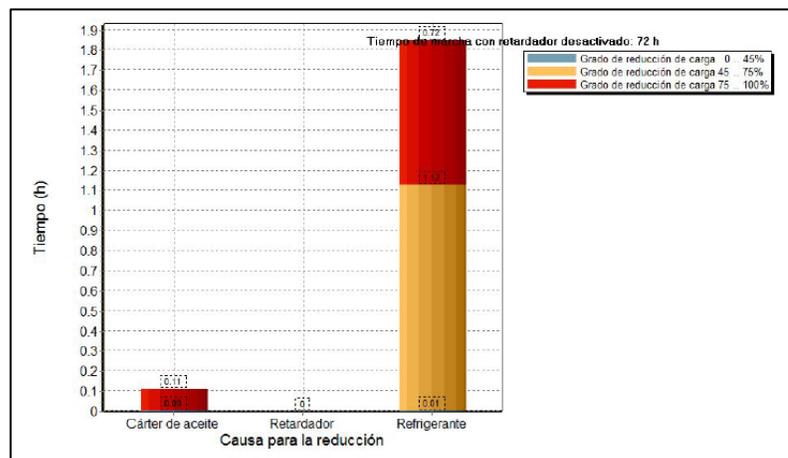


Figura 3. 16 Tiempo de marcha con retardador reducido a causa de la temperatura

Fuente: [55]

En la Figura 3.16 se puede apreciar, que se tiene elevadas temperaturas por no usar el retardador de manera correcta, el refrigerante y el cárter de aceite ha llegado a 100°C, el vehículo ha trabajado sin retardado y con variación de temperatura 72 horas.

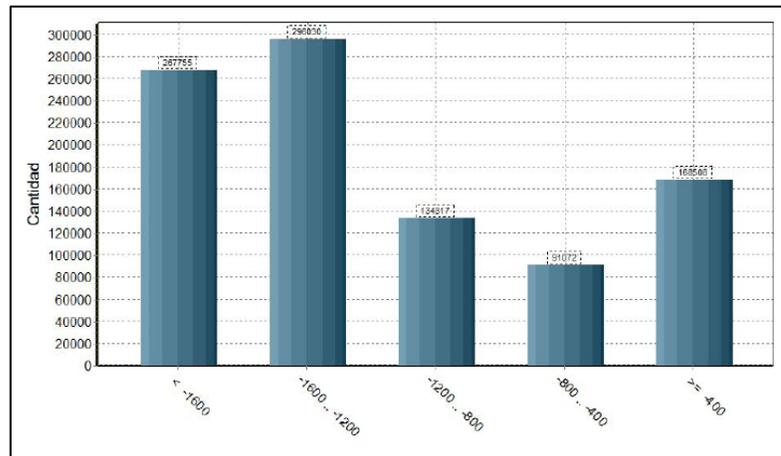


Figura 3. 17 Cantidad de retardador máximo por cada accionamiento del retardador

Fuente: [55]

En la Figura 3.17 se puede apreciar, que se utiliza el retardador la mayoría de tiempo en rpm altas, en este caso 296030 veces se accionado el retardador.

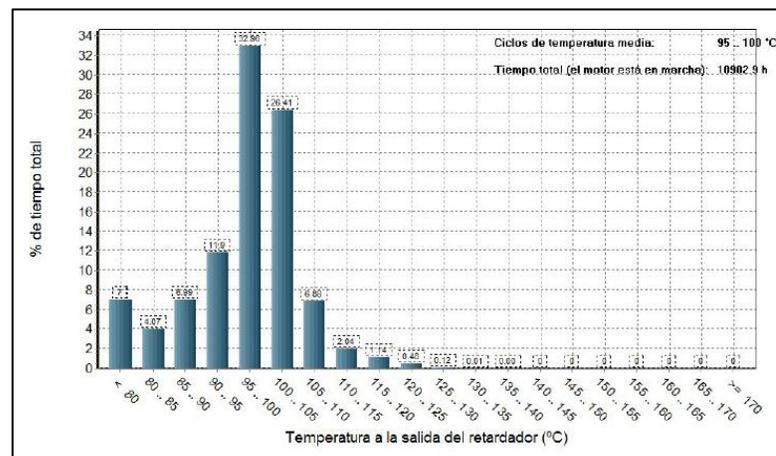


Figura 3. 18 Colectivo de temperaturas del aceite con motor en marcha – Salida del retardador

Fuente: [55]

En la Figura 3.18 se puede apreciar, que el mayor rango de temperatura en la salida del retardador es de 95-100°C, en el tiempo total de funcionamiento 32,96%, lo que ayuda a confirmar el correcto funcionamiento del enfriador de aceite, debido a que, no habido temperaturas mayores a 125°C, en un alto porcentaje de tiempo.

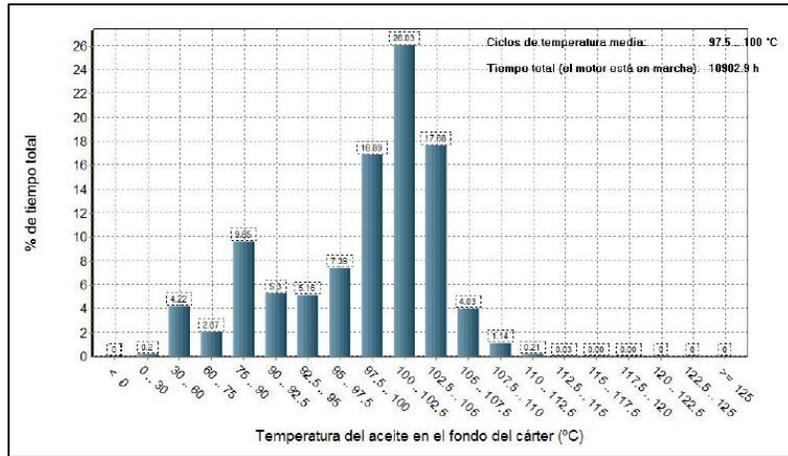


Figura 3. 19 Colectivo de temperaturas del aceite con motor en marcha – Fondo del cárter

Fuente: [55]

En la Figura 3.19 se puede apreciar, que en un 26,03% de tiempo de funcionamiento del vehículo, la temperatura en el fondo del cárter (aceite) ha sido de 100°C – 102.5°C, estando dentro de los parámetros correctos; y solo en casos puntuales (0.21%) ha subido la temperatura a 112.5°C.

