



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN ELECTROMECAÁNICA

### MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

---

Caracterización del comportamiento físico, químico y mecánico de los aceites utilizados en las transmisiones automáticas de los vehículos Hyundai y Kia.

---

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

**Autor:**

Andrango Pachacama Felix Rene

**Tutor:**

PhD. Laurencio Alfonso Héctor Luis

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2022**

## **AVAL DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación "Caracterización del comportamiento físico, químico y mecánico de los aceites utilizados en las transmisiones automáticas de los vehículos Hyundai y Kia." presentado por Andrango Pachacama Felix Rene, 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, marzo, 15, 2022



.....  
PhD Héctor Luis Laurencio Alfonso  
CC.: 1758367252

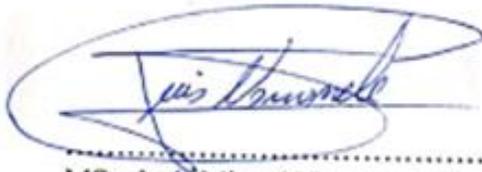
## AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Caracterización del comportamiento físico, químico y mecánico de los aceites utilizados en las transmisiones automáticas de los vehículos Hyundai y Kia, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magister en Electromecánica; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

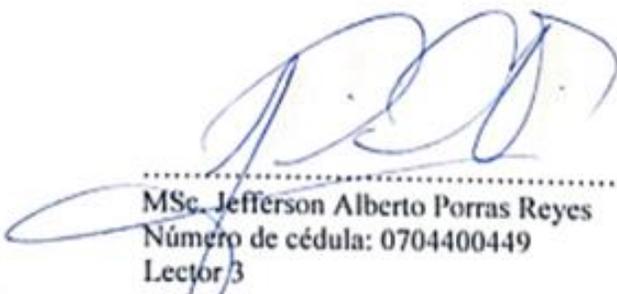
Latacunga, junio, 03, 2022



.....  
PhD. Enrique Torres Tamayo  
Número de cédula: 1757121940  
Presidente del tribunal



.....  
MSc. Luis Miguel Navarrete López  
Numero de cedula: 1803747284  
Lector 2



.....  
MSc. Jefferson Alberto Porras Reyes  
Número de cédula: 0704400449  
Lector 3

## **DEDICATORIA**

“La vida da oportunidades hay que saberla  
aprovechar en el momento oportuno”

Dedico el trabajo de titulación, a mi familia  
por ser parte de este proceso en mi vida  
profesional, en especial a dos personas que  
cambiaron mi vida,  
Que representan mi fuente de inspiración,  
dedicación y esfuerzo para alcanzar las  
metas propuestas.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a las personas que siempre estuvieron apoyándome en los momentos más difíciles de la vida, los que me brindaron confianza, sabiduría en el proceso de investigación de mi proyecto. A mi familia por estar siempre apoyándome con sus lindas palabras de superación para alcanzar las metas propuesta. A mis estimados compañeros del Taller master Auto en especial al MSc. Fernando Tacopor brindarme sus conocimiento y guía en la investigación,

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por su calidad de investigación que posee, a los Docentes que aportaron con su amplio conocimiento desde el primer día de clases ya que estos fueron fundamentales para alcanzar la meta propuesta.

Al Ph.D. Héctor Laurencio por aportar con su amplio conocimiento en el proceso de investigación, la guía brindada me permitió ampliar los conocimientos me siento satisfecho por su colaboración en este proceso de investigación.

Felix Rene Andrango Pachacama

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

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

Latacunga, marzo, 15, 2022



.....  
Lcdo. Felix Rene Andrango Pachacama  
C.C. 1721027207

## 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.

Latacunga, marzo, 15, 2022



.....  
Lcdo. Felix Rene Andrango Pachacama

C.C. 1721027207

## **AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Caracterización del comportamiento físico, químico y mecánico de los aceites utilizados en las transmisiones automáticas de los vehículos Hyundai y Kia, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, junio, 03, 2022



.....  
PhD. Enrique Torres Tamayo  
Número de cédula: 1757121940

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**Título: Caracterización del comportamiento físico, químico y mecánico de los aceites utilizados en las transmisiones automáticas de los vehículos Hyundai y Kia.**

**Autor:** Andrango Pachacama Felix Rene

**Tutor:** PhD Héctor Luis Laurencio Alfonso

**RESUMEN**

La investigación realizada, tuvo la necesidad de comprobar el comportamiento físico, químico y mecánico de los aceites utilizados en las transmisiones automáticas de los vehículos Hyundai y Kia; con el proceso investigativo se determina que la temperatura mayor a los 95°C, y el recorrido por caminos irregulares provoca la pérdida de propiedades del lubricante y el desgaste de las piezas mecánicas internas de las cajas de cambios automáticas de las marcas de automóviles en mención.

Las cajas de cambios automáticas hoy en día son las más utilizadas debido a la comodidad que presentan, sin embargo, es necesario concienciar en los propietarios el mantenimiento semestral que tiene un costo de \$ 450, que haciéndolo adecuadamente bajo los parámetros de la guía de mantenimiento preventivo y correctivo permiten evitar daños a largo plazo y que contemplen gastos fuera del presupuesto planteado. Cabe mencionar que el costo por facturación (COMF) es de \$8,22 y si se requiere la corrección de fallas (COEF) el costo es de \$1191,78.

El enfoque de la investigación es establecer un conocimiento adecuado sobre las cajas de cambios automáticas, para optimizar el rendimiento de los componentes que se utilizan para su funcionamiento, permitiendo eliminar la degradación y envejecimiento prematuro de los elementos internos y del fluido hidráulico, para la obtención de resultados deseados, la investigación se estableció en dos marcas de vehículos que ofrecen el mismo rendimiento de trabajo, de esta manera se asegura la viabilidad de la investigación, obteniendo resultados reales que permitan mejorar su funcionamiento

Finalmente, de acuerdo al análisis de las características físicas, químicas y mecánicas se contempla la estructuración de una guía de mantenimiento para su aplicación en el taller.

**PALABRAS CLAVE:** transmisión automática; fluido hidráulico; degradación; envejecimiento.

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**Title: Characterization of the physical, chemical and mechanical behavior of the oils used in the automatic transmissions of Hyundai and Kia vehicles.**

**Author: Andrango Pachacama FelixRene**

**Tutor: PhD Héctor Luis LaurencioAlfonso**

**ABSTRACT**

This research has been carried out in base to the need in order to verify the physical, chemical and mechanical behavior of the oils used in the automatic transmissions of Hyundai and Kia vehicles; With this investigative process is had determined that the temperature greater than 95 ° C, and the journey through irregular paths has caused the loss of lubricant properties and wore of the internal mechanical parts of the automatic gearboxes of the car brands in question..

Actually, automatic gearboxes are the most used due to their comfort however, it is necessary to make the owners aware of the semi-annual maintenance that has a cost of \$450 and doing it properly under the parameters of the maintenance guide preventive and corrective allow to avoid long-term damage and unexpected expenses outside the proposed budget. It is worth mentioning that the cost per billing (COMF) is \$8.22 and if fault correction is required (COEF) the cost is \$1191.78.

The focus of the research has been established with adequate knowledge about automatic gearboxes in order to optimize the performance of the components used for their operation, being able to eliminate the degradation and premature aging of the internal elements and the hydraulic fluid, for obtaining the desired results, the research is revealed in two brands of vehicles that offer the same work performance, in this way the viability of the research is ensured, obtaining real results that allow improving its operation.

Finally, according to the analysis of the physical, chemical and mechanical characteristics has been structured a maintenance guide for its application in the workshop is contemplated.

**KEYWORD:** automatic transmission; hydraulic fluid; degradation; aging. The same results that ensure

VACAS SUAREZ VIVIAN BEATRIZ, con cédula de identidad número: 1707307441  
Licenciado/a en: CIENCIAS DE LA EDUCACION PROFESORA DE ENSEÑANZA  
MEDIA EN LA ESPECIALIZACIÓN DE IDIOMAS INGLES Y FRANCES, con número  
de registro de la SENESCYT: 1005-07-773475; CERTIFICO haber revisado y aprobado la  
traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título:  
Characterization of the physical, chemical and mechanical behavior of the oils used in the  
automatic transmissions of Hyundai and Kia vehicles. De: Felix Rene Andrango Pachacama,  
aspirante a magister en Electromecánica

Latacunga, marzo, 15, 2022



**Vacas Suarez Vivian Beatriz**  
Número de cédula: 1707307441

## TABLA DE CONTENIDOS

Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Planteamiento del problema .....	3
Capítulo I. Fundamentación teórica para la caracterización de los aceites utilizados en las transmisiones automáticas de los vehículos Hyundai y kia.....	8
1.1 Antecedentes de la investigación .....	9
1.2 Fundamentación Teórica .....	11
1.2.1 Funcionamiento de las cajas de cambios automáticas .....	11
1.3 Funcionamiento de los aceites para las transmisiones automáticas .....	12
1.3.1 Proceso de cambio del aceite de transmisiones automáticas .....	13
1.3.2 Tipos de aceites .....	14
1.4 Características de los aceites para la transmisión automática Hyundai y Kia .....	17
1.4.1 Aditivos utilizados en lubricantes .....	18
1.5 Norma de calidad de los aceites.....	19
1.6 Presión del aceite dentro de la caja de cambios.....	20
1.6.1 Elementos que conforma la transmisión automática.....	21
1.7 Análisis de las propiedades del aceite .....	31
1.7.1 Viscosidad .....	32
1.7.2 Densidad .....	33
1.8 Conclusiones capítulo I .....	34
Capítulo 2. Materiales y métodos para la investigación del comportamiento físico, químico y mecánico de los aceites utilizados en las transmisiones automáticas de los vehículos Hyundai y kia .....	35
2.1. Materiales .....	36
2.1.1 Descripción del área de trabajo .....	36
2.1.2 Extracción del líquido hidráulico.....	37
2.1.3 Equipo utilizado para el análisis del aceite ATF .....	37
2.1.4 Aceites utilizados para el análisis .....	38
2.1.5 Aceite nuevo para el análisis .....	39
2.1.6 Características del equipo de trabajo. ....	40
2.1.7 Descripción de la máquina.....	41
2.1.8 Procedimiento GC-MS .....	43
2.2. Métodos teóricos empleados en la investigación.....	43
2.2.1 metodología de cálculo .....	44
2.2.2 Modelo de Ostwald de Waale o ley de la potencia.....	44
2.2.3 Modelo de Bingham .....	45
2.2.4 Modelo de Herschel – Bulke.....	45
2.2.5 Modelo de Newton.....	45

2.2.6 Causas de la pérdida de propiedades de los aceites hidráulicos ATF.....	45
2.2.7 Condiciones de la pérdida de propiedades del lubricante.....	46
2.2.8 Impacto ambiental del aceite hidráulico.....	47
2.2.9 Tipos de desgaste .....	47
2.2.10 La contaminación del fluido hidráulico reduce la vida útil de los componentes de la caja automática .....	49
2.3 Plan de mantenimiento.....	50
2.3.1 Importancia de realizar un plan de mantenimiento .....	50
2.3.2 Ventajas de un plan de mantenimiento .....	51
2.3.3 Actividades del plan de mantenimiento .....	51
2.3.4 Procedimiento de Gestión de Mantenimiento.....	52
2.3.5 Pasos de planificación para la Gestión de Mantenimiento.....	53
2.4 Metodología para análisis de criticidad.....	54
2.4.1 Procedimiento para realizar el análisis de criticidad.....	55
2.4.2 Pasos para realizar el análisis de criticidad .....	56
2.5 Criterio de selección del tipo de mantenimiento a nivel de máquina.....	60
2.6 Determinación del estado técnico en mantenimiento preventivo planificado ...	61
2.6.1 Determinación del tiempo real de operación (HROP) .....	63
2.6.2 Determinación de la cantidad de fallas (NTMC) .....	63
2.6.3 Tiempo de eliminación de las fallas o por acciones de mantenimiento programado (HTMC).....	63
2.6.4 Tiempo medio entre fallas.....	63
2.6.5 Tiempo medio para la reparación .....	64
2.6.6 Disponibilidad de equipos .....	64
2.6.7 Duración del ciclo de reparación .....	64
2.6.8 Determinación del tiempo entre operaciones del ciclo .....	65
2.6.9 Cálculo del tiempo entre reparaciones .....	65
2.6.10 Criterio de confiabilidad .....	66
2.7 Costo de Mantenimiento .....	66
2.7.1 Costos de mantenimiento por facturación y eliminación de fallas.....	67
Capítulo 3. análisis de resultado de las muestras de aceite hidráulico ATF utilizados en las cajas de cambio automáticas .....	68
3.1 Análisis y resultados de las muestra del aceite ATF .....	69
3.1.1 Datos y diagramas obtenidos del análisis reológico.....	69
3.2 Valoración económica, impacto social e impacto ambiental de la investigación. ....	74
3.2.1 Valoración económica de los resultados.....	74
3.2.2 Valoración técnica de los resultados.....	75
3.3 Conclusiones del capítulo 3 .....	78

Conclusiones generales.....	79
Recomendaciones .....	79
Referencia bibliográfica .....	81
Anexo.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa.....	4
Figura 2. Cuadro de tareas en relación a los objetivos específicos.....	6
Figura 1.1 Esquema de la caja de Cambios Automática .....	12
Figura 1.2 Lubricación de aceite en los piñones .....	13
Figura 1.3 Funciones de los aditivos .....	17
Figura 1.4 Especificación SAE J306.....	20
Figura 1.5 Plato flexible .....	21
Figura 1.6 Convertidor de par .....	21
Figura 1.7 Tambor.....	22
Figura 1.8 Bomba de aceite.....	22
Figura 1.9 Bandas .....	23
Figura 1.10 Conjunto planetario .....	23
Figura 1.11 Embrague Unidireccional .....	24
Figura 1.12 Embrague Unidireccional .....	24
Figura 1.13 Conjunto electrónico.....	25
Figura 1.14 Diafragma .....	25
Figura 1.15 Gobernadora .....	26
Figura 1.16 Caja de solenoides .....	26
Figura 1.17 Sensor.....	27
Figura 1.18 Computadora electrónica .....	27
Figura 1.19 Cuerpo de válvulas.....	28
Figura 1.20 Señal de transmisor de velocidad de marcha .....	29
Figura 1.21 Posición de la electroválvula en el distribuidor .....	30
Figura 1.22 Electroimán para la palanca selectora .....	30
Figura 1.23 Diferentes velocidades de la transmisión automática.....	31
Figura 2.1. Taller master auto .....	36
Figura 2.2 Obtención del aceite hidráulico.....	37
Figura 2.3 Reómetro physical MCR 301 .....	38
Figura 2.4 Muestras de aceites usados para el análisis.....	39

Figura 2.5 Muestras de aceites nuevos.....	39
Figura 2.6 Partes del reómetro .....	42
Figura: 2.7 Esfuerzo cortante y velocidad de corte para distintos fluidos .....	44
Figura: 2.8 Elementos desgastados .....	48
Figura: 2.9 Erosión del material.....	49
Figura 2.10 Tiempos para realizar la gestión de mantenimiento... ..	53
Figura 2.11 Confiabilidad operacional.....	55
Figura 2. 12 Proceso de Gestión de Mantenimiento... ..	56
Figura 2.13 Matriz de Criticidad.....	59
Figura. 3.1 Reograma de la muestra 1 para la temperatura de 20°C- 93°C .....	70
Figura.3.2 Esfuerzo cortante y Viscosidad .....	70
Figura. 3.3 Reograma de la muestra 2 para la temperatura de 20°C- 93°C .....	71
Figura.3.4 Esfuerzo cortante y Viscosidad .....	71
Figura.3.5 Reograma de la muestra 3 para la temperatura de 20°C- 93°C... ..	72
Figura.3.6 Esfuerzo cortante y Viscosidad .....	73
Figura.3.7 Reograma de la muestra nueva para la temperatura de a 20°C- 93°C.....	73
Figura 3.8 Reograma de la muestra nueva para la temperatura de a 20°C- 93°C.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones de la máquina.....	40
Tabla 2.2 Partes del reómetro.....	42
Tabla 2.3 Valores de los intervalos INGM.....	58
Tabla 2.4 Reglas de selección del tipo de mantenimiento.....	61
Tabla 2.5 Determinación del estado técnico según la eficiencia actual.....	63
Tabla. 3.1 Estructura del ciclo entre reparaciones.....	76
Tabla 3.2 Plan de mantenimiento.....	76
Tabla 3.3 Selección de tipo de mantenimiento de elementos de la caja automática.....	77
Tabla 3.4 Costo de mantenimiento.....	78
Tabla 3. 5 Datos obtenidos en la muestra N°1. 195.347 KM.....	88
Tabla 3. 6 Datos obtenidos en la muestra N°2. 240.000 KM.....	91
Tabla 3.7 Datos obtenidos en la muestra N°3. 246.597 KM.....	94
Tabla 3.8 Datos obtenidos en la muestra N°4. Aceite nuevo.....	97
Tabla 3.9 Presupuesto para el desarrollo de la propuesta.....	103

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación: 2.1. Modelo de Ostwald de Waale o ley de la potencia .....	44
Ecuación: 2.2. Modelo de Bingham .....	45
Ecuación: 2.3. Modelo de Herschel – Bulkley .....	45
Ecuación: 2.4. Modelo de Newton el tipo de mantenimiento .....	45
Ecuación: 2.5. Cálculo de criticidad .....	56
Ecuación: 2.6. Definir la criticidad en función de los aceites ATF .....	57
Ecuación: 2.7. Los impactos asociados a daños de las cajas automáticas .....	57
Ecuación: 2.8 Cálculo del nivel de criticidad .....	58
Ecuación: 2.9. Coeficiente de mantenimiento predictivo .....	61
Ecuación: 2.10 Coeficiente de mantenimiento correctivo/preventivo .....	61
Ecuación: 2.11 Coeficiente de mantenimiento correctivo/preventivo .....	61
Ecuación: 2.12 Coeficiente de mantenimiento correctivo/preventivo .....	61
Ecuación: 2.13 eficiencia del equipo .....	62
Ecuación: 2.14 cantidad de elementos .....	62
Ecuación: 2.15 grado de eficiencia del equipo .....	62
Ecuación: 2.16 Tiempo medio entre fallas .....	63
Ecuación: 2.17Tiempo medio para la reparación .....	64
Ecuación: 2.18 Disponibilidad de equipo .....	64
Ecuación: 2.19 Duración del ciclo de reparación .....	64
Ecuación: 2.20 Determinación del tiempo entre operaciones del ciclo .....	65
Ecuación: 2.21 Cálculo del tiempo entre reparaciones .....	66
Ecuación: 2.22 Criterio de confiabilidad .....	66
Ecuación: 2.23 Costo de mantenimiento por facturación .....	67
Ecuación: 2.24 Costo de mantenimiento para eliminación de fallas .....	67

## INTRODUCCIÓN

Las transmisiones automáticas es un sistema Hydra-Matic fue creado en conjunto con Cadillac, y comercializado en los Oldsmobile de 1941. Aunque no fue la primera en ser inventada, sí fue la primera en funcionar y ser comercializada de serie, aquel logro tecnológico sin precedentes fue presentado por General Motors [1].

En la actualidad las cajas de cambio automáticas son de gran ayuda para personas con capacidades especiales, o personas que gusten de este sistema automático, acoplándose a la comodidad que ofrece el sistema automático. En el Ecuador existen personas que están optando por modelos con este mecanismo debido a las ventajas que ofrecen. Más allá de las facilidades que brindan para conducir, sus beneficios también incluyen, mayor confort en tanto a ergonomía, eficiencia y bajo consumo de combustible, así como en costo de mantenimiento.

Todas estas características aplican tanto para vehículos livianos, como para el transporte pesado [2]. Dentro de la vida automovilística no solo hay cajas de cambios sincrónicas sino que también existe los cambios de caja automática, en su siglas en inglés “ATF” (Automatic Transmission Fluid), Para que haya un buen funcionamiento se necesita estos tipos de aceites denominados ATF.

Existen ciertos aspectos que determinan la calidad del aceite, tales como una elevada capacidad de absorción de presión, una adecuada relación viscosidad-temperatura, elevada estabilidad al envejecimiento y una tolerancia de todos los materiales de los juntos.

La caja de cambios automática está diseñada para brindar óptimas condiciones de tracción, potencia y ahorro de combustible con sensores que miden la velocidad del automóvil, las revoluciones del motor y la profundidad de la aceleración para establecer la marcha más adecuada así como para realizar los cambios hacia arriba o abajo en los momentos más convenientes [3].

## **Antecedentes.**

A lo largo del tiempo, las cajas de cambio automáticas han ido evolucionando e introduciendo en nuestro país Ecuador hasta llegar a tener acogida por los personas. Cada vez son más personas que optan por estos modelos de vehículos ya que son muy confortables, rápidas y eficientes, para realizar los recorridos pertinentes en las vías. Estas cajas automáticas para su funcionamiento necesitan la acción del conductor para presionar el embrague, desconectando el motor de la transmisión y mover la palanca para escoger la marcha necesaria, cabe mencionar que estas cajas sustituyen la acción humano-máquina, las cuales son controladas por válvulas y sensores combinados estas están unidas a una computadora la cual permite programar el cambio de marcha de acuerdo a la necesidad del terreno, carretera o de la persona.

A demás se considera que los elementos que interviene en las cajas de cambios automáticas tienen un mayor valor en el mercado automotriz, a todo estos factores se suma la necesidad de contar con personas técnicas calificadas, capacitadas para realizar los procesos de mantenimientos y reparación correctas bajo condiciones propias, sin embargo la ergonomía adquirida en estas máquinas ha tenido influencia en la construcción de carros con cajas automáticas para el transporte de personas ya que son usados para el trabajo de viajes largos, considerando las irregularidades de las carreteras, el tráfico , aceleración desaceleración que puede ser un factor molestos para el conductor, por estos motivos se da la acogida necesaria en el País de optar por un carro de esta calidad y confort, por esto se ve la necesidad de conocer la función que realiza los elementos, aceite y poder conocer el mantenimiento correcto que se debe aplicar.

