



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ESTUDIO DEL DESGASTE DEL MOTOR EN FUNCIÓN DEL
ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR:

RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“ESTUDIO DEL DESGASTE DEL MOTOR EN FUNCIÓN DEL ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ

DIRECTOR: Ing. CELIN ABAD PADILLA PADILLA

Riobamba – Ecuador

2021

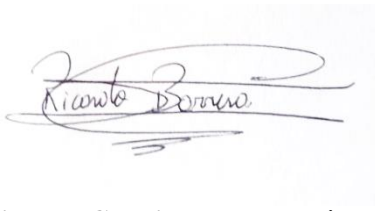
© 2021, **Ricardo Gabriel Barrera Yáñez**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de septiembre del 2021

A handwritten signature in black ink, reading "Ricardo Barrera Yáñez". The signature is written in a cursive style with a large, sweeping flourish at the end. The name is written in a single line.

Ricardo Gabriel Barrera Yáñez

092387909-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo: Proyecto de investigación, “**ESTUDIO DEL DESGASTE DEL MOTOR EN FUNCIÓN DEL ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE**”, realizado por el señor: **RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|--|--|--------------|
| Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  Firmado digitalmente por JOSÉ FRANCISCO PÉREZ FIALLOS Fecha: 2022.04.14 14:57:25 -05'00' | 2021-09-07 |
| Ing. Celín Abad Padilla Padilla DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN |  Firmado electrónicamente por: CELIN ABAD PADILLA | 2021-09-07 |
| Dr. Juan Marcelo Ramos Flores MIEMBRO DEL TRIBUNAL |  Firmado electrónicamente por: JUAN MARCELO RAMOS FLORES | 2021-09-07 |

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mis padres, por el apoyo incondicional y consejos que me han ayudado en mi formación personal y profesional, a mis hermanos que siempre estuvieron dando ánimo y fuerzas, a mi esposa y mi hija que fueron la razón para salir adelante y poder cumplir mi objetivo.

Ricardo Barrera

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de tener una profesión y ser una ayuda para la sociedad, también a mis profesores que día a día me han ido enseñando para poder ser un buen ser humano, tanto en lo personal y profesional.

Ricardo Barrera

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|-------------------------|-----|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xi |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xiv |
| RESUMEN..... | xv |
| SUMMARY..... | xvi |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|---|-----------|
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL..... | 4 |
| 1.1 Antecedentes históricos..... | 4 |
| 1.2 Antecedentes de Investigación..... | 4 |
| 1.3 Motor de combustión interna..... | 5 |
| 1.3.1 Combustible..... | 5 |
| 1.3.2 Aire..... | 6 |
| 1.3.3 Combustión..... | 6 |
| 1.3.4 Componentes del motor de combustión interna..... | 6 |
| 1.3.5 Sistema de lubricación de motores..... | 9 |
| 1.3.5.1 Barboteo..... | 9 |
| 1.3.5.2 Engrase a presión..... | 9 |
| 1.3.5.3 Lubricación mixta..... | 9 |
| 1.4 Lubricantes..... | 10 |
| 1.4.1 Propiedades de los lubricantes..... | 10 |
| 1.4.1.1 Color y fluorescencia..... | 10 |
| 1.4.1.2 Densidad..... | 10 |
| 1.4.1.3 Viscosidad..... | 10 |
| 1.4.1.4 Índice de viscosidad (LV)..... | 11 |
| 1.4.1.5 Untuosidad..... | 11 |
| 1.4.1.6 Punto de inflamación..... | 11 |
| 1.4.1.7 Punto de combustión..... | 12 |
| 1.4.1.8 Punto de congelación..... | 12 |
| 1.4.1.9 Punto de acidez..... | 12 |
| 1.4.1.10 Contenido de cenizas..... | 12 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 1.4.2 | <i>Regímenes de lubricación</i> | 12 |
| 1.4.2.1 | <i>Hidrodinámica</i> | 12 |
| 1.4.2.2 | <i>Límite</i> | 13 |
| 1.4.2.3 | <i>Mixta</i> | 13 |
| 1.4.2.4 | <i>Elastohidrodinámica</i> | 13 |
| 1.4.3 | <i>Clasificación de los aceites lubricantes</i> | 13 |
| 1.4.3.1 | <i>Aceites según la calidad</i> | 14 |
| 1.4.3.2 | <i>Aceites para motores Diesel</i> | 14 |
| 1.4.3.3 | <i>Aceites según su viscosidad</i> | 16 |
| 1.4.4 | <i>Aditivos en aceites lubricantes</i> | 16 |
| 1.4.4.1 | <i>Aditivos detergentes</i> | 16 |
| 1.4.4.2 | <i>Aditivos dispersantes</i> | 17 |
| 1.4.4.3 | <i>Aditivos antidesgaste</i> | 17 |
| 1.4.5 | <i>Contaminación del aceite</i> | 17 |
| 1.5 | <i>Tipo de desgaste del motor</i> | 18 |
| 1.5.1 | <i>Desgaste adhesivo</i> | 19 |
| 1.5.2 | <i>Desgaste por fatiga superficial</i> | 19 |
| 1.5.3 | <i>Desgaste corrosivo</i> | 19 |
| 1.5.4 | <i>Desgaste abrasivo</i> | 19 |
| 1.5.5 | <i>Desgaste erosivo</i> | 19 |