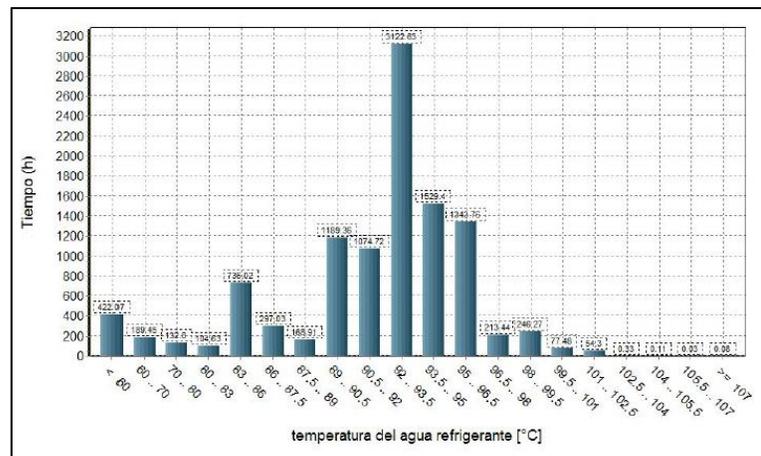


Figura 3. 20 Conjunto de temperaturas refrigerante

Fuente: [55]

En la Figura 3.20 se puede apreciar, que el refrigerante está funcionando en temperatura óptima, debido a que, en 3123 horas, se ha mantenido la temperatura en 92°C – 93.5°C,

permitiendo que el sistema de refrigeración ayude en la correcta operación de la caja automática.

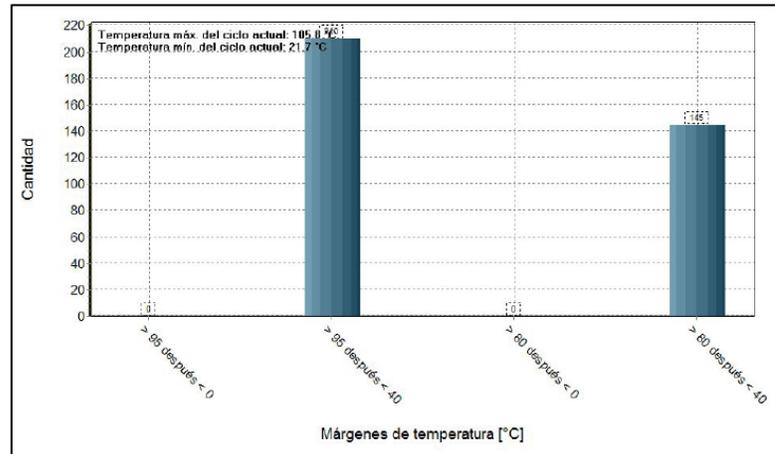


Figura 3. 21 Ciclos de enfriamiento del cárter de aceite

Fuente: [55]

En la Figura 3.21 se puede apreciar, que la temperatura es mantiene en el rango de 95°C – 40°C, confirmando que el aceite conserva de manera perfecta las características y propiedades iniciales, permitiendo la protección de lubricación de la caja automática.

3.3 Código de fallas reportados en una flota

La base de datos del ZF-TESTMAN presenta 367 códigos de falla, dependiendo del fallo se activa el código junto con la luz testigo para alertar al conductor, en el Anexo 2, se muestra lo códigos de falla activados para una flota que cuenta con 80 vehículos de transporte masivo, aclarando que son las fallas más críticas por número de avisos dados.

Los códigos de falla se tomarán en cuenta a partir de 10 repeticiones en adelante, descartando avisos falsos o de resteo.

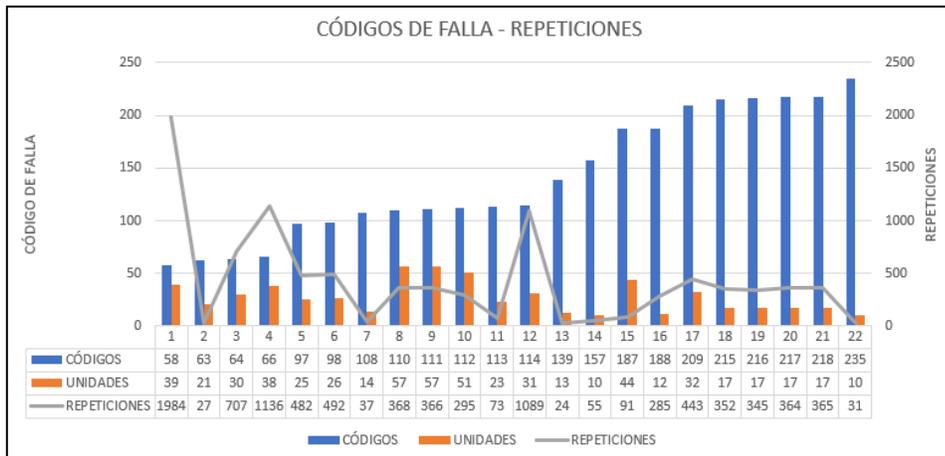


Figura 3. 22 Gráfica de códigos de falla y repeticiones presentadas

Elaborado por: Evelin Loor

Analizando los resultados obtenidos (figura 3.22) podemos resumir lo siguiente, que tenemos mayor número de repeticiones en los códigos de falla siguientes:

Tabla 3. 1 Descripción de Código de Fallas y Repeticiones

DESCRIPCIÓN DE CÓDIGO	CÓDIGOS	UNIDADES	REPETICIONES
Caída de frecuencia irreal a rpm de Salida.	58	39	1984
Elementos de desplazamiento no permisible	63	21	27
Fuente de alimentación TC subtenión	64	30	707
Problemas en el selector de rango	66	38	1136
Error de comunicación CAN	97	25	482
Voltaje de regulador de presión bajo	98	26	492
Fallo del mensaje CANEBC1	108	14	37
Mensaje FMR11055 tiempo de espera (IES)	110	57	368
Error de control electrónico	111	57	366
Fallo del Controlador electrónico	112	51	295
Error en configuración del motor	113	23	73
Error en control de transmisión	114	31	1089
Interruptor para señal del freno inestable	139	13	24
Error software	157	10	55
Marcha no plausible en el selector de rango de velocidad	187	44	91
Deslizamiento en piñón fijo	188	12	285
Falta de señal de velocidad	209	32	443
Señal de error presión de freno eje delantero LH	215	17	352
Señal de error presión de freno eje delantero RH	216	17	345
Señal de error presión de freno eje trasero LH	217	17	364
Señal de error presión de freno eje trasero RH	218	17	365
Aumento de la temperatura superior a 115°C	235	10	31

Elaborado por: Evelin Loor

3.4 Propuesta de Plan de Mantenimiento de Resultados

A partir de los resultados obtenidos mediante de variantes identificadas en este proceso de investigación y bajo el enfoque de la situación problémica propuesta se desarrolla

el Plan de Mantenimiento que se debe llevar a cabo en la Cajas Automáticas Ecolife, demostrando la viabilidad del instrumento metodológico desarrollado y propuesto.

3.4.1 Análisis de resultados del diagnóstico y planificación de mantenimiento

A partir del análisis del historial de fallas de las cajas automáticas de una flota de 80 unidades, y con la metodología propuesta se puede trabajar en la Planificación de Mantenimiento acertado, que mejorará notablemente el rendimiento y la vida útil de las cajas automáticas.

3.4.1.1 Estado Técnico del Mantenimiento Preventivo Planificado

Al evaluar el estado de los sistemas de la caja de cambio Ecolife, bajo determinados coeficientes se obtiene el rendimiento de la caja automática:

Tabla 3. 2 Clasificación de elementos y análisis del estado

SISTEMAS DE LA CAJA DE CAMBIOS		Z _i	E	C
Sistema de engranes	Zi1	1	1	1
Control hidráulico de marchas	Zi2	0,8	1	0,8
Paquete de embragues A y B	Zi3	0,8	2	0,4
Paquete de freno D, E y F	Zi4	1,8	3	0,6
Convertidor de par	Zi5	0,4	1	0,4
Retardador	Zi6	0,8	1	0,8
Bomba de aceite	Zi7	1	1	1
Intercambiador de calor de retardador	Zi8	1	1	1

Elaborado por: Evelin Loor

Una parte clave para el aprovechamiento de las cajas automáticas, es obtener un ciclo de reparaciones óptimo. En la tabla 3.2 se determina que, bajo los esquemas de mantenimiento realizados hasta la actualidad, el **rendimiento obtenido es de 69.09%**, por lo que determinados que la Caja Automática Ecolife de la flota analizada se encuentra en un estado MALO, y sería las consecuencias de la falta de un Correcto Plan de Mantenimiento.

Se recomienda que el ciclo de reparación para el equipo que se encuentra en funcionamiento sea entre dos reparaciones generales. Las operaciones a realizar en el ciclo han sido divididas en 4 categorías: Revisión (R), Reparación Pequeña (P), Reparación Mediana (M), Reparación General (G) [24]; para el análisis general realizado se han planificado los periodos de reparaciones de acuerdo al estado técnico que presentan (Tabla 2.12).

El ciclo de reparaciones para cada sistema queda establecido según se indica en la tabla 3.3:

Tabla 3. 3 Estructura del ciclo entre reparaciones.

Equipos	Estructura del ciclo de reparación	Número de operaciones				Duración del ciclo de reparación (h)	Tiempo entre operaciones del ciclo (h)	Tiempo entre reparaciones del ciclo (h)
		G	R	P	M			
CAJA AUTOMÁTICA ECOLIFE	G-R-P-R-M-R-P-R-G	2	4	2	1	15600	1950	3900

Elaborado por: Evelin Loor

Para el ciclo de reparación de cada máquina se diseñó el siguiente plan de mantenimiento, tabla 3.4:

Tabla 3. 4 Plan de Mantenimiento

Equipos	Estructura del ciclo de reparación	Tiempo entre reparaciones del ciclo (h)	Actividades	
CAJA AUTOMÁTICA ECOLIFE	G-R-P- R-M-R- P-R-G	3900	G	Diagnóstico Electrónico
				Cambio de Aceite
				Análisis de Aceite
			R	Diagnóstico Electrónico
				Prueba de Ruta
				Revisar niveles de aceite
			P	Diagnóstico Electrónico
				Análisis de Aceite
			M	Diagnóstico Electrónico
				Análisis de Aceite
				Calibración de programación
				Cambio de respiradero de aceite
				Revisión y/o cambio de electroválvula externa

Elaborado por: Evelin Loor

3.4.1.2 Selección de un Plan de Mantenimiento

Para la selección de criterios detallados en la sección de la tabla 2.11 se divide en la Caja Automática completa y en Elementos de la Caja Automática, y se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 3. 5 Selección de tipo de mantenimiento de la caja de velocidades

CAJA DE VELOCIDADES													TIPO DE MTO. APLICAR
MANTENIMIENTO A NIVEL DE MÁQUINA	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C _{PRE} D	C _{CORR/PR} EV	C _{PÉRDID} AS	C _{FALL} AS	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0,6	3		0

Elaborado por: Evelin Loor

Tabla 3. 6 Selección de tipo de mantenimiento de elementos de la caja automática

ELEMENTOS DE LA CAJA													
ELEMENTOS	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C _{PREV}	C _{CORR/PREV}	C _{PÉRDIDAS}	C _{FALLAS}	TIPO DE MTTTO. A APLICAR
Sistema de engranes	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0,6	2	1	Predictivo
Control hidráulico de marchas	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,8	2	2	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
Paquete de embragues A y B	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0,4	2	0	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
Paquete de freno D, E y F	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0,4	2	0	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
Convertidor de par	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0,6	2	1	Predictivo
Retardador	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0,6	2	1	Predictivo
Bomba de aceite	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0,6	1	2	Preventivo según índices de fiabilidad
Intercambiador de calor de retardador	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0,4	0	2	Preventivo según índices de fiabilidad

Elaborado por: Evelin Loor

Según los criterios propuestos el plan de mantenimiento que son necesario realizar a la caja de cambio es **Preventivo con medición de parámetros y síntomas**, considerando que los síntomas se analizaron según lo indicado por los conductores de las unidades y realizando una prueba de ruta, y las mediciones de parámetros se realizaron con el elemento de diagnóstico electrónico.

