

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz*

PROYECTO TÉCNICO:

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CONDUCCIÓN
EFICIENTE Y SPORT EN LA DEGRADACIÓN DEL
LUBRICANTE DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
MEDIANTE LA MONITORIZACIÓN DEL ACEITE”**

AUTORES:

JONNATHAN ISMAEL IDROVO NARANJO
PABLO ANDRÉS PALLAZHCO CALDAS

TUTOR:

ING. MILTON OSWALDO GARCÍA TOBAR, M.SC.

CUENCA - ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Jonnathan Ismael Idrovo Naranjo con documento de identificación N° 0105030100 y Pablo Andrés Pallazhco Caldas con documento de identificación N° 0105726111, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE Y SPORT EN LA DEGRADACIÓN DEL LUBRICANTE DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE LA MONITORIZACIÓN DEL ACEITE”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, mayo del 2020

Jonnathan Ismael Idrovo Naranjo


C.I. 0105030100

Pablo Andrés Pallazhco Caldas.

C.I. 0105726111

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE Y SPORT EN LA DEGRADACIÓN DEL LUBRICANTE DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE LA MONITORIZACIÓN DEL ACEITE”**, realizado por Jonnathan Ismael Idrovo Naranjo y Pablo Andrés Pallazhco Caldas, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'M' followed by a horizontal line and a vertical line on the right side.

Ing. Milton García Tobar, M. Sc.

C.I. 0104282181

Análisis de la influencia de la conducción eficiente y sport en la degradación del lubricante de un motor de combustión interna mediante la monitorización del aceite.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Jonnathan Ismael Idrovo Naranjo con documento de identificación N° 0105030100 y Pablo Andrés Pallazhco Caldas con documento de identificación N° 0105726111, autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE Y SPORT EN LA DEGRADACIÓN DEL LUBRICANTE DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE LA MONITORIZACIÓN DEL ACEITE”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, mayo del 2020

Jonnathan Ismael Idrovo Naranjo
C.I. 0105030100

Pablo Andrés Pallazhco Caldas.
C.I. 0105726111

AGRADECIMIENTO

La familia es el pilar fundamental en la vida de una persona, por ello, quiero agradecer desmesuradamente el apoyo incondicional que me ha brindado mi familia a lo largo de mi existencia.

Un sincero agradecimiento, al Ing. Milton García docente y amigo quien, con su constante apoyo y dedicación supo encaminarnos en la culminación de nuestra carrera universitaria.

ISMAEL.

AGRADECIMIENTO

La vida es grandiosa y una de sus principales ventajas es poder compartir y disfrutar los logros con aquellos que hacen de ti una mejor persona, por ello, quiero agradecer a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído siempre en mí, dándome el ejemplo de superación, humildad y sacrificio.

A mis amigos, con quienes he compartido grandes momentos llevándonos consigo una gran experiencia de nuestra vida universitaria.

Un sincero agradecimiento, al Ing. Milton García docente y amigo quien, con su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento supo guiarme para lograr mi ansiado objetivo.

PABLO.

DEDICATORIA

El deseo más grande de mis padres es ver cumplir cada propósito y meta que tengan sus hijos, quiero dedicar esta tesis a mis padres Darío y Flor por ser el pilar de mi vida, mi inspiración y mi corrección, quienes supieron brindarme todo el apoyo necesario no solo para la culminación de mi carrera universitaria.

A mis hermanas Alexandra y Erika, quienes siempre me brindaron apoyo de distintas maneras, las mismas que con sus berrinches eh inmadureces me incentivaron a crecer en sensatez.

A mi cuñado Xavier, que me ha apoyado y brindado conocimiento para afrontar la vida desde el punto laboral.

ISMAEL.

DEDICATORIA

Es mi deseo como sencillo gesto de gratitud dedicar esta tesis a mis padres Pablo y Yolanda por ser mi inspiración, iluminar mi camino y darme la pauta para poder realizarme en mis estudios, no tengo palabras para gratificar las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida.

A mi hermano Diego, quien ha sido un pilar fundamental en mi vida, levantándome los ánimos tanto en los momentos difíciles de mi vida estudiantil como personal y ser en quien siempre podre confiar.

PABLO.

Análisis de la influencia de la conducción eficiente y sport en la degradación del lubricante de un motor de combustión interna mediante la monitorización del aceite.



RESUMEN

El proyecto investigativo desarrollado a continuación reside en el estudio comparativo de la influencia de la conducción eficiente y sport en la degradación del lubricante de un motor de combustión interna mediante la monitorización del aceite.

En un inicio se efectúa una inspección bibliográfica con el objetivo de recopilar toda la información técnica necesaria sobre los MCIA, así como el funcionamiento del sistema de lubricación y principales daños que causa una degradación acelerada del lubricante hacia la unidad de potencia, de igual manera, como base del proyecto investigativo se lleva a cabo un análisis más amplio sobre las peculiaridades principales de los modos de conducción eficiente y sport.

Posteriormente se plantean las pautas que garantiza la correcta obtención de las muestras de aceite lubricante, con el propósito de controlar la mayor cantidad de variables de entrada. El primer modo de conducción aplicado al vehículo es el modo eficiente, donde, el auto recorrió un total de 4200 km, realiza un muestreo del lubricante cada 300 km. Una vez concluido este modo, se realizó la conducción en el modo sport, con las mismas variables de entrada que el anterior modo de conducción, únicamente con las diferencias propias que caracterizan a la conducción sport.

Finalmente, con la implementación de una monitorización de las muestras de lubricante extraídas de los diferentes modos de conducción se procede a analizar en el contador de partículas, el cual devolverá los datos necesarios que determinaran la tendencia de degradación que tuvo el aceite lubricante en cada modo de conducción.



SUMMARY

The research project developed below resides in the analysis of the influence of efficient and sport driving on the degradation of the lubricant of an internal combustion engine through oil monitoring.

Initially, a bibliographic inspection is carried out in order to collect all the necessary technical information about the MCIA, as well as the operation of the lubrication system and main damages that cause an accelerated degradation of the lubricant towards the power unit. In the same way; as a basis for the research project a deeper analysis is carried out about the main characteristics of efficient and sport driving modes.

Subsequently, a sampling protocol is established that guarantees the correct collection of the lubricating oil samples, with the purpose of controlling the greatest amount of variables inputs. The first driving mode applied to the vehicle was the efficient mode, where, the car traveled a total of 4200 km making a sampling of the lubricant every 300 km. Consequently, once this mode was concluded; the driving test was carried out in the sport mode with the same variable inputs as the previous driving mode. Only with the proper differences that characterize sport driving.

Finally, the implementation of a monitoring of the lubricant samples extracted from the different driving modes. It will proceed to analyze them in the particle counter, which will return us the necessary data that will determine the degradation trend that the lubricating oil had in each driving mode.



ÍNDICE

1	FUNDAMENTO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.	7
1.1	Introducción.	7
1.2	Motores de combustión interna alternativos a gasolina.	7
1.2.1	Etapas de funcionamiento de un MCIA.	8
1.2.2	Sistema de lubricación de un MCIA.	10
1.2.3	Misión del sistema de lubricación de un MCIA.	12
1.3	Aceite lubricante.	13
1.3.1	Propiedades de los lubricantes de un MCI.	14
1.3.2	Degradación del aceite lubricante de un MCI.	17
1.3.3	Tipos de desgaste de un aceite lubricante para MCI.	17
1.4	Modos de conducción.	18
1.4.1	La conducción eficiente.	18
1.4.2	Ventajas de la conducción eficiente.	18
1.4.3	Parámetros que caracterizan la conducción eficiente.	20
1.4.4	La conducción sport o dinámica.	21
1.4.5	Parámetros que caracterizan la conducción sport.	21
1.5	Adquisición de datos.	23
1.5.1	FreeMatics ONE+.	23
1.6	Estado del arte.	23
2	PROTOCOLO DE MUESTREO.	25
2.1	Ficha técnica del vehículo.	25
2.2	Variables de entrada.	26
2.3	Mantenimiento de un MCIA.	26
2.3.1	Presión de neumáticos.	28
2.4	Peso bruto vehicular.	28



2.5	Aceite lubricante.....	28
2.6	Combustible.....	29
2.7	Ruta.....	29
2.8	Procedimiento para la toma de muestras.	30
2.8.1	Objetivos de una correcta muestra de aceite.....	31
2.8.2	Recomendaciones antes de tomar una muestra.	31
2.8.3	Herramientas.	31
2.8.4	La limpieza en las botellas de muestreo.....	31
2.8.5	Principales errores a evitar al tomar una muestra de aceite.	32
2.8.6	Guía para la obtención del ejemplar de lubricante.	32
2.8.7	Placa y etiqueta de identificación.....	33
2.9	Factores que inciden en la periodicidad del muestreo.	34
3	MONITORIZACIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE.....	36
3.1	Comprobación y validación del régimen de giro.....	36
3.1.1	Régimen de giro en la conducción eficiente.	37
3.1.2	Régimen de giro en la conducción sport.	38
3.2	El conteo de partículas.....	39
3.3	Contador de partículas óptico automático - YS 150.....	40
3.4	Establecimiento de límites.....	41
3.5	Interpretación de datos del contador de partículas.	42
3.6	El conteo de partículas en la conducción eficiente y sport.....	44
3.6.1	Análisis a 1 μm	45
3.6.2	Análisis a 5 μm	46
3.6.3	Análisis a 10 μm	47
3.6.4	Análisis a 15 μm	48
3.6.5	Análisis a 20 μm	49



3.6.6	Análisis a 30 μm	50
3.6.7	Análisis a 50 μm	51
3.6.8	Análisis a los 300 km.	52
3.6.9	Análisis a los 1200 km.	52
3.6.10	Análisis a los 2100 km.	53
3.6.11	Análisis a los 3000 km.	54
3.6.12	Análisis a los 4200 km.	54
4	CONCLUSIONES.	56
5	BIBLIOGRAFÍA.	58
6	ANEXOS.	63



INDICE DE FIGURAS

Capítulo 1.

Figura 1.1 Ciclo de trabajo de un motor de 4 tiempos [1].	8
Figura 1.2 Fase de admisión [2].	9
Figura 1.3 Fase de compresión [2].	9
Figura 1.4 Fase de Compresión y Expansión [2].	10
Figura 1.5 Fase de Escape [2].	10
Figura 1.6 Sistema de lubricación [3].	11
Figura 1.7 Lubricación Hidrodinámica. [5].	11
Figura 1.8 Lubricación Marginal [5].	12
Figura 1.9 Lubricación mixta [6].	12
Figura 1.10 Misión del lubricante [9].	13
Figura 1.11 Índice de viscosidad [10].	15
Figura 1.12 Comparativa de confort entre modos de conducción [26].	19
Figura 1.13 Comparativa de consumo de combustible entre modos de conducción [26].	19
Figura 1.14 Comparativa de consumo de combustible entre modos de conducción [26].	20
Figura 1.15 Curvas características de un MCIA [29].	22
Figura 1.16 Eficiencia de combustible según el régimen de giro del motor [29].	22

Capítulo 2.

Figura 2.1 Desgaste de electrodos.	27
Figura 2.2 Ruta establecida para la toma de datos [57].	30
Figura 2.3 Perfil de altimetría.	30
Figura 2.4 Placa para la toma de muestras.	33
Figura 2.5 Factores que inciden en la frecuencia de muestreo.	34



Capítulo 3.

Figura 3.1 Régimen de giro en la conducción eficiente.	37
Figura 3.2 Promedio de revoluciones en la conducción eficiente.	38
Figura 3.3 Régimen de giro en la conducción sport.	38
Figura 3.4 Promedio de revoluciones en la conducción sport.	39
Figura 3.5 Sistema de conteo de partículas.	40
Figura 3.6 Límites de envejecimiento.	41
Figura 3.7 Análisis de la información del conteo de partículas.	42
Figura 3.8 Análisis en la tendencia de desgaste.	43
Figura 3.9 El tamaño de las partículas.	44
Figura 3.10 Conteo de partículas con un tamaño de 1 μm	45
Figura 3.11 Conteo de partículas con un tamaño de 5 μm	46
Figura 3.12 Conteo de partículas con un tamaño de 10 μm	47
Figura 3.13 Conteo de partículas con un tamaño de 15 μm	48
Figura 3.14 Conteo de partículas con un tamaño de 20 μm	49
Figura 3.15 Conteo de partículas con un tamaño de 30 μm	50
Figura 3.16 Conteo de partículas con un tamaño de 50 μm	51
Figura 3.17 Conteo de partículas a los 300 km.	52
Figura 3.18 Conteo de partículas a los 1200 km.	52
Figura 3.19 Conteo de partículas a los 2100 km.	53
Figura 3.20 Conteo de partículas a los 3000 km.	54
Figura 3.21 Conteo de partículas a los 4200 km.	54

Capítulo 4.

Figura 4.1 Comparativa de la conducción sport vs la conducción eficiente.	57
---	----

Anexos.

Figura A1. Vehículo Volkswagen power highline.	
---	--



INDICE DE TABLAS

Capítulo 1.

Tabla 1.1 Objetivos del sistema de lubricación.....	13
Tabla 1.2 Métodos para la medición de viscosidad.....	14
Tabla 1.3 Zonas en las que se genera corrosión en un MCI [17].	16
Tabla 1.4 Ensayos para determinar la oxidación de un lubricante.	16

Capítulo 2.

Tabla 2.1 Principales características del vehículo.....	25
Tabla 2.2 Características principales del aceite [55].....	29
Tabla 2.3 Limpieza en las botellas [60].	32
Tabla 2.4 Características de la placa de toma de muestras.	33
Tabla 2.5 Etiqueta para la toma de muestras.....	34

Capítulo 3.

Tabla 3.1 Características principales del contador de partículas óptico automático YS – 150.....	40
Tabla 3.2 Ficha técnica del contador de partículas óptico automático YS – 150.....	41

Anexos.

Tabla A 1. Datos del perfil de altimetría.	
---	--



Capítulo 1

FUNDAMENTO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.

1.1 Introducción.

En la siguiente sección se mostrará la base teórica utilizada para entender y desarrollar el proyecto investigativo, así como también, se realizará una inspección bibliográfica sobre la influencia que posee los modos de conducción eficiente y sport en el deterioro del aceite lubricante de MCI.

1.2 Motores de combustión interna alternativos a gasolina.

Las primeras referencias de los MCI llegan desde el siglo XVIII. Estas máquinas eran capaces de producir movimientos con energía distintas a la natural, donde, su característica principal era su desplazamiento positivo o mejor conocidas como volumétricas. Al hablar de máquinas volumétricas, rápidamente viene a la mente el proceso cuando un gas se expande o se comprime dentro de un cilindro ayudado por el movimiento de un embolo [1].

En 1862, el francés Alphonse Eugéne Beau de Rochas, fue primero en decretar la importancia de comprimir el gas dentro del cilindro antes de realizar la combustión de la mezcla [2]. Finalmente, en 1876 Otto con la ayuda de Eugéne patentaron el MCI de 4 tiempos, a su vez, presentaba como característica principal sus 4 ciclos de trabajo:

- ✓ Aspiración de gases.
- ✓ Compresión.
- ✓ Combustión de la mezcla.
- ✓ Evacuación de residuos.



En la figura 1.1 se observa estos ciclos que se ejecutan en dos vueltas completas del cigüeñal.

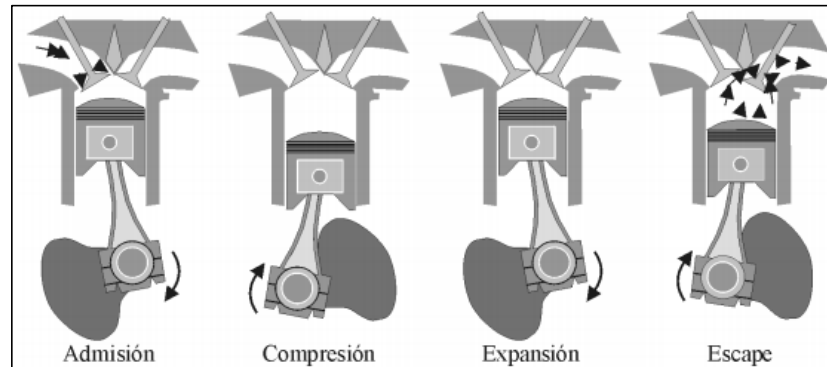


Figura 1.1 Ciclo de trabajo de un motor de 4 tiempos [1].

Para que un MCIA entre en funcionamiento pasa por una conversión de energías, es decir, de química (combustible) a térmica (combustión) y finalmente a mecánica (movimiento de las ruedas).

Es importante recalcar la importancia de la termodinámica dentro del rendimiento de un motor alternativo, ya que este da un indicativo sobre la relación de compresión; generalmente entre los 8 a 1 y 10 a 1 en motores Otto. Con la utilización de combustibles de alto índice de octano es posible llegar a relaciones de hasta 12 a 1, con lo cual, se incrementa la eficiencia del motor, sin embargo, ni con una relación de compresión elevada se puede llegar a superar el 25% que marca la eficiencia máxima de un MCIA.