CAPÍTULO II

| | | |
|------------|--|----|
| 2. | MARCO METODOLÓGICO | 21 |
| 2.1 | Enfoque de investigación | 21 |
| 2.1.1 | <i>Cualitativo</i> | 21 |
| 2.1.2 | <i>Cuantitativo</i> | 21 |
| 2.2 | Hipótesis | 21 |
| 2.3 | Variables | 21 |
| 2.4 | Ficha Técnica del vehículo | 22 |
| 2.5 | Especificaciones técnicas del lubricante empleado | 23 |
| 2.6 | Procedimiento para tomar muestra de aceite | 24 |
| 2.7 | Nivel de la investigación | 27 |
| 2.7.1 | <i>Exploratorio</i> | 27 |
| 2.7.2 | <i>Descriptivo</i> | 27 |
| 2.7.3 | <i>Explicativo</i> | 27 |
| 2.7.4 | <i>Bibliográfica – Documental</i> | 27 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.8 | Diseño de investigación | 27 |
| 2.8.1 | <i>Experimental</i> | 27 |
| 2.9 | Tipo de estudio | 28 |
| 2.10 | Métodos | 28 |
| 2.10.1 | <i>Inductivo – Deductivo</i> | 28 |
| 2.11 | Técnicas | 28 |
| 2.11.1 | <i>Observación directa</i> | 28 |
| 2.12 | Instrumentos | 28 |
| 2.12.1 | <i>FluidScan</i> | 28 |
| 2.12.2 | <i>Medidor de densidad DMA 35</i> | 29 |
| 2.12.3 | <i>Medidor de viscosidad.</i> | 30 |
| 2.12.4 | <i>Oilview Quick-Check.</i> | 30 |
| 2.12.5 | <i>Espectrómetro</i> | 31 |
| 2.12.6 | <i>Fichas de observación</i> | 32 |