En la tabla 3.6 en la que se analiza los principales elementos de la caja se obtiene que el mantenimiento a realizar es el **Predictivo, Preventivo con medición de parámetros y síntomas y Preventivo según índices de fiabilidad**, dependiendo del elemento.

3.4.1.3 Evaluación periódica

Desarrollados todos los pasos a seguir en esta investigación, y una organizado el sistema de mantenimiento, se procede a la evaluación del mismo y para esto se utilizaron las ecuaciones 2.12, 2.13 y 2.14 de los epígrafes 2.6.4, 2.6.5 Y 2.6. respectivamente. Mediante los historiales de fallas (Anexo 2) se procedió a calcular la disponibilidad del equipo.

Tabla 3. 7 Disponibilidad técnica del equipo.

Tiempo de operación (horas)	Cantidad de fallas (unidad)	Tiempo de eliminación de fallas por acciones de mtto. Programado (horas)	Tiempo entre fallas (horas)	Tiempo medio de reparación (horas)	Disponibilidad de equipos (%)
HROP	NTCM	HTMC	TMEF	TMPR	DISP
7714,19	11,00	52,50	701,29	4,77	99,32%

Elaborado por: Evelin Loor

Según los resultados de la disponibilidad técnica del equipo, se tiene un valor de 99,32%, se debe, que, al ser vehículos de transporte urbano, y ser parte de una flota, los mismos se los puede reemplazar o sustituir de manera inmediata con otra unidad, para de esta manera solventar temas mecánicos que afectan a su funcionamiento.

3.5 Impactos

La importancia de la gestión de un proyecto de investigación que se basa en los resultados, abarca tanto el proceso y producto del mismo, como los diferentes impactos del proyecto, siendo este la contribución hacia la sociedad. A continuación, se analizan los diferentes impactos que genera el análisis de desgaste prematuro de las cajas automáticas Ecolife, relacionados con el objeto de estudio.

3.5.1 Impacto tecnológico

Las cajas automáticas en el transporte urbano, ha sido el gran paradigma en las últimas décadas, debido a los costos de mantenimiento, pero sobre todo a la falta de conocimiento sobre un acertado plan de mantenimiento, y al no tener desarrollado un lineamiento a seguir se recurre a altos gastos de reparaciones; desanimando así a futuros compradores de vehículos con este tipo de cajas automáticas.

La aplicación de un sistema de mantenimiento tomando en cuenta un análisis de aceite realizado en un laboratorio, y datos arrojados en los diagnósticos electrónicos realizados para cada unidad, obtendremos, según la necesidad de la flota, el mantenimiento que se debe realizar bajo demanda y necesidad de las mismas, de esta manera contribuiremos romper el paradigma y el miedo de aceptar tecnología automotriz extranjera, que nos brindará mejores condiciones de trabajos, y competitividad con países vecinos.

3.5.2 Impacto económico

El impacto económico es un factor importante para la toma de decisión en la adquisición de vehículos de carga masiva con este tipo de cajas automáticas, por esta razón, a continuación, se analizará la rentabilizada tanto de mantenimiento como de eliminación de fallas, basándose en la facturación de la empresa.

Para la evaluación inicial de la implementación del Sistema de Mantenimiento se analiza el costo de todas las actividades de mantenimiento con las ecuaciones 2.19 y 2.20 del epígrafe 2.7.1, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 3. 8 Costo de mantenimiento

Facturación de la empresa en el período (\$)	Costos totales de Mtto. en ese período (\$)	Costo de mantenimiento por facturación	Consumo de materiales (\$)	Salarios devengados (\$)	Otros gastos (\$)	Costo de mtto. por eliminación de fallas
FEP	CTMP	COMF	CM	SD	GO	COEF
\$700.000,00	\$1.340,00	\$522,39	\$5.943,49	\$140,70	\$50,00	\$6.134,19

Elaborado por: Evelin Loor

Se concluye que el costo de mantenimiento por facturación (COMF) alcanza el valor de 522,39 \$; y estaría dentro de los rangos de un valor permisible dentro de los gastos totales de la empresa. El costo para eliminación de fallas (COEF) 6134,19 \$, a partir de este valor se determinará la rentabilidad de las actividades de mantenimiento en la empresa.

A partir de costo para eliminación de fallas (COEF), se realizará el análisis de costos por concepto de mantenimiento predictivo y correctivo, y se realizará un sugerido de ahorro programado para cuando las mismas vayan ocurriendo, para esto se aplicó el criterio del VAN y la comparación de la TIR con la tasa de interés del 20,6 %

Tabla 3. 9 Resultado de cálculo del VAN

No	FNE	(1+i)^n	FNE/(1+i)^n
0	-6134,19		-6134,19
1	3500	120,5%	2904,56
2	3500	145,2%	2410,43
3	3500	175,0%	2000,35
4	3500	210,8%	1660,04
5	3500	254,1%	1377,63
6	3500	306,1%	1143,26
7	3500	368,9%	948,77
8	3500	444,5%	787,36
9	3500	535,7%	653,41
10	3500	645,5%	542,25
11	3500	777,8%	450,00
12	3500	937,2%	373,44

Elaborado por: Evelin Loor

En este análisis se obtiene un valor actual neto de 9117,31 \$, para el mismo caso el valor de la TIR calculado es de 55%, siendo este mayor que la tasa de interés. El comportamiento de la tasa de interés según los beneficios por disponibilidad técnica se muestra en la figura 3.23.