1.2.1 Etapas de funcionamiento de un MCIA.

Un total de 4 fases esenciales de funcionamiento se ejecutan dentro de la unidad de potencia, las cuales se mostrarán a continuación:

✓ **Primer Tiempo o Fase de Admisión.**

En esta fase el pistón parte del PMS como se evidencia en la figura 1.2, a su vez, la válvula de admisión inicia su apertura y la válvula de escape mantiene sellado la cámara. Una vez finalizada la apertura de la válvula de admisión, el pistón aspira el fluido dentro del cilindro hasta finalizar su carrera de descenso al PMI.

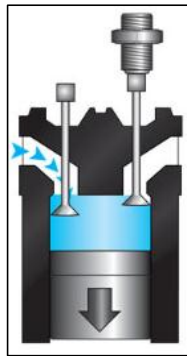


Figura 1.2 Fase de admisión [2].

✓ **Segundo Tiempo o Fase de Compresión.**

El pistón comienza su carrera ascendente desde el PMI al PMS, en esta fase se comprime el oxígeno aspirado, como se indica en la figura 1.3, además, tanto la válvula de admisión como de escape permanecen cerradas. Finalmente, antes que el pistón llegue a finalizar su carrera el combustible pulverizado es introducido en la cámara a alta presión.



Figura 1.3 Fase de compresión [2].

✓ **Tercer Tiempo o Fase de Combustión y Expansión.**

En milisegundos salta la chispa lo que ocasiona la combustión del carburante y el oxígeno. El pistón es empujado con violencia e inicia nuevamente su carrera de descenso hacia el PMI, como se puede observar en la figura 1.4, todas válvulas se mantienen cerradas durante este proceso de expansión.

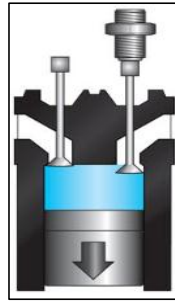


Figura 1.4 Fase de Compresión y Expansión [2].

✓ **Cuarto Tiempo o Fase de Escape.**

El pistón parte del PMI hacia el PMS, como evidencia en la figura 1.5, a su vez, se abre la válvula de escape la cual comunica la salida de gases hacia la atmosfera, de esta forma, el pistón elimina todos los productos de la combustión.

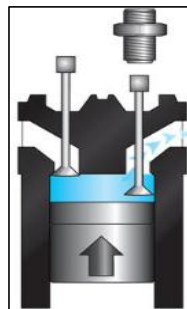


Figura 1.5 Fase de Escape [2].

1.2.2 Sistema de lubricación de un MCIA.

Dentro del MCI existen varios elementos que se encuentran sometidos a movimientos y giros a altas revoluciones, estos elementos al moverse unos con otros, generan fricción o rozamiento, lo que causa una elevada temperatura, traduciéndose esto en una pérdida de energía por rozamiento [3].

El principal problema que conlleva las altas temperaturas por fricción, son el gripado de las piezas, por ende, la utilización de un lubricante es primordial al momento de existir rozamiento entre elementos. Con la lubricación se crea una película protectora de lubricante entre las áreas en contacto, al igual que en la figura 1.6, la cual, aporta positivamente a disminuir las pérdidas de energía al reducir la temperatura por rozamiento [3].

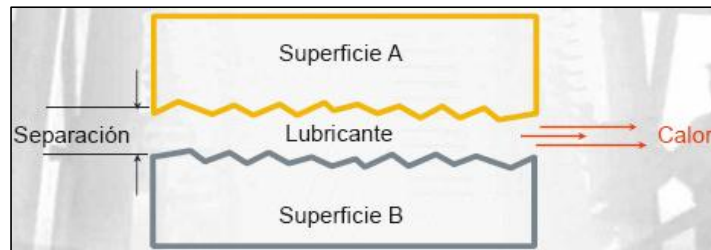


Figura 1.6 Sistema de lubricación [3].

Para garantizar que el aceite lubricante llegue a todas las piezas en contacto, se utilizan una serie de componentes, que tiene como finalidad hacer que el aceite llegue con la presión necesaria y limpie a los puntos de lubricación.

A continuación, se describirá cada una de los tipos de lubricación.

✓ **Lubricación de Película Completa.**

Su principal diferencia, erradica en la separación completa de los elementos, mediante la formación de una película de aceite ancha que evita totalmente el contacto metálico, en la figura 1.7 se evidencia este tipo de lubricación que generalmente se la conoce como lubricación hidrodinámica [4].



Figura 1.7 Lubricación Hidrodinámica. [5].

✓ **Lubricación Marginal.**

Este tipo de lubricación se da cuando existe un nivel elevado de carga o una escasez de lubricante, ya que este impide el comienzo de una estado hidrodinámico o mejor conocido como de película completa.

Es importante conocer que la lubricación marginal es la más peligrosa, ya que esta permite el contacto entre superficies metálicas lo que ocasiona un desgaste prematuro según se aprecia en la figura 1.8 [4].

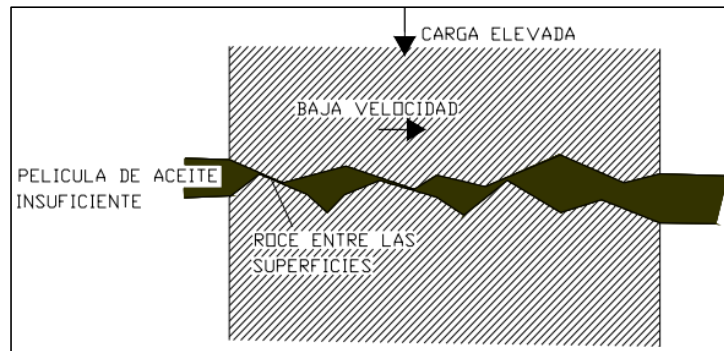


Figura 1.8 *Lubricación Marginal* [5].

✓ **Lubricación Mixta.**

La lubricación mixta pertenece a un estado combinado entre los dos tipos de lubricación anteriores, es decir, por un lado, va a existir la formación de una película completa de lubricante entre las superficies, mientras que, por el otro, existirá contacto entre superficies metálicas. En la figura 1.9 se observa claramente la presencia de los dos tipos de lubricación [6].

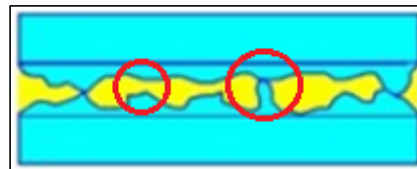


Figura 1.9 *Lubricación mixta* [6].

1.2.3 Misión del sistema de lubricación de un MCIA.

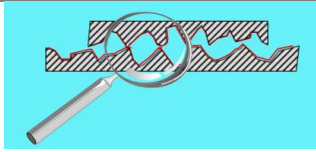
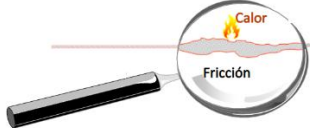
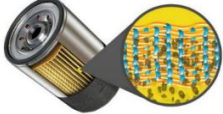
La misión de este sistema es la de evitar el desgaste prematuro de las elementos internos de la unidad de potencia que se encuentran en contacto, esto lo hace gracias a la formación de una película de aceite que aminora, la fricción, el sonido de golpeteo y la temperatura [7].

De igual manera, el lubricante cumple con varios objetivos que contribuyen al cuidado del motor, tal cual se evidencia en la tabla 1.1.



Tabla 1.1 *Objetivos del sistema de lubricación.*

Fuente: Autor.

Objetivo	Ilustración
Reducir la fricción y el desgaste, dificulta el contacto entre superficies en movimiento [8].	
Controlar la temperatura del motor, encapsula el calor para luego disiparlo a la atmosfera [8].	
Eliminar los contaminantes en suspensión al hacerlos pasar por el filtro [8].	
Eliminar los ruidos por golpeteo, amortigua los choques entre piezas internas [8].	

1.3 Aceite lubricante.

El aceite lubricante posee la misión de separar dos superficies con deslizamiento entre sí, intenta que exista el menor rozamiento posible como se observa en la figura 1.10. Para evitar el contacto entre superficies se intenta siempre mantener una capa protectora de lubricante [9].

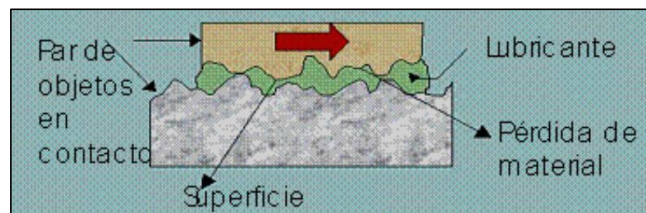


Figura 1.10 *Misión del lubricante [9].*

El comienzo de un aceite lubricante de MCI proviene del petróleo crudo, el cual es extraído del interior de la tierra. Posteriormente refinado para la obtención de la viscosidad necesaria para la lubricación. Los aceites convencionales para MCI poseen 80 por ciento petróleo refinado y 20 por ciento aditivos [10].



1.3.1 Propiedades de los lubricantes de un MCI.

El aceite de un MCI lubrica los componentes internos; reduce la fricción y desgaste; transporta y dispersa los contaminantes; evita la acumulación de lodo; transfiere el calor generado por el motor; protege de óxido y corrosión; mejora la eficiencia del combustible al disminuir la fricción entre componentes móviles [10].

Se considera las siguientes características:

✓ **Viscosidad.**

La viscosidad de un fluido es la resistencia al movimiento relativo de sus moléculas, la misma ofrece resistencia a la tensión de cortadura [11], [12].

La viscosidad cumple una función primordial dentro del lubricante, debido a que influye en la formación de la capa de lubricación. La alta temperatura perturba la capacidad de sellante y la velocidad de consumo [13].

✓ **Medición de la Viscosidad:**

Existe una variedad de procedimientos y equipos para la medición de la viscosidad, sin embargo, se centrará en la detallada por la ASTM según se observa en la tabla 1.2. [11].

Tabla 1.2 *Métodos para la medición de viscosidad.*

Fuente: Autor

Norma	Detalle
ASTM D445 y D446	Establece el uso de viscosímetros de vidrio, para la medición de viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos.
ASTM D2602	Método de prueba estándar para viscosidad de aceite para motor a baja temperatura, utilizando el simulador de manivela fría.
ASTM D2983	Método de prueba para viscosidad a baja temperatura, utilizando el viscosímetro de Brookfield.
ASTMD3829	Método de prueba estándar para predecir la temperatura de bombeo de frontera para aceite de motor.
ASTM D4684	Método de prueba estándar para determinación de la tensión de producción y la viscosidad aparente de aceites a baja temperatura.



✓ **Índice de viscosidad.**

Es sabido que la temperatura influye directamente a la viscosidad, según se evidencia en la figura 1.11. A mayor temperatura, menor viscosidad e inversamente, esto se refiere a un estado más líquido o viscoso respectivamente [14].

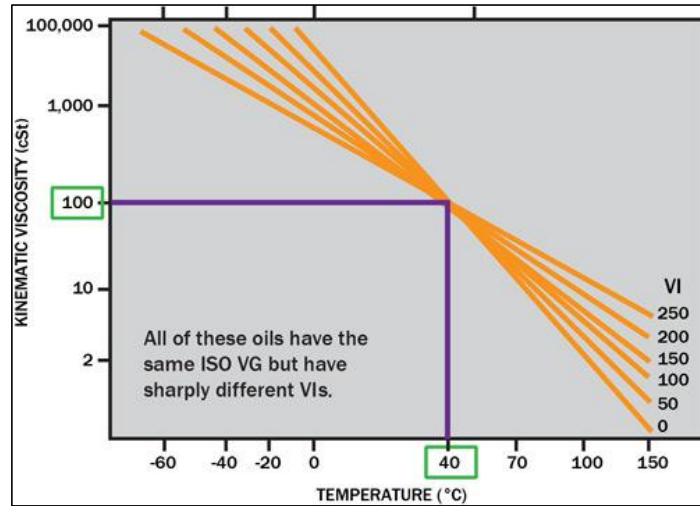


Figura 1.11 Índice de viscosidad [10].

Se toma en cuenta la temperatura sobre la viscosidad cinemática del fluido. Si el lubricante se encuentra más viscoso, el proceso requerirá mayor consumo de energía para establecer el movimiento, lo cual genera un consumo excesivo y reducción del rendimiento. Si el aceite se encuentra con mayor fluidez, se corre el riesgo que exista desgaste en sus partes móviles.

Un índice de viscosidad alto proporciona una viscosidad constante en función del rango de temperatura [15].

✓ **Inhibidores de corrosión.**

Impiden que los ácidos provenientes del proceso de oxidación, arremetan a las áreas metálicas [16].

En la tabla 1.3 se muestra las zonas donde se puede presentar la corrosión en un MCI.



Tabla 1.3 Zonas en las que se genera corrosión en un MCI [17].

Fuente: Autor

Parte	Adhesivo	Corrosivo	Abrasivo	Por fatiga	Erosivo
Camisas, segmentos, pistones.	☉	☉	☉		
Levas, empujadores, balancines.	☉	☉	☉	☉	
Vástago-guía de válvula.	☉		☉		
Apoyo-asiento de válvula.			☉		
Engranajes de distribución.	☉		☉	☉	
Muñones.		☉	☉	☉	☉
Cojinetes.		☉	☉		☉
Órganos auxiliares.	☉		☉	☉	

Para evaluar la corrosión del aceite se ha desarrollado varios ensayos, los cuales se dictan a continuación:

✓ **Inhibidores de oxidación.**

Ayuda a evitar el aumento de viscosidad, el desarrollo de ácidos orgánicos, barniz, lodos y formación de materia carbonosa [18].

La formación de ácidos es generada frecuentemente por el aumento de la temperatura, esto quiere decir por cada aumento de 10 grados C por encima del límite se duplicará doblará el proceso de oxidación,

Mediante la tabla 1.4 se observan los ensayos utilizados para evaluar la oxidación de un aceite lubricante [19].

Tabla 1.4 Ensayos para determinar la oxidación de un lubricante.

Fuente: Autor

Norma	Ensayo
ASTM D4310	Tendencia a la corrosión y formación de lodos.
ASTM D943 Y D4485	Ensayo de estabilidad a la oxidación de aceites de turbinas y motores de combustión interna.
ASTM D 7414	Oxidación por infrarrojo por transformadas de Fourier.
ASTM D6971	Agotamiento de antioxidante por voltametría por escaneo lineal.
ASTM D 2272	Perdida de la resistencia a la oxidación.
ASTM D664	Numero acido.



✓ **Aditivos anti-desgaste.**

Estos aditivos varían inversamente con el equilibrio térmico del objeto, extendiéndose hasta la lubricación de extrema presión [17]. Según se desgaste el metal, el haz de luz se verá modificada, donde, las superficies se encuentran sometidas a cargas elevadas, se produce la reducción de película lubricante [20].

1.3.2 Degradación del aceite lubricante de un MCI.

Existen varias formas en las que un lubricante se ve contaminado, pero principalmente este se ve afectado por los productos de la combustión, a continuación, se menciona algunos de los tipos de desgaste del lubricante [21].

1.3.3 Tipos de desgaste de un aceite lubricante para MCI.

✓ **Oxidación.**

Reacción de las moléculas del aceite lubricante a la presencia del oxígeno, genera aumento de la viscosidad, formación de barniz, lodo y sedimentos [22].

✓ **Descomposición térmica.**

Una de las más importantes formas de desgaste, esto se debe a que el aceite posee la misión de lubricar y es encargado de disipar el calor, lo que genera que trabaje por encima del rango de temperatura recomendado [22].

✓ **Micro-dieseling.**

Conocido como descomposición térmica, se genera cuando una esfera de aire cambia rápidamente de presión, el calor generado por esta por la compresión quema las moléculas del lubricante [22].

✓ **Agotamiento de aditivos.**

El agotamiento de aditivos es generado por el diseño de sacrificio el cual es utilizado a lo largo de la vida útil del lubricante.

✓ **Contaminación.**

Se genera por la contaminación de agua, tierra, aire, etc., los cuales aceleran la degradación del lubricante, ocasiona oxidación y a su vez el aumento de la viscosidad.



1.4 Modos de conducción.

El aumento de la polución cada vez se vuelve el mayor de los problemas medioambientales que asechan en esta época. Según análisis realizados en los últimos años, los gases contaminantes que provenientes del transporte por carretera conforman el 40% de las emisiones totales de CO₂ que son emitidas al medio ambiente [23].

Como respuesta a estas series de inconvenientes, las autoridades, así como las casas fabricantes de autos, han propuesto diferentes formas para soslayar la emanación de estos gases nocivos, una de ellas es la familiarización y adaptación de los modos de conducción. Sin embargo y como era de esperarse, estos modos de manejo, también influyen directamente al tiempo de vida del motor.

La finalidad de estos modos de conducción, es la de formar hábitos de manejo amigables al medio ambiente [24]. Para ello, cada modo de manejo consta de ciertos parámetros que lo caracterizan, para de esta forma, determinar cuál de ellos es el que menor impacto causa al medio ambiente.

Uno de los proyectos que más relevancia han tenido en los últimos años es el llamado “TREATISE “, que conjuntamente con la participación de 7 países europeos, conformaron una guía que determina los principales parámetros para una conducción eficiente y una conducción sport [25].

1.4.1 La conducción eficiente.

Uno de los objetivos de la conducción eficiente es conseguir un bajo consumo de combustible, de tal manera, que se reduce los gases emitidos al medio ambiente, además, va de la mano con la seguridad vial ya que se adquiere una conducción con confort que disminuye los riesgos en carretera.