CAPITULO III

| | | |
|-------|---|----|
| 3. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 33 |
| 3.1 | FluidScan | 33 |
| 3.1.1 | <i>Aglomeración de aditivos</i> | 34 |
| 3.1.2 | <i>Integridad fluida</i> | 35 |
| 3.1.3 | <i>Glicol</i> | 35 |
| 3.1.4 | <i>Nitración</i> | 36 |
| 3.1.5 | <i>Oxidación</i> | 37 |
| 3.1.6 | <i>Hollín</i> | 38 |
| 3.1.7 | <i>Sulfatación</i> | 38 |
| 3.1.8 | <i>TBN</i> | 39 |
| 3.1.9 | <i>Agua</i> | 40 |
| 3.2 | Densidad en equipo DMA 35 | 40 |
| 3.2.1 | <i>Densidad</i> | 41 |
| 3.2.2 | <i>Grado API</i> | 42 |
| 3.2.3 | <i>Temperatura</i> | 43 |
| 3.3 | Viscosímetro | 43 |
| 3.3.1 | <i>Viscosidad dinámica</i> | 44 |
| 3.4 | OilView Quick Check | 45 |
| 3.4.1 | <i>Desgaste severo</i> | 45 |
| 3.4.2 | <i>Contaminación severa</i> | 46 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.4.3 | <i>Contaminación química severa</i> | 46 |
| 3.4.4 | <i>Índice Químico</i> | 47 |
| 3.4.5 | <i>Dieléctrico</i> | 47 |
| 3.4.6 | <i>Índice Ferroso</i> | 48 |
| 3.5 | ESPECTROIL | 48 |
| 3.5.1 | <i>Aluminio</i> | 49 |
| 3.5.2 | <i>Boro</i> | 50 |
| 3.5.3 | <i>Calcio</i> | 51 |
| 3.5.4 | <i>Cromo</i> | 51 |
| 3.5.5 | <i>Cobre</i> | 52 |
| 3.5.6 | <i>Hierro</i> | 53 |
| 3.5.7 | <i>Magnesio</i> | 53 |
| 3.5.8 | <i>Molibdeno</i> | 54 |
| 3.5.9 | <i>Sodio</i> | 55 |
| 3.5.10 | <i>Níquel</i> | 56 |
| 3.5.11 | <i>Fósforo</i> | 56 |
| 3.5.12 | <i>Plomo</i> | 57 |
| 3.5.13 | <i>Silicio</i> | 58 |
| 3.5.14 | <i>Estaño</i> | 59 |
| 3.5.15 | <i>Titanio</i> | 59 |
| 3.5.16 | <i>Zinc</i> | 60 |
| 3.5.17 | <i>Otros metales</i> | 61 |
| | CONCLUSIONES | 62 |
| | RECOMENDACIONES | 63 |
| | GLOSARIO | |
| | BIBLIOGRAFÍA | |
| | ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tabla 1-1: | Clasificación de aceites para motores diésel según períodos de fabricación..... | 14 |
| Tabla 2-1: | Clasificación según la viscosidad SAE..... | 16 |
| Tabla 3-1: | Contaminante de aceites..... | 18 |
| Tabla 1-2: | Ficha técnica del vehículo Chevrolet Spark utilizado para la prueba..... | 22 |
| Tabla 2-2: | Ficha técnica y valores de concentraciones metálicas límites de fabricantes de aceite Kendall 20W50..... | 23 |
| Tabla 1-3: | Valores del aceite lubricante Kendall 20w50 mediante equipo FluidScan..... | 33 |
| Tabla 2-3: | Resultados de densidad realizadas al aceite 20w50..... | 40 |
| Tabla 3-3: | Valores de viscosidad obtenidos en aceite 20w50..... | 43 |
| Tabla 4-3: | Resultados del análisis del aceite lubricante mediante el equipo OilView Quick Check..... | 45 |
| Tabla 5-3: | Contenido de metales en el aceite lubricante por equipo ESPECTROIL..... | 49 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------------------|---|----|
| Figura 1-1: | Motor de combustión interna..... | 6 |
| Figura 1-2: | Jeringuilla y manguera de caucho para toma de muestra..... | 25 |
| Figura 2-2: | Vehículo utilizado para la recolección de muestra. | 25 |
| Figura 3-2: | Extracción de muestra por el orificio de medida de aceite motor | 26 |
| Figura 4-2: | Extracción de muestra mediante jeringuilla..... | 26 |
| Figura 5-2: | Etiquetado de recipientes con las muestras de aceite lubricante. | 26 |
| Figura 6-2: | Equipo FluidScan para análisis de aceite..... | 28 |
| Figura 7-2: | Equipo utilizado para medir la densidad del aceite..... | 29 |
| Figura 8-2: | Equipo medidor de viscosidad para aceite lubricante. | 30 |
| Figura 9-2: | Equipo OilView Quick-Check..... | 30 |
| Figura 10-2: | Equipo espectrómetro para análisis de aceite. | 31 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|----------------------|---|----|
| Gráfico 1-3: | Porcentaje de aglomeración de aditivos vs kilometraje del aceite lubricante. ... | 34 |
| Gráfico 2-3: | Porcentaje de integridad fluida vs kilómetros recorridos del aceite. | 35 |
| Gráfico 3-3: | Porcentaje de glicol en el aceite lubricante. | 35 |
| Gráfico 4-3: | Nitración vs kilómetros recorridos del aceite. | 36 |
| Gráfico 5-3: | Valores de oxidación de lubricante. | 37 |
| Gráfico 6-3: | Valores de hollín en el aceite lubricante. | 38 |
| Gráfico 7-3: | Valores de su sulfatación vs kilómetros recorridos del aceite lubricante. | 38 |
| Gráfico 8-3: | Comportamiento del índice TBN vs kilómetros recorridos. | 39 |
| Gráfico 9-3: | Presencia de agua vs kilómetros recorridos en el aceite lubricante. | 40 |
| Gráfico 10-3: | Densidad vs kilómetros recorridos del aceite lubricante. | 41 |
| Gráfico 11-3: | Grados API a 15°C vs Kilometraje recorrido del aceite. | 42 |
| Gráfico 12-3: | Temperatura ambiente de las muestras durante su análisis según el kilometraje recorrido. | 43 |
| Gráfico 13-3: | Viscosidad dinámica y porcentaje de fondo de escala vs kilómetros recorridos. | 44 |
| Gráfico 14-3: | Desgaste severo vs kilómetros recorridos. | 45 |
| Gráfico 15-3: | Porcentaje de contaminación química severa vs kilómetros recorridos. | 46 |
| Gráfico 16-3: | Índice químico vs kilometraje del aceite. | 47 |
| Gráfico 17-3: | Dieléctrico vs kilómetros recorridos del aceite. | 47 |
| Gráfico 18-3: | Índice ferroso vs kilómetros recorridos del lubricante. | 48 |
| Gráfico 19-3: | Contenido de Aluminio vs kilómetros del aceite. | 49 |
| Gráfico 20-3: | Contenido de boro vs kilómetros recorridos del aceite. | 50 |
| Gráfico 21-3: | Concentración de calcio vs kilómetros recorridos. | 51 |
| Gráfico 22-3: | Concentración de cromo vs kilómetros recorridos del aceite. | 51 |
| Gráfico 23-3: | Concentración de cobre vs kilómetros recorridos. | 52 |
| Gráfico 24-3: | Concentración de hierro vs kilómetros recorridos. | 53 |
| Gráfico 25-3: | Concentración de magnesio vs kilómetros recorridos del aceite. | 53 |
| Gráfico 26-3: | Concentraciones de molibdeno vs kilómetros recorridos. | 54 |
| Gráfico 27-3: | Concentraciones de sodio vs kilómetros recorridos del aceite. | 55 |
| Gráfico 28-3: | Concentraciones de níquel vs kilómetros recorridos. | 56 |
| Gráfico 29-3: | Concentraciones de fósforo vs kilómetros recorridos del aceite. | 56 |
| Gráfico 30-3: | Concentración de plomo vs kilómetros recorridos del aceite. | 57 |
| Gráfico 31-3: | Concentraciones de silicio versus kilómetros recorridos del aceite. | 58 |
| Gráfico 32-3: | Concentración de estaño versus kilómetros recorridos del aceite. | 59 |