El trabajo corresponde Williams Hurtado (2014), quien realizó el: análisis del envejecimiento de aceites lubricantes de automotores. En este trabajo se conoció el envejecimiento y la degradación de los aceites en diferentes kilometrajes, el cual permitió conocer el proceso adecuado de mantenimiento que se realizara en las cajas de cambios automáticas.

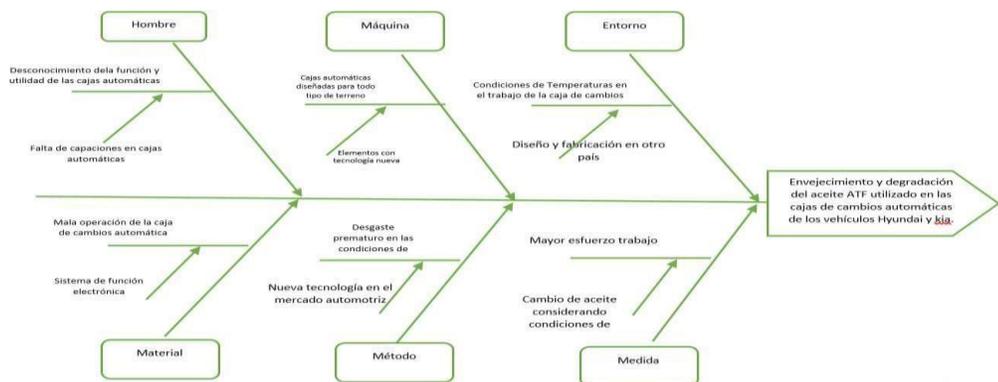
- **Línea de investigación:** el trabajo realizado está enfocado en la línea de investigación de Procesos Industriales, que promueve el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el fin de contribuir al desarrollo socio económico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.<sup>8</sup> Las tecnologías existentes en el Ecuador, ha permite potenciar la industria automotriz, permitiendo conocer el funcionamiento adecuado que tiene cada elemento y el aceite encargado de lubricar las piezas de las cajas de cambios automáticas, con el conocimiento adecuado se podrá realizar el mantenimiento prudente en las cajas de cambios automáticas de los vehículo Hyundai y kia, permitiendo mejorar la vida útil de los elementos constitutivos que posee.
- **Sub línea de investigación:** en la carrera de Ingeniería Electromecánica, la línea de investigación utilizada en el desarrollo del trabajo planteado a desarrollarse es la de Diseño, Construcción y Mantenimiento de Elementos, Prototipos y Sistemas electromecánicos, abarcando la parte de mantenimiento de un sistema electromecánico [4].

### **Planteamiento del problema**

El avance tecnológico en los diferentes autos móviles del mundo se ha convertido en un ente importante para las empresas automotrices permitiendo desarrollar componentes de trabajos automáticos para las diferentes partes del vehículo compartiendo así la las transmisiones automáticas. La transmisión automática fue creada con la finalidad de brindar confort y eficiencia a los conductores de distintas capacidades especiales, a su vez también para personas que gusten de este tipo de carros. La transmisión automática es controlada por un sistema hidráulico (bomba de aceite, cuerpo valvular) que trabaja mediante presión de aceite y por un sistema electrónico el cual es monitoreado por sensores, solenoides y el TCM [5].

A su vez los distintos vehículos en su utilización han confiado en distintas marcas de aceites, permitiéndoles realizar su trabajo dentro de la caja de cambios, a lo largo de la vida del vehículo el líquido a tenido sus ventajas y desventajas, las cuales han demostrado pérdidas económicas en la comprar de sus aceites, es por eso que se ha visto la necesidad de investigar los problemas o anomalías que presenta el proceso de trabajo de los aceites dentro de las cajas de cambios automáticas. Para evidenciar los diferentes comportamientos de los aceites se realiza esta investigación en un taller equipado con maquinas, equipos que nos permitirán medir los diferentes procesos de trabajo que realiza el líquido en su comportamiento dentro de la caja de cambios. El mercado automotor en el país ha llegado a tener un incremento considerable de vehículos con transmisiones automáticas, es decir, cajas de cambios automáticas, siendo automóviles equipados con este sistema así cómo: camionetas y vehículos 4x4, y es aquí donde nace la importancia de realizar un estudio sobre el comportamiento del aceite que existe en diferentes automóviles de caja de cambios automáticos, a su vez analizar el desgaste del aditivo en determinados espacios tiempos de trabajo.

Las maquinas a utilizar para el trabajo nos ayudaran a verificar la viscosidad, densidad caudal, presión en diferentes espacios y tiempos, verificando así el desgaste del líquido en tiempo real. Esto nos permitirá observar los diferentes trabajos de los aceites en distintos automóviles y así utilizar un aceite adecuado para las cajas automáticas y puedan dar un buen rendimiento de trabajo [6].



**Figura 1.** Diagrama de Ishikawa  
Fuente: [7]

## **Formulación del problema**

Envejecimiento y degradación del aceite ATF utilizado en las cajas de cambios automáticas de los vehículos Hyundai y Kea.

## **Objeto de estudio**

Cajas de cambios automáticas Hyundai y kia

## **Campo de acción**

La Mecánica de Fluidos hace referencia al movimiento del aceite lubricante en los elementos que posee la caja de cambios automáticas permitiendo poner en movimiento y marcha el vehículo.

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. 9

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

## **Objetivo General**

Analizar las causas de la degradación, envejecimiento de los aceites utilizados en las cajas de cambios automáticas en los distintos cambios de temperaturas y kilometraje.

## **Objetivo específico.**

- Diagnosticar el proceso de trabajo de los aceites utilizados en las transmisiones automáticas en los vehículos Hyundai y Kia.
- Identificar las causas de la degradación del aceite que se produce por kilometraje de trabajo en las cajas de cambios automáticos.
- Plantear un plan de mantenimiento para las cajas de cambios automáticas para así disminuir el problema establecido.

**Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:**

<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESULTADO DE ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>
Diagnosticar el proceso de trabajo de los aceites para las transmisiones automáticas en los Vehículos Hyundai y Kia	Adquirir muestras del aceite recomendado por el fabricante y muestras del aceite usado para el análisis correspondiente	Esquemas de valores cuantitativos de las muestras tomadas que determinen el desgaste del lubricante	Instrumentos de análisis de aceite
Identificar las causas de la degradación del aceite que se produce por Kilometraje de trabajo en las cajas de cambios automáticos.	-Toma de muestras de aceite para ser enviadas a un laboratorio y realizar el diagnóstico a partir de los resultados obtenidos.	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 Reómetro physical MCR 301
Plantear un plan de mantenimiento para las cajas de cambios automáticas para así disminuir el problema establecido.	Propuesta de un plan de mantenimiento para cajas de cambios automáticas y lubricantes, considerando las características del uso vehicular.	Entrega de resultados y pasos a seguir para disminuir la degradación y envejecimiento de los aceites utilizados en las cajas de cambios automáticas de los vehículos Hyundai y Kia	Guía de especificaciones técnicas recomendadas por el fabricante.

**Figura 2.** Cuadro de tareas en relación a los objetivos específicos

## **Justificación**

La investigación se realiza con el fin de determinar el proceso de trabajo de los aceites en las cajas de cambios automáticas, en el caso de existir anomalías en el circuito de trabajo de fluido, se dará una posible solución al problema que se proyecta a investigar, estableciendo criterios de mejora en el sistema. El análisis de aceites para las transmisiones automáticas en vehículos Asiáticos, es una investigación muy importante ya que permite mejorar el proceso de trabajo en los vehículos con transmisiones automáticas y posterior evaluar el aceite que circula dentro de la caja de cambios y verificar las propiedades de trabajo que tiene el líquido cuando está en funcionamiento. La investigación a realizar permite mejorar los conocimientos acerca del tema planteado, estableciendo diferentes estrategias de investigación por parte del estudiante, teniendo en cuenta la aportación el tutor y docentes en el área de electromecánica, capacidad de enseñanza –aprendizaje en el proceso de titulación, para así poder implementar un equipo de diagnóstico en el proceso de trabajo de fluidos en la área de electromecánica de la UTC.

Se podrá analizar los comportamientos que tiene el aceite en diferentes en los siguientes rangos: esfuerzo cortante, velocidad constante y temperatura, dónde se podrá interpretar las características del líquido utilizado. Al desarrollar el tema de investigación se podrá evidenciar y verificar los potenciales del aceite, a su vez verificar las características, propiedades y resultaos reales del envejecimiento prematuro y la degradación que produce en los kilometrajes afectando a los componentes internos de las cajas automáticas.

## **Hipótesis**

Mediante la caracterización del comportamiento físico, químico y mecánico de los aceites utilizados en las transmisiones automáticas de los vehículos Hyundai y Kia, se puede demostrar que la degradación temprana de los aceites es ocasionada por el exceso de temperaturas, generado en régimen inestable de trabajo por condiciones geográficas de conducción.

## **CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEORICA PARA LA CARACTERIZACION DE LOS ACEITES UTILIZADOS EN LAS TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS DE LOS VEHÍCULOS HYUNDAI Y KIA.**

El aceite utilizado en las transmisiones automáticas, manuales son los encargados de lubricar los elementos internos para su respectivo funcionamiento, permitiendo el movimiento del auto motor. Si el aceite a utilizar no es el adecuado o está en malas condiciones puede provocar un desgaste prematuro de los elementos como; rascaduras y ruidos. Por todo ello, es recomendable que se compruebe el nivel del aceite cada 18 meses o 15.000 kilómetros. Si la caja de cambio de tu vehículo es manual, habrás de sustituirlo cada 3 años o 60.000 kilómetros. Si se trata de una caja de cambio automática, cada 2 años o 45.000 kilómetros [8]. La variedad de aceites hace que el ocupante opte por el más adecuado para el rendimiento óptimo de la caja de cambio automática es el caso de los aceites mobil, castrol, gulf, que son los más utilizados por sus características de rendimiento y duración para estas transmisiones. La caja de cambios es la encargada de transmitir el par motor y adaptarlo a las condiciones de carga y marcha del vehículo.

En las cajas de cambio automáticas esto se realiza sin necesidad de que el conductor actúe directamente sobre los mecanismos del cambio, si bien el conductor puede intervenir con distintas actuaciones en el funcionamiento de la caja de cambios automática, para realizar todo este trabajo es necesario la utilización del aceite adecuado. El aceite es el principal elemento de los sistemas de transmisión ya que ayuda a la lubricación de engranajes y rodamientos. Cada tipo de aceite utilizado en la cajas de transmisión son importantes para el desarrollo del trabajo motriz y cambio de fuerza en el vehículo el **objetivo del capítulo** es analizar las características de deterioro y desgaste de los aceites utilizados en las cajas de cambios automáticas en vehículos específicos.

## **1.1 Antecedentes de la investigación**

El desarrollo de las cajas de cambios automáticas ha permitido al ocupante mejorar el movimiento del vehículo de acuerdo a la necesidad que requiera. En el año de 1889, un hombre muy famoso por sus contribuciones a la industria automotriz y al campo de la aeronáutica, Fred Lanchester, inicio una investigación sobre un tema muy interesante, "engranajes epicíclicos" y luego, una vez dominado el tema pudo ponerlo en práctica en un automóvil. Hay que reconocer que Fred utilizó este sistema porque encontró muchas ventajas con respecto al tipo de cambios convencional; Lanchester concluyó que la transmisión del par motor podía continuar su movimiento durante el cambio de piñón ya que los dientes quedaban distribuidos sobre varios piñones y no solamente sobre un par [9]. Con el desarrollo de las cajas de cambios automáticas se ha renovado el campo automotriz permitido mejorar la comodidad de conducción, ayudando también así a personas con capacidades especiales y personas normales dando una comodidad y confortabilidad.

General Motors introdujo la primera transmisión semiautomática en 1937, con un sistema planetario o de satélites, denominada AST por sus siglas en inglés (Automatic Safety Transmission). Esta caja de velocidades contaba con 4 posiciones frontales y un clutch que funcionaba con base en la fricción. En 1940, la transmisión AST evolucionó a la transmisión Hydra-Matic, la primera transmisión totalmente automática, que no requería un clutch y contaba con un funcionamiento hidráulico. Uno de los cambios más significativos desde los años 80, es el número de marchas frontales con las que cuentan las transmisiones automáticas modernas. Podemos encontrar hasta de 10 velocidades en autos y camionetas cargados detecnología.

Hoy en día, las transmisiones son controladas mediante la información que recibe una computadora, la cual es enviada por una serie de sensores. Esto genera que la computadora corte el clutch (las que cuentan con él) o que genere la presiónsuficiente para que los engranajes cambien. 3 Estas transmisiones dependen directamente de un líquido de transmisión automática para su correcto funcionamiento. Con esto evitan que la fricción incremente la temperatura de la misma. Hoy en día ya contamos con

una visión muy clara del futuro: transmisiones o cajas de velocidades sin engranajes, con un sistema de poleas, bandas y un cono que controla la relación torque – velocidad final de la transmisión. Estas transmisiones son conocidas por sus siglas en inglés como CVT (Continuously Variable Transmission) o en español, Transmisión Continuamente Variable. En ellas, la polea “fija”, controla la velocidad de la banda, mientras que en el lado opuesto dos conos, colocados de manera opuesta, reducen e incrementan su distancia para cambiar la relación del engranaje.

Mientras que hace años, una transmisión requería un engrane por cada marcha, hoy en día solamente requiere dos piezas bien colocadas. A diferencia de la tecnología anterior, que en ocasiones tiene un funcionamiento que era descrito como brusco, las transmisiones CVT, ayudan al vehículo a proporcionar un manejo suave para sus pasajeros [10]. En la actualidad se ha mejorado el sistema de transmisión automática de par motor el cual ha permitido optimizar el rendimiento, es así que es necesario la utilización de lubricantes apropiados para su trabajo.

En la antigüedad en Grecia se utilizaba el aceite de oliva para mover piedras, madera en construcciones grandes con la aparición de carros se utilizó el cebo que es grasa animal que permitía la movilidad de ruedas y otros elementos. En la Edad Medieval, por la extensión de uso de máquinas complejas de hierro y cobres, aparecieron varios productos lubricantes como aceite de esperma de ballena, aceite de ricino, aceite de cacahuate, aceite de colza, etc., pero no se desviaban del límite de aceite de animal o plantas, y la mayoría se utilizaba por experiencia no un análisis científico.

La historia de serio uso de lubricante empezó por exploración de petróleo en Pensilvania de Estados Unidos en el Siglo XIX. A esa época, utilizaban aceite de esperma de ballena para máquinas de tejanos, pero descubrió que si mezclaba con el petróleo su uso se alarga a 10 años más. Después, empezaron a sustituirlo por productos basados en petróleo con mucha rapidez. En los años de 1920, se creó el método de refinación, y en los 1930, la inserción de aditivo para mejorar la calidad de productos lubricantes empezó a difundirse por toda el área industrial [11].

Los lubricantes que actualmente se emplean son en su gran mayoría de origen mineral y se extraen del petróleo crudo. Antes de conocerse el petróleo se empleaban aceites de origen animal (de ballena, cerdo, vacuno, ovino, etc.) Y de origen vegetal (de oliva, maravilla, colza, ricino, etc.) El poder lubricante de los aceites animales y vegetales es mayor que el de los aceites minerales, pero tienen el grave inconveniente de su poca estabilidad, se oxidan y se descomponen con facilidad produciendo sustancias ácidas que atacan las superficies metálicas. Por este motivo en la lubricación se emplean, de preferencia, los aceites minerales. [12].

En el proceso de refinación del petróleo crudo se obtienen a diferentes temperaturas los siguientes compuestos: gasolina, diésel, queroseno, residuos, aceites, etc. Para la destilación fraccionada se usa un alambique, el aceite que se obtenga será más o menos liviano de acuerdo con la temperatura que se alcance en el alambique [12].

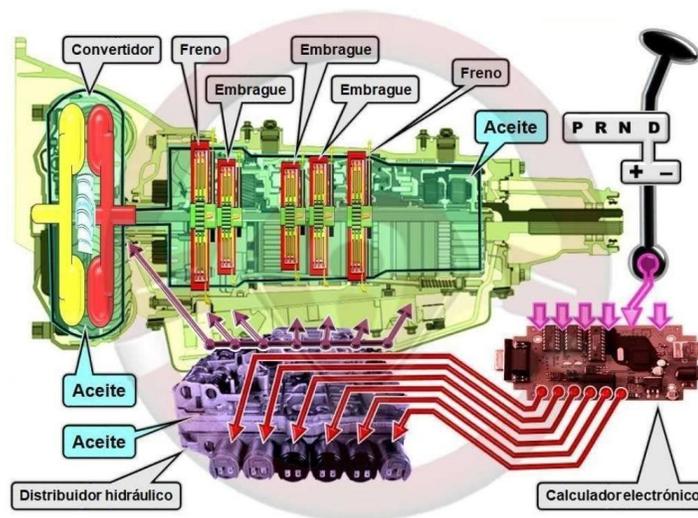
## **1.2 Fundamentación Teórica.**

### **1.2.1 Funcionamiento de las cajas de cambios automáticas**

La caja de cambios automática es la encargada de realizar el cambio de marcha de acuerdo a la necesidad que el vehículo lo crea pertinente a las distintas velocidades que adquiere en la calzada, en la cual el conductor no tiene la necesidad de hacer algún esfuerzo físico ya que la desmultiplicación de par es realizada por medio de engranajes epicicloides. Mediante unos dispositivos de mando hidráulico adecuado se inmoviliza selectivamente uno o más de los componentes de dichos trenes epicicloides, denominados también engranajes planetarios [13].

En su plan de desarrollar automóviles más eficientes, Hyundai y Kia han desarrollado el primer sistema predictivo de información enlazado a la transmisión automática mediante conexión con tecnologías de la información y comunicación (Information and Communication Technology ICT). Básicamente, esta innovación hace que la caja de cambios del vehículo cambie de manera automática a la marcha óptima después de identificar las condiciones de la carretera y del tráfico. En si este sistema funciona de manera similar al sistema de BMW que adapta de manera anticipada la rigidez de la suspensión por medio del GPS y una serie de radares.

No obstante que las tecnologías utilizadas para cambiar automáticamente de velocidad dependen de las preferencias de conducción, este nuevo sistema enlazado a la transmisión es el primer dispositivo que utiliza la tecnología de información y comunicación para cambiar automáticamente de marcha. Por medio de un software inteligente en la unidad de control de la caja de cambios (Transmission Control Unit TCU), el sistema recoge e interpreta los datos en tiempo real del navegador, así como de las cámaras y radares que se utilizan para el funcionamiento del control de crucero inteligente [13].



**Figura 1.1** Esquema de la caja de Cambios Automática  
**Fuente:** [14]

### 1.3 Funcionamiento de los aceites para las transmisiones automáticas

Los aceites utilizados en estos sistemas de transmisión automática son los encargados de lubricar los elementos internos de la caja de cambio automáticas, ayudando a evitar desgaste prematuro, rozamiento entre pizas o a su vez daños graves. Los aceites utilizados en las cajas de cambio son normados por fabricantes ya que deben tener calidad de fabricación para el uso correcto.

En las cajas de cambios automáticos el aceite funciona bajo presión de bombas internas, que esta mueven válvulas para el cambio de marcha en distintas velocidades, teniendo en cuenta que estas son controladas electrónicamente. El aceite que circula dentro de la caja de cambios automática debe fijarse en las caras de los trabajo de los piñones para evitar fricción y desgaste, para evitar anomalías esto lubricantes contienen aditivos que le conceden adherencia en estas superficies [15].



**Figura 1.2** Lubricación de aceite en los piñones

**Fuente:** [16]

El paso del aceite por la piñonaría y su impulso a presión le suben la temperatura de manera importante, por lo cual se necesita enfriarlo en un circuito que requiere un radiador aparte que usualmente va en la parte baja del de agua, en el mismo cuerpo, pero, obviamente, en celdas separadas. De la acción de este intercambiador de calor del aceite al paso del aire por las rendijas del radiador depende mucho la duración y el funcionamiento de la caja, porque si se sube la temperatura pierden estabilidad esos aditivos y el aceite no trabaja correctamente, pues también es el encargado de la refrigeración de toda la unidad de relaciones. Según Peugeot, las cajas de cambio de sus vehículos no tienen mantenimiento y es cierto que, en los manuales, pone que el llenado del aceite de la caja de cambios es de por vida, pero en los automáticos no lo indica, de hecho, no llevan ni filtro de aceite. No obstante, en estos últimos, si recomiendan que se sustituya el aceite entre 100.000 y 150.000 km como medida preventiva [17].

### 1.3.1 Proceso de cambio del aceite de transmisiones automáticas

Las cajas de cambios automáticas están compuestas de numerosas piezas móviles, algunas de las cuáles solo están en contacto con el ATF, mientras que otras están completamente sumergidas en éste. Esto quiere decir que el ATF es fundamental para el correcto funcionamiento de la caja de cambios. Por tanto, hay que comprobar su nivel periódicamente y cambiarlo en caso de que sea necesario. En caso de no hacerlo la transmisión irá perdiendo efectividad y se producirá la acumulación de impurezas que pueden provocar desgaste e incluso la rotura de la transmisión [18].