1.4.2 Ventajas de la conducción eficiente.

✓ Aumento del confort.

El confort al conducir se ve mejorado al evitar aceleraciones y desaceleraciones bruscas, de igual forma, el ruido producido por el motor, a altas revoluciones es aminorado. Según estudios realizados en Suiza, existe un 31.4% de aumento de confort



al circular con una conducción eficiente, en la figura 1.12 se presenta la diferencia en confort de una conducción eficiente frente a una normal [26].

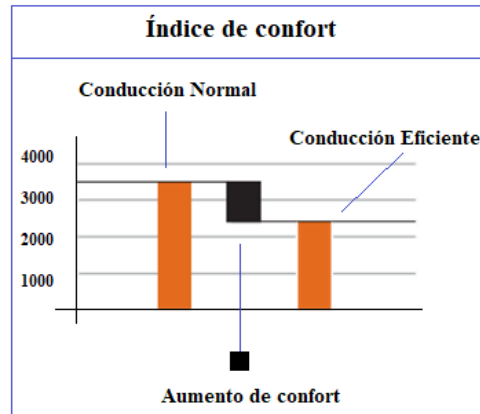


Figura 1.12 Comparativa de confort entre modos de conducción [26].

✓ **Menor consumo.**

Realizar el cambio de marcha en el momento adecuado, controlar la posición del pedal del acelerador y el arranque del vehículo son algunos parámetros que se analizan en la conducción eficiente, con el fin de mantener el consumo de combustible en las zonas óptimas, como se puede observar en la figura 1.13 existe un ahorro del 11.7% al adoptar un modo de conducción eficiente [26].

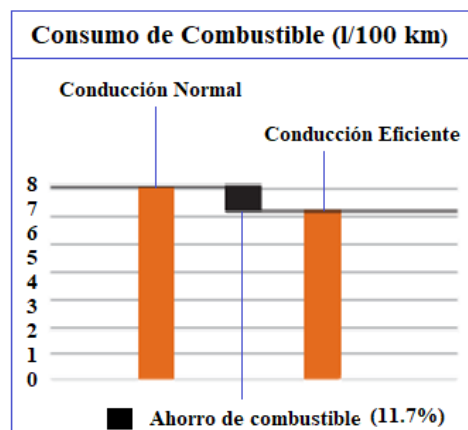


Figura 1.13 Comparativa de consumo de combustible entre modos de conducción [26].

✓ **Aumento de la Seguridad.**

Conservar una distancia prudencial entre vehículos y mantener una velocidad media constante en autopistas o carreteras, son las claves para garantizar un incremento de la seguridad vial al conducir de forma eficiente.



✓ **Menores costos.**

Al disminuir la demanda del combustible y los mantenimientos por malos hábitos de manejo, se ve incrementado de forma sustancial el ahorro de dinero.

✓ **Disminución de emisiones.**

Todas las anteriores ventajas antes mencionadas, van de la mano con la reducción de emisiones contaminantes, a continuación, en la figura 1.14 se indica la disminución de los productos de la combustión si se adoptase una conducción eficiente.

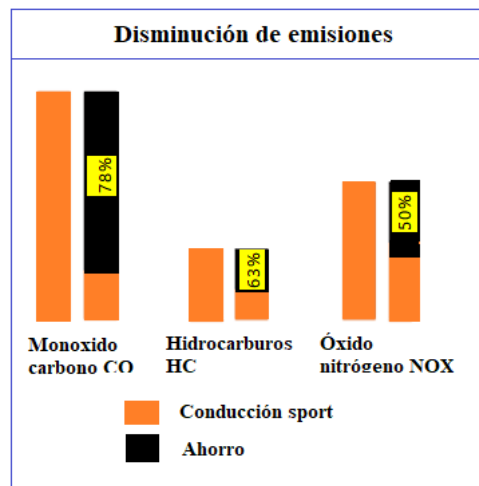


Figura 1.14 Comparativa de consumo de combustible entre modos de conducción [26].

1.4.3 Parámetros que caracterizan la conducción eficiente.

Existen 4 indicadores fundamentales que se deben respetar, para garantizar que la conducción se realiza de forma efectiva [24], a continuación, se detallara cada uno de ellos:

✓ **Cambios de marchas.**

El rango recomendado para realizar el cambio de marcha va de las 2000 a 2500 RPM en motores de combustión interna alternativos [24].

✓ **Velocidad constante.**

Se deberá mantener una velocidad de circulación media constante y lo más uniformemente posible [26].



✓ **Anticipación al flujo de tráfico.**

Con la anticipación al flujo de tráfico vehicular, el piloto tiene la capacidad de percibir a tiempo las situaciones peligrosas y realizar las maniobras necesarias, para evitar posibles accidentes [26].

✓ **Desaceleración y Aceleración.**

Al momento de acelerar el vehículo, se lo debe efectuar de manera suave y paulatina, evitar las aceleraciones bruscas al partir, a su vez, en el proceso de desaceleración, se tendrá que bajar el cambio lo más tardíamente posible [24].

1.4.4 La conducción sport o dinámica.

Un MCI al entrar en operación va suministrar un par motor a un cierto régimen de revoluciones, para de esta forma, con la ayuda de la transmisión hacer girar ruedas. Si se desea incrementar la potencia, es necesario acelerar más el automóvil por ende un incremento del régimen de revoluciones [27].

Con un aumento del régimen de revoluciones se obtiene un mejor llenado del cilindro, pero esto no significa, que en la gama más alta de revoluciones se tenga un mayor par motor. Generalmente el par motor máximo de un vehículo se obtiene en una gama media – alta de revoluciones. Por otra parte, la potencia máxima suministrada se da al multiplicar el par motor por las rpm y suele darse en la gama alta de revoluciones [28]. Este modo de conducción es conocido también como dinámico, donde se antepone la potencia y aceleración de motor el ahorro de combustible, es decir, todo lo opuesto a una conducción eficiente.

1.4.5 Parámetros que caracterizan la conducción sport.

✓ **Cambios de marcha.**

La mayor potencia entregada por el vehículo se da en un régimen alto de revoluciones, por ende, si se desea sacar el máximo provecho del motor se deberán realizar los cambios sobre las 2500 RPM [27]. En la figura 1.15 se evidencia las curvas de potencia y par, donde la potencia máxima entregada se da sobre el rango de las 5500 RPM, mientras que el par motor máximo se da en el rango de las 3500 RPM.

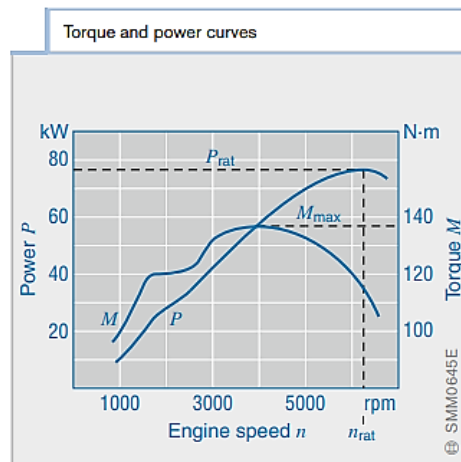


Figura 1.15 Curvas características de un MCIA [29].

✓ Consumo de combustible.

Como es de esperar, tanto el consumo de combustible y el confort se ven afectados al circular en este modo de conducción, esto debido a que se necesita una mayor cantidad de masa gasolina para llegar al régimen de revoluciones deseadas.

En la figura 1.16 se observa el punto donde se encuentra el consumo mínimo específico de combustible con un giro del motor de aproximadamente 2600 RPM, por otro lado, el torque máximo se genera en la gama de 3700 – 4500 RPM donde el consumo de combustible aumenta según las RPM del motor.

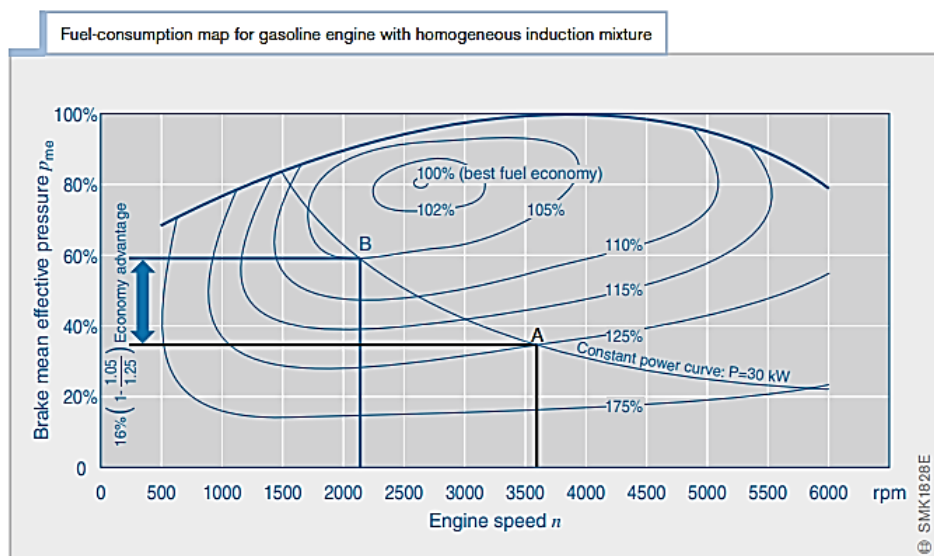


Figura 1.16 Eficiencia de combustible según el régimen de giro del motor [29].



1.5 Adquisición de datos.

Existe un sin número de herramientas y dispositivos de recopilación de información, FreeMatics ONE+, beneficiaran al desarrollo del proyecto al verificar la veracidad de los mismos, como lo son: velocidad, aceleración, régimen de revoluciones por minuto y posición del automóvil [30].

1.5.1 FreeMatics ONE+.

Este dispositivo telemático programable recopila información en tiempo real de las características de funcionamiento de la unidad de potencia y lo hace gracias a la conexión del puerto OBD2 que puede comunicarse directamente con la ECU del vehículo.

1.6 Estado del arte.

El constante monitoreo del aceite lubricante de un MCI incrementa la predicción de posibles fallos con el fin de mitigar la degradación prematura [31], [32], a su vez, con el monitoreo se evaluará el comportamiento del motor mediante el análisis de las propiedades químicas y contaminantes del lubricante, genera tendencias de la degradación que depende del tiempo y factores de funcionamiento del MCI [33]. Un MCI funciona bajo dos condiciones de operación: carga alta (baja velocidad que aumenta la fricción limite) y carga baja (alta velocidad que aumenta la fricción hidrodinámica) [34].

Otros estudios sostienen que, con el monitoreo del aceite se genera un impacto positivo dentro del motor, mejora el rendimiento y disminuye gastos por fallas adversas [31], obtiene un estado real en el que se encuentra el motor [33], lo que permite hacer un juicio rápido y preciso sobre el momento óptimo para realizar el cambio de aceite [35]. La combustión efectuada en el MCI genera fenómenos como: alta temperatura, residuos de combustión, altos esfuerzos, entre otros; que condicionan la vida útil del lubricante [36]–[38], por lo tanto, en respuesta a estos inconvenientes los fabricantes de lubricantes incorporan diferentes tipos de aditivos, para de esta forma, mantener el régimen de lubricación y coeficiente de fricción en sus niveles óptimos [32], [37], [39]. El lubricante comienza su degradación con el decaimiento de la vida útil de los aditivos, seguido por la oxidación de los componentes del aceite base [35], [40]. La



viscosidad es el parámetro fundamental en la degradación del lubricante [34], [41], una viscosidad baja genera una reducción en la película de aceite, produce la fricción límite, por otra parte, una viscosidad alta incrementa el coeficiente de fricción hidrodinámico, sin embargo, se intensifica el esfuerzo de bombeo a través del MCI, con lo cual ocasiona mayor fricción límite y desgaste después de un arranque [34].

La atenuación de la degradación prematura del lubricante se logra por distintos factores además de una correcta conducción eficiente (eco-driving) [42], con ello, se consigue un ahorro del 20% del consumo del combustible [43]–[45]. Alrededor 75% de conductores no poseen una conducción ecológica, y la cuarta parte no había oído hablar de la conducción ecológica [45].

Debido a que el conductor tiene la capacidad de controlar, ajustar la velocidad y trayectoria del vehículo, basado en el entorno que lo rodea, se presenta una serie de soluciones y técnicas [44], que se analizan en la “Regla de oro” de la conducción ecológica extraída de proyectos Ecodrive [43] para solventar el problema, por otra parte, las principales características de una conducción no ecológica se basa en: aceleraciones y desaceleraciones bruscas, revoluciones del motor a nivel alto, velocidad inestable y ralentí durante mayor tiempo [30], [45]–[47], las cuales afectan de gran manera a la viscosidad, ya que está comprobado, que la dilución de aceite por combustible va de la mano por adoptar un modo de conducción dinámico o sport [35].



Capítulo 2

PROTOCOLO DE MUESTREO.

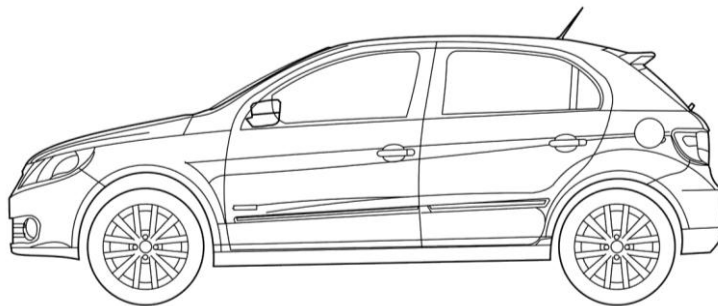
2.1 Ficha técnica del vehículo.

El vehículo utilizado para el desarrollo del proyecto investigativo cuenta con las siguientes características [48][49] detalladas a continuación en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 Principales características del vehículo.

Fuente: Autor.

INFORMACIÓN GENERAL



Marca	Volkswagen
Modelo	Gol
Año de producción	2010
Motor	1.6 (101 Hp)
Tipo de carrocería	Hatchback
Número de plazas	5
Peso neto vehicular	1047 kg
Dimensiones del neumático	175/70/R14 84T
Presión máxima de inflado	28 PSI
Motor	
Combustible	Gasolina



Potencia máxima	101 HP @ 5250rpm
Par máximo	143 Nm @ 2500rpm
Posición del motor	Frontal, transversal
Cilindrada real	1598cc
Sistema de combustible	Inyección multipunto.

2.2 Variables de entrada.

Se considera una variable de entrada a todos los parámetros que influyen directa e indirectamente en el funcionamiento del MCI, que al ser manipulados disminuyen el margen de variación al inicio de la toma de datos en cada modo de conducción [49].

2.3 Mantenimiento de un MCIA.

Todo MCI requiere estar en buenas condiciones de trabajo para que funcione correctamente [50],[51]. Por lo tanto, determinar y controlar la mayor cantidad de variables garantizarán un correcto estado del MCI [33][49].

Las operaciones más frecuentes a realizar en el MCI se mencionan a continuación:

✓ Estado de Bujías.

Las bujías de un MCI están sometidas constantemente a altas temperaturas y presiones aproximadas a los 100bar al entrar en operación, esto junto con los contaminantes producidos por la combustión generan un deterioro considerable en el rendimiento del MCI, ocasiona un déficit de combustión el mismo que genera filtración de combustible al cárter; La sustitución de las bujías depende del estado que se encuentren o se realiza cada 30000km [50][52].

En la figura 2.1 se presenta los elementos sometidos a desgaste en una bujía (1: electrodo central y 2: electrodo de tierra).

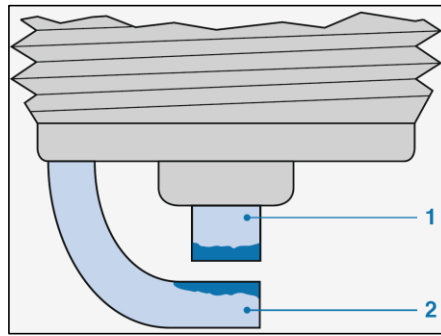


Figura 2.1 Desgaste de electrodos.

Al considerar los factores antes mencionados, se establece reemplazar las bujías al inicio de cada prueba, esto instaura un origen de partida para que la adquisición de los datos sea de manera controlada en ambos casos.

✓ **Cables de encendido.**

Los cables de encendido deben ser capaces de soportar el alto voltaje proveniente de la bobina que debe ser entregado a la bujía. Para soportar el alto voltaje, los cables de encendido vienen proporcionados con una resistencia de supresión, sin embargo, con el incremento de la resistencia se da una elevación del consumo de energía y por lo tanto pérdida en el circuito de encendido [52].

Se considera que el deterioro de los cables de encendido es el aumento de la resistencia y por lo tanto una pérdida de encendido en la mezcla; Se establece reemplazar los mismos al inicio del proyecto de investigación.

✓ **Cambio de filtros de Aire y Combustible.**

El remplazo de filtro de aire y combustible es primordial en el funcionamiento de un MCI, debido a que estos evitan la entrada de impurezas al motor, un remplazo oportuno aumenta la vida útil del motor y elude la pérdida de potencia [50][52][53]. Basado en el contexto anterior, se decide realizar el cambio de los filtros al inicio de cada modo de conducción, para que las mismas no posean variaciones en la partida de cada prueba de manejo.