| | |
|--|----|
| Gráfico 33-3: Concentración de titanio versus kilómetros recorridos del aceite..... | 59 |
| Gráfico 34-3: Concentraciones de zinc vs kilómetros recorridos del aceite. | 60 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PRUEBAS DE LABORATORIO DEL ACEITE LUBRICANTE EN EQUIPO FLUIDSCAN DE LA ESPOCH
- ANEXO B:** PRUEBAS DE DENSIDAD DEL ACEITE LUBRICANTE EN DENSITY METER DM 35 DE LA ESPOCH
- ANEXO C:** PRUEBAS DE VISCOSIDAD DEL ACEITE LUBRICANTE EN EQUIPO VISCOSIMETER MRC DE LA ESPOCH
- ANEXO D:** PRUEBAS EN EL EQUIPO OIL VIEW QUICK-CHECH DE LA ESPOCH
- ANEXO E:** INFORME DE RESULTADOS DE CONCENTRACIONES METÁLICAS DEL ACEITE LUBRICANTE EN EQUIPO ESPECTROIL EMITIDO POR LACBAL
- ANEXO F:** FICHA TÉCNICA OTORGADA POR LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL SOBRE EL EQUIPO ESPECTROIL
- ANEXO G:** VEHÍCULO UTILIZADO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DEL ACEITE LUBRICANTE MOTOR

RESUMEN

En el trabajo de integración curricular se realizó el estudio del desgaste del motor en función del análisis de la composición del aceite lubricante con el objetivo de reducir los costos de mantenimiento, caracterizar su composición antes, durante y después de su ciclo de uso analizando por medio de pruebas de laboratorio y posteriormente infiriendo en los procesos de desgaste experimentados en el motor durante el tiempo de uso del lubricante, así como posibles acciones de prevención. Se ejecutó el análisis para el motor del vehículo Chevrolet Spark 2009 con lubricante Kendall 20w50 tomando muestras cada 500 kilómetros en un período de 5000 kilómetros en los equipos FluidScan examinando el aglomeramiento de aditivos, integridad fluida, glicol, nitración, oxidación, hollín, sulfatación, TBN y agua, en el Densímetro DMA 35 estudiando densidad y grados API, en el Viscosímetro verificando viscosidad dinámica, en equipo Oil View Quick Check observando parámetros como desgaste, contaminación e índices químicos y ferrosos, en equipo Espectroil para estudiar las concentraciones metálicas de aditivos y de desgaste, señalando que después de tomar las muestras se completó el faltante de aceite para compensar el volumen extraído. Se evidenció que todos los parámetros analizados del aceite se encuentran dentro de los límites tolerables a excepción del Silicio que presentó concentraciones muy elevadas, por lo tanto se concluyó que el motor no presenta desgaste excesivo, su temperatura de combustión es apropiada y el combustible no presenta elevadas concentraciones de plomo, además que la mayor degradación del aceite se produce durante los primeros 1000 kilómetros y una recuperación de propiedades en los últimos 1000 km de recorrido, comportamiento debido al alto kilometraje de cambio de aceite, por lo que se recomienda cambiar el lubricante a los 4000 km y tener extrema precaución en la toma de muestras evitando contaminación por factores ambientales.

Palabras clave: <ACEITE LUBRICANTE>, <ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO>, <KENDALL 20W50>, <CONTAMINACIONES METÁLICAS>, <DESGASTE DEL MOTOR>.

SUMMARY

This curricular integration work carried out the study of engine wear based on the analysis of the composition of the lubricating oil to reduce maintenance costs by characterizing its compounds before, during, and after its cycle of use. Analyzing it through laboratory tests, and subsequently inferring the wear processes experienced in the engine during the time of the use of the lubricant, as well as possible preventive actions. The analysis was carried out for the engine of the Chevrolet Spark 2009 vehicle with Kendall 20w50 lubricant, taking samples every 500 kilometers in a period of 5000 kilometers in the FluidScan equipment. Examining the congestion of additives, fluid integrity, glycol, nitration, oxidation, soot, sulfation, TBN, and water. In the DMA 35 Densimeter studying density and degrees API. In the Viscometer verifying dynamic viscosity. In Oil View Quick Check equipment observing parameters such as wear, contamination, and chemical and ferrous indices, in Espectroil equipment to study the metal concentrations of additives and wear. Registering that after taking the samples oil was completed, to compensate for the volume extracted. It was evidenced that all the analyzed parameters of the oil are within the tolerable limits except Silicon presented in very high concentrations. Therefore, it was concluded that the engine does not present excessive wear, its combustion temperature is appropriate and the fuel does not present high concentrations of lead. In addition, the greatest degradation of the oil occurs during the first 1,000 kilometers and recovery of properties in the last 1,000 km of travel, behavior due to the high mileage of oil change. It is recommended to change the lubricant at 4000 km and take extreme care in taking samples, avoiding contamination by environmental factors.

Keywords: <ENGINE WEAR> <LUBRICATING OIL> <PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS> <METAL CONTAMINATION> <MAINTENANCE COSTS>.