- **Primer sistema de cambio.-** consiste en evacuar el aceite a través del cárter removiendo el tapón del mismo, logrando extraer gran parte del líquido ya usado pero no se logra evacuar el 100% ya que en el interior queda impurezas, residuos que cuando se mescla con el aceite nuevo genera un mal funcionamiento ya que se mezcla con las residuo antiguos y puede provocar desgaste, rozamiento, chillido en los elementos internos de la transmisión automática.
- **Segundo sistema de cambio.-** en este cambio que es el más apropiado se necesita de una maquina especial para extracción y llenado del lubricante, ara esto se debe quitar el cárter y cambiar el filtro de la caja de cambios, teniendo en cuenta que la extracción es mediante conductos de entrada y salida la cual no permite que se mescle el aceite nuevo con el antiguo, permitiendo evacuar el 97% de aceite antiguo, la operación de este trabajo dura de 20 a 30 minutos y que garantiza el correcto cambio del ATF [19].

### 1.3.2 Tipos de aceites

Existen ciertos aspectos que determinan la calidad del aceite, tales como una elevada capacidad de absorción de presión, una adecuada relación viscosidad-temperatura, elevada estabilidad al envejecimiento, una escasa tendencia a formar espuma, una tolerancia de todos los materiales de las juntas [20].

### **Aceite ATF Tipo A**

El Tipo “A” normalmente tiene un índice de viscosidad muy bajo (entre 50 y 60) y tiende a oxidarse rápidamente, son fabricados por su bajo costo.

### **Aceite ATF Tipo F**

El aceite ATF tipo “F” es especial para ciertas cajas automáticas de vehículos marca Ford y Jaguar hasta el año 1987 y, ciertos sistemas de equipo pesado con transmisiones hidrostáticas de Borg-Warner. Sus características de fricción son muy fuertes para la mayoría de las otras cajas. Si se usa en una caja que requiere Dexron o Mercon ocasionará mucho desgaste y cambios bruscos [20].

### **Aceite Dexron**

Introducido en el mercado en los años 60, como el sucesor del aceite ATF Tipo-A. Destinado a vehículos con transmisión automática, pero con los años General Motors ha ido presentando nuevas versiones y adaptándolo a otras especificaciones.

### **Aceite Dexron VI**

Este aceite puede ser utilizado en las transmisiones que requieren Dexron III, pero hasta el momento no se ha demostrado mejoras en las transmisiones antiguas con el aceite Dexron VI. Este aceite es de menos viscosidad que el Dexron III. Un Dexron VI sintético empieza con menos viscosidad que un Dexron III mineral, pero resiste cizallamiento, para mantener la viscosidad necesaria [20].

### **Aceite Mercon**

Mientras su rango de especificaciones varía de las de Dexron, los fabricantes de lubricantes encontraron una formulación que podía cumplir con los requisitos de ambos. Las transmisiones manuales que piden Mercon III deberían utilizar el fluido Dexron/Mercon o el fluido Sintético Mercon V.

### **Aceite Mercon V (“Mercon 5”)**

Capaz de dar soporte a las cajas automáticas más modernas, es útil por la necesidad de mejor bombeabilidad en el frío y mayor resistencia a la oxidación [20].

### **Aceite Mercon LV (Low Viscosity)**

Gracias al constante desarrollo de autos que consumen menos combustible sin afectar en su potencia, varios fabricantes optaron por desarrollar transmisiones con discos y piezas más pequeñas, con coeficiente fricción dinámica. Gracias a esto, se hizo necesario el desarrollo de aceites compatibles con esos discos.

### **Aceite ATF+3, ATF+4**

Las cajas automáticas de los vehículos marca Chrysler (Jeep Cherokee etc.) requieren ATF+3 o ATF+4. Aceites con un coeficiente de fricción dinámico mucho más suaves para los embragues y las bandas [20].

### **Aceite SP-II, SP-III, SP-IV**

Este tipo de aceite ATF es el especial para las cajas automáticas de los automóviles Mitsubishi. El uso de Dexron u otro tipo de aceite ATF en los modelos de esta marca acortará sensiblemente la vida útil del sistema de transmisión.

### **Aceite Toyota WS (World Spec)**

Las transmisiones automáticas de última generación de vehículos Toyota requieren un aceite ATF de baja viscosidad y un coeficiente de fricción especial.

### **Aceite ATF Universal o Multi-Vehicular**

Por las diferencias de coeficiente de fricción y bombeabilidad, la industria de aceites fabrica lubricantes para cada tipo de transmisión y lo venden en las agencias y talleres de las diferentes marcas de automóviles, con las marcas de esas fábricas [20].

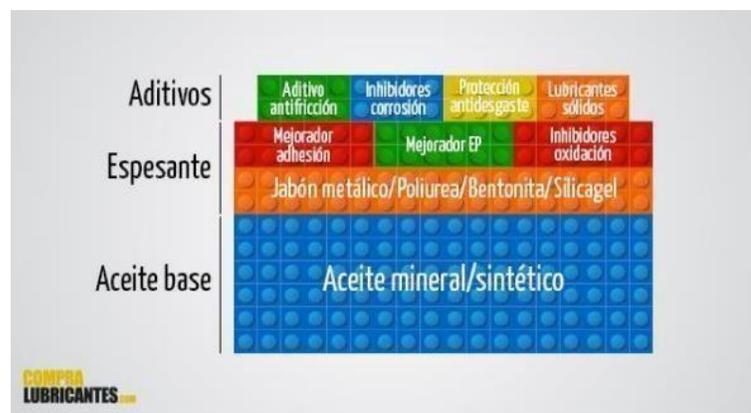
### **Aceite para Transmisiones de Variación Continua (CVT).**

Estas transmisiones requieren aceites especiales con alta fricción y enfriamiento. No se debe utilizar aceites ATF en transmisiones CTV [20].

#### **1.4 Características de los aceites para la transmisión automática hiunday y Kia**

Los lubricantes utilizados en este tipo de vehículos deben ser los de ATF, ya que son específicos para el funcionamiento adecuado de la transmisión automática, tener en cuenta que las marcas de los aceites nos indican la viscosidad exacta que debe tener cada uno para realizar la lubricación correcta y así obtener buen funcionamiento de trabajo, de igual manera las siglas que tiene cada marca de lubricante indica la utilizada en diferentes cajas de cambio para eso se debe leer las especificaciones que ofrecen estos lubricantes.

La base de un lubricante por sí sola no ofrece toda la protección que necesita las cajas de cambios, por lo que en la fabricación del lubricante se añade, en pequeñas cantidades, un compuesto determinado de aditivos para obtener un aceite lubricante terminado con el nivel de calidad y tipo de aplicación deseado. Los aditivos son el 5% del total del aceite y sirven para controlar la viscosidad del aceite y para proteger las piezas contra el desgaste [21].



**Figura 1.3** Funciones de los aditivos

**Fuente:** [22]

Los aditivos utilizados en la composición del lubricante nos permite mejorar el funcionamiento de las distintas cajas de cambios ya sea manual o automáticas estos aditivos utilizados en la composición del lubricante mantiene a la maquina en perfecto estado evitando fallas prematuras o daños severos.

#### **1.4.1 Aditivos utilizados en lubricantes**

**Aditivos antioxidantes:** Retrasan el envejecimiento prematuro del lubricante, dado que este tiene tendencia a reaccionar con el oxígeno formando barnices, lodos, resinas y ácidos que actúan incrementando la viscosidad. La disminución de fluidez hace que el aceite pierda su capacidad circulante y refrigerante, ocasionando de esa forma el desgaste del motor. Los aditivos antioxidantes retardan la degradación del aceite y son en su mayoría aminas, fenoles, ditiofosfatos, sulfuros, etc.

**Aditivos anticorrosivos:** La corrosión es el resultado del ataque químico a las superficies metálicas. Este tipo de aceites para motor evitan la formación de óxido en las paredes metálicas internas del motor y la condensación de vapor de agua [23].

**Aceites antiespumantes:** La formación de espuma en un lubricante es motivo de serios problemas, debido a que la capacidad lubricante del aceite disminuye y favorece su oxidación. Con un aceite con aditivos antiespumante evitamos la oxigenación del lubricante reduciendo la tensión superficial y evitando la formación de burbujas que llevarían aire al circuito de lubricación.

**Aditivos detergentes:** Son sustancias que actúan como el jabón común dispersando las partículas de suciedad. En los lubricantes, los detergentes mantienen en suspensión las partículas contaminantes, evitando la formación de depósitos fruto de la combustión [23].

**Aditivos antidispersantes:** Estos aditivos, conocidos como “dispersantes sin cenizas”, tienen una función similar a los detergentes ya que controlan principalmente la formación de lodos. Son, por tanto, los encargados de transportar la suciedad arrancada por los aditivos detergentes hasta el filtro o cárter del motor.

**Aditivos antidesgaste:** Forman una fina película protectora en las paredes a lubricar, evitando así el contacto metal-metal [23].

**Aditivos espesantes:** Son agentes solidificadores que proporcionan una red tridimensional, similar a la estructura de una esponja, que retiene el lubricante entre sus poros. La función de dicho espesante es actuar de manera permeable a modo de depósito de aceite.

**Aceite diluyente:** Este aditivo reduce los microcristales de cera para que fluya el lubricante a bajas temperaturas. Sirven para diluir el color del óleo: dividen el color, obrando como una aplicación pastosa [23].

### 1.5 Norma de calidad de los aceites

Las normas establecidas por los fabricantes es de gran importancia para el trabajo apropiado de cada aceite en el sistema de transmisión, ya que cada uno de los lubricantes son encargados de realizar el trabajo de lubricación correcto en las cajas de cambios si es que no se utiliza el aceite indicado para las transmisiones automáticas estos pueden sufrir serios daños en los diferentes componentes internos. Existen dos normas de calidad importantes, la primera fue A.P.I (American Petroleum Institute) la clasificación API es importante sobre todo para los motores americanos. Los motores de origen europeo exigen otros criterios. En consecuencia, los fabricantes de motores europeos desarrollaron un sistema propio de clasificación. Esta fue establecida por la ACEA, antigua CCMC o “Comité de Constructores del Mercado Común”, por lo que las normas empleadas son de la CCMC. Este organismo tiene como principio reflejar la clasificación de la API añadiéndole algunas exigencias [24]

Existen estándares y organizaciones industriales tales como el Instituto Americano de Petróleo (**API** – por sus siglas en inglés), la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (**ACEA** – por sus siglas en inglés), la Organización Japonesa de Estándares Automotrices (**JASO** – por sus siglas en inglés) y la Sociedad de Ingenieros Automotrices (**SAE** – por sus siglas en inglés) establecen normas específicas para administrar el desempeño de los aceites de motor. Cada norma define los requisitos

técnicos, propiedades físicas (como la viscosidad), resultados de prueba del motor y otros criterios para la formulación de lubricantes y aceites [25].

El grado de viscosidad que tiene cada aceite hace que el rendimiento de las cajas de transmisión automáticas sean efectivas al momento de cambiar la marcha, esto es importante ya que si utiliza otro aceite el trabajo y el rendimiento de la transmisión no será el apropiado esto puede ocasionar desgaste prematuro, ruidos entre piezas llegando a dañar los componentes del sistema. Al momento de utilizar los diferentes aceites en las transmisiones automáticas se debe tomar en cuenta las diferentes normas de calida que tiene los distintos lubricantes, ayudando a mejorar la vida útil de los elementos y el rendimiento de par dentro de la transmisión automática.

Grado de Viscosidad	Grado Max. temperatura para la viscosidad de 150,000 mPa.s	Viscosidad (sq.mm/sec.) a 100°C	
		Mini (1)	Maxi
SAE	Maxi		
70W	-55°C	4.1	-
75W	-40°C	4.1	-
80W	-26°C	7.0	-
85W	-12°C	11.0	-
80	-	7.0	<11.0
85	-	11.0	<13.5
90	-	13.5	<18.5
110	-	18.5	<24.0
140	-	24.0	<32.5
190	-	32.5	<41.0
250	-	41.0	-

**Figura 1.4** Especificación SAE J306

**Fuente:** [26]

### 1.6 Presión del aceite dentro de la caja de cambios

La presión en el sistema de transmisión automática es muy importante ya que debe alimentar de lubricante a las piezas de trabajo las cuales cumplen el movimiento, giro de las diferentes marchas, la presión que ejerce desde la bomba a los diferentes elementos es accionado por el impulso del fluido, esta presión ejercida es de 12 kilogramos PSI, el cual es significativo para el funcionamiento adecuado de la caja automática [27].

### 1.6.1 Elementos que conforma la transmisión automática

**Plato flexible de la transmisión automática.** - Chapa que fija entre sí al cigüeñal y al convertidor. En la foto plato con corona de arranque; a la derecha, sin corona (una pieza rota y otra nueva). Hay que tener mucho cuidado con el estado de los platosflexibles.



**Figura 1.5** Plato flexible  
**Fuente:** [28]

**Convertidor de par de la transmisión automática.-** El convertidor de par proporciona el acoplamiento hidráulico que transfiere el par motor a la transmisión automática y además puede multiplicar el par motor a determinada velocidad del automóvil. Su función es la de transmitir la potencia del motor a la directa de la caja, por medio de dos turbinas. Entre ambas hay un estator que optimiza la presión. En la foto un convertidor; a lado, un estator [29].



**Figura 1.6** Convertidor de par  
**Fuente:** [28]

**Tambor de la transmisión automática.-** Contiene los paquetes de discos de metal y fibra, seguros, resortes, gomas y pistones. Estos elementos, al apretar o liberar los discos de fibra, accionan las distintas marchas.



**Figura 1.7** Tambor  
**Fuente:** [28]

**Bomba de aceite de la transmisión automática.-** Actúa como el corazón de la transmisión automática ya que genera la presión del fluido y además alimenta fluido a todos los componentes de la transmisión. Las más comunes son las bombas de engranajes o de paletas. Su función es la de generar unos 12 kilogramos de presión para la caja de cambios. Es muy importante controlar el estado de la bomba de aceite para evitar las fugas de presión [29].



**Figura 1.8** Bomba de aceite  
**Fuente:** [28]

**Bandas de la transmisión automática.-** Flejes metálicos con fibra por dentro, anclados de distintos modos y accionados por servo. En la imagen, una banda nueva y otra que debió ser cambiada [29].



**Figura 1.9** Bandas  
**Fuente:** [28]

**Conjunto planetario de la transmisión automática.-** El conjunto de engranes planetarios es usado para transmitir potencia a través de la transmisión y obtener varias relaciones de engranaje (primera, segunda, tercera, cuarta, reversa). Grupo de eje solar y engranajes, ubicado generalmente en la parte final de la caja. En la foto, un eje solar a lado) y un conjunto planetario [29].



**Figura 1.10** Conjunto planetario  
**Fuente:** [28]

**Embrague unidireccional de la transmisión automática.-** Rueda dentada que gira en un solo sentido.



**Figura 1.11** Embrague Unidireccional  
**Fuente:** [28]

**Discos de la transmisión automática.-** Los embragues de discos son dispositivos mecánicos que fijan o liberan a los miembros del conjunto de engranes planetarios para conseguir las diferentes relaciones de engranaje. Los engranes generalmente de disco de acero alternados con discos de fibra. Existen discos de fibra y de metal. Efectúan las distintas relaciones de acuerdo con la combinación de los tambores que los contienen. Se encuentran intercalados y en cantidades de 2 de cada uno y hasta 6 de cada uno. Las marchas altas suelen ser las que menos discos contienen [29].



**Figura 1.12** Embrague Unidireccional  
**Fuente:** [28]

**Conjunto electrónico de la transmisión automática.-** En este caso es el de una caja de Chrysler A500. Los dos iguales son de lock-up y accionamiento de 4ta; los otros dos son la reguladora de presión de gobernadora y el sensor de esta reguladora y de temperatura de la caja [29].



**Figura 1.13** Conjunto electrónico  
**Fuente:** [28]

**Diafragma de la transmisión automática.-** Cumple la función de un resorte, regresando a su posición pasiva al pistón que frena el paquete de discos dentro del tambor. Hay resortes de distintos tipos y calidades. En la foto, un diafragma nuevo y uno roto [29].



**Figura 1.14** Diafragma  
**Fuente:** [28]

**Gobernadora de la transmisión automática.-** Válvula que regula presión y fuerza centrífuga del eje de salida en contacto con la caja de válvulas. Hoy la mayoría son electrónicas y simplifican mucho este sistema.



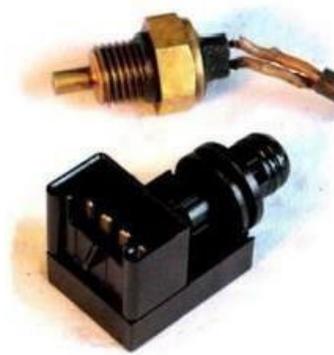
**Figura 1.15** Gobernadora  
**Fuente:** [28]

**Caja de solenoides de la transmisión automática.-** Hay dos tipos de solenoides (electroimanes): los que realizan algunas o todas las marchas y los que regulan la presión dentro de la caja, y por eso se llaman actuadores. Los solenoides y los sensores están en contacto directo con el aceite hidráulico [29].



**Figura 1.16** Caja de solenoides  
**Fuente:** [28]

**Sensor de la transmisión automática.-** Hay de velocidad de entrada y de salida y de temperatura. Los sensores informan a la computadora qué tienen que hacer los actuadores (solenoides) en la caja de válvulas.



**Figura 1.17** Sensor  
**Fuente:** [28]

**Computadora electrónica de la transmisión automática.-** Componente electrónico que hace de nexo entre los sensores y actuadores de las cajas automáticas. Las partes eléctricas en las cajas automáticas simplificaron mucho las cajas de válvulas y gobernadoras, además de ofrecer una confiabilidad superior [29].



**Figura 1.18** Computadora electrónica  
**Fuente:** [28]

**Cuerpo de válvulas de la transmisión automática.-** El cuerpo de válvulas aloja a las válvulas que controlan la dirección del fluido o que proporcionan la regulación de la presión del fluido. El cuerpo de válvulas también aloja varios solenoides que son usados para controlar los cambios de velocidad de la presión del fluido. Tienen cuerpos de aluminio o, en algunos casos, de fundición. La mayoría de las válvulas son de acero, y accionan todo el funcionamiento de la caja.

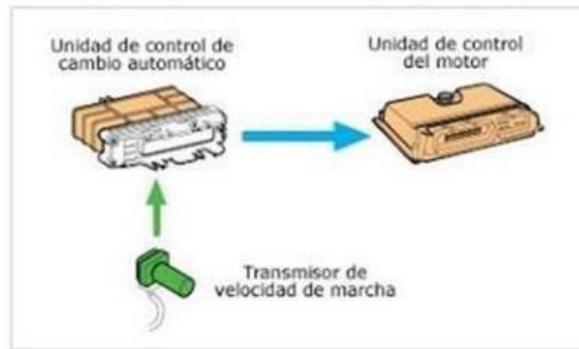
En la foto, un cuerpo de válvulas electrónico triptronic, modelo ZF5HP19. Señal de posición de la palanca selectora, para la unidad de control del motor la señal de posición de la palanca selectora es una señal analógica, que se pone a disposición de la unidad de control del motor a través de un cable eléctrico.

La unidad de control del motor emplea la señal de posición de la palanca selectora para desactivar el programador de velocidad al encontrarse la palanca selectora en las posiciones P, N y R. En caso de avería, el programador de velocidad deja de funcionar [29].



**Figura 1.19** Cuerpo de válvulas  
**Fuente:** [28]

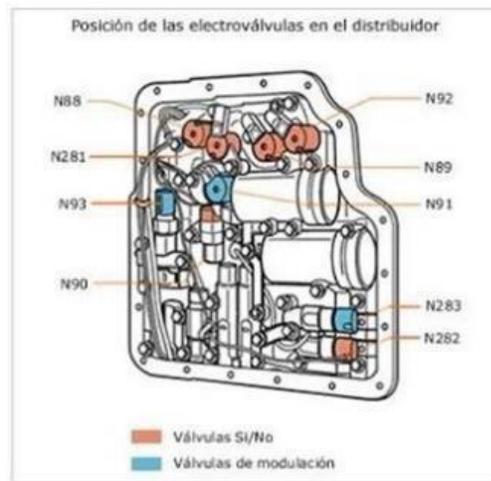
**Señal del transmisor de velocidad de marcha de la transmisión automática.-** Esta señal se pone a disposición de otras unidades de control a través del CAN-Bus. La unidad de control en el cuadro de instrumentos emplea la señal para el velocímetro. En caso de avería, la unidad de control en el cuadro de instrumentos 21 calcula una magnitud supletoria interpretando la señal del transmisor de régimen del cambio[29].



**Figura 1.20** Señal de transmisor de velocidad de marcha  
**Fuente:** [28]

**Electroválvulas de la transmisión automática.-** En el cuerpo de válvulas del cambio automático están contenidas nueve válvulas electromagnéticas. Sus funciones para los cambios de las marchas son gestionadas por la unidad de control del cambio automático. Se pueden catalogar en dos diferentes tipos en lo que se refiere a su modo de funcionar: • Válvulas Sí/No: Seis de las nueve electroválvulas son versiones Sí/No. Pueden abrir o cerrar un conducto de aceite, siempre al máximo. No existen etapas intermedias. Están destinadas a efectuar los cambios de las marchas. Si se avería cualquiera de estas electroválvulas, la unidad de control del cambio pasa a la función de emergencia. Estas válvulas están designadas con: N88, N89, N90, N92, N281 y N282 [29].

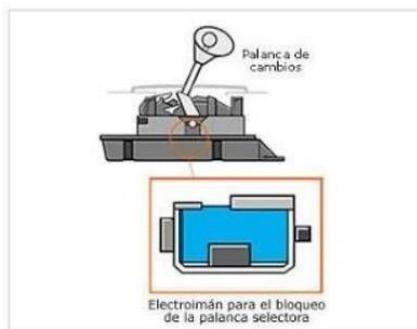
- **Válvulas de modulación:** Las otras tres electroválvulas son versiones de modulación. No sólo adoptan las posiciones abierta al máximo y cerrada al máximo; se pueden ajustar sin escalonamientos. Se encargan de regular la presión principal del aceite en función de las condiciones de la marcha, para establecer el correcto funcionamiento del cambio automático en su conjunto. De esa forma contribuye a un funcionamiento uniforme del vehículo y a que las marchas cambien sin tirones. En caso de avería, se deja de regular la presión principal del aceite, produciéndose por ello cambios secos, también deja de funcionar el desacoplamiento en parado. Son las válvulas N91, N93 y N283 [29].