✓ **Limpieza de inyectores.**

Una correcta mezcla de aire y combustible genera una excelente combustión de baja contaminación [52], Por este motivo la limpieza de los inyectores juega un papel vital para el comienzo de la adquisición de datos.

2.3.1 Presión de neumáticos.

El neumático tiene como misión otorgar la tracción y adherencia al momento del avance, frenado y estabilidad en curvas [54][51].

La presión de los neumáticos debe ser siempre la correcta, basado en el tipo de neumático, condiciones de carga y velocidad prevista. La falta de presión ocasiona que el vehículo exija mayor potencia para mantener el movimiento. Una presión de inflado de 0.3 bares inferior a la recomendada, aumenta hasta en un 3% el consumo de combustible [49][54][51].

El uso de nitrógeno en el neumático, ayuda a mantener prolongadamente una presión constante [54], por lo tanto, se optará por realizar el inflado con nitrógeno; posteriormente se verificará la presión de neumáticos al momento de la adquisición de la muestra de aceite.

2.4 Peso bruto vehicular.

El peso bruto vehicular influye en gran medida sobre el consumo, ocasiona que el vehículo exija mayor potencia [51][49]. Se considera peso bruto vehicular a la suma del peso neto que corresponde al peso del vehículo con el tanque lleno, más la capacidad de carga que corresponde al valor extra que se adiciona al mismo, tal es el caso de conductores y acompañantes.

Por las razones antes mencionadas se opta por realizar el llenado del combustible frecuente mente, para mantener el peso del vehículo lo más uniforme posible, de la misma manera la carga adicional que se proveerá al vehículo, corresponde únicamente al conductor y acompañante de ruta.

2.5 Aceite lubricante.

El aceite sometido al análisis corresponde a la designación SAE 10w40, el mismo que cuenta con las siguientes características detalladas en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2** Características principales del aceite [55].*Fuente: Autor.*

Especificaciones	API SN/ CF ACEA A3/B4	
	Medida	Método
Punto de inflamación	220	DIN ISO 2592
Viscosidad a 100 °C	13	DIN 51 562
Densidad a 15 °C	870	DIN 51 757
SAE, grado de viscosidad	10w-40	
Perdida de evaporación	9.2%	
Viscosidad a 40 °C	88	DIN 51 562
Índice de viscosidad	147	DIN ISO 2909
Punto de fluidez	-36	DIN ISO 3016
Color	3.5	DIN ISO 2049
Cenizas de sulfato	1.2	DIN 51575
TBN (Numero Básico Total)	9	DIN ISO 3771

2.6 Combustible.

Se utilizará únicamente el combustible Eco-país el mismo que usufructúa un mínimo de 85 octanos.

2.7 Ruta.

La selección de la ruta de manejo es establecida por las propiedades constantes o levemente cambiantes como pendientes y velocidades máximas [56][49]. La velocidad máxima es establecida por el límite legal decretado por ANT.

En la figura 2.2 se muestra la ruta establecida para el proyecto investigativo, cuenta con un aproximado de 30 km de distancia [57], los mismos que se encuentran comprendidos entre la ciudad de Cuenca y Azogues. El total del recorrido establece una velocidad levemente cambiante con un máximo de 90 km/h [58], debido a que su trayectoria se realiza en la carretera panamericana, posterior a la Trocal de la sierra E35 y E40.



Figura 2.2 Ruta establecida para la toma de datos [57].

La trayectoria establecida entre la ciudad de Cuenca y Azogues cuenta con su perfil de altimetría comprendido entre los 2300 y 2550 msnm, representados en la figura 2.3., los mismos que fueron adquiridos mediante una aplicación de altimetría la cual recopila datos en tiempo real.

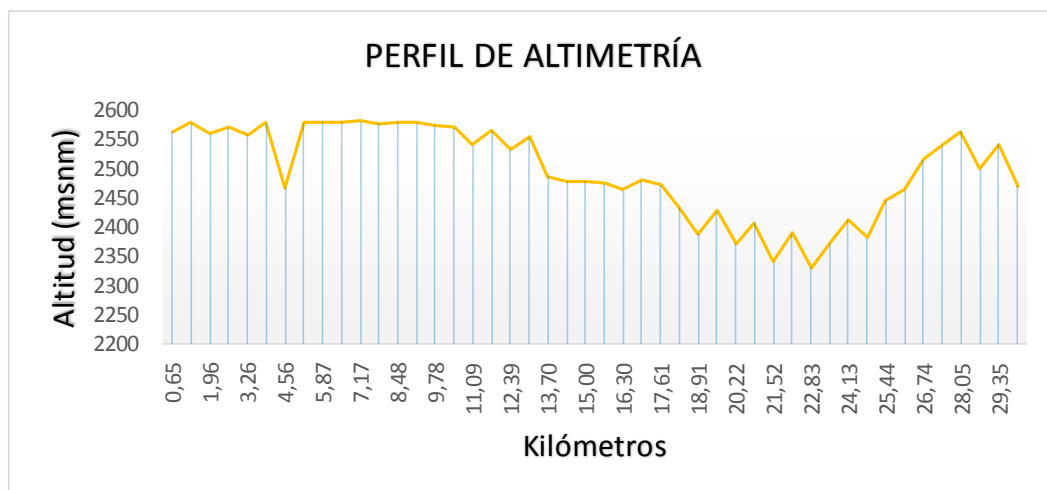


Figura 2.3 Perfil de altimetría.

2.8 Procedimiento para la toma de muestras.

Una correcta obtención de las diferentes muestras de aceite son la clave para garantizar que la muestra no fue contaminada al momento de su extracción., de lo contrario el análisis arrojaría resultados incorrectos sobre el estado real del MCI.



2.8.1 Objetivos de una correcta muestra de aceite.

- ✓ Obtener información primordial.
- ✓ Evitar la contaminación de la muestra.

2.8.2 Recomendaciones antes de tomar una muestra.

A continuación, se expondrán algunas sugerencias importantes para realizar una exitosa toma de muestras [59]:

- ✓ La muestra de aceite se la deberá obtener con el MCI en funcionamiento, es decir, en condiciones normales de operación.
- ✓ El ejemplar de lubricante debe ser extraído antes del filtro del sistema de lubricación.
- ✓ Necesariamente todo el equipo de muestreo debe estar lo más limpio posible, esto con el fin de evitar contaminación por otro tipo de agentes que alteren la muestra.
- ✓ Realizar la toma de muestras en reiteradas ocasiones garantizara una excelente frecuencia de muestreo, para de esta manera, identificar los puntos donde existe un cambio en las propiedades del lubricante.

El tiempo de almacenaje de la muestra es de vital importancia, debido a que el aceite puede variar sus propiedades y el análisis del mismo no sería el correcto.

2.8.3 Herramientas.

- 1) Bolsa de cierre hermético (ziploc)
- 2) Bomba de vacío.
- 3) Manguera transparente flexible $\frac{1}{4}$ in para muestreo.
- 4) Botella de muestreo.
- 5) Botella de purga.
- 6) Adaptador.
- 7) Etiqueta y bolígrafo.

2.8.4 La limpieza en las botellas de muestreo.

Un ensayo que aporta gran información al realizar un análisis meticuloso del aceite lubricante es el conteo de partículas, este ayuda de gran manera al momento de determinar si en el aceite analizado existe la presencia de tierra, así como también la



pureza aceite, por ende, es menester que la botella utilizada para el muestreo tenga un rango de pulcritud ideal para el ensayo a realizarse [60], al igual como se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Limpieza en las botellas [60].

Fuente: Autor.

Clasificación de limpieza	Número de partículas mayores a 10μ / ml
Limpia	100 partículas
Súper-limpia	10 partículas
Ultra-limpia	1 partícula

2.8.5 Principales errores a evitar al tomar una muestra de aceite.

- Evitar tomar la muestra de aceite del fondo del depósito, estas mostrarán una mayor concentración de sedimentos, lo que hace que la muestra sea inválida.
- Eludir el muestreo en zonas muertas (tuberías, extensiones de cañerías, que se encuentran con lubricante estancado.)
- Purgar de forma incorrecta la bomba de vacío, así como colocar las muestras en botellas sucias, interfieren directamente en la calidad de la muestra tomada.

2.8.6 Guía para la obtención del ejemplar de lubricante.

- Alistar una bolsa de cierre hermético conjuntamente con una botella de muestreo.
- Instalar la etiqueta en la botella de muestreo.
- Colocar la botella de muestro dentro de la bolsa de cierre hermético.
- Cortar 15cm de manguera flexible y en su punta realizar un corte de 45° .
- Insertar la manguera flexible en la bomba de vacío, a su vez, enroscar la botella de muestreo sin retirar la bolsa de cierre hermético.
- Determinar la ubicación del punto de muestreo y retirar la varilla de medición de aceite.
- Introducir la manguera flexible y accionar la bomba de vacío, de tal manera que se llene la botella de muestreo hasta el nivel requerido.
- Retirar la botella de muestreo verticalmente y colocar la tapa sin sacar la bolsa de cierre hermético.



- i) Retirar la manguera flexible y desecharla.
- j) Finalmente guardar en un lugar seguro la muestra de lubricante.

2.8.7 Placa y etiqueta de identificación.

Este tipo placa suministrara los datos necesarios que describirán las características en las cuales fue tomada la muestra de aceite; a continuación, en la figura 2.4 se indicará la información que proporciona dicha placa cuya información se encuentra en la tabla 2.4 y 2.5 respectivamente.

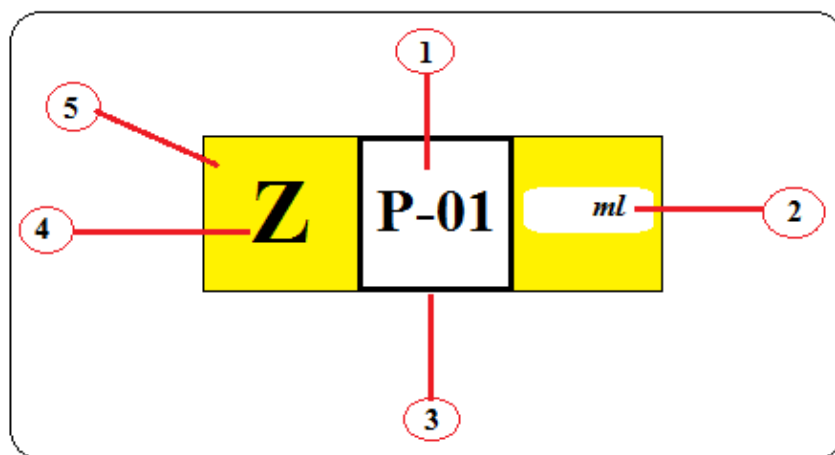


Figura 2.4 Placa para la toma de muestras.

Tabla 2.4 Características de la placa de toma de muestras.

Fuente: Autor.

Rotulo	Descripción.
1. Punto de muestreo.	Lugar donde se toma generalmente las muestras (conducto de la varilla de aceite).
2. Volumen de fluido.	Cantidad de fluido obtenido (50 ml)
3. Nivel de limpieza.	En este caso especial se utilizara la botella (limpia).
4. Re-sellable.	Se optó por re-sellar debido a que las muestras se obtendrán al aire libre.
5. Presión de fluido.	El color utilizado será el amarillo ya que el sistema de lubricación trabaja alrededor de los 5 bar.



Tabla 2.5 Etiqueta para la toma de muestras.

Fuente: Autor.

Etiqueta de muestreo	
Fecha :/...../.....
Modo de manejo:
Kilometraje vehículo:
Kilometraje muestra:
Muestra N°:

2.9 Factores que inciden en la periodicidad del muestreo.

En la figura 2.5 se detalla los factores que influyen directamente en la frecuencia de muestreo.



Figura 2.5 Factores que inciden en la frecuencia de muestreo.

El medio donde se desarrollarán los diferentes modos de conducción son en carreteras totalmente asfaltadas de primer orden.



Si al analizar la muestra se evidencia una tendencia rápida de desgaste, es importante realizar un muestreo más frecuente, esto con el fin de determinar el punto exacto donde se producen estas anomalías.

Una vez analizados todos los factores anteriormente mencionados, se determinó que el muestreo ideal está en el rango de los 300 km por muestra



Capítulo 3

**MONITORIZACIÓN DEL ACEITE
LUBRICANTE.**

3.1 Comprobación y validación del régimen de giro.

Uno de los puntos claves que determinan la veracidad y éxito de las muestras de aceite obtenidas a lo largo de las pruebas en modos de conducción es el régimen de giro que se mantuvo en el vehículo.

Como ya se mencionó en los capítulos anteriores se ha trabajado con dos modos de conducción, los cuales, conllevan una serie de características únicas entre sí. A continuación, se muestra el análisis del régimen de revoluciones del motor realizadas en Matlab.



3.1.1 Régimen de giro en la conducción eficiente.

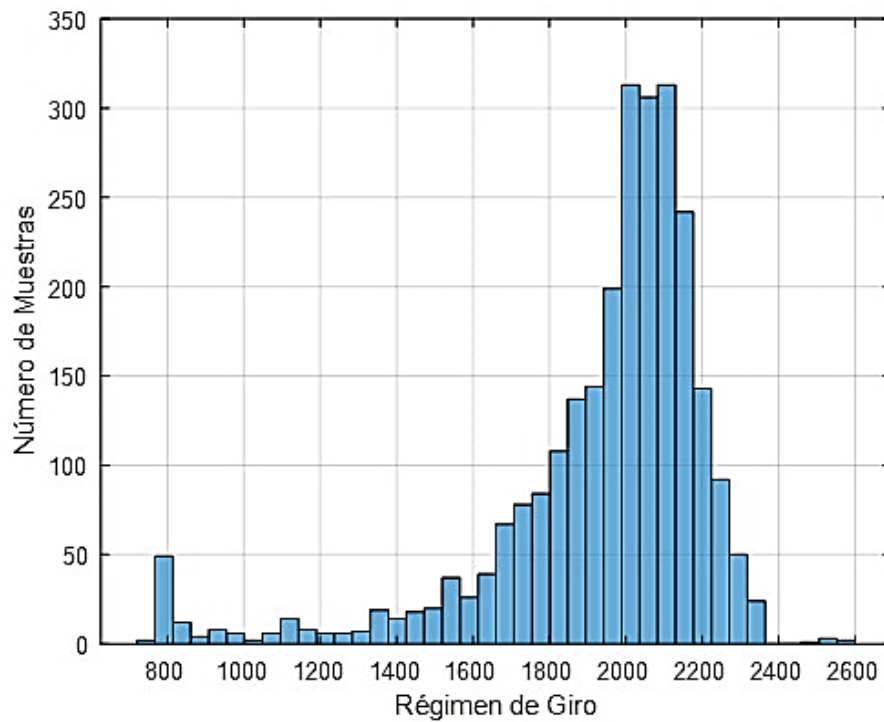


Figura 3.1 Régimen de giro en la conducción eficiente.

En la figura 3.1 se observa el régimen de revoluciones que se mantuvo en el automóvil, en el cual se evidencia que se respetó los límites establecidos que caracterizan este modo de conducción, al realizar los cambios de marcha en el rango de las 2000 a 2500 RPM [24], con lo cual se garantiza la veracidad de las muestras obtenidas en el modo de conducción eficiente.

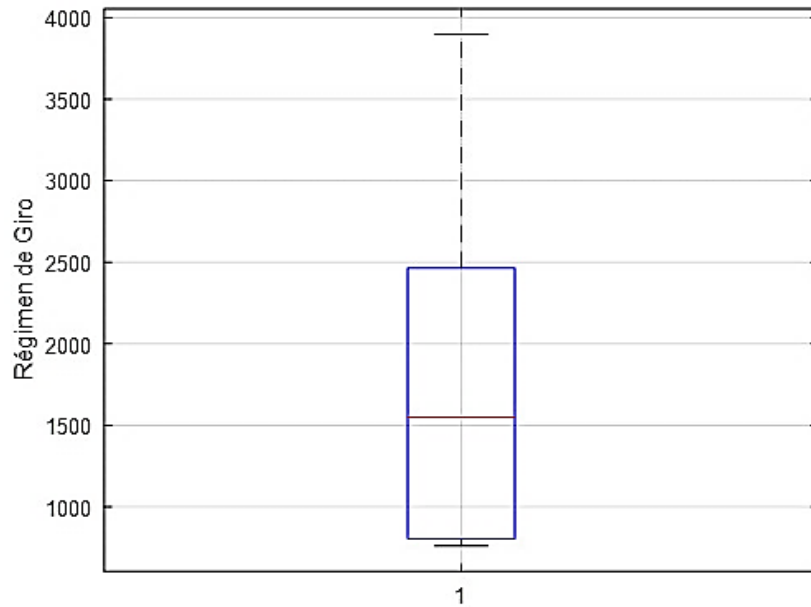


Figura 3.2 Promedio de revoluciones en la conducción eficiente.

En la figura 3.2 se evidencia el promedio de revoluciones obtenidas en el modo de conducción eficiente, las mismas que se encuentran alrededor de las 1600 rpm, de igual manera como límite superior se obtuvo un máximo de 2400 rpm y como límite inferior las 700 rpm o régimen de ralentí.