Firmado electrónicamente por:
**PATRICIA PILAR
MOYOTA AMAGUAYA**

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los motores de combustión interna forman parte de un extenso mercado entre varios fabricantes y avances tecnológicos pues desde su invención, ha avanzado de forma acelerada, muestra que aquellos que se consideran de tipo alternativo o de reacción, son las plantas de potencia que dominan los medios de transporte, terrestre, marino y aéreo, por su alta potencia específica. (Rovira y Muñoz, 2015a)

Los aceites lubricantes simbolizan el eje primordial para la óptima funcionalidad del motor, ya sea desde vehículos particulares hasta maquinaria industrial, en consecuencia, es necesario conocer qué lubricante usar dentro de la gran variedad de opciones actuales para el mercado automotriz. (Plaza y Romero 2018, p. 19a)

El mantenimiento predictivo de los motores de combustión interna a través del estudio de su aceite lubricante permite inferir el estado real en el que se encuentra, esta metodología analiza los desgastes de materiales, aditivos, número básico total, su viscosidad entre otros parámetros evaluados en ppm (partes por millón) y porcentajes de concentración en función del kilometraje recorrido del aceite, en las muestras tomadas a la unidad automotriz y en qué grado se encuentran, consecuentemente se podrá determinar el posible elemento con desgaste, todos los análisis según la norma ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales). (Saldivia, 2013a, p. 1)

El proyecto investigativo constituido por la estructura teórica, el cual es la revisión de una amplia literatura que fundamenta el estudio, describiendo las bases, herramientas, conceptos y términos utilizados con la finalidad de ampliar al lector las implicaciones teóricas que lleven a una comprensión guiada y clara mediante metodologías experimentales de estudio. Además, se mencionan los pasos para la recolección de los datos, las herramientas utilizadas y los métodos que se utilizarán para su obtención. (Saldivia 2013b, p. 1)

Planteamiento, formulación y delimitación del problema

La realización del estudio recae sobre un listado de problemáticas. Es necesario mencionar que todo uso de una maquinaria sufre una depreciación, para el caso vehicular las circunstancias son iguales pues, el uso permanente de aceite lubricante repercute en la aparición de elementos nocivos para el motor. (García-Herruzo, et al., 1987a)

El aceite lubricante, aún, es un recurso necesario para el buen funcionamiento vehicular pues cumple la misión de lubricar y protege el motor, pero con su uso acarrea problemas cuando no se ha prestado el debido tratamiento o se desconoce el momento preciso en que debe realizarse una sustitución sin que sea demasiado pronto o tarde, lo cual podría precisarse por medio de un análisis profundo. (García-Herruzo et al., 1987b)

Con lo mencionado, en general son varios los componentes que se someten a desgaste por causa del uso y mal uso del aceite lubricante. Las bujías, cojines, martillo, pasadores, pistones, bancada, anillos, cilindro, bomba de aceite son algunos componentes que al ser de hierro y cobre sufrirían un desgaste, por contacto o ausencia de lubricación hidrodinámica, cuando el aceite registra contaminantes como tierra, falta de viscosidad o alto nivel de hollín, entre otros. (Ávila, 2018a)

Es necesario mencionar que a pesar de los análisis que se realicen el desgaste es inevitable; sin embargo, el correcto uso y manejo de los componentes de lubricación contribuyen a la preservación por mayor tiempo y aprovechamiento de las capacidades del automotor. El proyecto de investigación, por lo tanto, prevé analizar el desgaste fisicoquímico prematuro del motor de combustión y sus posibles tratamientos a fin de reducir los costos de reparación y sostener el costo de mantenimiento al mínimo a causa del uso de aceites lubricantes. (Ávila, 2018b)

Justificación

El presente trabajo de investigación tiene como propósito el diagnóstico de los procesos de desgaste en el motor de combustión interna mediante el análisis de la composición de su aceite lubricante y de sus propiedades físicas y químicas establecidas en 5000 km recorridos de un vehículo.

De acuerdo con (Buchelli y Jarcia, 2015), el análisis y monitoreo del aceite lubricante, brinda mayor confiabilidad acerca del estado real en el que se encuentra el motor, y previene fallas y paradas no planificadas, en el motor de combustión interna, donde el combustible es quemado, la lubricación se ve afectada por fenómenos adicionales y más exigentes a los que se debe enfrentar:

altas temperaturas, productos de la combustión y residuos que pueden contaminar el lubricante, altos esfuerzos, entre otros.

La lubricación tiene por finalidad la reducción de la fricción entre dos superficies con movimiento relativo y que se hallan en contacto entre ellas, reduciendo la fricción se reduce también el desgaste de las piezas, dotando a las mismas de una mayor esperanza de vida útil, la reducción de la fricción y el desgaste no debe de perderse de vista otras misiones que pueden ser cumplidas con la lubricación tales como: reducir el consumo de energía, eliminar el calor generado, proteger contra la herrumbre y la corrosión, así como contribuir al arrastre de los contaminantes, las normas que se usan de manera habitual son las editas por el organismo de normalización norteamericano (ASTM), aceptadas internacionalmente (Buchelli et al., 2015).

Objetivos

Objetivo General

- Analizar el desgaste sufrido en motores en función a los resultados de análisis de la composición de su aceite lubricante con la finalidad de reducción de costos de mantenimiento.