**Figura 1.21** Posición de la electroválvula en el distribuidor  
**Fuente:** [28]

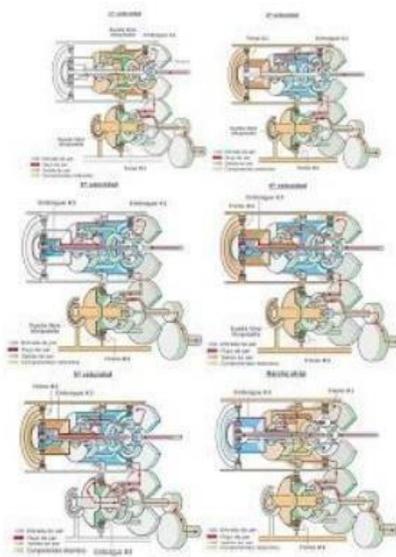
**Electroimán para el bloqueo de la palanca selectora de la transmisión automática.-** Está situado en el mecanismo de la palanca selectora. Impide que la palanca selectora pueda ser llevada de las posiciones P y N a cualquier otra posición. Pisando el freno se suprime el bloqueo de la palanca selectora.

El bloqueo se activa al conectar el encendido. En caso de avería del electroimán para bloqueo de la palanca selectora es posible llevar la palanca a una gama de marchas sin pisar el freno. Si se averían ambos conmutadores de luz de freno deja de ser posible mover la palanca selectora [29].



**Figura 1.22** Electroimán para la palanca selectora  
**Fuente:** [28]

**Diferentes velocidades en la transmisión automática de la transmisión automática.-** Cada elemento de la caja automática tiene su propio principio de funcionamiento esto hace que el trabajo sea eficaz, en las cajas automáticas las marchas son diferente es normal que cada fabricante opte por este método pero el funcionamiento es el mismo, los elemento tienen el mismo trabajo pero en la utilidad del lubricante varia el aceite de acuerdo a la necesidad del sistema [29].



**Figura 1.23** Diferentes velocidades de la transmisión automática  
**Fuente:** [28]

### 1.7 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL ACEITE

El análisis de los aceites empieza en la década de 1950 por la primera crisis del petróleo en las diferentes industrias, esto sirvió para evaluar las condiciones del lubricante y la utilidad en las diferentes, máquinas de trabajo que utilizan aceites. Se hizo importante el análisis de los aceites ya que estos contaminaban mucho el medio ambiente lo cual obligo a departamentos a optar técnicas predictivas para el análisis del lubricante. Cada tipo de aceite es analizado bajo condiciones estrictas de supervisión y en maquina altamente profesionales, que permite realizar el análisis físico-químico, análisis de contaminación, espectrometría yferrografía. Análisis de contaminaciones: identifica la

presencia de sustancias que pueden contaminar el sistema. El aceite se puede contaminar debido al desgaste del equipo a las 24 reacciones químicas del lubricante. Espectrometría: con este método es posible identificar los elementos químicos presentes en el lubricante, ya que el aceite pasa por un proceso de combustión y es desintegrado hasta el nivel atómico. Este análisis se indica para obtener información más precisa sobre los desgastes, las contaminaciones e identificar los aditivos. Ferrografía: analiza las partículas encontradas en los lubricantes para identificar el grado y el motivo del desgaste de máquinas y equipo [30].

### **1.7.1 Viscosidad**

La viscosidad es una propiedad que tienen cada tipo de aceite, siendo equivalentes al espesor, así como resistencia a ciertas sustancias para fluir el cual sufre deformaciones graduales producto de tensiones cortantes o tensiones de tracción. Cada lubricante tiene su propia viscosidad de trabajo así como el rendimiento de las cajas de cambios automáticas sean óptimas en el desarrollo del trabajo, la viscosidad no es más que el espesor o peso que tiene el aceite para mover diferentes elementos tales como engranajes piñones que estos elementos ayudan al par motor y cambio de marcha en las cajas de cambios, permitiendo la movilidad exacta entre dientes de los engranajes sin tener desgaste prematura o ruido entre piezas. Los líquidos viscosos no general salpicadura teniendo en cuenta que las partículas de este líquido viscoso se atraen con una fuerza tal que impide el movimiento de las capas superiores. La viscosidad depende de la naturaleza del líquido y puede medirse empleando un viscosímetro o un reómetro. En esta parte de la viscosidad que se le puede conocer como espesor de líquido su principal función es de mantener lubricado al sistema de transmisión ya que existe movimiento y rozamiento entre piezas y que el lubricante es un elemento protector que realiza una película entre piezas. Todos los fluidos poseen viscosidad (excepto los fluidos ideales o superfluidos), debido a las colisiones entre sus partículas que se mueven a diferentes velocidades. Así, cuando el fluido es obligado a moverse, dichas partículas generan resistencia de fricción, retardando o impidiendo el desplazamiento [31].

## 1.7.2 Densidad

La densidad es una propiedad clave de un fluido y es dada por la razón entre su masa específica y un volumen conocido ( $d = m / V$ ). El agua, patrón de referencia, tiene una densidad de  $1,000 \text{ kg / m}^3$ , por definición. Los aceites varían entre  $700 \text{ kg / m}^3$  y  $950 \text{ kg / m}^3$ . Esta es la razón por la cual la mayoría de los aceites flotan en el agua: son menos densos que ella. En ese sistema, el valor 10 se asigna al agua, y todo fluido que tenga mayor valor que éste tiene una densidad menor que el agua y flotará en ella; lo que tenga un valor menor que 10 será más pesado y se hundirá. Característica importante de la densidad es que varía según la temperatura del aceite de forma inversa: cuanto mayor es la temperatura, menor es la densidad. El valor de la densidad de un fluido se utiliza en cálculos de viscosidad, la propiedad más importante de un lubricante [32].

La densidad en los lubricantes es otro componente esencial para el correcto trabajo del mismo, teniendo en cuenta que la densidad asemeja al peso del aceite que se utiliza en la caja de cambios esta permite la correcta lubricación entre piezas, evitando el roce y desgaste prematura entre las misma. La densidad hace referencia de que mayor sea la temperatura menor será la densidad del lubricante por esta motivo se suele utilizar aditivos para mejorar la función de líquido. En esta parte de la densidad existe inconveniente ya que la bomba hidráulica son componentes que sufren mayor problemas con respecto al cambio en la densidad.

Aumento de la propensión de cavitación en los orificios de succión y de salida de la bomba

- Aumento de la potencia de bombeo (consumo de más energía, causando desgaste en el motor).
- Aumento del estrés en los elementos de bombeo.
- Compromiso de la capacidad de bombeo debido a la elevación de la inercia del fluido (el aceite no fluye como debería) [33].

## 1.8 CONCLUSIONES CAPITULO I

- Se determina que la calidad de aceites utilizado en las cajas de cambios automáticas, aporta a una buena lubricación de las piezas internas para evitar la fricción y rozamiento entre las mismas.
- La viscosidad y densidad de los aceites ATF deben ser apropiados para las transmisiones automáticas ya que estas trabajan a una temperatura elevada y se requiere de la adecuada lubricación para su funcionamiento, teniendo en cuenta que la viscosidad debe formar una película entre piezas para evitar rozamiento o fricción.
- El consumo de aceite para transmisiones automáticas ha mejorado rentablemente en el campo automotriz, implementado aditivos que hacen duradera los elementos internos de la caja de cambios automática, y este permite un funcionamiento.

## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y METODOS PARA LA INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO, QUÍMICO Y MECÁNICO DE LOS ACEITES UTILIZADOS EN LAS TRANSMISIONES AUTOMATICAS DE LOS VEHÍCULOS HYUNDAI Y KIA.**

La utilización correcta de los aceites en las cajas automáticas nos ayuda a mejorar la vida útil, teniendo en cuenta que existen diferentes tipos de aceites con sus respectivas características que permiten el funcionamiento adecuado en su utilización, estas características que posee cada marca de aceite nos indica el comportamiento de aceite hidráulico utilizado en las cajas automática Hyundai y kia.

Cada aceite es desarrollado por el constructor de las cajas de cambios automáticas, esto quiere decir que al momento de realizar un cambio de aceite es prescindible revisar el manual del fabricante utilizar las herramientas adecuadas para el cambio de aceite , ya que si alteramos el líquido, lubricante tendríamos graves problemas internos en la caja de cambios automática, trayendo diferentes consecuencias que podrían arruinar el funcionamiento de la transmisión automática , ya que cada lubricante tiene su propia función de trabajo dentro de la caja de cambios.

El aceite para una transmisión automática debe ser muy resistente a la oxidación, a los cambios de viscosidad por las temperaturas y el uso, debe poseer características de fricción correctas para cada tipo de caja. Además, tiene que mantener todas las superficies, los contactos y las válvulas limpias y libres de barniz la industria de lubricantes y aditivos han logrado consolidar algunos de estas necesidades en unos cuantos productos por tecnología seguido por pruebas de laboratorio y campo. La fabricación de aceites sintéticos de características especiales de fricción y comportamiento en frío y calor, combinado con modificadores de viscosidad y punto de fluidez, más modificadores de fricción especial para diferentes materiales facilitan este comportamiento.

El aceite es el encargado de lubricar las partes internas de la caja de cambios ya que trabaja con presión para el acoplamiento del convertidor de par, ayudando acoplar y desacoplar los demás elementos que ayudan al funcionamiento de la caja de cambios. Cada tipo de aceite utilizado en las cajas de transmisión son importantes para el

desarrollo del trabajo motriz y cambio de fuerza en el vehículo el **objetivo del capítulo 2** conocer las propiedades de los líquidos a estudiar en diferentes kilometrajes y temperaturas para poder identificar la degradación que existe entre cada uno , para esto también se estudiara un el líquido nuevo conociendo desde un principio las características nuevas vs el aceite utilizado, se establecerá modelos matemáticos teórico adecuado para el proceso de investigación del aceite hidráulico en el cual se conocerá el gradiente de velocidad , viscosidad, temperatura que incide en el funcionamiento de la caja de cambios automático de los vehículos Hyundai ykia.

El aceite a utilizar son muestras obtenidas en el taller Master Auto, son 3 diferentes líquidos que se utilizó en diferentes kilometrajes los cuales nos permitirán conocer las pérdidas de propiedades y su degradación.

## 2.1 MATERIALES

### 2.1.1 Descripción del área de trabajo

El espacio de trabajo debe contener los materiales, equipos, maquinas, herramientas, que permitan evidenciar la investigación, para esto se describe el espacio de trabajo donde se obtuvo el fluido para ser analizado, como es un taller automotriz, está relacionado al mantenimiento de diferentes marcas vehiculares, en este caso se hizo referencia a la marca Hyundai y Kia para realizar el análisis del aceite hidráulico de las cajas de cambios automáticas.



**Figura 2.1.** Taller master auto  
**Fuente:** [34]

### 2.1.2 Extracción del líquido hidráulico

Se analiza el fluido hidráulico que se extrajo de los vehículos antes mencionados, porque se quiere conocer por que existe o pasa el envejecimiento prematuro de los líquidos ATF utilizados en lascajas automáticas este análisis nos permitiendo conocer el motivo de la degradación ocurrida en diferentes temperaturas y kilometrajes de trabajo que realiza el vehículo en función del aceite lubricante, para esto se extrajo el lubricante cuando el vehículo estaba en los elevadores y se podía manipular. La recolección de la muestra tuvo lugar en el taller mencionado, esperando a que exista los vehículos con las características apropiadas, las cuales nos permitirá realizar los análisis planteados y así poder conocer los resultados finales.



**Figura 2.2** Obtención del aceite hidráulico

**Fuente:** [34]

### 2.1.3 Equipo utilizado para el análisis del aceite ATF.

Para el análisis de los lubricantes se utiliza un equipo tecnológico que permita observar la degradación, envejecimiento del aceite, permitiendo conocer que viscosidad existe en diferentes rangos de temperatura con una velocidades constante y un esfuerzo cortante, para conocer este proceso se utiliza un reómetro, viscosímetro que determina el análisis del lubricante.

La determinación de materiales implica la realización de ensayos para correlacionar el comportamiento físico, químico, mecánico de los aceites. El área de trabajo es fundamental para el desarrollo de la investigación, permitiendo realizar el análisis comportamental del aceite utilizado en las transmisiones automáticas, la máquina a utilizar permite conocer el análisis correspondiente del ATF, esto se debe a que la máquina esta diseñada para estos tipos de trabajos , se calibra a la necesidad de la investigación y el análisis que se desee obtener bajo normas específicas y condiciones de trabajo donde se desarrolla la investigación del análisis lubricante del líquido de las cajas automáticas.



**Figura 2.3** Reómetro physical MCR 301  
**Fuente:** [35]

#### **2.1.4 Aceites utilizados para el análisis**

Los aceites utilizados para el análisis son 4, los cuales se obtuvieron en el taller Mater Auto, en el cual se trabaja con vehículos que tienen cajas de cambios automáticas donde se pudo extraer las diferentes muestras de lubricante para el análisis reológico, estas muestras se obtuvieron de los vehículos Hyundai y Kia, conociendo las características del kilometraje recorrido que nos permitirá conocer la degradación del lubricante en las diferentes temperaturas aplicadas en el reómetro para poder identificar cuál será la pérdida de propiedades y las causas del desgaste prematuro del lubricante.



**Figura 2.4** Muestras de aceites usados para el análisis  
**Fuente:** [34]

### 2.1.5 Aceite nuevo para el análisis

El aceite a utilizar permite conocer las propiedades que tiene cuando es nuevo, esto nos ayuda a interpretar las condiciones de sus propiedades antes de usarlo, el aceite ATF es utilizado para las cajas de cambios automáticas específicamente en las marcas Hyundai y Kia, para conocer su degradación se comparará con muestras de aceites usados donde se podrá evidenciar las anomalías que presenta este tipo de aceite en los vehículos antes mencionados.



**Figura 2.5** Muestras de aceites nuevos  
**Fuente:** [34]

### 2.1.6 Características del equipo de trabajo.

El equipo de análisis HÖPPLER KF 3.2, es un viscosímetro de bola descendente, se utiliza principalmente para medir la viscosidad de líquidos newtonianos, cantidad medida: Viscosidad dinámica en Pascal segundos (Pa. S) o mili-Pascal segundos (mPa. S). En líquidos no newtonianos el HÖPPLER® KF 3.2 proporciona un bajo de idénticas condiciones de medición, valores reproducibles que en muchos casos cumplirán los requisitos de medición en procesos industriales. Especificaciones

El Viscosímetro, marca de precisión, tipo HÖPPLER® KF 3.2, juego de seis bolas, distancia de medición 100 mm, tubo inclinado por 10 grados con respecto al plano vertical, sección del viscosímetro oscilante, dos posiciones de medición de un lado a otro recorrido de la bola [36].

Rango de medición	0,6 a 70 000 mPas arriba para medir tiempos que exceden a 300seg
Tiempo de caída	30 a 300 segundos y más
Tolerancias de precisión	0,5 a 2% del valor medido, dependiendo del diámetro de la bola
Rango de temperatura	-60 a +150 °C
Volumen de llenado	40 ml
Dimensiones (ancho x fondo x alto)	205 mm x185 mm x 315 mm (sin embalaje)
Peso	2,9 kg (sin embalaje)
	5,6 kg (incluido embalaje)

**Tabla 2.1** Especificaciones de la máquina

**Fuente:** [36]

### 2.1.7 Descripción de la máquina

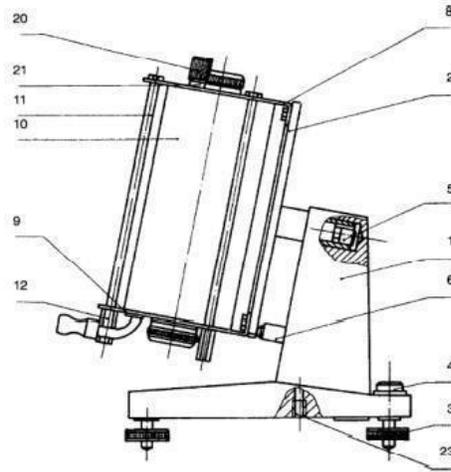
El equipo de medición comprende de dos subunidades principales, a saber, la base (1) y el viscosímetro (2). La base cuenta con tres tornillos de ajuste (3) para la alineación horizontal del viscosímetro hasta completar el nivel del agua (4). El viscosímetro está inclinado a 10 grados con respecto al plano vertical. El pasador de apoyo (5) en la base permite que gire el viscosímetro opcionalmente en cualquiera de las dos posiciones de medición. Un dispositivo de bloqueo que se activa automáticamente en cualquier posición de medición asegura el viscosímetro. Una llave de montaje a la altura del pasador de apoyo evita el deslizamiento del viscosímetro de la base. Camisa de baño de agua (10) instalada entre la placa superior completa (8) y la placa inferior completa (9) encierra el tubo de caída (7) en el viscosímetro. Los anillos de goma (22) evitan las fugas del líquido de control de temperatura [36].

Una junta desmontable que comprende la biela (11) y la tuerca (12) fuera del baño de agua, garantiza la intercambiabilidad de la camisa del baño de agua. El tubo de caída se fija en la placa superior y placa inferior, mediante empaquetaduras de goma (13) y uniones roscadas del tubo de caída (14). Dos pasadores roscados M 2 x 4 previene el aflojamiento accidental de la unión roscada del tubo de caída. El volumen de suministro del viscosímetro HÖPPLER® KF 3.2 incluye un juego de 8 tapones de latón cromado que comprende el tapón II (15) y la tapa (16) para el extremo superior del tubo de caída, y el tapón I (17) para el extremo inferior del tubo de caída [36].

El tapón II es un tapón capilar destinado a mantener durante la medición el tubo de caída libre de burbujas de aire. Tornillo hacia abajo bajo una ligera capa de sellado de presión (18). Las juntas (19) sellan el tubo de caída de forma estanca a los líquidos. La placa inferior está equipada con un tubo de entrada corto y un tubo de salida largo para alimentar y drenar el control de temperatura del líquido. Bajo pedido especial, se suministrará un juego de once termómetros junto con el viscosímetro.

El termómetro se fija en el tornillo del termómetro (20) mediante un soporte de fricción y se puede intercambiar fácilmente por otro lado se puede tener un rango de medición diferente. Una unión roscada en la placa superior del viscosímetro sostiene el termómetro, el tornillo con termómetro, la junta (21) evita la fuga del líquido de control de temperatura.

Si la graduación del termómetro no debe estar en una posición adecuada para tomar lecturas, gire el termómetro al requisito en el tornillo del termómetro [36].



**Figura 2.6** Partes del reómetro  
**Fuente:** [36]

1. Base	12. Tuerca
2. Viscosímetro	13. Embalaje de goma
3. Tornillo de ajuste	14. Unión de tornillo tubo de caída
4. Nivel de agua	15. Tapón II
5. Pasador de apoyo	16. Cubrir
6. Enchufe	17. Tapón I
7. Tubo de caída	18. Tapa de sellado
8. Placa superior, completa	19. Empaquetadura
9. Placa inferior, completa	20. Tornillo termómetro
10. Chaqueta de baño de agua	21. Empaquetadura
11. Biela	22. anillo de goma
	23. tornillo de seguridad para el transporte

**Tabla 2.2** Partes del reómetro  
**Fuente:** [36]

### 2.1.8 Procedimiento GC-MS

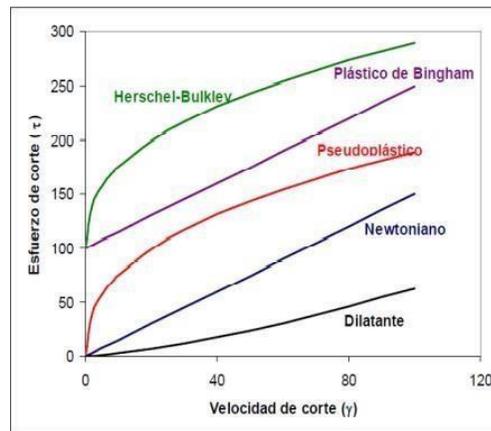
- Preparar una dilución de la muestra añadiendo 100  $\mu\text{L}$  de la muestra a un vial que contiene 1,5 mL de cloroformo.
- Preparar el equipo GC/MS ingresando el método a emplearse para el análisis.
- El equipo lava la jeringa por tres ocasiones con solvente, y a continuación repite el proceso con la muestra diluida.
- El equipo toma un volumen específico de la muestra y ejecuta la inyección. El equipo procede a realizar el análisis, arrojando como resultado el cromatograma y los espectros de masa correspondientes a cada uno de los componentes que constituyen la sustancia analizada.
- Exportar los datos y gráfica reportadas por el equipo para el posterior análisis.

### 2.2 MÉTODOS TEÓRICOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

- **Aprendizaje basado en problemas:** Es una metodología apropiada para desarrollar aprendizajes que permite relacionar conocimientos y destrezas en función de la solución de un problema práctico o conceptual, es decir, partir por investigar hechos, materiales, causas e información teórica para luego probar eventuales soluciones hasta encontrar aquella que resuelva el problema planteado [37].
- **Inductivo y deductivo:** el método inductivo ayudo a observa el fenómeno de interés aplicado en el lubricante que cuando llegaba a altas temperaturas la viscosidad tenia a bajar por el esfuerzo aplicado en los distintos terrenos de circulación y por ende pierde sus propiedades de trabajo, el método deductivo nos permitió observar el comportamiento y característica del lubricante ATF en cálculo e instrumentos de medida en diferentes tiempos.
- **Experimental:** este método aborda las variables de investigación, las cuales fueron analizadas en diferentes aspectos con máquinas, equipos de diagnóstico para llegar a una posible solución del problema en relación del aceite [37].