3.1.2 Régimen de giro en la conducción sport.

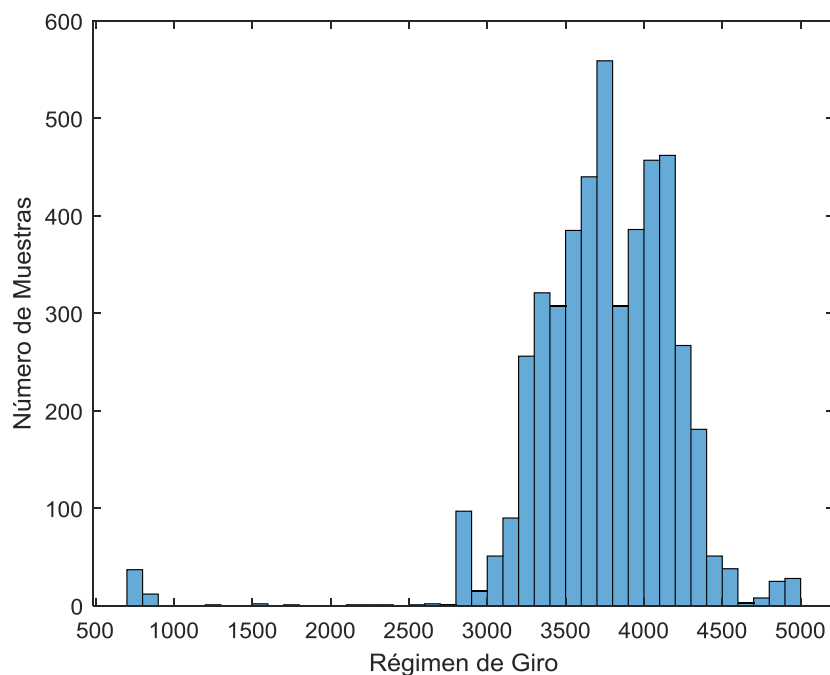


Figura 3.3 Régimen de giro en la conducción sport.



En la figura 3.3 se muestra el régimen de revoluciones mantenidas en el vehículo a lo largo del muestreo, donde, realizar el cambio de marcha sobre los 2500 rpm era el principal objetivo para validar las muestras obtenidas.

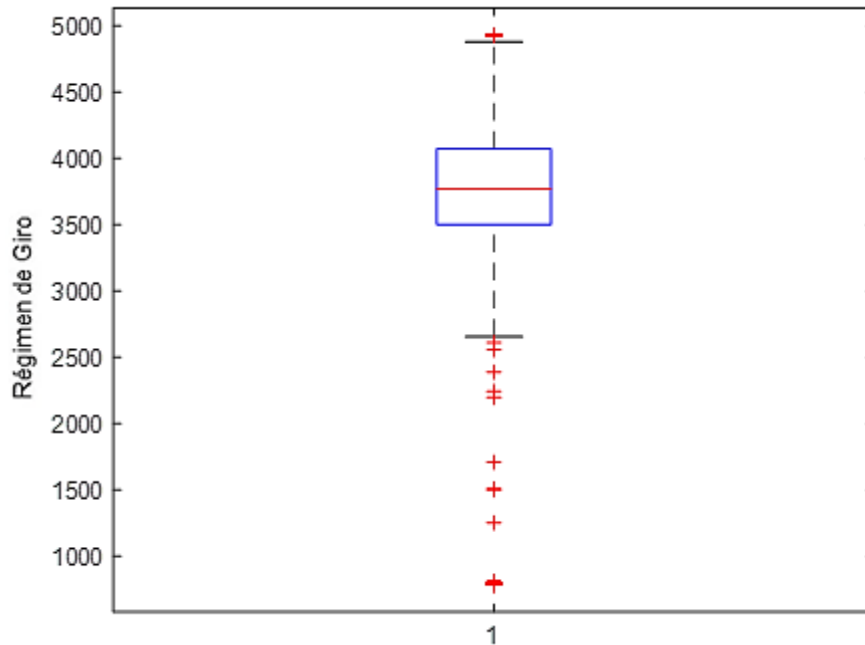


Figura 3.4 Promedio de revoluciones en la conducción sport.

A su vez, el promedio de las revoluciones obtenidas en este modo de conducción fue de 3800 rpm, se determina como límite superior un valor máximo de 4300 rpm y un límite inferior de 3550 rpm tal como se observa en la figura 3.4

3.2 El conteo de partículas.

Este tipo de análisis que se realiza al lubricante es el principal test utilizado para el estudio del aceite usado en MCI [61]. La máquina utilizada para este tipo de análisis es el contador de partículas óptico automático (ISO 11500), como se muestra en la figura 3.5, donde, al pasar las partículas por la luz blanca emiten una sombra que capta la máquina traduciéndose este a un valor de voltaje directamente proporcional a la dimensión de la partícula.

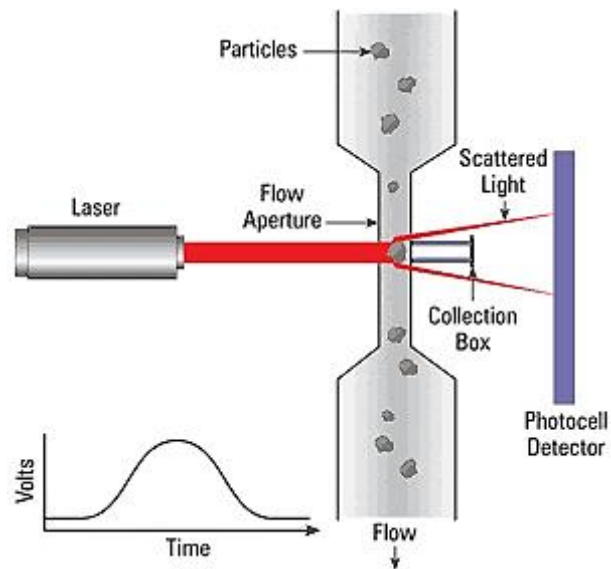


Figura 3.5 Sistema de conteo de partículas.

3.3 Contador de partículas óptico automático - YS 150.

El contador de partículas YJS-150 funciona según el principio de extinción de la luz (o bloqueo de la luz) y se utiliza para detectar el tamaño y la cantidad de partículas sólidas en el lubricante. En la tabla 3.1 se observa las características más importantes del contador de partículas óptico YSJ – 150.

Tabla 3.1 Características principales del contador de partículas óptico automático YS – 150.

Fuente: Autor.

Sensor.	De alta precisión y resolución.
Sistema de muestreo.	Gran exactitud, permite una velocidad constante para la alimentación de la muestra y un control sobre el volumen de la muestra.
Camino.	8 opciones configurables.
Impresora.	Incluida.

De igual manera, en la tabla 3.2 se muestra la ficha técnica del contador de partículas óptico YSJ – 150.



Tabla 3.2 Ficha técnica del contador de partículas óptico automático YS – 150.

Fuente: Autor.

Fuente de luz.	Láser semiconductor.
Rango de medición.	1 – 100 μm .
Sensibilidad.	1 μm (ISO 11500) o 4 μm (ISO11171).
Medición de rutas.	8 rutas con tamaño de partícula configurable entre 1 y 100 μm .
Velocidad de detección.	20 ml / min.
Rate Caudal para limpieza.	5 - 35 ml / min
Volumen para limpieza.	configurable entre 0 y 90 ml (con intervalo de 1 ml)
Exactitud de conteo.	$\pm 10\%$.
Fuente de alimentación.	100 - 220V (AC) conectado al adaptador de corriente o batería de litio externa o 24V 5A (DC).
Temperatura de trabajo.	-20 °C- 60 °C
Temperatura de almacenamiento.	-30 °C- 80 °C
Temperatura de muestra.	0 °C ~ 80 °C
Volumen.	300x260x250mm.
Peso neto.	5kg.

3.4 Establecimiento de límites.

Con los resultados adquiridos del contador de partículas se realiza un análisis mediante la aplicación de límites estadísticos. Para encontrar estos límites, se determina una desviación estándar con lo cual se analizará qué tan dispersos se encuentran nuestros datos con respecto a la media.



Figura 3.6 Límites de envejecimiento.

Mediante la figura 3.6 se denota que, tanto los aditivos como la viscosidad del lubricante tienen una vida útil que depende del kilometraje al que fue expuesto dentro del motor, el correcto análisis de aceite va a depender directamente del establecimiento



de los límites apropiados al caso de estudio, es decir, los límites ayudaran a determinar una condición de alerta y una condición crítica al momento de interpretar los datos del conteo de partículas, para que de esta manera se logre encontrar una línea de tendencia de envejecimiento del lubricante con el fin de realizar una acción necesaria que garantice una apropiada vida útil del MCI [62].

3.5 Interpretación de datos del contador de partículas.

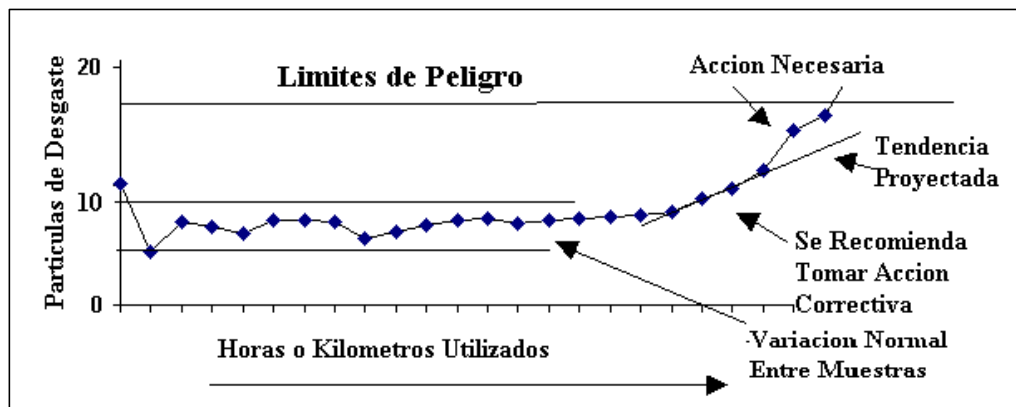


Figura 3.7 Análisis de la información del conteo de partículas.

Mediante la figura 3.7 se observa cómo se intensifica la severidad y el tamaño de las partículas según mas alto sea el kilometraje o recorrido que realiza el automóvil, donde, si no es controlada a tiempo generara un descenso de la vida útil del MCI que condiciona la confiabilidad de la unidad de potencia.

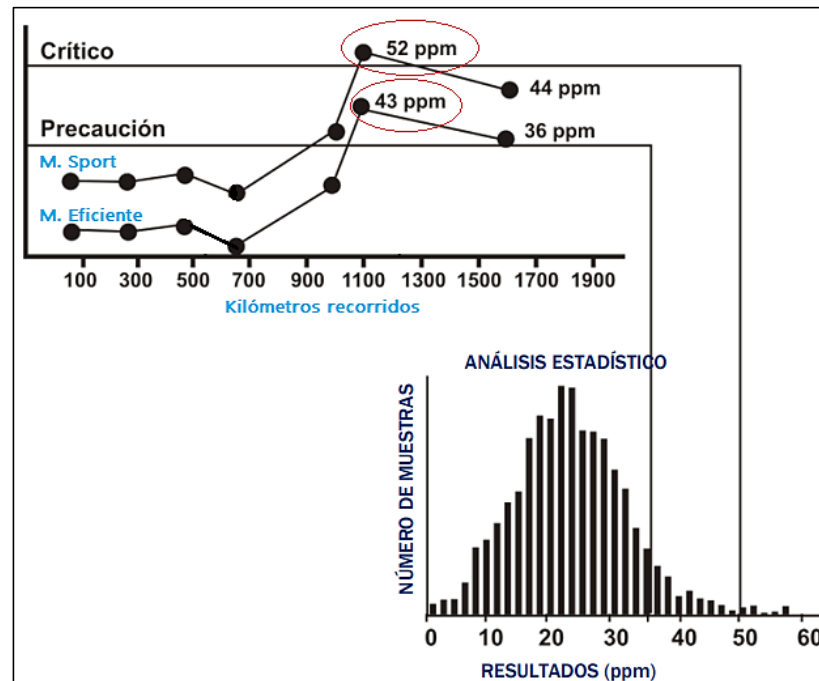


Figura 3.8 Análisis en la tendencia de desgaste.

Como ejemplo se analizará la figura 3.8, donde, al enfocarse en los límites establecidos claramente se observa que tanto el modo de conducción eficiente y sport superan el límite de precaución, pero únicamente el modo de conducción sport sobrepasa el límite crítico, esto debido a que presenta una cantidad mayor de ppm con un tamaño superior de $50\mu\text{m}$ que genera un desgaste abrasivo dentro del MCIA a pesar que ambas muestras fueron extraídas en el mismo kilometraje.

Finalmente, el tamaño de la partícula es el principal indicativo de su capacidad de daño dentro del MCIA, según se evidencia en la figura 3.9 [62].

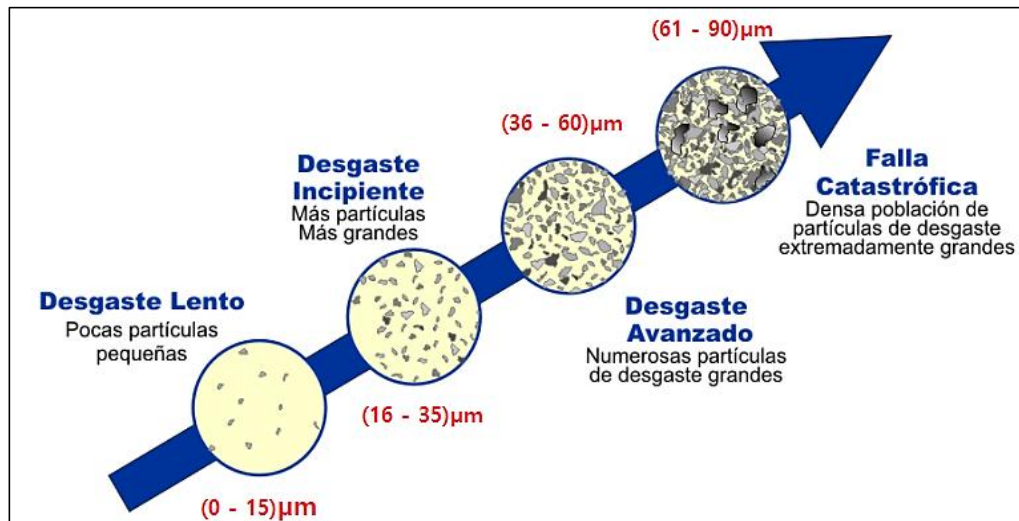


Figura 3.9 El tamaño de las partículas.

Las partículas de desgaste lento son caracterizadas como inofensivas, se dan por el roce y exfoliación normal entre el lubricante y los elementos internos del MCI y van desde el rango de las $0\mu\text{m} - 15\mu\text{m}$, por otra parte, las partículas de desgaste incipiente o inicial que van del rango de las $15\mu\text{m} - 35\mu\text{m}$ y son generadas por la unión de partículas más pequeñas o por la abrasión de elementos giratorios dentro de la unidad de potencia. Estas partículas ya son consideradas como un peligro latente dentro del sistema de lubricación, debido a que, si son expuestas a altas temperaturas y esfuerzos prolongados tienen la capacidad de romper la película de lubricante lo cual incrementa las pérdidas de energía por fricción [63][64].

Sin duda las partículas de desgaste avanzado que van del rango de las $36\mu\text{m} - 60\mu\text{m}$ son consideradas de alto riesgo ya que algunas de ellas son el producto de la abrasión excesiva por cargas o velocidades muy altas.

3.6 El conteo de partículas en la conducción eficiente y sport.

Con la información obtenida en cada modo de conducción se realizará una comparativa entre ellos con el fin de determinar cuál es el modo que degrada en menor tiempo la vida útil del lubricante.

A su vez, como ya se mencionó para cada modo de conducción las condiciones fueron similares, así como también, se controló la mayor cantidad de variables de entrada posibles con el fin de que los datos obtenidos sean los más reales y fiables.



3.6.1 Análisis a 1 µm.

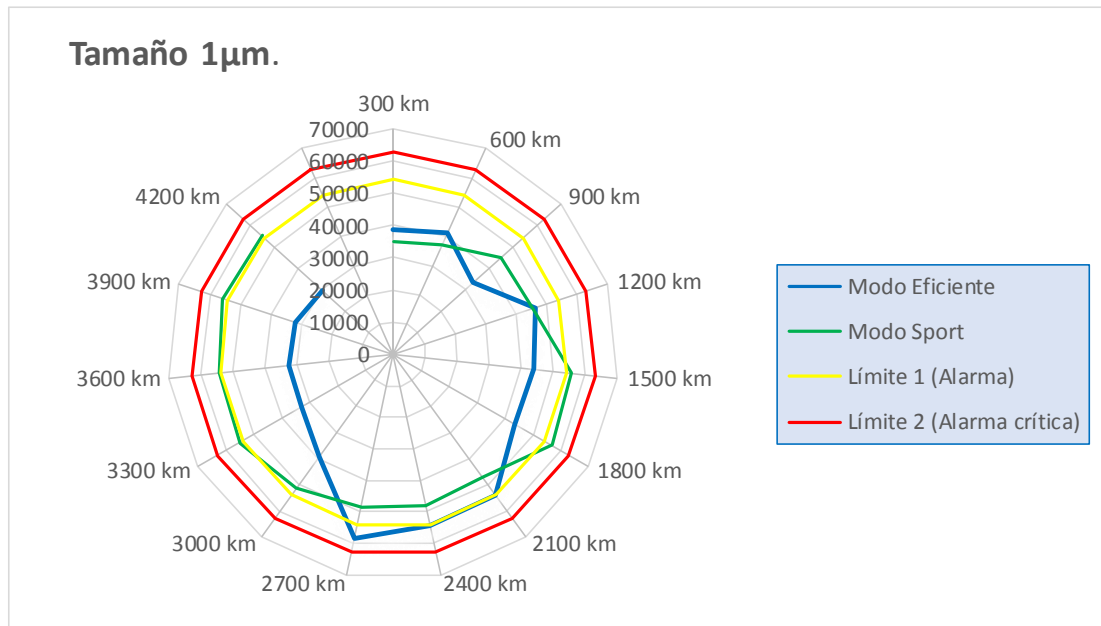


Figura 3.10 Conteo de partículas con un tamaño de 1 µm.