Objetivos Específicos

- Caracterizar la composición aceite lubricante a utilizar en el motor de combustión interna antes, durante y después de su ciclo de uso, para un correcto mantenimiento.
- Analizar los resultados del aceite lubricante, por medio de pruebas en laboratorio, para aumentar la vida útil del motor de combustión interna.
- Inferir los procesos de desgaste experimentados por el motor durante el tiempo de uso del aceite y posibles acciones de prevención o mitigación.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes históricos

De hace varios años, se usan los lubricantes, siendo la información más antigua redactada es la de los egipcios, alrededor de 4200 años atrás, donde se utilizaba la grasa de origen animal como resultado de la cacería o los animales domesticados que ellos tenían, la insertaban en sus carruajes evitando así la fricción dado que estos equipos de movilización los utilizaban para distintas funciones pero el más importante era el arado, en consecuencia ayudaba a la optimización de recursos en el cultivo, pero también su otro uso era para las guerras tomando en cuenta que se adaptaban dichas estructuras a los caballos. Se tiene información de que hasta el siglo XIX se mezclaba la grasa de origen animal o vegetal, en ciertos casos, con cal. (Plaza y Romero, 2018b)

De acuerdo a la narrativa de (Martínez et al., 2007), se puede conocer que Félix Wankel dominaba el estudio de los motores de combustión interna, con la presentación de un diseño de un tipo de turbina obtuvo la patente en 1936. Al pasar el tiempo, trabajó para BMW, DVL, Junker y Daimier – Benz. Durante este tiempo, llevó a cabo varios prototipos de motores rotativos y también bombas y compresores rotativos.

El primer motor funcional de Wankel se realizó el 7 de julio 1958. Desde entonces, varias empresas han utilizado este motor junto a licencias de aplicación para motores de aviación, automóviles y aplicaciones diésel, de motocicletas, para fabricante de Mazda, Perkins, Rolls – Royce, Fiat, Renault, Citroën y Volkswagen.

En la actualidad los motores de combustión interna ideados por Otto y diésel, aunque la empresa japonesa Mazda siga fomentando y fabricando motores Wankel, ya que los rotativos de este tipo representan varios inconvenientes a mejorar, que los mantienen lejos de los motores alternativos a pistón. (Pérez, 2018)

1.2 Antecedentes de Investigación

El proyecto de investigación basa su análisis en los elementos que se involucran en el desgaste de los motores a causa del mal uso y mantenimiento tardío, las siguientes investigaciones indagaron al menos una de las dos variables de estudio, concluyendo:

Según la investigación de (Ávila, 2018c) al final de su tesis respecto a la “Determinación del desgaste de los elementos mecánicos del motor mediante el análisis del aceite usado” considera que la eficiencia de utilizar la técnica de aceite para pronosticar el comportamiento de los mecanismos internos del motor y detectar potenciales averías y el evitar gastos de mantenimiento elevado y paralizaciones no planificadas de los tractos camiones de la flota. Siendo esta razón imprescindible la realización de un plan de mantenimiento predictivo para todas las unidades de la flota.

Por otra parte, (Viteri y Jaramillo, 2011a) desarrollaron un análisis sobre “La degradación de aceites lubricantes y propuesta de planes de mejora para el mantenimiento del equipo pesado del Ilustre Municipio del Cantón Archidona, donde se concluye que, al no existir un plan de mantenimiento y no contar con un historial de los equipos era evidente la ausencia de operaciones de mantenimiento. Por lo tanto, después de un apropiado mantenimiento como lubricación y engrase, los encargados de cada unidad pueden contribuir a prolongarse la vida útil de cada equipo.

De acuerdo con (Tormos, 2005a), se muestra que el análisis del lubricante usado en los motores de combustión interna es una de las posibles herramientas para la aplicación del llamado mantenimiento según condición o estado o mantenimiento predictivo; esto es, el mantenimiento realizado en base al deterioro significativo de un equipo señalado por la variación de un parámetro controlado e indicativo del funcionamiento o rendimiento de dicho equipo.

1.3 Motor de combustión interna

El autor (Alvarado, 2004a, p. 30) manifiesta:

Un motor de combustión interna es un mecanismo capaz de convertir la energía mecánica, en condiciones controladas, el combustible utilizado puede ser gasolina, diésel o gas licuado, y el motor puede funcionar mediante ciclos de dos o cuatro tiempos, es por ello por lo que se habla, entonces, de motores diésel y gasolina de cuatro tiempos y de dos tiempos. Para que un motor produzca energía mecánica, requiere de tres componentes: combustible, aire y combustión.