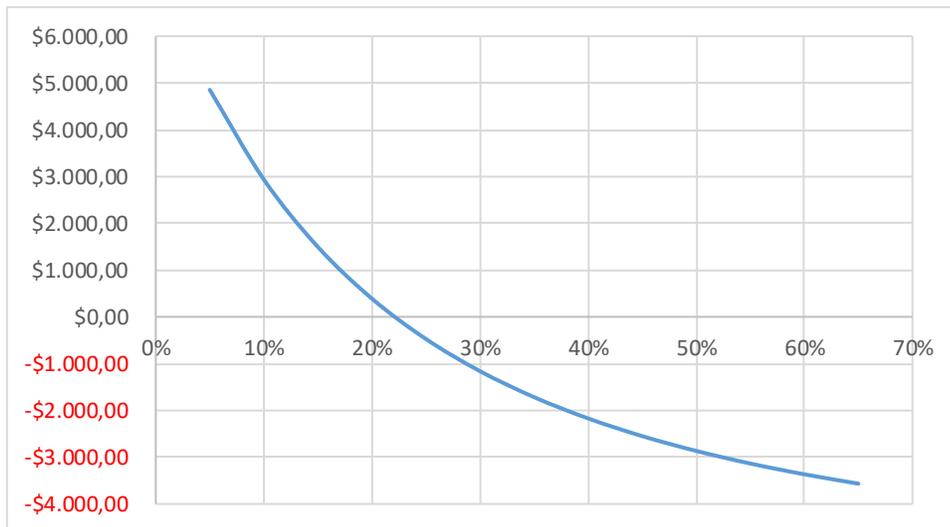


Figura 3. 23 Comportamiento de la TIR de las actividades de mantenimiento

Elaborado por: Evelin Loor

Confirmando de esta manera la rentabilidad del plan de mantenimiento en las cajas automáticas Ecolife.

Y bajo los conceptos de VAN y TIR, se puede sugerir a los propietarios de vehículos con cajas automáticas Ecolife, realizar un ahorro programado de 141,67\$, para cubrir los gastos de eliminación de fallas que se presentaría en los ciclos analizados, y confirmando siempre la rentabilidad del plan de mantenimiento sugerido en esta investigación, ya que la TIR sería del 22% quedando dentro de la tasa de interés.

3.5.3 Impacto ambiental

En la actualidad tener resultados positivos en cuanto al impacto ambiental, dentro del proyecto de investigación propuesto hace los resultados tenga mayor éxito; debido a que se plantean acciones para personas, equipos, y procesos de mantenimiento

Los factores causales más importantes identificados que pueden propiciar la ocurrencia de impacto al medio ambiente desde el mantenimiento son: los errores humanos, la ausencia de mantenimiento, la aplicación de políticas de mantenimiento incorrectas y procesos de mantenimiento no controlados [24].

Primero partiremos de los beneficios que ofrece el fabricante de cajas automáticas Ecolife: la reducción de ruido, Start/Stop sin consumo de combustible, más amigable en la conducción (menos estrés) y medio ambiente [4]. La reducción de combustible es de un 10% menos, comparado con otros vehículos de carga masiva que utilizan otro tipo de transmisión, aportando al cuidado ambiental.

Los mantenimientos sugeridos por el fabricante y los analizados en esta investigación, tienen en común, y es el aprovechamiento del fluido lubricante por las características propias del mismo, ayudando que se tenga mantenimientos programados con un tiempo significativo entre cada ciclo, y de esta manera se disminuirá el impacto ambiental en nuestra localidad.

3.6 Valoración económica y/o presupuesto para implementar la propuesta del proyecto

Los gastos proyectados para la elaboración de la propuesta tecnológica son los siguientes:

Tabla 3. 10 Presupuesto para el desarrollo de la propuesta

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN				
Recursos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	Valor Total \$
Equipos				
Laboratorio	15	u	35	525
Material Bibliográfico y fotocopias.				
Impresiones	30	u	0,08	2,4
Copias	20	u	0,05	1
Internet	30	m	35	35
Sub Total				563,4
12%				67,61
TOTAL				631,01

Elaborado por: Evelin Loor

3.7 Conclusiones del capítulo 3

- La herramienta de diagnóstico electrónico nos brinda datos extensos, que nos sirve al momento de analizar el comportamiento de las cajas automáticas, y de esta manera determinar el camino a seguir en la propuesta planteada.
- Valores como: facturación y gastos de los propietarios de los vehículos, dependerán de las rutas asignadas, colaboradores a cargo, e imprevistos que se presenten en cada ciclo analizado.
- En este capítulo se sugiere un ahorro programado para la eliminación de fallas, esto bajo el análisis del VAN y TIR.

Conclusiones generales

- Con la implementación del Sistema de Mantenimiento de las cajas automáticas Ecolife, y con el análisis de parámetros de funcionamiento dados por el diagnóstico electrónico y en análisis de aceite, se identificó que el tipo de mantenimiento necesario sería: un mantenimiento preventivo con medición de parámetros y síntomas, y un mantenimiento preventivo, obteniendo reducción de costos y operatividad a largo plazo,
- El desgaste prematuro de elementos mecánicos de las cajas automáticas, se ha dado en su mayoría, por no identificar las acciones a seguir y el tiempo que se debe realizar los mantenimientos, por esta razón, y bajo los esquemas de mantenimiento realizados hasta la actualidad, el rendimiento obtenido es de 69.09%, con un estado MALO.
- El porcentaje de disponibilidad técnica se obtuvo el 99,32%, debido a que son vehículos reemplazables, por lo que la es fácil la planificación del mantenimiento o corrección de fallas.
- Costo de mantenimiento por facturación (COMF) alcanza el valor de 522,39 \$ y el costo para eliminación de fallas (COEF) 6134,19 \$, mismos que estarían dentro de los rangos permisible de gastos totales de la empresa.
- Se obtiene un valor actual neto de 9117,31 \$, para el mismo caso el valor de la TIR calculado es de 55%, siendo este mayor que la tasa de interés, confirmando de esta manera la rentabilidad de los procesos de mantenimiento al ser aplicado correctamente a los vehículos con cajas automáticas Ecolife.
- Se tiene un papel fundamental a favor del medio ambiente, ya que este tipo de cajas automáticas por su modelo de construcción tienen las siguientes características, no generan mayor índice de ruido, reducción de un 10% de combustible, mejor calidad de conducción, tiempos largos de mantenimientos.