	PPM	Eficiente	Sport	Proceso desgaste partícula
Límite 1	54103,84	Sobrepasa	Sobrepasa	LENTO
Límite 2	62871,76	-	-	

En la figura 3.10 se observa la diferencia entre los modos de conducción según su conteo de partículas a 1 µm., es evidente que tanto el modo de conducción eficiente y sport pasan el primer límite, pero su tamaño de partícula no representa amenaza ya que es de desgaste lento, es decir, mientras más pequeño el tamaño de la partícula este no mostrara mayor peligro a la degradación del lubricante.



3.6.2 Análisis a 5 μm .

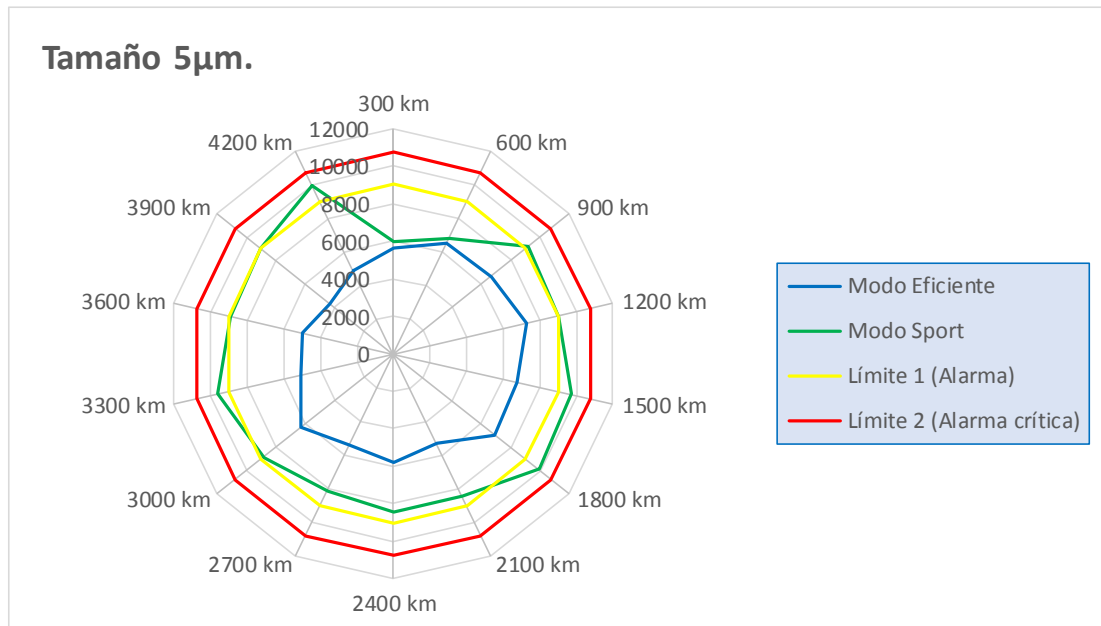


Figura 3.11 Conteo de partículas con un tamaño de 5 μm .

	PPM	Eficiente	Sport	Proceso desgaste partícula
Límite 1	9015,45	-	Sobrepasa	LENTO
Límite 2	10746,98	-	-	

En la figura 3.11 se observa la comparación entre los modos de conducción según su conteo de partículas a 5 μm ., se evidencia que el modo de conducción eficiente se mantiene bajo el límite de alarma, sin embargo, la conducción sport presenta mayor afluencia sobre el límite de alarma en casi todo su recorrido, lo que denota un alto crecimiento de las partículas una vez superada la barrera de los 900 km, pero sigue considerada de desgaste lento. Estas partículas son generadas principalmente por el trabajo que realiza dentro del MCI, donde, el lubricante al ser expuesto a altas temperaturas, esfuerzos y movimientos repetitivos comienza un proceso de degradación con el cual aparecen las llamadas partículas de desgaste. Por otra parte, el aceite al circular por los diferentes elementos internos de la unidad de potencia arrastra consigo contaminantes que pueden ser de origen mineral (partículas de tierra), vegetal (pintura) y metálicos (resultado del desgaste de piezas de fundición) [65].



3.6.3 Análisis a 10 µm.

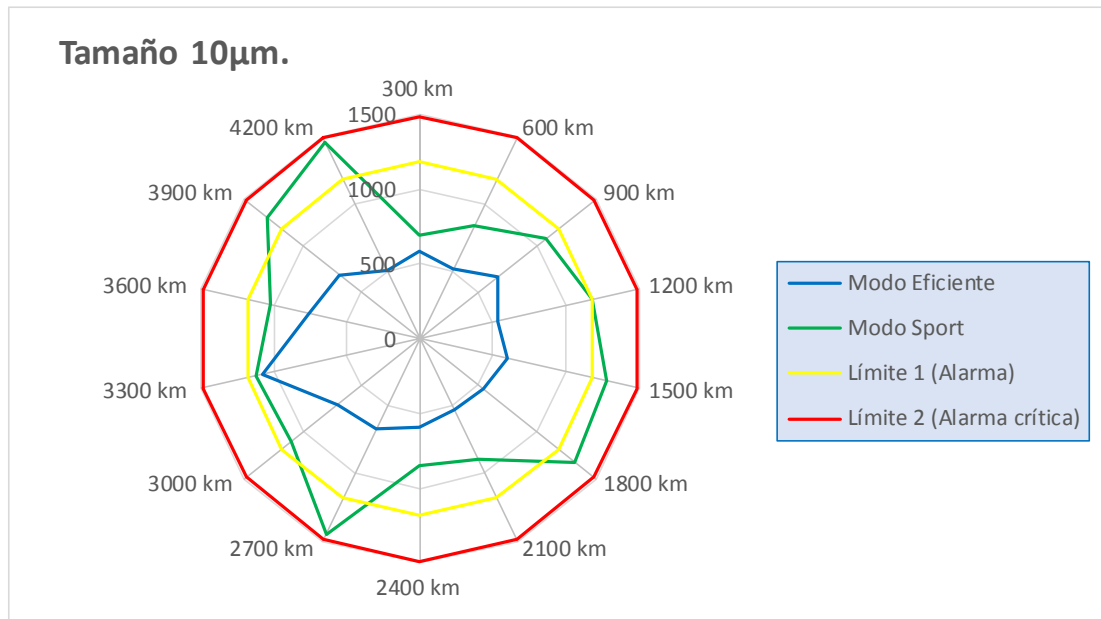


Figura 3.12 Conteo de partículas con un tamaño de 10 µm.

	PPM	Eficiente	Sport	Proceso desgaste partícula
Límite 1	1181,27	-	Sobrepasa	LENTO
Límite 2	1485,10	-	-	

En la figura 3.12 se observa la diferencia entre los modos de conducción según su conteo de partículas a 10 µm., se evidencia que el modo de conducción eficiente se mantiene adentro del límite de alarma, no obstante, se puede observar que los valores de conducción sport superan en gran parte del recorrido al límite de alarma e inclusive se acercan varias veces al límite de alarma crítica, esto debido al esfuerzo y altas temperaturas que propician la creación de una mayor cantidad ppm, por lo que ya son consideradas como una amenaza a largo plazo.



3.6.4 Análisis a 15 µm.

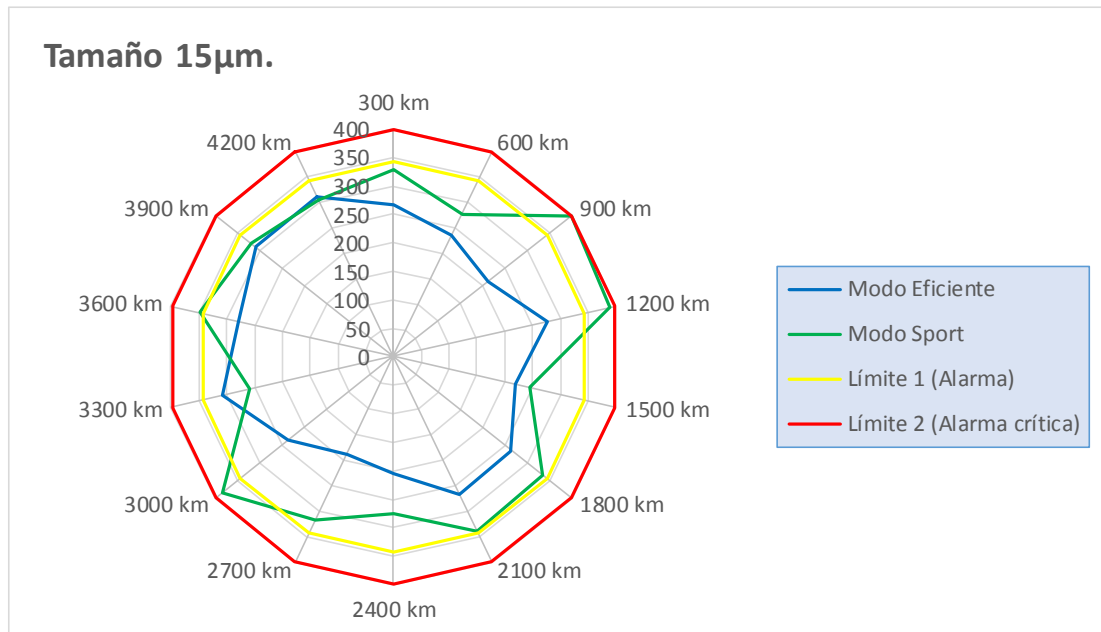


Figura 3.13 Conteo de partículas con un tamaño de 15 µm.

	PPM	Eficiente	Sport	Proceso desgaste partícula
Límite 1	343,39	-	Sobrepasa	LENTO
Límite 2	397,56	-	Sobrepasa	

En la figura 3.13 se observa los resultados entre los modos de conducción según su conteo de partículas a 15 µm., se evidencia que el modo de conducción eficiente se mantiene adentro del límite de alarma, sin embargo, los valores de conducción sport sobrepasan el límite de alarma crítica anticipadamente a los 900 km de recorrido, no obstante, al estar consideradas en desgaste lento por el tamaño de partículas, se puede considerar como el comienzo de una degradación acelerada en el lubricante en este modo de conducción.



3.6.5 Análisis a 20 µm.

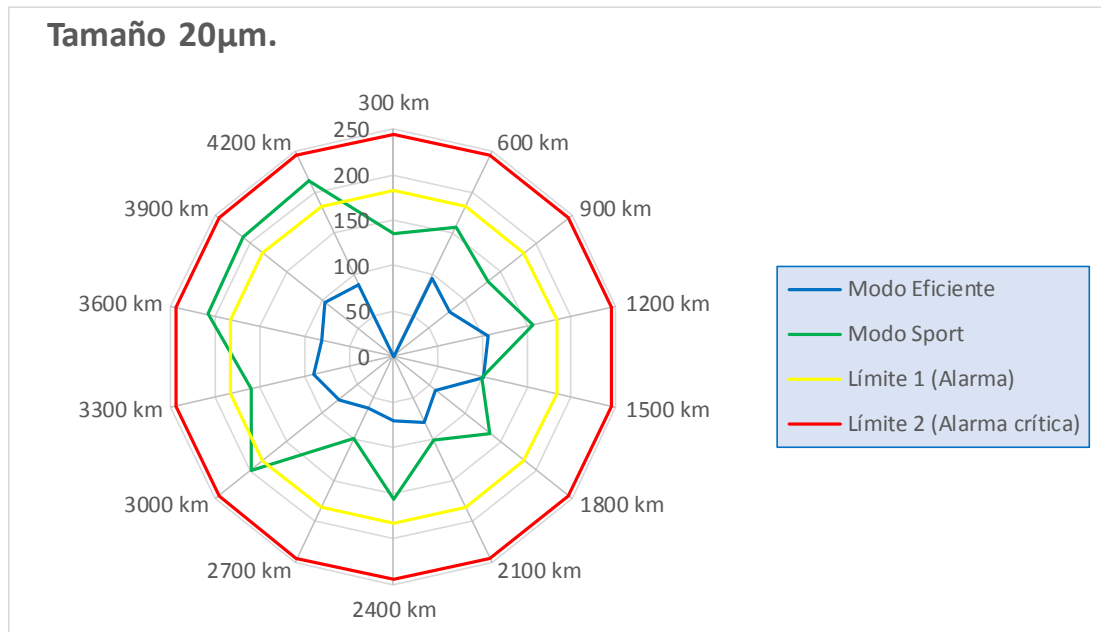


Figura 3.14 Conteo de partículas con un tamaño de 20 µm.

	PPM	Eficiente	Sport	Proceso desgaste partícula
Límite 1	183,00	-	Sobrepasa	INCIPIENTE
Límite 2	244,75	-	-	

En la figura 3.14 se muestra la comparativa entre los modos de conducción según su conteo de partículas a 20 µm, considerado como desgaste incipiente, se evidencia que existe menor dispersión de partículas en la conducción eficiente muy por debajo del primer límite de alarma, caso contrario ocurre en la conducción sport, donde, a partir de los 3000 km empieza un desgaste continuo que estaría considerado como una amenaza tangible hacia el lubricante.



3.6.6 Análisis a 30 μm .

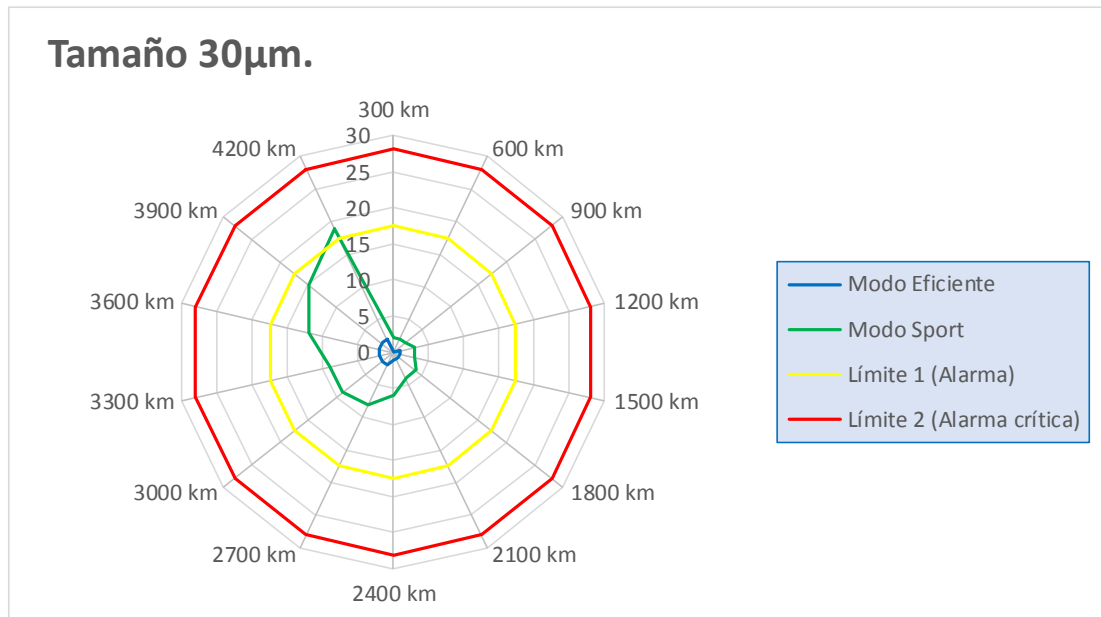


Figura 3.15 Conteo de partículas con un tamaño de 30 μm .

	PPM	Eficiente	Sport	Proceso desgaste partícula
Límite 1	17,40	-	Sobrepasa	INCIPIENTE
Límite 2	28,05	-	-	

En la figura 3.15 se evidencia los diferentes resultados entre los modos de conducción según su conteo de partículas a 30 μm , donde, se evidencia que existe una agrupación muy pequeña o parcialmente nula de las partículas en el modo de conducción eficiente, esto quiere decir que el aceite mantiene la cantidad de partículas de 30 μm a lo largo de su vida útil.

Sin embargo existe mayor dispersión en el modo de conducción sport, se obtiene un punto crítico que sobrepasa el límite de alarma, esto acción ocasiona un desgaste avanzado del lubricante.