1.3.1 Combustible

Sabemos que todo combustible posee algún tipo de energía y que los carburantes más utilizados son el diésel y la gasolina, estos combustibles se presentan en estado líquido y poseen energía química, la cual se transforma en energía calórica, al ser quemados en presencia de oxígeno. Dicha

energía puede ser utilizada para realizar un trabajo, en condiciones especiales y mediante la utilización de ciertos mecanismos. (Alvarado, 2004b, p. 31)

1.3.2 Aire

Para que un carburante se quemara debe estar en presencia de oxígeno, el aire se encarga, por un lado, de proporcionar la cantidad de oxígeno necesario para lograr la combustión y por otro, ayudar a obtener la presión y temperatura adecuadas para el proceso. (Alvarado, 2004c, p. 31)

1.3.3 Combustión

Es el proceso mediante el cual el combustible se combina con el oxígeno del aire, se inflama y se expanden los gases que se producen dentro de la cámara. La combustión debe ocurrir en forma suave y uniforme, de manera que no cause daños al motor, es decir, que el encendido y quemado del combustible no sea explosivo. (Alvarado, 2004d, p. 32)

1.3.4 Componentes del motor de combustión interna

Un motor de combustión interna ya sea diésel o gasolina, consta de las siguientes partes como se muestra en la figura 1-1.



Figura 1-1: Motor de combustión interna.

Fuente: (Alvarado, 2004)

- **Bloque de cilindros:** Es la parte básica del motor la más grande. En ella adheridas la mayoría de las piezas ya sea del motor o su sistema de auxiliares. Dentro del bloque se encuentran los cilindros, los cuales algunas veces se mecanizan en el mismo bloque o se presentan como

camisas cambiables. El bloque generalmente se construye de hierro fundido, pero puede encontrarse fabricado con otros materiales más livianos. (Alvarado, 2004a)

El bloque de cilindros forma el armazón básico de un motor refrigerado mediante líquido. Otras partes del motor están embutidas en el bloque de cilindros o enlazadas con el mismo. Los bloques de cilindros de los motores de gasolina y de diésel se parecen mucho, sin embargo, el bloque de cilindros del motor a diésel es más pesado y robusto. Esto es debido a que la relación de compresión y las presiones internas en las cámaras de combustión son más altas en los motores diésel. (Crouse, 1993a)

- **Bujía:** es un artefacto eléctrico compuesto de dos electrodos separados entre los que salta una chispa eléctrica de alto voltaje. Esta chispa origina la combustión de la mezcla carburante comprimida en la cámara de combustión. La bujía va enroscada en la culata del motor y se usa en motores de gasolina, a queroseno y a gas. (Gilardi, 1985a)
- **Volante:** Es una rueda maciza y pesada que va montada en la parte posterior del eje cigüeñal. Cumple varias funciones y entre ellas, aloja en su cara posterior, al sistema de embrague. En su periferia tiene un engranaje anular o cremallera que sirve para iniciar el movimiento del motor al accionar el arrancador eléctrico. Su cara lateral tiene marcas de giro graduadas en grados. Estas marcas están referidas a la posición del pistón y se utilizan para la regulación de la luz de las válvulas, para la sincronización del encendido, la sincronización de la inyección de combustible y para el control del instante de apertura de las válvulas. Acumula energía para entregarla a los pistones cuando éstos se encuentran realizando viajes muertos, es decir, cuando sube en compresión y escape y cuando baja en admisión (Gilardi, 1985b, p. 24)
- **Cilindros:** Son cavidades de forma cilíndrica, alojadas en el bloque. Dentro de estas cavidades se deslizan los pistones, con un movimiento rectilíneo alternativo, es decir, hacia abajo o hacia arriba, en motores lineales o en motores en V, y hacia la derecha o izquierda en motores horizontales. (Alvarado, 2004b)
- **Biela:** Elemento que, junto con la manivela, convierte el movimiento lineal del pistón en el rotativo del cigüeñal. (Rovira y Muñoz, 2015b, p. 28).
- **Cárter:** Cierre inferior del motor. Contiene el aceite para la lubricación. (Rovira y Muñoz, 2015c, p. 28).

- **Eje de levas:** Estos mecanismos permiten convertir sencillos movimientos de traslación o rotación de la leva en movimientos complicados de un seguidor. (Tormos, 2005b, p. 68)

Mientras que, para (Gilardi, 1985c) es un eje de acero montado en forma paralela al cigüeñal, tiene 4 a 6 asientos o soportes de giro con sus cojinetes, generalmente maquinados en la misma fundición del monoblock. Posee dos levas o lóbulos por cada cilindro del motor; estas levas están dispuestas aproximadamente a 90° entre sí, y su función es levantar a los botadores, los levantaválvulas o los buzos, para que éstos, a su vez, operen a las válvulas.

- **Pistones o émbolos:** Es una pieza que se mueve dentro del cilindro, con movimientos rectilíneos alternativos. Recibe la fuerza de la combustión de los gases y la transmite al cigüeñal del motor, por medio de la biela, para que este convierta en movimiento rotatorio. (Alvarado, 2004c)

Los pistones se construyen a partir de una aleación de aluminio u otros metales como hierro reforzado con nervaduras, para que sean livianos y fuerte, además se colocan con tolerancias muy pequeñas dentro del cilindro. (Alvarado, 2004d)

- **Cigüeñal:** es una robusta pieza fundida o forjada de acero aleado y sometida a tratamiento térmico, debe ser suficientemente fuerte para resistir el empuje hacia debajo de los pistones durante el tiempo de explosión sin sufrir una deformación excesiva por torsión. Además, el cigüeñal debe estar cuidadosamente equilibrado para eliminar la vibración resultante del peso de las bielas acodadas o descentradas, para conseguir el equilibrio, los cigüeñales tienen contra pesos opuestos a los codos, tienen perforados pasos de aceite a través de los cuales fluye éste desde los cojinetes principales o de bancada, a los cojinetes de biela. (Crouse, 1993b, p. 103)
- **Cabezote o culata:** elemento que constituye el cerramiento superior de los cilindros. (Rovira y Muñoz, 2015d, p. 28)