## 2.2.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Contiene la formulación y el procedimiento a utilizar para la obtención de los resultados en la investigación del aceite hidráulico, para este proceso se trabajará con modelos matemáticos, ecuaciones que interprete el comportamiento viscoso de los fluidos, dado en función de la cantidad de movimiento, temperatura y el gradiente de velocidad, estos gráficos se llaman Reogramas [38].



**Figura: 2.7** Esfuerzo cortante y velocidad de corte para distintos fluidos  
**Fuente:** [39]

## 2.2.2 Modelo de Ostwald de Waale o ley de la potencia.

Donde  $m$  se conoce comúnmente como coeficiente de consistencia en Pa. y  $n$  se conoce como índice de comportamiento de flujo, que carece de unidades. El fluido newtoniano es un caso particular de este modelo, donde  $n=1$  y  $m$  es la viscosidad dinámica. Si  $n < 1$ , es pseudoplástico; se caracterizan porque su viscosidad aparente parece que disminuye al aumentar la tensión de corte, es decir, fluiría más rápido cuando  $\tau$  es alta y si  $n > 1$ , es dilatante; Su viscosidad aparente parece que aumenta con  $\tau$ , se comportan así porque están compuestos por moléculas enmarañadas, que al cizallarlas aún se enmarañan más, o debido a las repulsiones eléctricas que aumentan con  $\tau$  [38].

$$\tau_{yx} = -m \left( \frac{dv_x}{dy} \right)^n$$

**Ecuación: 2.1.** Modelo de Ostwald de Waale o ley de la potencia.

### 2.2.1 Modelo de Bingham

Es un modelo utilizado para describir el comportamiento plástico, en el que aparece un umbral de fluencia que debe superarse para que el fluido empiece a fluir, donde, es el umbral de fluencia y  $\eta$  es la viscosidad plástica, el modelo es válido cuando.  $\tau_{yx} > \tau_0$ . [38].

$$\tau_{yx} = \tau_0 \pm \eta\dot{\gamma}$$

**Ecuación: 2.2.** Modelo de Bingham

### 2.2.2 Modelo de Herschel – Bulkley

Este modelo puede considerarse como una generalización de la ley de la potencia en la que se incluye: un nuevo parámetro que es el umbral de fluencia ( $\tau_0$ ),  $KH$ , es el índice de consistencia y  $n$  es el índice de comportamiento al flujo [38].

$$\tau_{yx} = \tau_0 + KH(\dot{\gamma})^n$$

**Ecuación: 2.3.** Modelo de Herschel – Bulkley

### 2.2.3 Modelo de Newton

La relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación es lineal, es decir mantiene su viscosidad constante [38].

$$\tau_{yx} = \eta \frac{d\dot{\gamma}}{dy}$$

**Ecuación: 2.4.** Modelo de Newton

### 2.2.1 Causas de la pérdida de propiedades de los aceites hidráulicos ATF

Un aceite puede cumplir con las exigencias de presiones y lubricación estática con un contenido de mínimo 350 ppm de Zinc y un contenido similar de Fósforo. Cuando el nivel de zinc cae por debajo de este nivel (por desgaste, deterioro o trabajo) se debe cambiar el aceite para no perder protección y dañar el equipo [40]. Podemos ver que si no tenemos un aceite nuevo el nivel mínimo de Zinc y Fósforo, ocasionamos hasta 30 veces más desgaste en las bombas y sus válvulas. En este cuadro vemos el nivel de aditivos en diferentes aceites hidráulicos industriales del mercado boliviano. American Premium Hydraulic Fluid AW tiene 62% más aditivos de lo que exige la norma. Cuando el aceite empieza a oxidarse y bajar su protección por las horas de uso, la curva de desgaste sube dramáticamente.

Vemos que con un aceite usado que está empezando su oxidación y/o perdiendo parte de sus aditivos (<300 ppm de Zinc y Fósforo) el desgaste sube al doble. Esto aclara la necesidad de mantener un aceite con alta resistencia a la oxidación y con un alto nivel de Zinc y Fósforo [40].

### **2.2.2 Condiciones de la pérdida de propiedades del lubricante**

#### **➤ La temperatura**

La temperatura del aceite es un factor que, en gran manera, puede deteriorar su condición. En el caso de lubricantes que trabajan a una temperatura elevada durante largos periodos de tiempo, la reacción de degradación se acelera, por lo que, mantener el aceite a la menor temperatura posible, hace que se prolongue la vida útil de los lubricantes y ayuda a disminuir así, la velocidad del proceso de degradación [40].

#### **➤ La contaminación**

Ciertas partículas procedentes de la contaminación por agua, polvo u otros agentes externos son catalizadoras de la degradación del aceite, acelerando así las reacciones químicas. En este apartado se incluye también la oxidación por la contaminación con el aire. Otros contaminantes pueden ser: el propio aceite degradado, las partículas metálicas (por ejemplo de cobre o de hierro), los ácidos o el agua proveniente del sistema [40].

#### **➤ Proceso en cadena**

La degradación del aceite es un proceso que se produce con una reacción en cadena. En el caso de contar con un aceite nuevo que esté expuesto a una combinación de calor, diferentes contaminantes y oxígeno, se producirá una oxidación que dará lugar a la aparición de ácidos, lo que a su vez hace que éstos consuman ciertos aditivos que incorpora el aceite y se acentúe aún más el proceso de degradación. En resumen, se habrá producido una degradación por ácidos que son catalizadores. Este proceso se propaga de manera automática [40].

### **2.2.3 Impacto ambiental del aceite hidráulico**

Uno de los problemas actuales para la industria transformadora, es el cumplimiento de las normativas medioambientales y especialmente la norma ISO 4406 que se refiere al uso de aceites hidráulicos. Según la legislación, estos fluidos deben permanecer entre niveles 13/10 y 16/13, pero desafortunadamente para nuestra industria estos valores son muy difíciles de obtener. Incluso el aceite nuevo contiene más de 75.000 partículas sólidas  $> 5 \mu$  por 100 ml [41].

Cuando estas partículas contaminantes circulan a gran velocidad y presión ocasionan desgaste por abrasión, fatiga y erosión. La combinación de partículas de metal, que actúan como catalizadores, con agua y oxígeno a temperaturas relativamente altas, aumenta y aceleran la oxidación del aceite.

Durante este complejo proceso de oxidación, la polimerización produce estructuras moleculares muy pegajosas, que normalmente denominamos “resinas”, debido a su tamaño microscópico, no son eliminadas por los sistemas tradicionales de filtración y por su estructura pegajosa y efecto corrosivo, afectan directamente a la eficacia y seguridad del sistema hidráulico, el aceite contaminado causa el 80 % de los fallos y paradas de las máquinas [41].

### **2.2.4 Tipos de desgaste.**

- **Desgaste por abrasión**

Un líquido abrasivo contiene sustancias, a menudo minerales o sustancias inorgánicas, que son más duras que el material contra el que se frota. Esta abrasión se desgastará y dañará los materiales más blandos [42].

- **Desgaste por fatiga**

Los procesos de desgaste por fatiga por contacto se producen debido a la sucesión de cargas repetidas que pueden causar fallos superficiales y desprendimiento de fragmentos de metal. Éstas producen microgrietas en la superficie que se propagan y acaban desprendiendo trozos microscópicos de metal. Los tipos más comunes de fatiga superficial son el macropitting y el pitting o macropitting (visible por el ojo humano) [42].

- **Desgaste por micropitting**

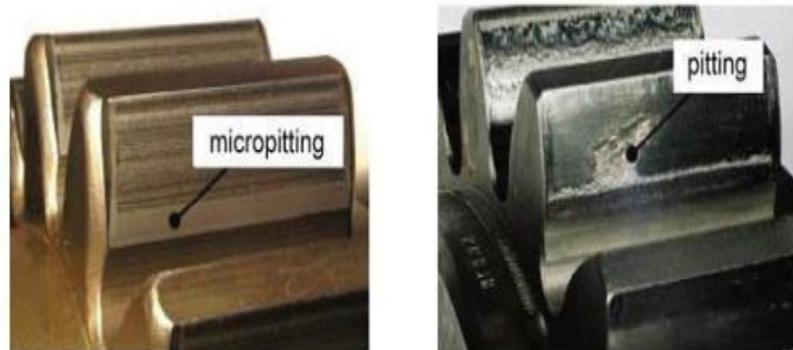
Consiste en el desprendimiento de partículas en el área de contacto. El tamaño de las mismas suele ser de entre 10 y 20µm. Normalmente ocurre en superficies recubiertas de metal duro mediante diferentes tratamientos superficiales y en la que, a simple vista, no se puede apreciar [42].

- **Desgaste por Pitting o Macropitting**

Ocurre cuando la grieta producida por fatiga se inicia en la superficie o debajo de ella ya que, al crecer la superficie se forma un pequeño hueco de bordes afilados. Basado en el tipo de daño, el macropitting se puede clasificar en no progresivo, progresivo, spall o flake. El tipo no progresivo consiste en huecos de tamaño menor a 1mm de diámetro en áreas localizadas [42].

- **Desgaste por Macropitting progresivo**

Consiste en huecos más grandes a 1mm de diámetro que cubren una parte importante de la superficie de contacto del diente. Cuando diferentes huecos se juntan formando cráteres se denomina spalling. El flake macropitting consiste en pequeñas superficies superficiales que se desprenden y forman huecos de poca profundidad triangulares en una gran área del diente [42].

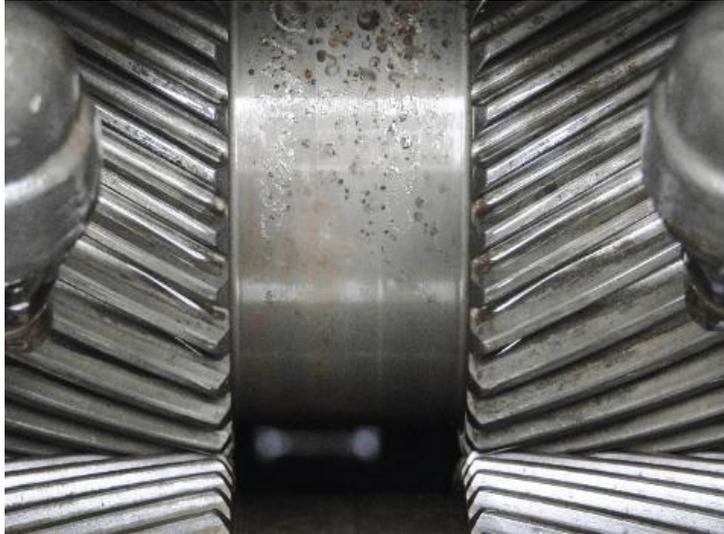


**Figura: 2.8** Elementos desgastados

**Fuente:** [43]

- **Desgaste por Erosión**

Acelera el proceso en la degradación, cuando el impacto o colisión de una partícula más dura en la superficie metálica causa una erosión local [42].



**Figura: 2.9** Erosión del material

**Fuente:** [44]

### **2.2.5 La contaminación del fluido hidráulico reduce la vida útil de los componentes de la caja automática.**

La contaminación del fluido hidráulico por partículas sólidas procedentes del ambiente polvoriento del campo puede reducir drásticamente la vida útil de los componentes mecánicos, principalmente porque esta contaminación aumenta la tasa de desgaste, disminuye la eficiencia del sistema hidráulico y, por consiguiente, reduce la disponibilidad y la productividad del equipo en el campo. Pequeñas partículas de polvo, que son extremadamente abrasivas, logran entrar en el sistema aumentando el proceso de desgaste en componentes críticos y costosos como bombas de pistón. Esta contaminación también reduce la velocidad e incluso bloquea el movimiento de las válvulas del sistema hidráulico [45].

Como estas partículas son prácticamente invisibles al ojo humano, el control de la contaminación del fluido hidráulico es a menudo descuidado por el agricultor o por el mantenimiento. Agravando aún más el daño al equipo. Los estudios indican que alrededor del 70% de las fallas prematuras en sistemas hidráulicos son causadas por la contaminación del fluido hidráulico.

Aumentando considerablemente los costos de mantenimiento. Las pérdidas son aún mayores si se incluye la pérdida de productividad en esta cuenta. El tamaño de una partícula se mide en micrones. Siendo que la menor partícula que conseguimos ver son aquellas con al menos 40 micras, que es el tamaño de partícula equivalente al polvo que probablemente está acumulada en la pantalla de su computadora o televisión. Sin embargo, las partículas que causan daños a los equipos son menores, y varían de 5 a 15 micras. Es este tamaño de partícula que puede viajar por todo el sistema hidráulico. Pasando por las holguras entre los componentes, quedando depositadas en partes críticas causando la obstrucción total o parcial de los orificios del sistema hidráulico [45].

### **2.3. Plan de mantenimiento**

Es la acción de realizar tareas programadas en las máquinas de trabajo según las recomendaciones dadas por el fabricante, el cual indica los pasos que se deberá seguir el trabajador para cumplir el objetivo de trabajo. 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 mantenimientos y a que kilometraje se realizará [46].

#### **2.3.1. Importancia de realizar un plan de mantenimiento**

La realización de un exitoso plan de mantenimiento es clave para anticipar los problemas y averías que puedan surgir en nuestros activos. Toda anticipación implica importantes ahorros en costes y sobre todo evita pérdidas económicas derivadas de una incorrecta gestión del mantenimiento.

- Costes asociados a las reparaciones de equipos, incluyendo tanto costes de personal como de adquisición de materiales y repuestos
- Reducción de la vida útil de los equipos, lo que redundará nuevamente en costes económicos de adquisición de equipos nuevos

La realización de un plan de mantenimiento que ayude a proveer todas estas situaciones, es crítico y altamente beneficioso para el aumento de la eficiencia tanto productiva como económica del taller [46].

### 2.3.2. Ventajas de un plan de mantenimiento

- Reducir las intervenciones correctivas, puesto que una buena previsión y planificación se evitarán averías
- Reducir los gastos en reparaciones, tanto materiales como humanas.
- Aumentar la disponibilidad de los activos, por lo que conseguiremos una mayor rentabilidad en la producción.
- Reducción de costes por reemplazo de repuestos, puesto que la vida útil de los activos se verá ampliada.
- Aumentar la productividad en el taller y reducir costes derivados de la parada de producción del vehículo.
- Reducir riesgos de accidentes laborales relacionados con fallos en equipos.
- Evitar sanciones por incumplimiento de la normativa de reglamentación de instalaciones.
- Aumentar la eficiencia del área de mantenimiento, puesto que los trabajos estarán mucho mejor organizados y optimizados.
- Disponer de una gestión eficiente de maquinaria y herramientas, evitando así carencias de herramientas cuando son necesarias [46].

### 2.3.3. Actividades del plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento debe englobar tres tipos de actividades:

- Las intervenciones rutinarias que se realizan normalmente a diario
- Las actividades planificadas que se realizan a lo largo del año
- Las actividades que se realizan durante las paradas programadas.

De manera resumida, pueden existir varios tipos de mantenimiento o de intervención:

- **Reparación o sustitución a intervalos fijos**

Se puede emplear este tipo de acción cuando el patrón que sigue el fallo dependa claramente del tiempo y se espera que el equipo se agote en el tiempo de vida previsto.

Este modelo de intervención es interesante cuando los costes de sustitución del elemento que ha dado el fallo sean mucho menores que los de la reparación del fallo (elementos de fácil sustitución) [46].

- **Mantenimiento según condición**

Este tipo de intervención consiste en llevar a cabo la monitorización de alguna condición o parámetro del equipo a controlar que nos pueda alertar del deterioro del equipo. En el caso de que así sea, esto maximiza el tiempo de vida del activo, aunque puede implicar costes elevados de instrumentación para la monitorización [46].

- **Mantenimiento de oportunidad**

En este caso las acciones de mantenimiento se realizan aprovechando reparaciones a fecha fija, aprovechando dicha parada se realiza también el mantenimiento sobre elementos distintos a la causa raíz de la reparación [46].

#### **2.3.4. Procedimiento de Gestión de Mantenimiento**

Se considera que es la mejora continua al proceso de técnicas ocupacionales, mediante la incorporación de conocimiento, inteligencia y análisis que sirvan de apoyo a la toma de decisiones en el área del mantenimiento las cuales están orientadas a favorecer los resultados económicos y operacionales globales, el mantenimiento permite, a partir del análisis y modelado de los resultados obtenidos en la ejecución del estudio de aceites ATF, renovar continua y justificadamente la estrategia y por consiguiente, la programación y planificación de actividades para garantizar la producción y resultados económicos al mínimo costo global.

También permite la adecuada selección de nuevos equipos, componentes de reparación con mínimos costos globales en función de su ciclo de vida y seguridad de funcionamiento (costo de ineficiencia o costo de oportunidad por pérdida de producción)



**Figura 2.10** Tiempos para realizar la gestión de mantenimiento

Fuente: [47]

### 2.3.5. Pasos de planificación para la Gestión de Mantenimiento

1	<b>Identificar el problema</b>	La necesidad de mantenimiento puede desencadenarse por un fallo, un rodamiento ruidoso o una fuga de aceite.
2	<b>Planificar la medida de mantenimiento</b>	Es la organización del trabajo a realizar asegurar que los recursos , materiales, mano de obra equipo especializado , herramientas e información estén disponibles
3	<b>Programar el trabajo</b>	Implica decidir cuándo hacer el trabajo. Esto dependerá del nivel de prioridad de la tarea y de la disponibilidad tanto de los recursos como del equipo a reparar.
4	<b>Asignar la tarea a personas específicas</b>	Asigne su personal de mantenimiento a áreas o equipos específicos

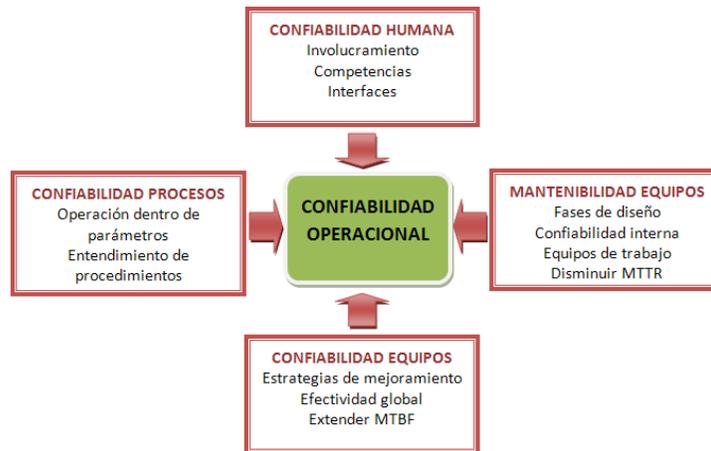
		Asegúrese de que la persona asignada tiene las habilidades para realizar la tarea  Sea muy claro sobre el tipo de trabajo que se asignará al personal encargado.
5	<b>Asegurarse de que el trabajo está siendo ejecutado correctamente</b>	Generalmente a través de observaciones de trabajo planificadas y seleccionadas.
6	<b>Analizar el problema y decidir cómo evitar que vuelva a ocurrir</b>	Analizar las fallas principales y tomar medidas correctivas para evitar su recurrencia.

**Elaborado por:** Felix Andrango

#### **2.4. Metodología para análisis de criticidad**

La metodología permite jerarquizar sistemas de instalaciones y equipos, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

- **Criticidad:** La criticidad es el nivel de impacto e importancia que tiene una máquina, equipo o dispositivo en los procesos de una organización. El grado de prioridad determinará, a su vez, la intensidad y frecuencia con la que deberíamos prestar mantenimiento a un activo.
- **Confiabilidad:** Se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.
- **Confiabilidad Operacional:** Es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico [48].



**Figura 2.11** Confiabilidad operacional

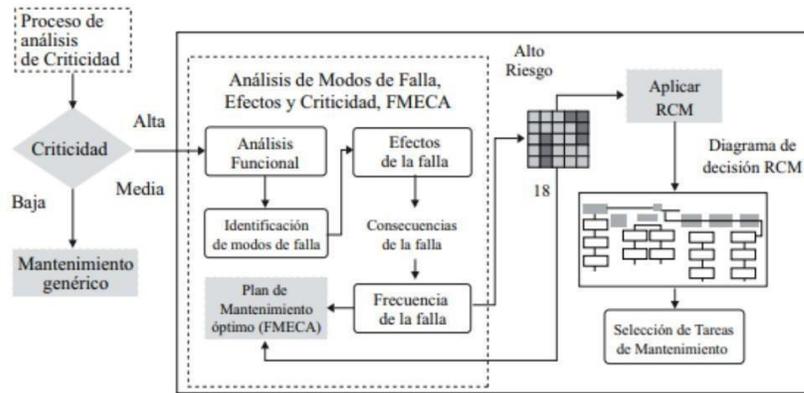
**Fuente:** [49]

#### **2.4.1 Procedimiento para realizar el análisis de criticidad**

Para realizar el proceso de criticidad se debe partir de un problema en cual se abordara la solución en relación que las siguientes preguntas, ¿Qué criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio? El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad [50].

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado, RCM (reliability-centred maintenance) mantenimiento centrado en confiabilidad.

FMECA (failure mode, effects and criticality analysis) análisis de criticidad de modo de falla y efectos [50].



**Figura 2.12** Proceso de Gestión de Mantenimiento

**Fuente:** [51]

Las fórmulas utilizadas en el cálculo de criticidad se realizan 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 [52].

$$Cr = F \cdot C \quad (2.5)$$

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

## 2.4.2. Pasos para realizar el análisis de criticidad

### 1. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad permite establecer jerarquías y definir los niveles que se utilizara para los análisis; instalación, sistema, equipos y elementos.

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 [52].