3.6.7 Análisis a 50 µm.

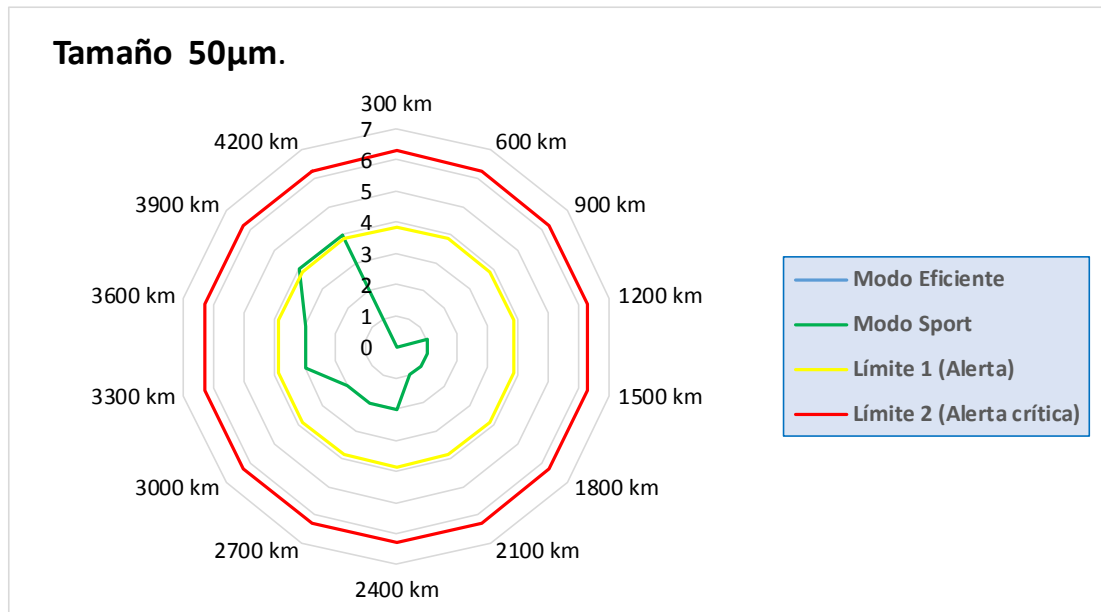


Figura 3.16 Conteo de partículas con un tamaño de 50 µm.

	PPM	Eficiente	Sport	Proceso desgaste partícula
Límite 1	3,86	-	Sobrepasa	AVANZADO
Límite 2	6,28	-	-	

En la figura 3.16 se observa las distinciones entre los modos de conducción según su conteo de partículas a 50 µm, esta vez la partícula es considerada de desgaste avanzado, se observa que no existe presencia de partículas en la conducción eficiente, sin embargo, la conducción sport excede los límites de alarma lo cual ocasiona un alarmante deterioro de las propiedades del lubricante una vez llegado a los 3900 km.



3.6.8 Análisis a los 300 km.

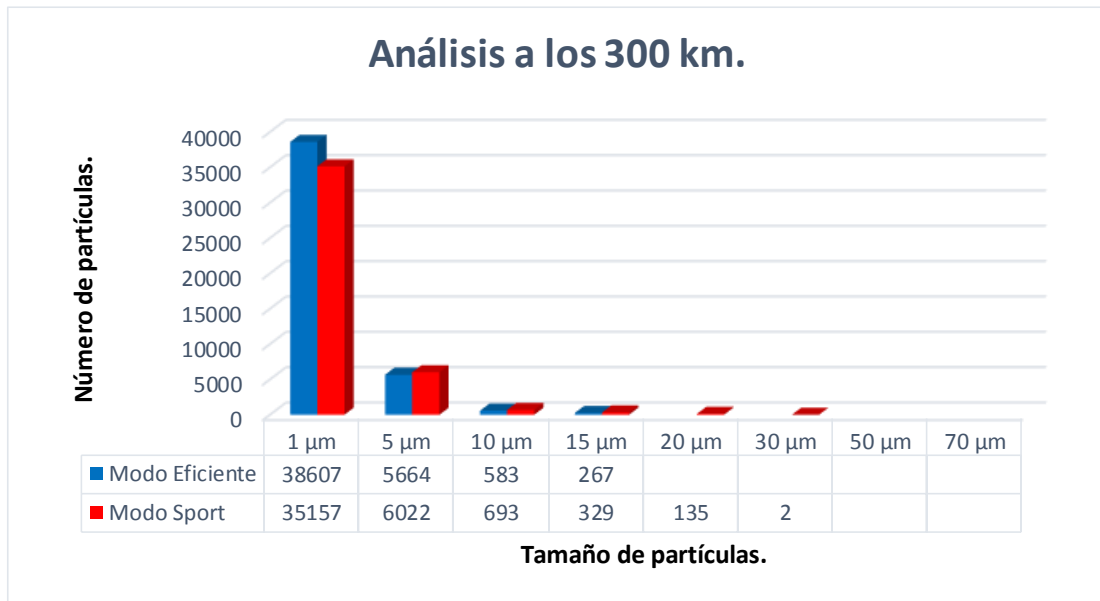


Figura 3.17 Conteo de partículas a los 300 km.

Según se observa en la figura 3.17 una vez llegado a los 300 km de recorrido la conducción eficiente presenta mayor aglomeración de partículas de 1 μm con respecto a la conducción sport, pero según avanza el kilometraje el número de partículas descende y su tamaño aumenta.

3.6.9 Análisis a los 1200 km.

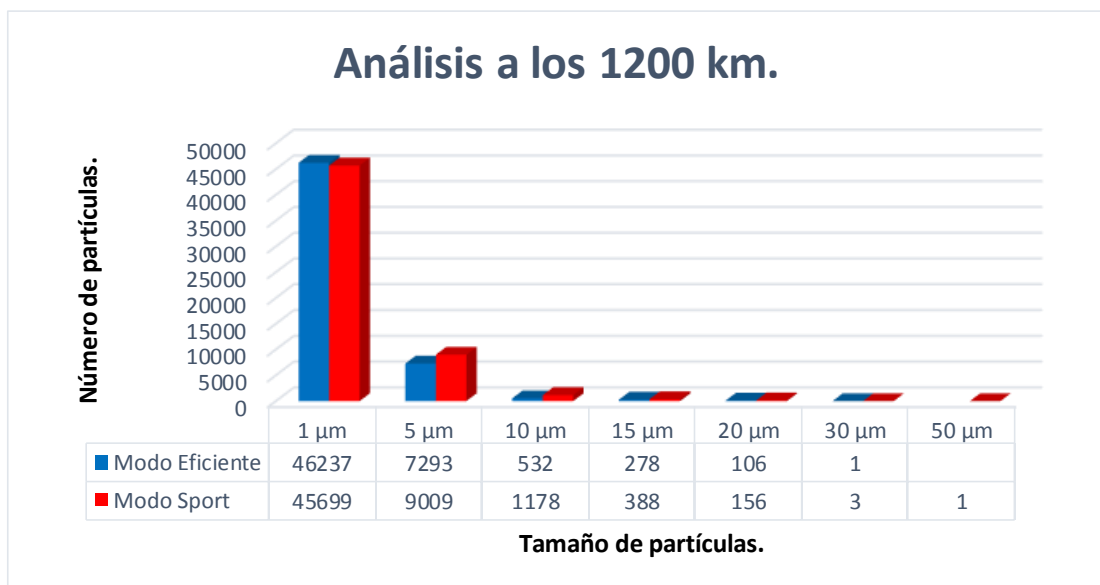


Figura 3.18 Conteo de partículas a los 1200 km.



En la figura 3.18 se evidencia en la conducción sport el incremento de partículas de 1 μm que llegan casi al punto de igualarse una vez pasados los 1200 km, a pesar de ello, se denota un incremento anormal en las partículas de mayor tamaño debido a la unión de partículas pequeñas producto de esfuerzos y cargas elevadas, en respuesta a estas condiciones dan sus primeras apariciones las partículas de desgaste avanzado de 30 μm .

3.6.10 Análisis a los 2100 km.

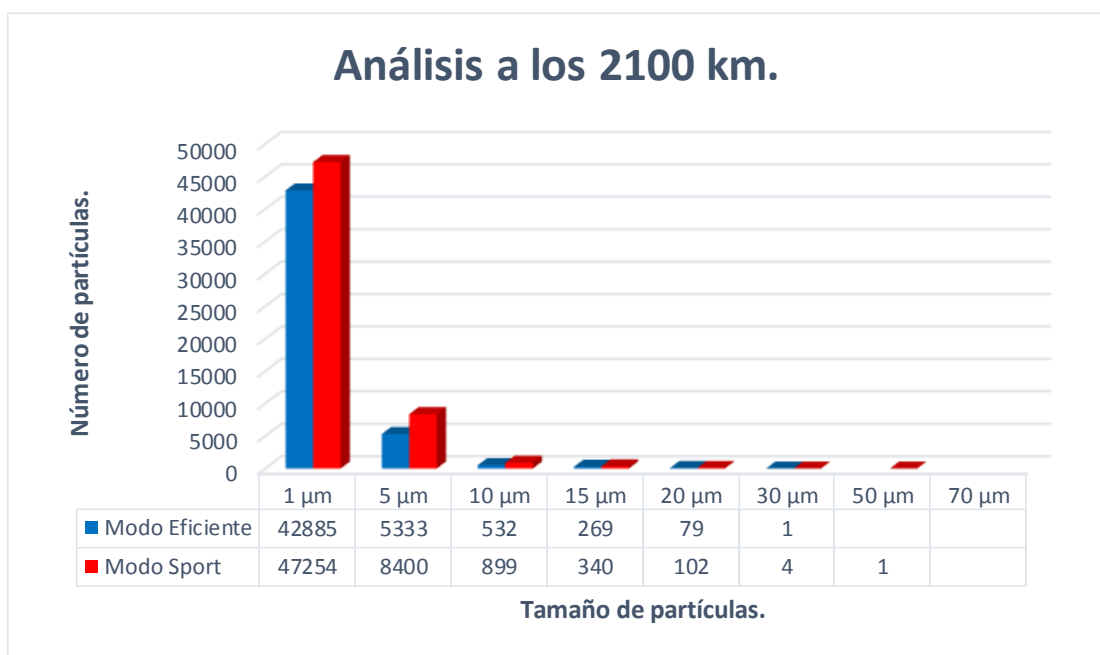


Figura 3.19 Conteo de partículas a los 2100 km.

Mediante la figura 3.19 se aprecia que al llegar a los 2100 km en la conducción sport se presenta un incremento abrupto de las partículas de 1,5,10,15 y 20 μm respectivamente, lo que se traduce en una contaminación exponencial del lubricante, caso contrario ocurre en la conducción eficiente, donde esta mantiene un número de material particulado bajo y casi nulo a partir de las 30 μm .



3.6.11 Análisis a los 3000 km.

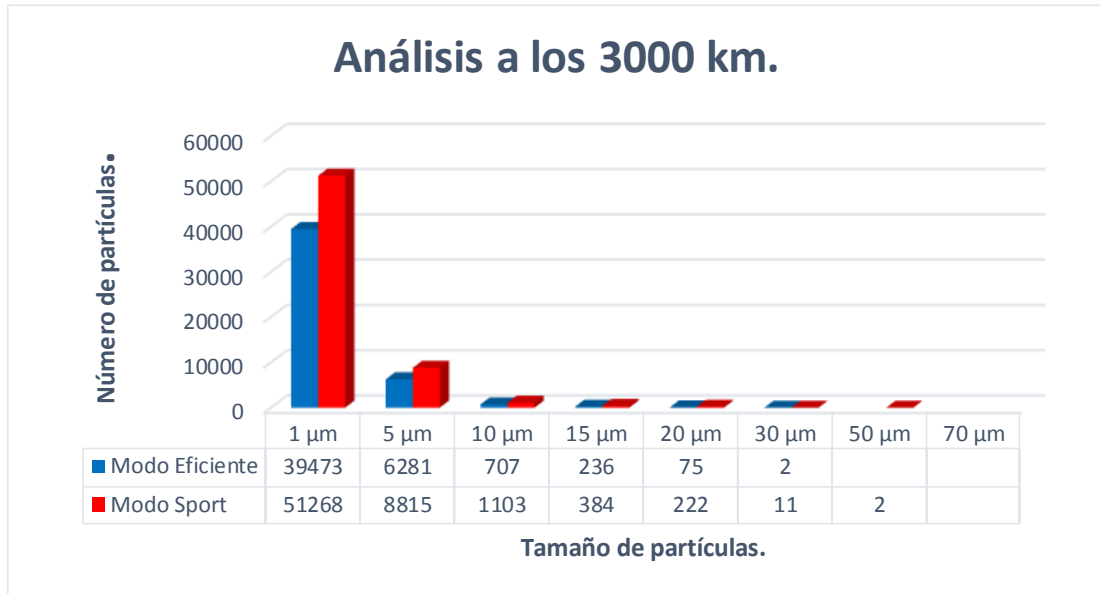


Figura 3.20 Conteo de partículas a los 3000 km.

Como se observa en la figura 3.20 a los 3000 km la conducción sport presenta un incremento del 50% en las partículas de desgaste incipiente como es el caso de las de 20 μm , mientras que en la conducción eficiente la cantidad de partículas no presenta variaciones significativas al compararlas con las que tenía a los 2100 km.

3.6.12 Análisis a los 4200 km.



Figura 3.21 Conteo de partículas a los 4200 km.



Finalmente, en la figura 3.21 se aprecia que en la conducción sport una vez llegado a los 4200 km las partículas de 1, 5 y 10 μm muestran un incremento de casi el doble en relación a las partículas de conducción eficiente. Por otro lado, las partículas de 30 y 50 μm en la conducción sport son una amenaza latente puesto que son caracterizadas como de desgaste avanzado lo cual producirá daños a largo plazo dentro del MCI debido al deterioro de las propiedades del lubricante, donde las partículas llegan a romper fácilmente la película de aceite se produce una abrasión excesiva que condiciona el normal funcionamiento de la unidad de potencia y disminuye su vida útil de manera muy precipitada [64][66].



Capítulo 4

CONCLUSIONES.

Completado el análisis de la influencia de la conducción eficiente y sport en la degradación del lubricante de un MCI mediante la monitorización del aceite, se llegó a la conclusión de que, una conducción sport o dinámica lleva consigo un deterioro acelerado del lubricante, dado que al ser expuesto a altas temperaturas, cargas y esfuerzos prolongados el aceite comienza su proceso de degradación de manera muy precipitada, debido a la gran cantidad de material particulado principalmente de un tamaño superior al de las 15 μ m, el cual es responsable de romper fácilmente la película de aceite que separa las superficies metálicas en movimiento, produciéndose de esta forma el contacto directo entre metales.

Estas partículas son generadas en su mayoría por la abrasión de los elementos giratorios del MCIA, descomposición térmica del aceite al ser llevado sobre el rango de temperatura recomendado y por la unión de partículas más pequeñas de aceite.

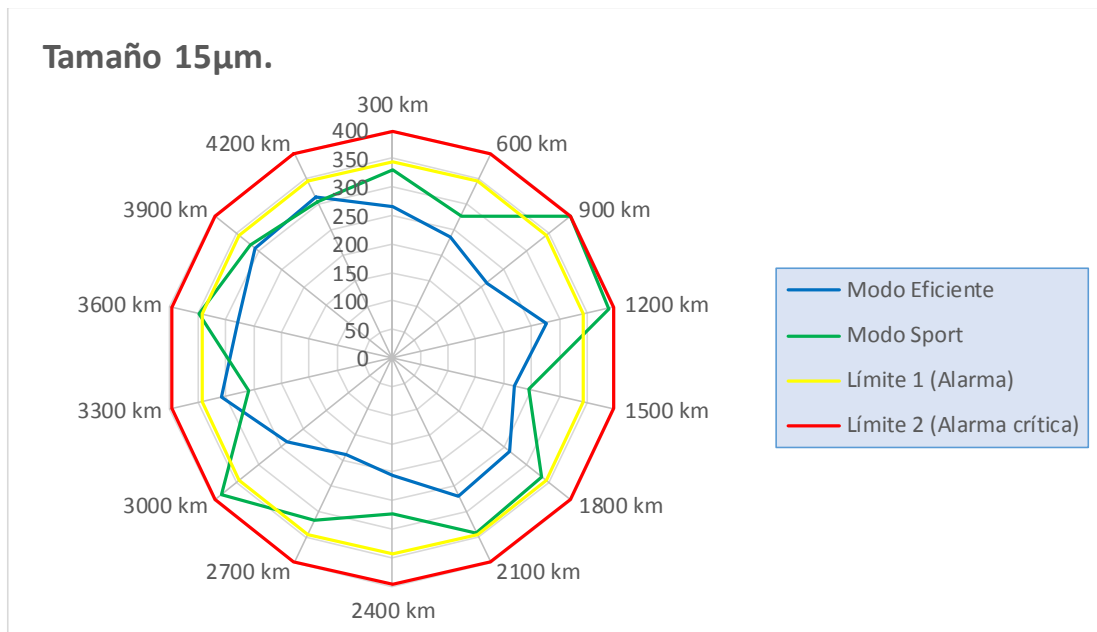


Figura 4.1 Comparativa de la conducción sport vs la conducción eficiente.

Las desventajas de este tipo de conducción dinámica repercuten directamente en el lubricante, pues, uno de los principales tipos de desgaste prematuro del aceite es el micro-dieseling, el cual hace que el aceite que rodea las paredes del cilindro se descomponga térmicamente lo que genera productos carbonosos y la degradación acelerada del lubricante tal como se muestra en la figura 4.1, donde, anticipadamente en el lubricante una vez llegado a los 900 km la conducción sport presenta gran cantidad de material particulado que llegan a sobrepasar el límite crítico, caso contrario sucede en la conducción eficiente, la cual se mantiene todo el recorrido bajo el primer límite o alarma.