Recomendaciones

- Capacitar al personal técnico que trabaja con este tipo de vehículos y a los propietarios, bajo esta propuesta tecnológica, ya que con un trabajo conjunto se obtendrá resultados óptimos y confiables.
- Se recomienda que entre reparaciones generales se realicen, 4 revisiones cuyas actividades son las siguientes: diagnóstico electrónico, prueba de ruta y revisión de niveles de aceite.
- Elaborar un presupuesto mensual o anual de gastos operacionales, gastos por mantenimiento, insumos, incluyendo el valor de corrección de fallas; con el fin de no afectar de manera notable cuando se presente un daño mayor que incluya reparación.
- Solicitar al taller automotriz a cargo de los mantenimientos de los vehículos, una capacitación tanto para conductores como ayudantes, en la operación de este tipo de vehículos que son nuevos en el mercado, ayudando de esta manera a prevenir daños y a identificar posibles causas de averías.
- Al ser la caja automática parte de un sistema en los vehículos y al trabajar en conjunto con el resto de sistemas, es necesario que todos los planes de mantenimiento se los realice de manera óptima, ayudando de esta manera al correcto funcionamiento de todo el chasis, y no afectando a la caja automática por daños externos.

Referencias bibliográficas

- [1] R. Widman, «WIDMAN INTERNATIONAL SRL,» [En línea]. Available: <https://www.widman.biz/boletines/50.php>. [Último acceso: 01 09 2020].
- [2] Á. Bernal, Manejo y Optimización de las Operaciones de Mantenimiento Preventivo y Correctivo en un Taller Automotriz, Guayaquil, 2012.
- [3] J. A. Carvallo Toral y P. X. Dávila Vintimilla, Plan de Capacitación de Mantenimiento y utilización adecuada de lubricantes para Transmisiones Automáticas de vehículos livianos, Azuay1: Universidad el Azuay, 2011.
- [4] Z. P. p. A. y. Autocares, «ZF Friedrichshafen AG,» [En línea]. Available: https://www.zf.com/products/en/buses/products_29245.html. [Último acceso: 31 08 2020].
- [5] S. T. P. Ecuador, «secretaria técnica Planifica Ecuador,» Senplades, [En línea]. Available: <https://www.planificacion.gob.ec/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida/>. [Último acceso: 29 08 2020].
- [6] D. d. I. -. UTC, «Universidad Técnica de Cotopaxi,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.utc.edu.ec/INVESTIGACI%C3%93N/Lineas-Investigaci%C3%B3n>. [Último acceso: 25 08 2020].
- [7] Anónimo, Transmisiones Automáticas (CAPACITACIÓN GENERAL MOTORS), Latacunga, 2014.
- [8] A. Grossl, Interviewee, EcoLife 2: el nuevo estándar para las transmisiones de autobuses urbanos. [Entrevista]. 17 octubre 2019.
- [9] J. Borja, J. Fenoll y J. Seco de Herrera, Sistema de Transmisión y Frenado, España: MacMillan, 2008.
- [10] Toyota, Transejes y Transmisión Automática, Quito: Desconocido, Desconocido.
- [11] EPN, «Escuela Politécnica Nacional,» 03 2017. [En línea]. Available: https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2017/03/codigos_unesco.pdf. [Último acceso: 30 08 2020].
- [12] W. Bove, «Cajas Automáticas Zanese,» 20 septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://cajasautomaticaszanese.com/2016/09/20/el-origen-de-la-transmision-automatica/>. [Último acceso: 29 septiembre 2020].
- [13] Desconocido, «Bardahl,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.bardahl.com.mx/evolucion-transmision-automatica/>. [Último acceso: 29 septiembre 2020].
- [14] B. P. Gabriela Oña, «Diseño y Construcción de una Unidad de Cambios de Fluido para Cajas Automáticas con Control Electrónico,» Latacunga, 2014.

- [15] S. Pérez, Funcionamiento y Mantenimiento de Sistemas de Transmisión OPTICRUISE 5TA Generación, Chile: UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO-SANTA MARÍA, 2019.
- [16] I. A. O. J. d. L. G. E. M. G. Iñaki Aliaga Bereziartua, Caja de Cambios Automática, Desconocido: Desconocido, Desconocido.
- [17] D. Mateus, «DigitalTrends ES,» 3 septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://es.digitaltrends.com/autos/diferentes-tipos-de-transmision-carros/>. [Último acceso: septiembre 2020].
- [18] D. P. Cabrera Pazmiño, ELABORACIÓN DE BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE AUTOMÁTICA, PARA EL DIAGNÓSTICO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS, QUITO: N/A, 2014.
- [19] J. M. M. Salcedo, Estudio comparativo entre transmisiones automáticas Electrohidráulicas y variador continuo CVT, Cuenca: Universidad del Azuay, 2010.
- [20] P. García, «Tecnología Automóvil,» 10 12 2014. [En línea]. Available: <https://www.tecnologia-automovil.com/actualidad/caja-de-cambios-pilotada/>. [Último acceso: 17 09 2020].
- [21] J. C. M. Flores, Implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) al Taller Automotriz del I. Municipio de Riobamba, Riobamba: Escuela Superior Técnica de Chimborazo, 2012.
- [22] S. García, Organización de Gestión Integral de Mantenimiento, Madrid: Díaz de Santo S. A., 2003.
- [23] E. Neto, Mantenimiento Industrial, Macas: Ilustrados, 2008.
- [24] V. L. Rosa Ruiz, IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ALTERNO DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE PROCESAMIENTO MINERO EN LA CANTERA SAN JOAQUIN 2 DE LA EMPRESA MAPEAGRE CIA. LTDA, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2017.
- [25] N. M. David Erazo, Programa de Mantenimiento para la Flota de Unidades de Transporte Cóndor del Valle y Diseño de la Planta de su Taller Automotriz, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [26] J. Knezevic, Mantenimiento, Madrid: Isdefe, 1996.
- [27] A. Olloqui, Base para un Buen Programa de Lubricación Preventiva, Monterrey: Biblioteca Alfonso Reyes, 1967.
- [28] P. Albarracín Aguillón, «Tribología y lubricación,» de Servicio Nacional de Aprendizaje- SENA, Medellín, 2006.
- [29] J. C. Valest Sandoval, METODOLOGÍA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS A PARTIR DE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN, Bucaramanga: NA, 2014.