## 2. Definir la criticidad en función de los aceites ATF

La Evaluación del fluido ATF nos permite conocer la falla funcional: los resultados se obtendrán del diagnósticos de la muestras de aceites utilizados en los vehículos Hyundai y kia seleccionados, el mismo que da facilidad de indicarnos la degradación del aceite en diferentes temperaturas y kilometrajes de trabajo, se obtendrá diferentes resultados ya que cada uno cumplió su propio ciclo de trabajo, en el cual se podrá conservara la falla presente, obteniendo así la criticidad de fallas puntuales.

El impacto en la producción podemos definir bajo la siguiente formula, tomando en cuenta datos importantes en este estudio

$$IP = PD \cdot TPPR \cdot CP \quad (2.6)$$

Dónde: IP: Impactos en la producción; [\$.horas]. PD: Producción diferida (Volumen de áridos); [m<sup>3</sup>]. TPPR: Tiempo promedio para reparar; [horas]. CP: Costos de producción; [\$/m<sup>3</sup>] [52].

Los impactos asociados a daños de las cajas automáticas se evaluarán considerando los siguientes factores.

$$DI = CR + CRE \quad (2.7)$$

Dónde: CR: Costos de reparación; [\$.]. CRE: Costos de reposición de equipos afectados; [\$.] [52].

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

### 3. Cálculo del nivel de criticidad

La evaluación de la gestión del mantenimiento se lo realiza a través del indicador de nivel de gestión del mantenimiento (INGM) [52].

$$\text{INGM} = \frac{\sum_{i=1}^9 \text{TA}_i}{\sum \text{Tp}_{\text{máx}}} \times 100 \quad (2.8)$$

Dónde:

: Puntuación real obtenida por cada área evaluada.

á: Puntuación máxima posible a obtener en cada área.

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

<b>Intervalos de INGM (%)</b>	<b>Evaluación de la gestión</b>
$(95 \leq \text{INGM} \leq 100)$	Excelente
$(85 \leq \text{INGM} < 95)$	Bien
$(60 \leq \text{INGM} < 85)$	Aceptable
$(\text{INGM} < 60)$	Deficiente

**Tabla 2.3** Valores de los intervalos INGM

Fuente: [53]

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 2.13** Matriz de Criticidad

**Fuente:** [53]

**4. Análisis y Validación de los resultados.-** Los resultados obtenidos se deben analizar para poder definir acciones que puedan reducir los impactos asociados a los modos de falla [52].

**5. Definir el nivel de análisis.-** El resultado obtenido de la frecuencia de ocurrencia por el impacto permite “jerarquizar” los problemas, componentes, equipos, sistemas o procesos, basado en la criticidad. La valoración del nivel de criticidad permitirá orientar los recursos y esfuerzos a las áreas que más lo necesiten considerando su impacto en el proceso [52].

**6. Determinar la criticidad.-** 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 [52].

### 3. 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:

- Mantenimiento preventivo definido estadísticamente (fiabilidad).
- Mantenimiento preventivo con medición de parámetros y síntomas.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento por condición [52].

Para la selección del sistema de mantenimiento se propone metodologías que permitirá 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 [52].

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:

- **Coefficiente de mantenimiento predictivo**

$$C_{\text{PRED}} = \frac{C1 + C2 + C3 + C6}{4} \quad (2.9)$$

- **Coefficiente de mantenimiento correctivo/preventivo**

$$\frac{C_{\text{CORR}}}{\text{PREV}} = \frac{C_{\text{PERDIDAS}} + C_{\text{FALLAS}}}{5} \quad (2.10)$$

Siendo:

$$C_{\text{PÉRDIDAS}} = C1 + C2 + C6 \quad (2.11)$$

$$C_{\text{FALLAS}} = C7 + C8 \quad (2.12)$$

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

**Tabla 2.4** Reglas de selección del tipo de mantenimiento.

**Fuente:** [53]

#### 4. Determinación del estado técnico en mantenimiento preventivo planificado

El mantenimiento preventivo planificado es útil para prevenir daños que pueda ocasionar gastos elevados en los elementos de la caja de cambios automática. 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 [52].

$$Z_i = e \cdot c \quad (2.13)$$

Dónde:  $Z_i$ : 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] [52].

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

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i \quad (2.14)$$

Dónde:  $Z$ : 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:

$$\eta = \frac{Z}{n} \cdot 100 \quad (2.15)$$

Dónde:  $\eta$ : Eficiencia obtenida al efectuar la defectación; [%].  $n$ : Número de elementos evaluados del equipo; [u] [52].

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 de la tabla [52].

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

**Tabla 2.5** Determinación del estado técnico según la eficiencia actual

**Fuente:** [54].

### **2.6.1. Determinación del tiempo real de operación (HROP)**

Para conseguir la información sobre el tiempo real de operación de las cajas automáticas Hyundai y kía se determina la función que cumple el aceite ATF en diferentes temperatura y kilometraje evidencia la degradación que ocurre en su función de trabajo [55].

### **2.6.2. Determinación de la cantidad de fallas (NTMC)**

Las fallas que presente la caja de cambios automática en su historial, nos puede revelar información útil para determinar los síntomas de las averías, sus causas presentadas a largo o corto plazo, permitiendo elevar las ordenes de fallas para su respectivo mantenimiento, permitiendo observar los diferentes diagramas, código de fallas que pueda presentar las cajas de cambios automática Hyundai y kia [55].

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

Para este proceso de mantenimiento se debe tener en cuenta las órdenes de trabajo antes realizadas para así poder efectuar la ejecución de trabajo, esto permitirá desarrollar el trabajo y emplear el tiempo necesario en su labor con el personal técnico [55].

### **2.6.4. Tiempo medio entre fallas**

El Tiempo Medio Entre Fallas (o MTBF, del inglés Mean Time Between Bailures) es uno de los principales indicadores de la fiabilidad operacional de un activo. El Tiempo

Medio entre Fallas representa el tiempo medio que transcurre entre dos fallas/averías de un equipo determinado. Por lo tanto, representa la fiabilidad de la operación del activo – cuanto más alto sea su MTBF, más fiable es [55].

$$\mathbf{TMEF} = \frac{\mathbf{HROP}}{\mathbf{NTMC}} \quad (2.16)$$

Dónde: HROP: Tiempo real de operación por equipo en el mes; [horas]. NTMC: Cantidad total de fallas en cada mes; [u] [56].

### **2.6.5. Tiempo medio para la reparación.**

El Tiempo Medio para la Reparación (MTTR), (del inglés Mean Time to Repair) es una medida de la capacidad de mantenimiento del equipo y de las piezas reparables. [57].

$$\mathbf{TMPR} = \frac{\mathbf{HTMC}}{\mathbf{NTMC}} \quad (2.17)$$

Dónde: HTMC: Tiempo para la eliminación de las fallas; [horas]. NTMC: Cantidad total de fallas en cada mes; [u] [56].

### **2.6.6. Disponibilidad de equipos**

La disponibilidad de una máquina es una métrica que evalúa el rendimiento de los elementos que realizan una función determinada, en un momento determinado, durante un período determinado, en función de los criterios de confiabilidad, mantenibilidad y soporte para el mantenimiento de los equipos [56].

$$\mathbf{DISP} = \frac{\mathbf{TMEF}}{\mathbf{TMEF} + \mathbf{TMPR}} \quad (2.18)$$

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

### **2.6.7. Duración del ciclo de reparación**

Tiempo de ciclo corresponde a la duración que conlleva reparar un vehículo desde que llega al taller hasta que se devuelve al cliente, en los talleres de reparación se inicia con

la recepción del vehículo, y finaliza con su entrega al cliente, teniendo en cuenta que la duración del trabajo realizado por los técnicos debe garantizar el funcionamiento correcta del vehículo [58]

$$T = N \cdot M \cdot Y \cdot Z \cdot K \quad (2.19)$$

Dónde: 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) [59]

#### **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:

$$t_o = \frac{T}{R+P+M+1} \quad (2.20)$$

Dónde:  $t_o$ : 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 [59].

### 2.6.9. Cálculo del tiempo entre reparaciones

Un Tiempo de Reparación elevado puede indicar que la sustitución de un determinado activo es más barato o preferible que la reparación [60]

$$t_r = \frac{T}{P+M+1} \quad (2.21)$$

Dónde:  $t_r$ : 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 medida de la confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo [61].

La importante de confiabilidad es; probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas. [62]

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

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.22)$$

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

## 2.7. Costo de Mantenimiento

Para tomar decisiones basadas en la estructura de costos, y teniendo presente que para un administrador una de sus principales tareas será minimizar los costos, entonces es importante conocer su componentes. Los costos, en general, se pueden agrupar en dos categorías:

- Los costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento, como pueden ser: costos administrativos, de mano de obra, de materiales, de repuestos, de subcontratación, de almacenamiento y costos de capital.

- Costos por pérdidas de producción a causa de las fallas de los equipos, por disminución de la tasa de producción y pérdidas por fallas en la calidad del producto debido al mal funcionamiento de los equipos [63]

### 2.7.1. Costos de mantenimiento por facturación y eliminación de fallas

Se considera el costo de mantenimiento por facturación y eliminación de fallas a las órdenes de trabajo realizado en un tiempo disponible, esto se puede relacionar con el costo total del mantenimiento dónde el taller facturara el trabajo en relación al costo de la mano de obra y repuestos nuevos. “Se considera que la relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo considerado”

- **Costo de mantenimiento por facturación**

$$\text{COMF} = \frac{\text{FEP}}{\text{CTMP}} \quad (2.23)$$

Dónde: 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**

$$\text{COEF} = \text{CM} + \text{SD} + \text{OG} \quad (2.24)$$

Dónde: COEF: Costo de mantenimiento para eliminación de fallas; [\$]. CM: Consumo de materiales; [\$]. SD: Salarios devengados; [\$]. OG: Otros gastos; [\$] [64].

### **CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADO DE LAS MUESTRAS DE ACEITE HIDRAULICO ATF UTILZADOS EN LAS CAJAS DE CAMBIO AUTOMATICAS**

Tomando en consideración el marco teórico, el estado del arte y los resultados obtenidos al realizar el estudio de los aceites hidráulicos en este capítulo, se está en disposición de contrastar si se confirma o no las hipótesis defendidas en el marco teórico, para conocer una aproximación a los resultados finales se trabajó con modelos matemáticos que nos permitió conocer las características que tiene y pierde el aceite ATF cuando realiza su trabajo. Consiguientemente el objetivo que se plantea alcanzar en este capítulo, es conocer, interpretar, los resultados obtenidos de las muestras de aceites esto permitirá generar conclusiones pertinentes en base a los resultados que se deducen del estudio del aceite ATF., estos resultados permiten conocer la degradación, envejecimiento del aceite en diferentes temperaturas, con estos datos obtenidos se podrá evidenciar el por qué existe deterioro de las propiedades del lubricante en función de su trabajo. El análisis del aceite ATF, está enfocado en conocer las características que posee cuando es nuevo y se le utiliza, este proceso de análisis nos permitirá conocer algunos elementos que ocasionan la pérdida de propiedades que tiene el aceite y algunas condiciones que afectan al trabajo del aceite lubricante hidráulico.

Con la obtención de los resultados del aceite lubricante ATF, se podrá conocer las características que existe en la pérdida de propiedades del lubricante esto también nos permitirá interpretar las gráficas de los resultados de los de aceite ATF, considerando el efecto del modelo matemático en relación al análisis obtenido. 2 Los resultados obtenidos del aceite hidráulico nos permitirá conocer más sobre las propiedades que posee este líquido, a su vez saber la función que tiene y como es su trabajo dentro de la caja de cambios automática, el objetivo del capítulo 3 es conocer el análisis que se realizó para la obtención de resultados efectuado en líquidos ATF, el análisis correspondiente esta dado en diferentes kilometrajes y temperaturas, los resultados obtenidos son graficas que nos permiten conocer cómo es el trabajo y su funcionamiento.

### **3.1 Análisis y resultados de las muestras del aceite ATF**

#### **3.1.1 Datos y diagramas obtenidos del análisis reológico**

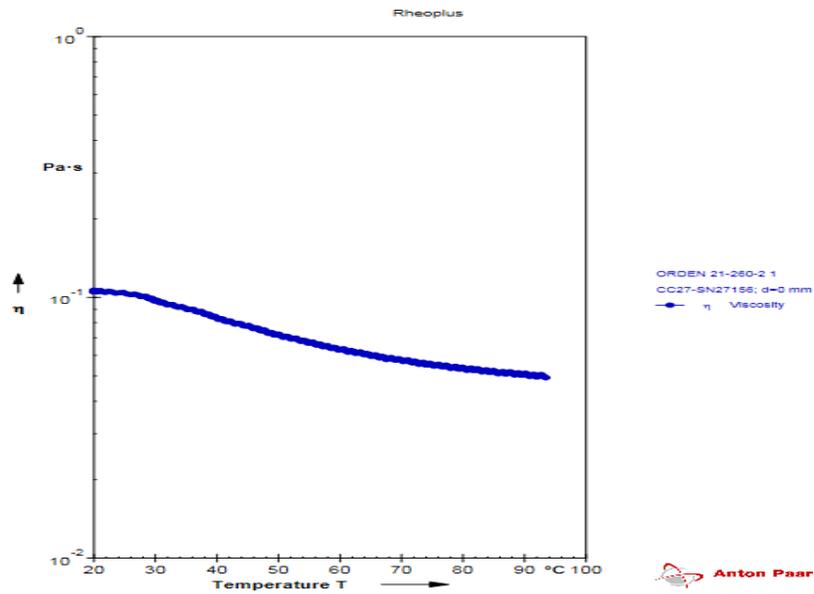
Los datos y gráficos que a continuación son presentados se obtuvieron con el software Rheoplus. Se exponen los análisis realizados de 3 tipos de aceites en diferentes kilometrajes y un aceite nuevo de la misma marca MOBIL DEXERON VI ATF:

1. 195.347 km
2. 240.000 km
3. 246.597 km.
4. 0 km.

Las muestras del aceite obtenidas en el taller me permitió conocer las características que poseen los líquidos hidráulicos de la caja de cambios automáticos para esto se consideró condiciones de trabajo que se efectuó en el transcurso del uso del componente hidráulico.

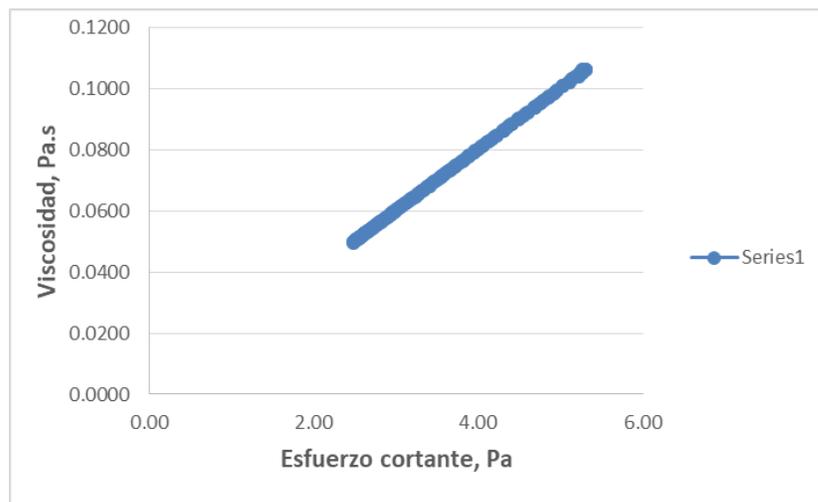
También se consideró un rango de temperatura, que indica la función de las cajas de cambios automáticas que es de, 20°C a 93°C, con lo que se obtuvo la variación de los modelos reológicos en función del cambio de temperatura. Con las muestras antes obtenidas del líquido ATF, se planteó parámetros de trabajo para el análisis y resultados esto nos permitió conocer el tipo fluido al que corresponde se considera que es newtoniano ya al aumentar su temperatura este variaría su viscosidad.

A temperatura y presión constantes, la viscosidad de un fluido newtoniano es la constante de proporcionalidad, o la relación, entre el esfuerzo cortante que se genera en el fluido para resistir el flujo y la velocidad de corte aplicada al fluido para inducir el flujo; la viscosidad es la misma para todas las velocidades de corte aplicadas al fluido.



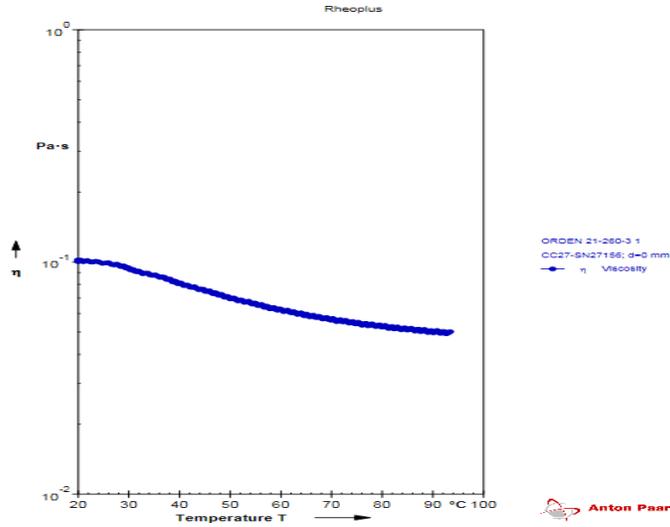
**Figura. 3.1** Reograma de la muestra 1 para la temperatura de 20°C- 93°C

En la figura 3.1. Se observa que la viscosidad depende en gran medida de la temperatura a la que se encuentre el fluido, de manera que el valor de la viscosidad de un mismo aceite no es constante, sino que se modifica con la temperatura: a mayor temperatura menor viscosidad, y a menor temperatura mayor viscosidad.



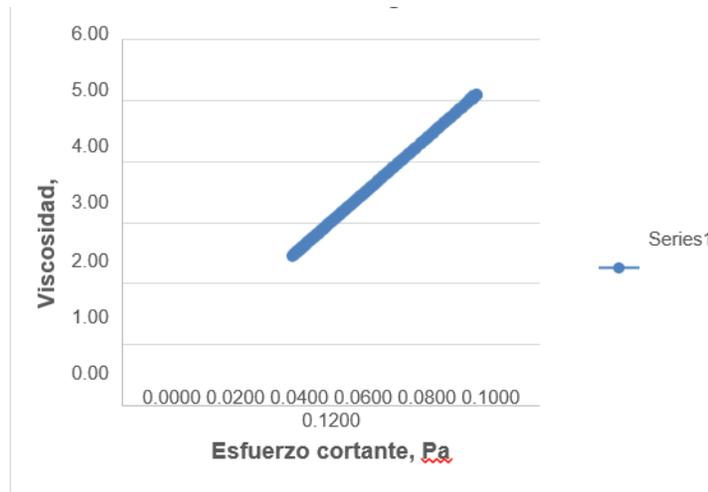
**Figura.3.2** Esfuerzo cortante y Viscosidad

En la figura 3.2. Podemos observar que la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación es lineal, es decir mantiene su viscosidad constante.



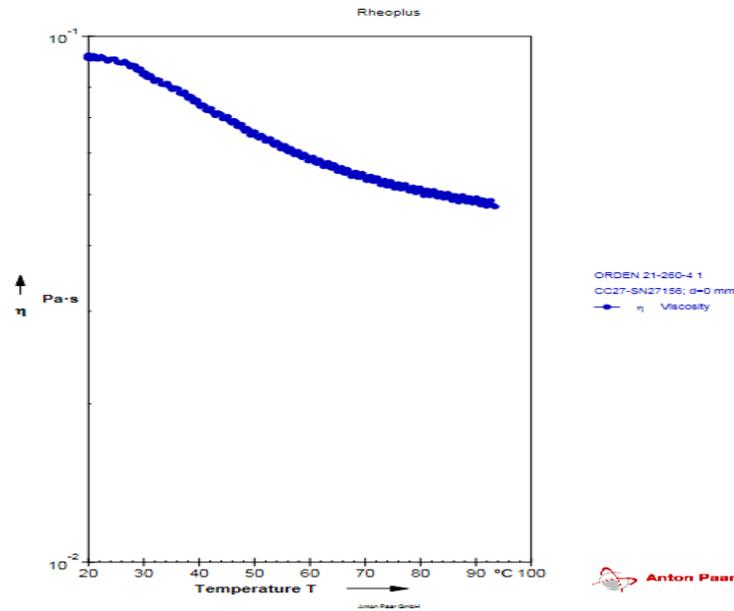
**Figura. 3.3** Reograma de la muestra 2 para la temperatura de 20°C- 93°C

En la figura 3.3. Se observa que la viscosidad depende en gran medida de la temperatura a la que se encuentre el fluido, de manera que el valor de la viscosidad de un mismo aceite no es constante, sino que se modifica con la temperatura: a mayor temperatura menor viscosidad, y a menor temperatura mayor viscosidad.



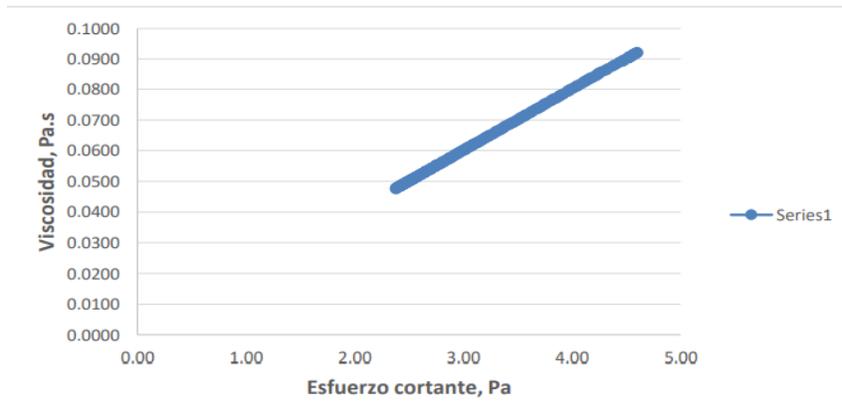
**Figura.3.4** Esfuerzo cortante y Viscosidad

En la figura 3.4. Podemos observar que la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación es lineal, es decir mantiene su viscosidad constante.