Por otro lado, adoptar una conducción eficiente conlleva varias ventajas como lo son el aumento del confort, menor consumo de combustible, disminución de costos de mantenimiento y sin dudas un coteo de material particulado en el lubricante mucho menor que el de la conducción sport, lo que garantiza una degradación normal del lubricante a lo largo de su vida útil dentro del MCIA.



BIBLIOGRAFÍA.

- [1] V. Yepes, J. Martí, F. González-Vidosa y J. Alcalá, **MAQUINARIA AUXILIAR Y EQUIPOS DE ELEVACIÓN**, Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2012.
- [2] J. G. J. L. R. Escudero Secundino, **MOTORES**, Madrid, 2009.
- [3] MENNA, «COMOFUNCIONA,» 19 Octubre 2018. [En línea]. Available: <http://comofunciona.co/el-ciclo-otto/>.
- [4] F. Martínez Pérez, **Tribología Integral / Francisco Martínez Pérez.**, México DF: Limusa, 2011.
- [5] D. Clavero, «DIARIOMOTOR,» 2 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.diariomotor.com>.
- [6] B. Tormos, **DIAGNÓSTICO DE MOTORES DIESEL MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL ACEITE USADO**, Valencia: Reverté, 2005.
- [7] T. d. Servicios, «TECNICA DE SERVICIOS,» 8 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.tecnicadeservicios.com/2017/12/aditivos-lubricantes-tipos-moc-salvador/>.
- [8] A. A. Chaves, **MAQUINARIA Y MECANIZACIÓN AGRÍCOLA**, San José: EUNED, 2004.
- [9] M. Á. P. Bello, **TECNOLOGÍA DE LOS MOTORES**, 3ra Edición, España: S.L. CIE INVERSIONES, 2011.
- [10] F. Clásicos, «FIERROSLASICOS.COM,» 9 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://fierroslasicos.com>.
- [11] A. Granell, «RO-DES,» 4 Enero 2016. [En línea]. Available: <https://www.ro-des.com/mecanica/como-detectar-averias-en-bomba-de-aceite/>.
- [12] A. Martínez, **MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**, Sant Celoni: IES Baix Montseny, 2007.



- [13] R. R. Amengual Matas y J. P. Saiz González, TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS DE LAS MÁQUINAS TÉRMICAS E INDUSTRIA DEL MOTOR EN ESPAÑA, Madrid, 2007.
- [14] J. M. Alonso Pérez, MOTORES, 1ra. Edición. ed., M. J. L. Raso, Ed., Madrid: Ediciones Paraninfo, SA., 2013.
- [15] R. R. Amengual Matas, BIELAS Y ALABES, Madrid: Oficina Española de Patentes y Marcas, 2008.
- [16] O. Linares, FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACIÓN, FRICCIÓN Y DESGASTE, Santa Cruz: Widman International, 2019.
- [17] G. Morales Espejel y A. Félix Quiñones, LUBRICACIÓN ELASTOHIDRODINÁMICA DE SUPERFICIES SUGOSAS, Monterrey, 2000.
- [18] M. Robador, TECNOLOGÍA DE LAS SUPERFICIES., 2015.
- [19] H. Gil, SISTEMAS DE INYECCIÓN DE GASOLINA, Barcelona: CEAC, S.A., 2002.
- [20] F. Payri González y J. Martín Díaz, MOTORES ALTERNATIVOS, México D.F.: LIMUSA S.A., 2013.
- [21] M. Lapuerta y J. J. Hernández, MOTORES DE COMBUSTION INTERNA: COMBUSTIBLES., Barcelona: Reverté S.A, 2011.
- [22] F. Esparza, FUEGO O COMBUSTIÓN, Navarra, 2015.
- [23] R. Widman, «Widman International SRL,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.widman.biz/boletines/128.html>.
- [24] L. Viteri B y J. Jaramillo H, *ANÁLISIS DE LA DEGRADACION DE ACEITES LUBRICANTES Y PROPUESTA DE PLANES DE MEJORA PARA EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO PESADO DEL ILUSTRE MUNICIPIO DEL CANTÓN ARCHIDONA*, Riobamba, Chimborazo, 2011.
- [25] F. Saldivia, «APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO. CASO ESTUDIO: ANÁLISIS DE ACEITE USADO EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA,» Cancún, 2013.
- [26] Bosch, «MANUAL DE LA TÉCNICA DEL AUTOMÓVIL,» Alemania, 2005.
- [27] INEN, «NTEINEN 2204:2002. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDOS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES A GASOLINA,» Quito, 2002.
- [28] c. Español, «automotriz.mobi,» marzo 2016. [En línea]. Available: <http://www.automotriz.mobi/coches/Reparaciones/diagnosing-car-problems/68372.html>.



- [29] Jaime Fernando Antamba Guasgua, Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1 utilizando gasolina de la Comunidad Andina, Quito: Universidad internacional del Ecuador, 2016.
- [30] Tob, «Take off briefing,» 25 Marzo 2013. [En línea]. Available: <http://www.takeoffbriefing.com/todo-sobre-la-mezc-la-airecombustible/>.
- [31] S. G. Noriega Cordova, Estudio tribológico en función de la temperatura utilizando aditivos no sólidos, Quito: UIDE, 2018.
- [32] R. Salomón, ETANOL, COMBUSTIBLE ALTERNATIVO, Cuba, 2017.
- [33] A. Rovira de Antonio y M. Muñoz Domínguez, MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, Madrid: UNED, 2015.
- [34] M. Lapuerta y R. Ballesteros, EMISIONES CONTAMINANTES, Valencia: Reverté, 2011.
- [35] R. Stone, INTRODUCTION TO INTERNAL COMBUSTION ENGINES, Pennsylvania: SAE International, 2012.
- [36] R. Van Basshuysen y F. Schäfer, INTERNAL COMBUSTION ENGINE, Warrendale: SAE International, 2004.
- [37] J. A. Álvarez Flórez y I. Callejón Agramunt, MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTION INTERNA., Catalunya: UPC, 2005.
- [38] Y. De Vita, «ADITIVOS PARA LUBRICANTES PARA MOTORES A GASOLINA,» Universidad de los Andes, Mérida, 1995.
- [39] A. Caines y R. Haycock, AUTOMOTIVE LUBRICANTS REFERENCE BOOK, Pennsylvania: SAE International, 1996.
- [40] J. Shigley, DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA, MacGraw-Hill, 2002.
- [41] L. L. Beranek y I. L. Vér, Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1992.
- [42] P. F. Pereira, Manual de acústica, ruido y vibraciones, Barcelona, 1990.
- [43] V. Macián; J. L. Peidró; B. Tormos; P. C. Olmeda, Mantenimiento de motores diésel, Valencia: Editorial UPV D.L., 2002.
- [44] Mónico Muñoz, LF., Contribución al estudio del ruido de combustión en conceptos avanzados de combustión diesel, Valencia: [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València., 2013 .
- [45] Giakoumis E.G., Dimaratos A.M. y Rakopoulos C.D, «Experimental study of combustion noise radiation during transient turbocharged diesel engine operation,» de *Energy. Vol 36, N°8, , 2011.*



- [46] Ahmed I., Saas A. y Abouel-Seoud S., «Noise prediction and its application to engine detect events and faults Diagnosis.,» de *SAE paper* , 2007-01-2262.
- [47] Kanda H., Okubo M. y Yonezawa T., «Analysis of noise sources and their transfer paths in diesel engines,» de *SAE Paper*, 1990-02-01.
- [48] T. Priede, Relation between form of cylinder pressure diagram and noise in diesel engines, *Proc. Mech. Eng*, 1960.
- [49] Strahle W. C., Combustion noise". *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol. 4 no 3 , 1978.
- [50] Marant V, Contribución al análisis de la calidad sonora del ruido de combustión de los motores diésel de inyección directa, Valencia: Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, 2005.
- [51] Russel M. F. y Haworth R., «Combustion noise from high speed direct injection diesel engines,» de *SAE Paper 850973*, 1985.
- [52] Tuan Anh Nguyen, Yuchiro Kai, Masato Mikami, «Study on Combustion Noise from a Running Diesel Engine Based on Transient Combustion Noise Generation Model,» de *International Journal of Automotive Engineering*, 2012.
- [53] Lee M., Bolton J. S. y Shu S., «Estimation of the combustion-related noise transfer matrix of a multi-cylinder diesel engine,» de *Measurement Science & Technology*, 2009.
- [54] insler y Frey, A. R. , L. E. K Fundamentals of Acoustics, 2nd ed, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1962.
- [55] Cox and D'Antonio, «Room dimensions for critical listening environments. A,» de *ES Convention: 110*, pp. 5353 , May 2001.
- [56] Strutt J. W. (Lord Rayleigh), *The Theory of Sound*. Vol. 1 y 2. 2nd Edition, New York: Dover Publications Inc., 1945.
- [57] Van MUNSTER, B.J.P.M., «Beyond Control. Acoustics of sound recording control rooms - past, present and future.,» de *Eindhoven University of Technology*, The Netherlands, Abril de 2003.
- [58] Everest Alton F, *The master handbook of acoustics*. 4th Edition., United Estates of America.: McGraw-Hill, 200..
- [59] Richard A. Moscoso and Caleb Vasquez, «A revision of the accepted criteria for the distribution of the resonance frequencies of rectangular,» de *Journal of the Acoustical Society of America*. Volume 110, Issue 5, pp. 2621-2621, 2001.
- [60] Richard H. Bolt, «Note on normal frequency Statistics for rectangular rooms,» de *Journal of the Acoustical Society of America*. Volume 19, July 1946..



- [61] O. J. Bonello, «A New Criterion for the Distribution of Normal Room Modes,» de *J. Audio. Eng. Soc.*, vol. 29, pp. 597–606 (1981 Sept.); Erratum, *ibid.*, p. 905, 1981 Dec..
- [62] Leo L. Beranek and Harvey P. Sleeper, Jr. , «The Design and Construction of Anechoic Sound Chambers.,» de *Journal Acoustical Society of America. Volumen 18, n°1, pp140-150, , 1946.*
- [63] Claude Rougeron, Aislamiento acústico y térmico en la construcción, Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1977.
- [64] Barrionuevo D., González J., «Criterios generales para el diseño de cámaras anecóicas.,» de *Universidad Tecnológica Nacional. CP X5016ZAA. , Córdoba, Argentina.*
- [65] S. J. Yang y A. J. Ellison., *Machinery noise measurement*, New York: Oxford: Clarendon Press, 1985..
- [66] Pilares, «Ubicación y tipos de puertos de muestra,» *Ciencias de la educación*, pp. 485 - 512, 2015.
- [67] C. I. F. A. Corral Y, «Procedimientos de muestreo,» *Ciencias de la educación*, pp. 151 - 167, 2015.
- [68] W. I. SRL, «Mantenimiento Proactivo,» 18 Noviembre 2018. [En línea]. Available: https://www.widman.biz/Analisis/toma_muestras.html.
- [69] Noria, «Toma de muestras de lubricantes de clase mundial,» 28 Abril 2014. [En línea]. Available: <http://noria.mx/lublearn/toma-de-muestras-de-lubricantes-de-clase-mundial-es-posible/>.
- [70] P. F. Bruins, «Wikipedia,» 20 Abril 2011. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Botella_de_pl%C3%A1stico.
- [71] S. Global, «Hydraulic Fluid Power,» 04 Noviembre 2018. [En línea]. Available: [https://infostore.saiglobal.com/en-us/Standards/ISO-3722-1976-R2014--613423_SAIG_ISO_ISO_1407275/..](https://infostore.saiglobal.com/en-us/Standards/ISO-3722-1976-R2014--613423_SAIG_ISO_ISO_1407275/)
- [72] J. Largo, «termodinamica de las mezclas aire-combustible,» *Scribd*, pp. 63 - 70, 2009.
- [73] Newhall and Starkman, «Thermodynamic properties of octane and air for engine performance calculations,» *Digital calculation of engine cycles*, pp. 38 - 48, 1964.
- [74] D. Gonzáles, *Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares*, Madrid: Paraninfo SA, 2015.
- [75] F. Payri y J. Desantes, *MOTORES DE COMBUSTION INTERNA ALTERNATIVOS*, Valencia: Reverte, 2011.



Anexo A

ANEXOS.

A continuación, se adjunta una imagen del vehículo sometido a las pruebas de modos de conducción para el desarrollo del proyecto investigativo.



Figura A1. Vehículo Volkswagen power highline.



Tabla A 2. Datos del perfil de altimetría.

Fuente: Autor

Date	Time	Latitude	Longitude	Method	Accuracy	Altitude
1/9/2020	11:48:21	-2.90667°	-79.02947°	WEB	Accurate	2562
1/9/2020	11:51:06	-2.90259°	-79.03010°	WEB	Accurate	2578,2
1/9/2020	11:51:10	-2.90253°	-79.03004°	GPS	Accurate	2558,4
1/9/2020	11:54:27	-2.89976°	-79.02733°	WEB	Accurate	2568,9
1/9/2020	11:54:30	-2.90031°	-79.02776°	GPS	Accurate	2557,4
1/9/2020	11:55:50	-2.90251°	-79.03000°	WEB	Accurate	2578
1/9/2020	11:55:54	-2.90349°	-79.03135°	GPS	Accurate	2467
1/9/2020	12:02:35	-2.92200°	-79.03872°	WEB	Accurate	2577,5
1/9/2020	12:02:42	-2.92312°	-79.03912°	GPS	Accurate	2578,8
1/9/2020	12:04:20	-2.92319°	-79.03916°	WEB	Accurate	2578,9
1/9/2020	12:04:26	-2.92517°	-79.03965°	GPS	Accurate	2581,1
1/9/2020	12:05:19	-2.92333°	-79.03062°	WEB	Accurate	2576,7
1/9/2020	12:05:25	-2.92285°	-79.02846°	GPS	Accurate	2578,9
1/9/2020	12:06:25	-2.92102°	-79.02060°	GPS	Accurate	2577,2
1/9/2020	12:07:05	-2.92035°	-79.01310°	WEB	Accurate	2573,1
1/9/2020	12:07:49	-2.91966°	-79.00738°	GPS	Accurate	2569,2
1/9/2020	12:08:16	-2.92095°	-79.00253°	WEB	Accurate	2539,1
1/9/2020	12:09:14	-2.91887°	-78.99378°	GPS	Accurate	2564,3
1/9/2020	12:09:21	-2.91888°	-78.99378°	WEB	Accurate	2531
1/9/2020	12:10:33	-2.91014°	-78.98263°	GPS	Accurate	2552,6
1/9/2020	12:11:13	-2.90545°	-78.97763°	WEB	Accurate	2485,6
1/9/2020	12:12:01	-2.90013°	-78.97079°	GPS	Accurate	2478
1/9/2020	12:13:07	-2.89927°	-78.96796°	GPS	Accurate	2478,1
1/9/2020	12:13:08	-2.89938°	-78.96811°	WEB	Accurate	2474,1
1/9/2020	12:14:49	-2.89847°	-78.96751°	WEB	Accurate	2462,4
1/9/2020	12:15:00	-2.89928°	-78.96796°	GPS	Accurate	2478,8
1/9/2020	12:16:52	-2.88194°	-78.94605°	GPS	Accurate	2471,2
1/9/2020	12:17:19	-2.87795°	-78.94271°	WEB	Accurate	2432,7
1/9/2020	12:18:26	-2.86364°	-78.93116°	WEB	Accurate	2387,4
1/9/2020	12:18:30	-2.86224°	-78.92848°	GPS	Accurate	2427,3
1/9/2020	12:20:04	-2.85331°	-78.91059°	WEB	Accurate	2371,6
1/9/2020	12:20:07	-2.85276°	-78.90776°	GPS	Accurate	2406,4
1/9/2020	12:21:22	-2.84668°	-78.89037°	WEB	Accurate	2341,5
1/9/2020	12:21:27	-2.84543°	-78.88746°	GPS	Accurate	2389,2
1/9/2020	12:23:08	-2.82901°	-78.88170°	WEB	Accurate	2330,5
1/9/2020	12:23:11	-2.82622°	-78.88233°	GPS	Accurate	2371,3
1/9/2020	12:24:45	-2.80889°	-78.88274°	WEB	Accurate	2412,3
1/9/2020	12:24:51	-2.80639°	-78.88206°	GPS	Accurate	2381,3
1/9/2020	12:25:44	-2.79577°	-78.87755°	WEB	Accurate	2444,7
1/9/2020	12:27:03	-2.78384°	-78.86489°	GPS	Accurate	2462,9
1/9/2020	12:27:08	-2.78433°	-78.86474°	WEB	Accurate	2515,2
1/9/2020	12:28:22	-2.76654°	-78.86096°	WEB	Accurate	2539
1/9/2020	12:28:26	-2.76341°	-78.85921°	GPS	Accurate	2562,6
1/9/2020	12:29:23	-2.75362°	-78.85160°	WEB	Accurate	2498,1
1/9/2020	12:30:22	-2.74531°	-78.85120°	GPS	Accurate	2541
1/9/2020	12:30:26	-2.74527°	-78.85122°	WEB	Accurate	2469,6