- [30] M. Ordóñez, *Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Lubricación en los Motores Térmicos*, Málaga: Innova, 2012.
- [31] D. Troyer y J. Fitch, *Oil Analysis*, León, Gto México: Noria Latín América, 2004.
- [32] M. B. A. M. Jesús Teradillos, «Lubricación y Mantenimiento de Motores a Gas,» Desconocido, Desconocido, Desconocido.
- [33] A. Grossl, Interviewee, *EcoLife 2: el nuevo estándar para las transmisiones de autobuses urbanos*. [Entrevista]. 17 octubre 2019.
- [34] TOYOTA, *Transejes y Transmisión Automática*, Quito: DESCONOCIDO, DESCONOCIDO.
- [35] ANÓNIMO, *Transmisiones Automáticas (CAPACITACIÓN GENERAL MOTORS)*, Latacunga, 2014.
- [36] R. d. D. S.A, Interviewee, *Zhongtong Navigator DD*. [Entrevista]. 2020.
- [37] I. R. M. C. Diego Taborda, «SIMULADOR DE FALLAS ELECTRONICAS DE UNA CAJA AUTOMATICA,» INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO, Medellín, 2012.
- [38] P. Sirpa, «DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE LA CAJA DE CAMBIOS,» Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2014.
- [39] AFTERMARKET, ZF, «ZF AFTERMARKET, » 03 08 2021. [En line]. Available: <https://aftermarket.zf.com/ib/es/portal-del-mercado-de-posventa/informacion-tecnica/lubricantes/>. [Último acceso: 21 08 2021].
- [40] C. d. C. Zf, *Manual ZF*, Alemania - Colombia: Copyright © ZF Friedrichshafen AG, Desconocido.
- [41] A. R. Machado, *Manual de Gestión de Mantenimiento*, Santa Clara: UNIVERSIDAD CENTRAL MARTA ABREU DE LAS VILLAS, 2012.
- [42] R. H. Mendoza, «Scrib,» 04 diciembre 2010. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/44645225/ANALISIS-DE-CRITICIDAD>. [Último acceso: octubre 2020].
- [43] A. José, T. Rocío y M. Diana, «Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleado criterios de riesgo y confiabilidad,» *Tecnología Ciencia y Educación*, vol. 25(1), n° ISSN: 0186-6036, pp. 15-26, 2010.
- [44] E. Velázquez, «Implementación del Sistema Alternativo de Mantenimiento en la Empresa Gráfica de Villa Clara.,» 25 marzo 2014. [En línea]. Available: <http://dspace.uclv.edu.cu/>.
- [45] H. S. Morrow, *Organization and Administration of the Mantenance*, Houston: s.n, 1986.

- [46] B. Ferrer, «Mantenimiento preventivo en reductor de velocidad de grúas indias de extracción de mineral,» ISMM, Moa, 2014.
- [47] F. González, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, Madrid: Fundación Cofemental, 2005.
- [48] P. Tedeschi, Proyecto de Máquinas, Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1979.
- [49] A. Azoy, «Método para el cálculo de indicadores,» Ingeniería Agrícola, vol. 4, nº 4, pp. 45-49, 2014.
- [50] M. B. Muñoz, «Tecnología de máquinas,» Leganés, 2003.
- [51] J. Lafraia, «Manual de Confiabilidad, Mantenibilidad y disponibilidad,» Qualitymark, 2001.
- [52] G. Pérez, «Espectrometrica.com,» [En línea]. Available: <https://www.espectrometria.com/espectrometros>. [Último acceso: 01 10 2021].
- [53] Anónimo, «Laboratorio Técnico,» Quito, 2020.
- [54] D. d. I. ZF, Manual técnico Autobuses/autocares ZF - Ecolife, Alemania, 2013.
- [55] D. TESTMAN, «Informe Técnico ZF,» Quito, 2020.
- [56] P. Velazquez, «DSpace@UCLV,» 25 marzo 2014. [En línea]. Available: <http://dspace.uclv.edu.cu>. [Último acceso: 20 abril 2017].
- [57] J. Borja, J. Fenoll y J. Seco de Herrera, Sistema de Transmisión y Frenado, España: MacMillan, 2008.
- [58] J. R. Vitoria, Prontuario Básico de Fluidos, Madrid: Ediciones Paraninfo. S.A., 2002.
- [59] W. Prado y M. Hoyos, «Determinación experimental del módulo de compresibilidad adiabático para aceites minerales.,» Scientia et Technica Año XXI, vol. 21, nº 3, pp. 219,220,221,222,223,224,225, 2016.
- [60] J. C. García, FLUIDOS VISCOSOS, España: Repositorio Universidad de Alicante, 2008.
- [61] A. Vidaurre, Ley de Poiseuille, Valencia: Repositorio Universidad de Valencia, 2019.

ANEXOS

Anexo 1 Tablas guías para ver los ciclos de reparaciones

Tabla1. Valor del coeficiente (N).