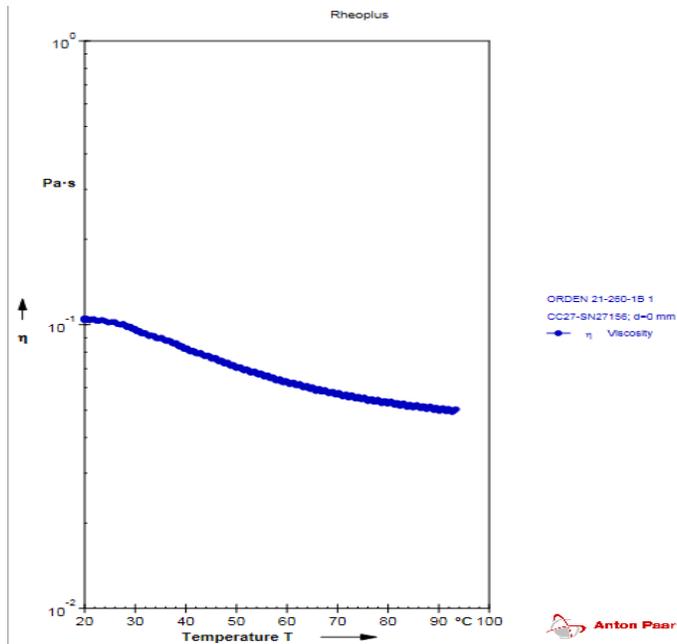
**Figura.3.5** Reograma de la muestra 3 para la temperatura de 20°C- 93°C

En la figura 3.5. Se indica que la viscosidad depende en gran medida de la temperatura a la que se encuentre el fluido, de manera que el valor de la viscosidad de un mismo aceite no es constante, sino que se modifica con la temperatura: a mayor temperatura menor viscosidad, y a menor temperatura mayor viscosidad.



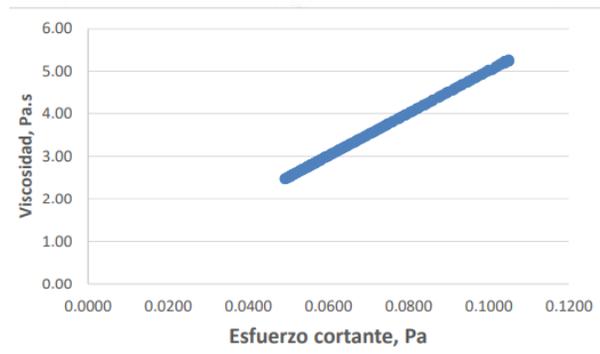
**Figura.3.6** Esfuerzo cortante y Viscosidad

En la figura 3.6. Podemos observar que la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación es lineal, es decir mantiene su viscosidad constante.



**Figura.3.7** Reograma de la muestra nueva para la temperatura de a 20°C- 93°C

En la figura 3.7. Se indica que la viscosidad depende en gran medida de la temperatura a la que se encuentre el fluido, de manera que el valor de la viscosidad de un mismo aceite no es constante, sino que se modifica con la temperatura: a mayor temperatura menor viscosidad, y a menor temperatura mayor viscosidad.

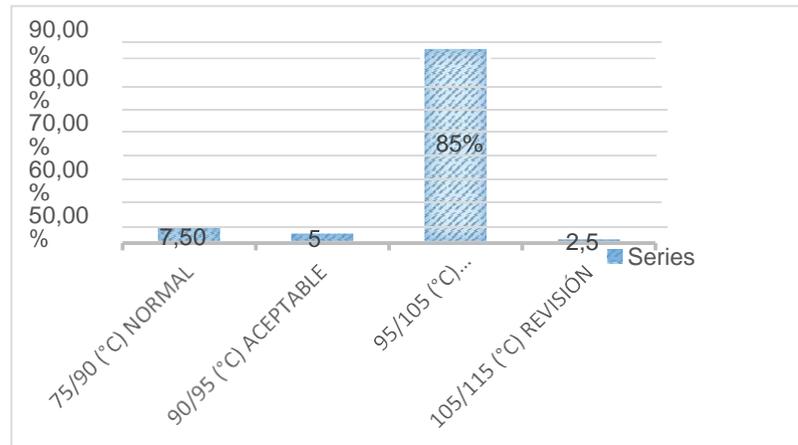


**Figura 3.8** Reograma de la muestra nueva para la temperatura de a 20°C- 93°C

En la figura 3.8. Podemos observar que la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación es lineal, es decir mantiene su viscosidad constante.

### 3.2. Temperatura del aceite ATF

El análisis de la temperatura del aceite ATF es un factor muy importante al momento de determinar si la caja de cambios está fallando, con los parámetros establecidos se considera un mantenimiento preventivo, con el fin de evitar daños significativos.



**Figura 3.9** Análisis Temperatura (°C)

### 3.2 Valoración económica, impacto social e impacto ambiental de la investigación.

#### 3.2.1 Valoración económica de los resultados

El análisis de las muestras del líquido lubricante tuvo una connotación económica propia de los procesos del análisis del líquido ATF de las cajas de cambios automáticas, es decir el presupuesto para realizar el estudio depende del aceite utilizado ATF, modelo vehicular. Para determinar la efectividad entre los aceites existió la necesidad de adquirir un aceite nuevo con la finalidad de determinar la pérdidas de propiedades que corresponde a la degradación de los aceite ATF en diferentes km. Los resultados del análisis reflejan conocimientos adecuados sobre las características que deberían tener los aceites para que la caja de cambios automática pueda funcionar eficientemente y así no exista anomalías en los desgastes prematuros de los componentes internos. De esta manera la investigación aporta para que el propietario del vehículo automático considere utilizar el aceite adecuado y realizar los procesos de mantenimiento oportuno y con personal capacitado.

### **3.2.2 Valoración técnica de los resultados**

El proceso investigativo determina un impacto social al fomentar la adquisición de nuevos conocimientos técnicos en cuanto a la utilización de los aceites hidráulicos ATF, promueve la aplicación de la teoría en la práctica fundamentada en fuentes primarias y secundarias que garantizan la efectividad del cuidado de las transmisiones automáticas de los vehículos en mención. De su lado, considerando que el aceite es un compuesto que no se degrada tan rápido en el medio ambiente, este puede dañar la fertilidad del suelo, además en el agua forma una película que evita la oxigenación ocasionando la pérdida de flora y fauna, es necesario que los aceites

### **3.3. Propuesta del plan de mantenimiento de resultados**

Con los resultados obtenidos a partir de variantes identificadas en este proceso de investigación y bajo el enfoque de la situación problemática propuesta se desarrolla el Plan de Mantenimiento que se debe llevar a cabo en la Cajas Automáticas ATF, demostrando la viabilidad del instrumento metodológico desarrollado y propuesto.

### **3.4. Análisis de resultados del diagnóstico y planificación de mantenimiento**

Con el análisis en el historial de fallas de las cajas automáticas Hyundai y KIA, y con la sistemática propuesta se puede trabajar en la Planificación de Mantenimiento apropiado, que optimizará notablemente el rendimiento y la vida útil de las cajas automáticas ATF. 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) [64]; para el estudio general realizado se han planeado los periodos de reparaciones de acuerdo al estado técnico que presentan (Tabla 2.3).

El período de reparaciones para cada sistema queda determinado según se indica en la tabla 3.3

Equipos	Estructura del ciclo de reparación	Número de operaciones				Duración del ciclo de reparación (h)	Tiempo entre operación es del ciclo (h)	Tiempo entre reparación es del ciclo (h)
		G	R	P	M			
<b>CAJA AUTOMÁTICA HYUNDAI KIA</b>	G-R-P-R-M-R-P-R-G	2	3	1	1	96	48	70

**Tabla 3.1.** Estructura del ciclo entre reparaciones.

Para el ciclo de reparación de los elementos internos de la caja de cambios automática se diseñó el siguiente plan de mantenimiento, tabla 3.4:

Equipos	Estructura del ciclo de reparación	Tiempo entre reparaciones s del ciclo (h)	Actividades	
<b>CAJA AUTOMÁTICA HYUNDAI KIA</b>	G-R-P-R-M-R-P-R-G	70	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

**Tabla 3.2.** Plan de mantenimiento

En los criterios propuestos para el plan de mantenimiento, es necesario realizar en la caja de cambio automática el mantenimiento preventivo con medición de parámetros y síntomas, considerando que las causas se analizaron según lo indicado por los propietarios de los vehículos Hyundai y Kia en la cual se realizaron pruebas de ruta, y las comprobaciones de parámetros se realizaron con equipo de diagnóstico electrónico.

En la tabla 3.6 en la que se examina los principales componentes de la caja automática 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.

ELEMENTOS DE LA CAJA (1-2)													TIPO DE MTTTO. A APLICAR
ELEMENTOS	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>PR</sub> ED	C <sub>CORR/</sub> PREV	C <sub>PÉRD</sub> IDAS	C <sub>FAL</sub> LAS	
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
Carter de aceite	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0,6	2	2	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
Bomba de aceite	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0,6	1	2	Preventivo según índices de fiabilidad

**Tabla 3.3.** Selección de tipo de mantenimiento de elementos de la caja automática

### Comprobación del mantenimiento a seguir

Establecido los pasos a seguir en la investigación se considera que, en el sistema de mantenimiento utilizaron las ecuaciones 2.19, 2.20 respectivamente del capítulo 3 en el cual se procedió a calcular el costo del mantenimiento real de las cajas automáticas Hyundai y kia , finalmente se conoce el valor que genera un mantenimiento, según sea el caso del trabajo a realizar.

Facturación del taller en el período (\$)	Costos totales de Mto. en ese período o (\$)	Costo de mantenimiento o por facturación	Consumo de materiales (\$)	Salarios devengados (\$)	Otros gastos (\$)	Costo de mto. por eliminación de fallas
FEP	CTM P	COMF	CM	SD	GO	COEF
\$7400	\$900	\$8.22	\$571,78	\$600	\$20	\$1191,78

**Tabla 3.4** Costo de mantenimiento.

### 3.3 Conclusiones del capítulo 3

Después de realizado el análisis de la caracterización de los aceites lubricantes ATF se concluye que:

- La investigación sometió al análisis de laboratorio muestras de aceites de diferentes kilometrajes de automóviles Hyundai y kia, cuyos resultados reflejan la pérdida de viscosidad cuando se aumenta la temperatura en un rango de 20°C a 93°C, es decir si se sobrepasa este rango de temperatura, se produce el envejecimiento prematuro del aceite y la pérdida de propiedades del lubricante.
- Se implementó el método newtoniano, que indica que los fluidos son viscosos cuando existe una temperatura estable, para ello se aplicó un esfuerzo cortante y una velocidad constante que determina que la viscosidad tiende a disminuir cuando existe variación de temperatura.
- La connotación económica corresponde al presupuesto del aceite ATF utilizado, en los modelos Hyundai y Kia, considerando el costo de mantenimiento preventivo y correctivo, para el análisis se requirieron tres tipos

de aceites ya en uso y uno nuevo lo que permitió verificar el envejecimiento prematuro, degradación, pérdida de propiedades del lubricante que conllevan a la rectificación o corrección de los elementos internos de las cajas automáticas.

- De acuerdo al estudio realizado se especifica que la connotación social del proceso investigativo aporta a la consolidación de conocimientos técnicos en cuanto al mantenimiento preventivo y correctivo de las cajas automáticas, esto se fortalece con la implementación de la guía que mejora el trabajo técnico en el taller enfatizando eficiencia y eficacia.
- Finalmente, en cuanto al diagnóstico y mantenimiento, se considera necesario y oportuno la aplicación de reparaciones generales en categorías de Revisión (R), Reparación Pequeña (P), Reparación Mediana (M), Reparación General (G). tomando en cuenta la situación o estado actual del vehículo que esté en funcionamiento, garantizando así la prolongación de la vida útil de las cajas de cambios automáticas

## Conclusiones generales

- El desgaste de las piezas internas de las cajas de cambios automáticas se da por la pérdida de viscosidad en temperaturas mayores a los 95°C, donde las condiciones y esfuerzo de trabajo son fuertes, Además, si los vehículos Hyundai y Kia presentan un recorrido de más de dos horas continuas en caminos irregulares los elementos internos se afectan por la pérdida de propiedades del lubricante.
- De acuerdo al análisis planteado en la investigación, el mantenimiento preventivo de las cajas de cambios automáticas, de los vehículos Hyundai y Kia es recomendable realizarlo cada seis meses tomando las recomendaciones de la guía de mantenimiento preventivo. Cabe mencionar que este procedimiento tiene un costo de \$450, evitando que a largo plazo se tenga que reemplazar elementos internos.
- En el análisis realizado bajo parámetros de funcionalidad del reómetro para el aceite ATF, se concluye que este tipo de cajas automáticas necesita una guía de mantenimiento específico y personalizado, que contemple las características que indiquen cuándo se debe realizar el mantenimiento preventivo y correctivo según las condiciones de trabajo a las que se encuentran sometidas.
- El porcentaje de disponibilidad técnica corresponde el 0,71% debido a que son vehículos de casa, por lo que es fácil realizar la planificación en la guía del mantenimiento o corrección de fallas.
- El costo de mantenimiento por facturación (COMF) alcanza los \$ 8,22; y estaría dentro de los rangos de un valor permisible dentro de los gastos totales del taller, de su lado, el costo total para la corrección de fallas (COEF) corresponde a \$1191,78.

## **Recomendaciones**

- Implementar la guía de mantenimiento preventivo y correctivo en el taller Master Auto para que el personal técnico que trabaja con vehículos de cajas automáticas conozca las especificaciones técnicas del proceso de prevención y de corrección cuando corresponda.
- Considerar un presupuesto semestral de gastos, que permita realizar el mantenimiento, compra de repuesto según se considere en el proceso de trabajo para evitar daños mayores que incluyan reparaciones.
- Se recomienda realizar 4 revisiones: el diagnóstico electrónico, prueba de ruta y revisión de niveles de aceite, a fin de optimizar el trabajo de las cajas automáticas.
- Concienciar en los propietarios de los automóviles en mención la realización de la revisión semestral cuando recorran caminos irregulares que pueden perjudicar la función de las cajas automáticas.

## Referencia bibliográfica

- [1] D. Pérez, Esta fue la primera transmisión automática en la historia, España, 2017.
- [2] G. Proaño, Caja de cambios automaticas Teojama comercial, Quito , 2015.
- [3] Autodaewoospark., Aceite para cajas automáticas y direcciones asistidas (Aceite ATF), Desconocida, 2017.
- [4] U. T. d. Cotopaxi, «Líneas de Investigación,» 2020.
- [5] Toyota, «ventajas de la transmisión automática sobre el cambio manual,» 22 julio 2017.
- [6] F. R. Fidalgo, «tipos de cajas de cambios,» 09 10 2017.
- [7] J. Kern, «Utilizar con éxito los diagramas de causa-efecto,» 05 Marzo 2021.
- [8] J. P. MATEOS, «Cambio de aceite en las cajas de cambios automaticas hyundai,» 07 07 2021.
- [9] M. TIXCE, « historia de la caja de cambios,» 04 11 2016.
- [10] Bardahl, «Evolución de la Transmisión Automática,» 16 Octubre 2017.
- [11] S.-O. SEVEN, «History of Lubricants,» 08 mayo 2016.
- [12] E. comercio, «carburando,» 14 septiembre 2012.
- [13] L. Hernández, « funcion de la transmisión automática de Kia y Hyundai,» 24 Febrero 2020.
- [14] T. d. automovil, «Mantenimiento Cajas de Cambios,» 04 Mayo 2016.
- [15] J. C. -. P. Dávila, Plan de capacitación en el mantenimiento y utilización de lubricantes para vehículos livianos, Azuay, 2015.
- [16] INTERFLON, «Cómo lubricar engranajes abiertos,» 26 Enero 2021.
- [17] J. P. MATEOS, «Cuándo hay que cambiar el aceite de la caja de cambios,» Julio 07 2021.
- [18] L. TERESON, Cómo realizar un cambio de aceite ATF, Europa, 2017.

- [19] L. Tereson, «Proceso del cambio de aceite ATF,» 2016.
- [20] L. TEROSON, «Tipos de aceite ATF para transmisiones automáticas,» Octubre 2019. [En línea].
- [21] Anonimo, «COMPONENTES DE LOS ACEITES LUBRICANTES,» 28 Febrero 2016.
- [22] Noria, «PRODIMSA,» 10 Marzo 2021.
- [23] Anonimo, «ADITIVOS DE LUBRICANTES,» 29 02 2016.
- [24] J. ANTONIO, NORMAS DE CALIDAD Y DENSIDAD DE LOS ACEITES, España, 2016.
- [25] J. Martin, «Clasificación por la viscosidad o normativa SAE.,» 30 Diciembre 2016 Actualizado 2021.
- [26] Totalenergies, Así es la SAE de los aceites de caja de cambios, España, 2019.
- [27] T. e. t. automáticas, «Las presiones en el sistema hidráulico.,» 2016.
- [28] DOKUMEN, «Transmision Automatica,» 05 FEBRERO 2017.
- [29] M. A, «TRANSMISIÓN AUTOMATICA,» 4 Diciembre 2011 Actualizado 2016.
- [30] P. Hernandez, «Análisis de aceite,» 31 julio 2018. [En línea].
- [31] A. M. Domingo, Mecánica de Fluidos, España, 2013.
- [32] A. M. Domingo, Mecánica de Fluidos, España, 2013.
- [33] Pedro.Hernandes, «Análisis de la densidad del aceite: cuándo y por qué hacer,» 04 septiembre 2018.
- [34] M. AUTO, «Servicio Automotriz Personalizado,» 05 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://masterautoft.wixsite.com/masterauto>.
- [35] F. d. I. Quimica, «Universidad Central del Ecuador,» 2019 Enero 2019.
- [36] DOCPLAYER, RHEOTEST Messgeräte Medingen GmbH. HÖPPLER KF 3.2 Operation manual.

- [37] M. d. Educaion, «SUBSECRETARÍA DE FUNDAMENTOS EDUCATIVOS,» 2016.
- [38] J. A. H. J. W. P. Medina Criollo, ACEITES LUBRICANTES CICLO DE OTTO VISCOSIDAD REOLOGIA, Quito: Quito: UCE, 2013.
- [39] W. P. H. JARRÍN, ANÁLISIS DEL ENVEJECIMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES DE, QUITO, 2014.
- [40] W. I. SRL, «Selección de Aceites Hidráulicos,» 18 Noviembre 2018.
- [41] E. Mazzarolo, «La contaminación en aceites hidráulicos,» 01 Diciembre 2005 Actualizado 2016. s.
- [42] G. MIRÓ, «La influencia de la lubricación en los elementos internos de la caja de cambios automática.,» 21 Abril 2021.
- [43] G. MIRÓ, «La influencia de la lubricación en los elementos de desgaste de maquinaria industrial,» 21 Abril 2021.
- [44] J. Vázquez, «Asistencia técnica automotriz JOEMAR,» 12 Marzo 2017.
- [45] S. Cattozzi, «Contaminación del fluido hidráulico reduce la vida útil dos equipos,» 15 Marzo 2019.
- [46] Anónimo, «Cómo crear un plan de mantenimiento preventivo,» 27 Abril 2021.
- [47] M. Prego-Nieto, «La gestión del mantenimiento, qué es y cómo optimizarla,» 24 Julio 2020.
- [48] I. D. C. P. Mantenimiento, «El Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional,» 25 Febrero 2019.
- [49] M. D. T. Ortega, «CONFIABILIDAD OPERACIONAL DE EQUIPOS: METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS,» 2017.
- [50] R. H. Mendoza., «El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la,» 15 Septiembre 2016.
- [51] E. B. H. ISRAEL, «Análisis de Criticidad y AMEF para Gestión de,» 2018.

- [52] R. N.-. R. Angélica, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, Latacunga, 2017.
- [53] R. N. -. R. Angélica, IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ALTERNO DE MANTENIMIENTO, LATACUNGA, 2017.
- [54] P. Tedeschi, Proyecto de Máquinas, Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1979.
- [55] INFRASPEK, «Intelligence for Maintenance,» 05 febrero 2017.
- [56] Ana.Alberti, «calculo de disponibilidad de una máquina,» 24 Agosto 2020.
- [57] Infraspak, «Tiempo Medio de Reparación (MTTR),» 05 febrero 2017.
- [58] CESVIMAP, «La medida del tiempo de ciclo,» 1 Febrero 2017.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Datos para las diferentes muestras de aceite ATF estudiados en un rango de temperatura.

**Tabla 3.5.** Datos obtenidos en la muestra N°1. 195.347 KM

Determinación	Unidad	Método/Técnica	Esfuerzo cortante	Viscosidad	Velocidad	Temperatura
Perfil de Viscosidad 20°C- 93°C		Modo Interno de Reología	[Pa]	[Pa·s]	[l/min]	[°C]
			5.25	0.105	38.8	20
			5.29	0.106	38.8	20
			5.32	0.106	38.8	20
			5.27	0.105	38.8	20
			5.26	0.105	38.8	20
			5.31	0.106	38.8	20.1
			5.3	0.106	38.8	20.2
			5.25	0.105	38.8	20.4
			5.28	0.106	38.8	20.7
			5.31	0.106	38.8	21
			5.11	0.102	38.8	27.1
			5.03	0.101	38.8	27.6
			5.04	0.101	38.8	28.1
			5.04	0.101	38.8	28.5
			4.97	0.0993	38.8	28.8
			4.93	0.0986	38.8	29.1
			4.96	0.0992	38.8	29.4
			4.92	0.0983	38.8	29.6
			4.84	0.0968	38.8	29.9
			4.86	0.0972	38.8	30.1
			4.61	0.0922	38.8	34.2
			4.56	0.0912	38.8	34.7
			4.49	0.0897	38.8	35.2
			4.5	0.0901	38.8	35.7
			4.5	0.0899	38.8	36.2
			4.41	0.0882	38.8	36.6
			4.39	0.0878	38.8	37
			4.42	0.0883	38.8	37.4
			4.36	0.0873	38.8	37.8
4.3	0.086	38.8	38.1			
4.06	0.0812	38.8	42.1			
4	0.0801	38.8	42.5			
3.95	0.079	38.8	43			
3.97	0.0795	38.8	43.4			

Perfil de viscosidad 20°C- 93°C		Modo interno Reologia	3.97	0.0793	38.8	43.9
			3.89	0.0778	38.8	44.3
			3.88	0.0776	38.8	44.7
			3.9	0.0781	38.8	45.2
			3.85	0.077	38.8	45.6
			3.79	0.0758	38.8	45.9
			3.59	0.0717	38.8	49.7
			3.61	0.0723	38.8	50
			3.56	0.0712	38.8	50.4
			3.51	0.0703	38.8	50.8
			3.55	0.0709	38.8	51.2
			3.53	0.0706	38.8	51.6
			3.46	0.0693	38.8	52
			3.47	0.0693	38.8	52.4
			3.49	0.0698	38.8	52.9
			3.43	0.0686	38.8	53.3
			3.24	0.0647	38.8	57.2
			3.25	0.0649	38.8	57.6
			3.27	0.0654	38.8	57.9
			3.21	0.0643	38.8	58.3
			3.18	0.0636	38.8	58.6
			3.22	0.0643	38.8	59
			3.2	0.064	38.8	59.4
			3.14	0.0627	38.8	59.8
			3.15	0.0629	38.8	60.2
			3.17	0.0635	38.8	60.6
			3.03	0.0606	38.8	64.7
			2.97	0.0594	38.8	65.1
			2.99	0.0597	38.8	65.4
			3.01	0.0602	38.8	65.7
2.95	0.0591	38.8	66.1			
2.93	0.0586	38.8	66.4			
2.97	0.0595	38.8	66.8			
2.95	0.059	38.8	67.2			
2.89	0.0578	38.8	67.5			
2.92	0.0584	38.8	67.9			
2.85	0.057	38.8	72.2			

			2.82	0.0565	38.8	72.5
			2.77	0.0554	38.8	72.9
Perfil de viscosidad 20°C- 93°C		Modo interno Reologia	2.8	0.056	38.8	73.2
			2.82	0.0563	38.8	73.6
			2.76	0.0551	38.8	73.9
			2.75	0.055	38.8	74.2
			2.8	0.0559	38.8	74.6
			2.77	0.0554	38.8	75
			2.72	0.0545	38.8	75.3
			2.63	0.0525	38.8	83.5
			2.64	0.0527	38.8	83.8
			2.58	0.0516	38.8	84.2
			2.58	0.0516	38.8	84.6
			2.62	0.0525	38.8	85
			2.59	0.0518	38.8	85.4
			2.55	0.0509	38.8	85.7
			2.52	0.0504	38.8	89.8
			2.56	0.0512	38.8	90.2
			2.52	0.0504	38.8	90.5
			2.49	0.0497	38.8	90.9
			2.53	0.0506	38.8	91.2
			2.53	0.0507	38.8	91.6
2.48	0.0495	38.8	92			
2.48	0.0497	38.8	92.3			
2.53	0.0506	38.8	92.7			
2.49	0.0498	38.8	93.1			

**Anexo 2.** Datos para las diferentes muestras de aceite ATF estudiados en un rango de temperatura.

**Tabla 3.6.** Datos obtenidos en la muestra N°2. 240.000 KM

Determinacion	Unidad	Metodo/Tecnica	<b>Esfuerzo cortante</b>	<b>Viscosidad</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Temperatura</b>
			[Pa]	[Pa·s]	[1/min]	[°C]
			5.09	0.102	38.8	20
			5.07	0.101	38.8	20
			5.02	0.1	38.8	20
			5.06	0.101	38.8	20
			5.09	0.102	38.8	20
			5.04	0.101	38.8	20.1
			5.03	0.101	38.8	20.2
			5.09	0.102	38.8	20.4
			5.07	0.101	38.8	20.7
			5.02	0.1	38.8	21
			4.86	0.0971	38.8	27.1
			4.89	0.0979	38.8	27.6
			4.85	0.0969	38.8	28
			4.78	0.0956	38.8	28.4
			4.8	0.0961	38.8	28.8
			4.8	0.096	38.8	29.1
			4.72	0.0945	38.8	29.3
			4.71	0.0941	38.8	29.6
			4.73	0.0946	38.8	29.8
			4.4	0.0879	38.8	34.2
			4.38	0.0877	38.8	34.7
			4.4	0.0881	38.8	35.2
			4.35	0.087	38.8	35.7
			4.29	0.0858	38.8	36.1
			4.31	0.0862	38.8	36.6
			4.3	0.0859	38.8	37
			4.22	0.0844	38.8	37.4
			4.2	0.084	38.8	37.7
			4.22	0.0845	38.8	38.1
			3.97	0.0793	38.8	41.7
			3.9	0.0779	38.8	42.1
			3.89	0.0777	38.8	42.5
			3.91	0.0782	38.8	42.9

			3.85	0.077	38.8	43.4
Perfil de viscosidad 20°C-93°C		Modo interno Reológica	3.8	0.0759	38.8	43.8
			3.83	0.0765	38.8	44.3
			3.81	0.0763	38.8	44.7
			3.74	0.0747	38.8	45.1
			3.73	0.0747	38.8	45.5
			3.54	0.0708	38.8	49.6
			3.47	0.0694	38.8	50
			3.47	0.0695	38.8	50.4
			3.5	0.07	38.8	50.8
			3.44	0.0688	38.8	51.2
			3.4	0.068	38.8	51.6
			3.43	0.0687	38.8	52
			3.42	0.0683	38.8	52.4
			3.35	0.067	38.8	52.8
			3.36	0.0672	38.8	53.2
			3.2	0.0641	38.8	57.5
			3.14	0.0628	38.8	57.9
			3.16	0.0631	38.8	58.2
			3.18	0.0636	38.8	58.6
			3.12	0.0625	38.8	59
			3.1	0.062	38.8	59.4
			3.14	0.0628	38.8	59.8
			3.12	0.0623	38.8	60.1
			3.06	0.0612	38.8	60.6
			3.08	0.0616	38.8	61
			2.98	0.0596	38.8	65
			2.96	0.0591	38.8	65.4
			2.9	0.0581	38.8	65.7
			2.93	0.0587	38.8	66.1
			2.95	0.059	38.8	66.4
2.89	0.0578	38.8	66.8			
2.88	0.0576	38.8	67.1			
2.92	0.0584	38.8	67.5			
2.89	0.0578	38.8	67.9			
2.84	0.0568	38.8	68.3			
2.76	0.0553	38.8	72.5			
2.8	0.056	38.8	72.8			

Perfil de viscosidad 20°C-93°C		Modo interno Reología	2.77	0.0554	38.8	73.2
			2.73	0.0546	38.8	73.5
			2.76	0.0552	38.8	73.9
			2.77	0.0554	38.8	74.2
			2.72	0.0543	38.8	74.6
			2.71	0.0541	38.8	74.9
			2.75	0.055	38.8	75.3
			2.72	0.0544	38.8	75.7
			2.62	0.0525	38.8	80.2
			2.67	0.0533	38.8	80.6
			2.63	0.0526	38.8	80.9
			2.59	0.0517	38.8	81.3
			2.63	0.0526	38.8	81.6
			2.64	0.0527	38.8	82
			2.58	0.0515	38.8	82.3
			2.58	0.0517	38.8	82.7
			2.62	0.0525	38.8	83
			2.58	0.0517	38.8	83.4
			2.55	0.051	38.8	83.8
			2.59	0.0519	38.8	84.2
			2.6	0.052	38.8	84.5
			2.55	0.0509	38.8	84.9
			2.55	0.0511	38.8	85.3
			2.53	0.0506	38.8	89.8
			2.48	0.0495	38.8	90.1
			2.49	0.0499	38.8	90.5
			2.53	0.0507	38.8	90.8
			2.49	0.0498	38.8	91.2
			2.46	0.0493	38.8	91.5
			2.51	0.0502	38.8	91.9
2.51	0.0501	38.8	92.3			
2.45	0.049	38.8	92.7			
2.47	0.0494	38.8	93			

**Anexo 3.** Datos para las diferentes muestras de aceite ATF estudiados en un rango de temperatura

**Tabla 3.7.** Datos obtenidos en la muestra N°3. 246.597 KM

Determinación	Unidad	Método/Técnica	Esfuerzo cortante	Viscosidad	Velocidad	Temperatura
			[Pa]	[Pa·s]	[1/min]	[°C]
			4.53	0.0907	38.8	20
			4.58	0.0916	38.8	20
			4.6	0.092	38.8	20
			4.55	0.0909	38.8	20
			4.55	0.091	38.8	20
			4.6	0.092	38.8	20.1
			4.57	0.0915	38.8	20.2
			4.53	0.0905	38.8	20.4
			4.57	0.0914	38.8	20.7
			4.59	0.0918	38.8	21
			4.43	0.0886	38.8	27.1
			4.37	0.0874	38.8	27.6
			4.4	0.088	38.8	28
			4.39	0.0879	38.8	28.4
			4.32	0.0863	38.8	28.8
			4.3	0.0861	38.8	29.1
			4.33	0.0867	38.8	29.3
			4.28	0.0857	38.8	29.6
			4.23	0.0845	38.8	29.8
			4.25	0.0851	38.8	30.1
			4.07	0.0814	38.8	34.2
			4.01	0.0802	38.8	34.7
			3.96	0.0792	38.8	35.2
			3.98	0.0797	38.8	35.7
			3.97	0.0794	38.8	36.1
			3.89	0.0779	38.8	36.6
			3.89	0.0777	38.8	37
			3.92	0.0783	38.8	37.4
			3.86	0.0771	38.8	37.7
			3.81	0.0762	38.8	38.1
			3.62	0.0723	38.8	41.7
			3.64	0.0728	38.8	42.1
			3.58	0.0716	38.8	42.5
			3.53	0.0707	38.8	43

			3.57	0.0715	38.8	43.4
			3.56	0.0711	38.8	43.8
Perfil de viscosidad 20°C- 93°C		Modo interno Reologia	3.49	0.0697	38.8	44.3
			3.5	0.0699	38.8	44.7
			3.52	0.0703	38.8	45.1
			3.46	0.0691	38.8	45.5
			3.24	0.0649	38.8	49.3
			3.27	0.0653	38.8	49.7
			3.29	0.0658	38.8	50
			3.23	0.0646	38.8	50.4
			3.2	0.0641	38.8	50.8
			3.24	0.0648	38.8	51.2
			3.21	0.0643	38.8	51.6
			3.16	0.0631	38.8	52
			3.17	0.0634	38.8	52.4
			3.19	0.0638	38.8	52.8
			3.03	0.0606	38.8	56.9
			2.98	0.0596	38.8	57.2
			3	0.06	38.8	57.5
			3.02	0.0603	38.8	57.9
			2.96	0.0592	38.8	58.3
			2.94	0.0588	38.8	58.6
			2.98	0.0596	38.8	59
			2.95	0.0591	38.8	59.4
			2.9	0.0579	38.8	59.8
			2.92	0.0585	38.8	60.2
			2.85	0.057	38.8	64.3
			2.82	0.0564	38.8	64.7
			2.77	0.0554	38.8	65
			2.8	0.056	38.8	65.4
			2.81	0.0562	38.8	65.7
			2.75	0.055	38.8	66.1
2.75	0.0549	38.8	66.4			
2.79	0.0557	38.8	66.8			
2.75	0.0551	38.8	67.2			
2.71	0.0541	38.8	67.5			
2.65	0.053	38.8	71.8			
2.69	0.0538	38.8	72.1			
2.65	0.0531	38.8	72.5			

			2.61	0.0522	38.8	72.8
			2.65	0.053	38.8	73.2
Perfil de viscosidad 20°C- 93°C		Modo interno Reologi a	2.66	0.0532	38.8	73.5
			2.6	0.052	38.8	73.9
			2.6	0.052	38.8	74.2
			2.65	0.0529	38.8	74.6
			2.61	0.0522	38.8	74.9
			2.52	0.0505	38.8	79.1
			2.53	0.0506	38.8	79.5
			2.57	0.0514	38.8	79.9
			2.53	0.0506	38.8	80.2
			2.49	0.0498	38.8	80.6
			2.54	0.0508	38.8	80.9
			2.54	0.0509	38.8	81.3
			2.49	0.0498	38.8	81.7
			2.51	0.0501	38.8	82
			2.54	0.0508	38.8	82.4
			2.5	0.05	38.8	82.7
			2.47	0.0495	38.8	83.1
			2.52	0.0503	38.8	83.4
			2.51	0.0503	38.8	83.8
			2.46	0.0492	38.8	84.2
			2.47	0.0495	38.8	84.6
			2.51	0.0502	38.8	84.9
			2.47	0.0494	38.8	85.3
			2.44	0.0487	38.8	85.7
			2.43	0.0486	38.8	89.8
			2.46	0.0492	38.8	90.1
			2.42	0.0483	38.8	90.5
			2.39	0.0478	38.8	90.8
			2.44	0.0488	38.8	91.2
			2.43	0.0486	38.8	91.6
2.38	0.0475	38.8	91.9			
2.4	0.0481	38.8	92.3			
2.43	0.0487	38.8	92.7			
2.38	0.0477	38.8	93.1			

**Anexo 4.** Datos para las diferentes muestras de aceite ATF estudiados en un rango de temperatura

**Tabla 3.8.** Datos obtenidos en la muestra N°4. Aceite nuevo

Determinación	Unidad	Método/Técnica	Esfuerzo cortante	Viscosidad	Velocidad	Temperatura
			[Pa]	[Pa·s]	[1/min]	[°C]
			5.26	0.105	38.8	20
			5.23	0.105	38.8	20
			5.19	0.104	38.8	20
			5.23	0.105	38.8	20
			5.25	0.105	38.8	20
			5.19	0.104	38.8	20.1
			5.19	0.104	38.8	20.2
			5.25	0.105	38.8	20.4
			5.22	0.104	38.8	20.7
			5.18	0.104	38.8	21
			5.22	0.104	38.8	21.3
			5.23	0.105	38.8	21.8
			5.16	0.103	38.8	22.3
			5.16	0.103	38.8	22.9
			5.19	0.104	38.8	23.5
			5.14	0.103	38.8	24.1
			5.09	0.102	38.8	24.7
			5.11	0.102	38.8	25.4
			5.1	0.102	38.8	26
			5.02	0.1	38.8	26.5
			5	0.1	38.8	27.1
			5.03	0.101	38.8	27.6
			4.97	0.0994	38.8	28
			4.9	0.098	38.8	28.4
			4.93	0.0986	38.8	28.8
			4.92	0.0984	38.8	29.1
			4.84	0.0967	38.8	29.3
			4.83	0.0965	38.8	29.6
			4.85	0.097	38.8	29.8
			4.79	0.0958	38.8	30.1

			4.73	0.0947	38.8	30.3
			4.76	0.0951	38.8	30.6
			4.74	0.0949	38.8	30.9
			4.67	0.0933	38.8	31.2
Perfil de viscosidad 20°C-93°C		Modo Interno de Reologia	4.65	0.093	38.8	31.5
			4.68	0.0935	38.8	31.9
			4.62	0.0923	38.8	32.3
			4.55	0.0911	38.8	32.7
			4.58	0.0916	38.8	33.2
			4.56	0.0913	38.8	33.7
			4.48	0.0895	38.8	34.2
			4.47	0.0895	38.8	34.7
			4.5	0.0899	38.8	35.2
			4.43	0.0886	38.8	35.6
			4.38	0.0876	38.8	36.1
			4.4	0.088	38.8	36.6
			4.38	0.0875	38.8	37
			4.3	0.086	38.8	37.4
			4.29	0.0858	38.8	37.7
			4.31	0.0861	38.8	38.1
			4.24	0.0849	38.8	38.4
			4.19	0.0837	38.8	38.7
			4.21	0.0843	38.8	39
			4.19	0.0839	38.8	39.3
			4.11	0.0822	38.8	39.6
			4.11	0.0822	38.8	39.9
			4.13	0.0826	38.8	40.2
			4.06	0.0812	38.8	40.6
			4.02	0.0804	38.8	40.9
			4.05	0.081	38.8	41.3
			4.03	0.0806	38.8	41.7
			3.96	0.0791	38.8	42.1
			3.96	0.0791	38.8	42.5
			3.97	0.0795	38.8	42.9
			3.91	0.0782	38.8	43.4
			3.87	0.0773	38.8	43.8
3.89	0.0779	38.8	44.2			

			3.87	0.0774	38.8	44.7
			3.79	0.0758	38.8	45.1
			3.8	0.076	38.8	45.5
			3.82	0.0763	38.8	45.9
			3.75	0.0749	38.8	46.3
			3.71	0.0741	38.8	46.6
			3.74	0.0748	38.8	47
			3.71	0.0743	38.8	47.3
			3.64	0.0729	38.8	47.6
			3.66	0.0731	38.8	48
			3.67	0.0735	38.8	48.3
			3.61	0.0722	38.8	48.6
			3.57	0.0715	38.8	48.9
			3.61	0.0722	38.8	49.3
			3.58	0.0717	38.8	49.6
			3.52	0.0703	38.8	50
			3.53	0.0706	38.8	50.4
			3.54	0.0709	38.8	50.8
			3.48	0.0696	38.8	51.2
			3.45	0.069	38.8	51.6
			3.48	0.0697	38.8	52
			3.45	0.0691	38.8	52.4
			3.39	0.0677	38.8	52.8
			3.4	0.068	38.8	53.2
			3.42	0.0684	38.8	53.6
			3.36	0.0671	38.8	54
			3.33	0.0667	38.8	54.4
			3.37	0.0674	38.8	54.8
			3.34	0.0668	38.8	55.1
			3.28	0.0656	38.8	55.5
			3.3	0.066	38.8	55.8
			3.31	0.0663	38.8	56.2
			3.25	0.065	38.8	56.5
			3.23	0.0646	38.8	56.8
			3.27	0.0653	38.8	57.2
			3.23	0.0647	38.8	57.5
			3.18	0.0635	38.8	57.9
Perfil de viscosidad 20°C-93°C		Modo Interno de Reologia				

			3.2	0.0639	38.8	58.2
			3.21	0.0643	38.8	58.6
			3.15	0.0629	38.8	59
			3.13	0.0625	38.8	59.3
			3.17	0.0634	38.8	59.7
			3.14	0.0628	38.8	60.1
			3.09	0.0617	38.8	60.5
			3.11	0.0623	38.8	60.9
Perfil de viscosidad 20°C-93°C		Modo Interno de Reologia	3.12	0.0625	38.8	61.3
			3.06	0.0612	38.8	61.7
			3.05	0.061	38.8	62.1
			3.09	0.0618	38.8	62.5
			3.05	0.0611	38.8	62.9
			3	0.0601	38.8	63.3
			3.03	0.0606	38.8	63.6
			3.04	0.0608	38.8	64
			2.98	0.0596	38.8	64.3
			2.97	0.0593	38.8	64.7
			3.01	0.0602	38.8	65
			2.97	0.0594	38.8	65.4
			2.92	0.0583	38.8	65.7
			2.96	0.0591	38.8	66
			2.97	0.0593	38.8	66.4
			2.91	0.0581	38.8	66.8
			2.9	0.0581	38.8	67.1
			2.94	0.0588	38.8	67.5
			2.9	0.0581	38.8	67.9
			2.86	0.0573	38.8	68.3
			2.89	0.0579	38.8	68.7
			2.9	0.058	38.8	69.1
			2.84	0.0569	38.8	69.5
			2.84	0.0567	38.8	69.9
			2.88	0.0575	38.8	70.2
			2.84	0.0568	38.8	70.6
			2.79	0.0558	38.8	71
			2.83	0.0566	38.8	71.4
			2.84	0.0567	38.8	71.7



			2.61	0.0521	38.8	85.7
			2.56	0.0512	38.8	86.1
			2.53	0.0507	38.8	86.5
			2.58	0.0516	38.8	86.9
			2.57	0.0515	38.8	87.2
			2.52	0.0504	38.8	87.6
			2.54	0.0508	38.8	88
			2.57	0.0514	38.8	88.4
			2.52	0.0505	38.8	88.7
			2.5	0.05	38.8	89.1
			2.55	0.0509	38.8	89.4
			2.54	0.0507	38.8	89.8
			2.48	0.0496	38.8	90.1
			2.5	0.0501	38.8	90.5
			2.54	0.0508	38.8	90.8
			2.49	0.0498	38.8	91.2
			2.47	0.0495	38.8	91.5
			2.52	0.0505	38.8	91.9
			2.51	0.0502	38.8	92.3
			2.46	0.0492	38.8	92.6
			2.49	0.0498	38.8	93

**Tabla 3.9** Presupuesto para el desarrollo de la propuesta

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN</b>				
<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>V. Unitario \$</b>	<b>Valor Total \$</b>
<b>Equipos</b>				
Laboratorio UCE Facultad de Ingeniería Química	4	u	112,50	450
<b>Material Bibliográfico y fotocopias.</b>				
<b>Impresiones</b>	114	u	0.10	11.40
<b>Copias</b>	2	u	11.40	22.80
<b>Internet</b>	30	m	30	30
<b>Sub Total</b>				514.20
<b>12%</b>				61.70
<b>TOTAL</b>				<b>575.90</b>