Tipo de producción	N
En masa	1.0
En serie	1.3
En serie pequeña o individual	1.5
Para todo tipo de equipos menos grúas y elevadores	

Fuente: [56]

Tabla 2. Valor de (N) para grúas y elevadores.

Régimen de trabajo	N
Grúas y monorraíles que se operan manualmente trabajan en cualquier régimen.	4.0
Grúas y otros equipos de elevación de motor eléctrico que trabajan en régimen ligero , o sea desmontaje y montaje de equipos de producción básica	3.0
Grúas y otros equipos de elevación de motor eléctrico que trabajan en régimen medio y en talleres de producción en serie pequeña. Grúas eléctricas que trabajan en secciones de tratamiento térmico.	2.0
Grúas y otros equipos de elevación de motor eléctrico que trabajan en régimen difícil , o sea, continuo y pesado, en talleres de producción básicas fundición, almacenes, etc.	1.0
Grúas y otros equipos de elevación de motor eléctrico que trabajan con régimen muy difícil en talleres metalúrgicos.	0.5

Fuente: [56]

Tabla 3. Valor del coeficiente (M).

Equipos industriales	Acero de construcción	Acero de alta calidad	Aleación de aluminio	Hierro fundido y bronce	Trabaja con abrasivos	Madera	Arena
De precisión normal y de precisión	1.0	0.7	0.75	0.85	0.9	1.0	1.0

Fuente: [56]

Tabla 4. Valor del coeficiente (Y).

Equipos industriales		Condiciones de abrasivos seco	Trabaja en condiciones normales	Trabaja en locales con polvo y humedad	Trabaja en locales separados especialmente
De precisión normal		.....	10	0,8	.....
De precisión		.....	12	.....	14
Trabajos con abrasivos	Precisión normal	0,7	10	0,8	.....
	Acta precisión	.....	11	.....	13

Fuente: [56]

Tabla 5. Valor del coeficiente (Z).

Equipos industriales	Z
Livianas y medianas hasta $0 \leq X \leq 10ton$	1
Grandes y pesadas entre $10 \leq X \leq 100ton$	1,35
Muy pesadas y únicas con más de $100ton \leq X \leq \infty$	1,75

Fuente: [56]

Tabla 6. Valor de (K) para distintos equipos.

Equipos industriales	
Máquinas herramientas	K= [hrs]
Livianas y medianas hasta $0 \leq X \leq 10ton$	
a) Con tiempo de explotación 20 años	26000
b) Con tiempo de explotación mayor de años	23400
Grandes y pesadas entre $10 \leq X \leq 100ton$	
a) Con tiempo de explotación 20 años	52700
b) Con tiempo de explotación mayor de años	47400
Super pesadas con más de $100ton \leq X \leq \infty$	
a) Con tiempo de explotación 20 años	66300
b) Con tiempo de explotación mayor de años	59670
Tabla 6. Equipos industriales	

Equipos de elaboración de madera	K= [hrs]
Máquinas para acepillar madera y cepillos de cuatro caras	14000
Fresadoras y taladradoras con avance mecánicoe hidráulico	19000
Sierras, tornos y taladradoras con avance manual	23500
Equipos de forja y prensado	K= [hrs]
Máquinas automáticas de forja	11700
Martillos y prensas de fricción	14000
Cortadoras	19000
Prensas mecánicas e hidráulicas, grandes y únicas	21000
Equipos de fundición	K= [hrs]
Mezcladoras y cedores	4500
Máquinas de hacer machos	7000
Máquinas moldeadoras con una capacidad de hasta 5 ton y de más de 5 ton y desmenuzadoras	9500
Transportadores de arena caliente	7000
Transportadores de arena seca	8000
transportadores de arena húmeda y centrífugas	11700
Equipos de elevación y transporte	K= [hrs]
Equipos de elevación, grúas monorrailes y diferenciales eléctricos	14000
Todo tipo de equipo con menos de 3 grados de complejidad	21000

Anexo 2 Cantidad de códigos de falla

UNIDAD	Kilometraje	Códigos de falla	UNIDAD	Kilometraje	Códigos de falla
V1	149.363	4	V41	149.936	9
V2	156.735	7	V42	141.344	17
V3	164.693	7	V43	130.782	12
V4	169.062	1	V44	147.904	4
V5	171.222	11	V45	167.154	5
V6	170.461	1	V46	134.445	10
V7	180.975	15	V47	175.725	9
V8	198.910	7	V48	148.622	11
V9	189.177	11	V49	164.457	16
V10	189.177	6	V50	111.082	10
V11	174.782	0	V51	189.068	5
V12	187.989	7	V52	163.412	13
V13	176.490	6	V53	143.273	13
V14	185.091	15	V54	165.159	19
V15	182.573	1	V55	167.853	2
V16	174.184	7	V56	149.197	7
V17	193.531	11	V57	160.508	20
V18	175.179	8	V58	160.661	20
V19	127.614	13	V59	145.736	3
V20	183.104	18	V60	1.602.713	19
V21	164.822	7	V61	1.025.042	7
V22	177.621	16	V62	103.133	4
V23	165.477	10	V63	99.734	2
V24	178.320	6	V64	95.269	12
V25	169.576	10	V65	91.673	4
V26	155.412	8	V66	89.658	6
V27	VH BAJA	VH BAJA	V67	108.270	5
V28	167.300	16	V68	97.168	1
V29	161.140	14	V69	96.921	4
V30	173.143	9	V70	92.040	6
V31	171.377	7	V71	92.613	12
V32	159.682	11	V72	84.675	11
V33	174.862	8	V73	100.549	20
V34	158.057	15	V74	91.006	3
V35	174.687	8	V75	114.389	4

V36	DAÑO	DAÑO	V76	115.581	14
V37	165.743	3	V77	137.580	7
V38	148.303	15	V78	152.092	2
V39	147.215	7	V79	119.914	3
V40	135.031	10	V80	155.184	4

Elaborado por: Evelin Loor