Según (Gilardi, 1985d), la culata es una tapa superior del motor que se fabrica de fierro fundido, interiormente es hueca, es decir, tiene una cámara que contiene el agua de refrigeración. Además de contener a la bujía, aloja a las válvulas, cuando el motor es de válvulas a la culata o de cabeza. Contiene las guías de las válvulas, que, por lo general, son cambiables. Por su parte inferior e interna presenta una superficie lisa o cóncava que, junto con la parte superior del cilindro, y con la cabeza del pistón, forman la cámara de combustión. Lateralmente presenta orificios grandes que son los pasajes de mezcla carburante hacia las válvulas de admisión y orificios de escape que comunican con las válvulas de escape. Verticalmente presenta orificios para los pernos que la sujetan.

- **Válvulas:** Son piezas en forma de hongo, construidas en acero especial, porque trabajan en condiciones extremas de presión y temperatura. Una válvula está constituida por dos partes: la cabeza y el vástago. Normalmente, están ubicadas en el cabezote. (Alvarado, 2004e)

1.3.5 Sistema de lubricación de motores

En base a lo mencionado por (Gilardi, 1985e), el sistema de lubricación lo componen el cárter, la bomba de aceite, los filtros y otras partes, y tienen por objeto contribuir con la refrigeración, lubricar todas las partes móviles, reducir la fricción y desgaste, ser detergente extrayendo limallas, gomas y otras suciedades y evitar el óxido y corrosión interna.

De acuerdo con (Tormos, 2005c), el procedimiento de suministro del aceite a los puntos críticos de rozamiento se distingue:

1.3.5.1 Barboteo

En este sistema las piezas giran rápidamente, salpican el aceite. Esto hace que en el espacio libre del cárter se encuentre una espesa niebla de pequeñas gotas de aceite que paulatinamente se introducen en los juegos entre las superficies. Este tipo de lubricación se utilizó en algunos motores antiguos; actualmente está en desuso debido a sus inconvenientes tales como: gran consumo de aceite, rápida oxidación de este y falta de seguridad en las zonas de fuerte fricción. (Tormos, 2005d, p. 15)

1.3.5.2 Engrase a presión

Donde el aceite del cárter se suministra por medio de una bomba y de los conductos correspondientes a las superficies que se rozan, de donde vuelve a escurrir el cárter. Con este sistema a las superficies llega la cantidad necesaria de aceite y se asegura su circulación intensa. (Tormos, 2005e, p. 15)

1.3.5.3 Lubricación mixta

Basada en la conjugación de los tipos anteriores. Por el procedimiento utilizado para suministrar el aceite al conjunto cigüeñal, cojinetes de bancada y de biela. (Tormos, 2005f, p. 15)

1.4 Lubricantes

De acuerdo con la investigación efectuada por (Viteri y Jaramillo, 2011b, p. 32), se menciona lo siguiente acerca de los lubricantes: “Se le denomina a cualquier sustancia, sólida, semisólida o líquida, de origen animal, mineral o sintético que, puesto entre dos piezas con movimiento entre ellas, reduce el rozamiento y facilita el movimiento”

En el libro “Prontuario básico de fluidos” desarrollado por (Roldán, 2002a, p. 43), indica que: “Los lubricantes buscan rellenar los entrantes de las superficies, de ese modo, sustituir la fricción entre las partículas sólidas y resistentes, por otra de menor resistencia, bien sea entre moléculas del mismo lubricante o del lubricante fluido con el elemento a lubricar”

1.4.1 Propiedades de los lubricantes

Según Viteri y Jaramillo (2011c), determina que: “Los lubricantes tienen una variedad de características que permiten la diferenciación entre grasas y aceites” (p. 34). Dada la naturaleza de los diferentes tipos de lubricantes no todas las características son aplicables a todos ellos y de cuyas propiedades se puede indicar las siguientes:

1.4.1.1 Color y fluorescencia

El color de la luz que atraviesa los aceites lubricantes varía de negro a transparente. Las variaciones en el color de los aceites resultan de las diferencias en los petróleos crudos, viscosidad, el método y grado de tratamiento durante la refinación, y la cantidad y naturaleza de los aditivos usados. El color tiene poco significado al momento de determinar el desempeño de un aceite. (Viteri y Jaramillo, 2011d, p. 34)

1.4.1.2 Densidad

Se determina a 20 °C, se mide con el densímetro y varían entre el 0,79 y 0,97 g/cm³. (Roldán, 2002b, p. 43)

1.4.1.3 Viscosidad

Es una de las propiedades más relevante. Se define como la resistencia de un líquido a fluir. Esta resistencia es provocada por las fuerzas de atracción entre las moléculas del líquido. El esfuerzo necesario para hacer fluir el líquido. Los fluidos con alta viscosidad ofrecen cierta resistencia a fluir, mientras que los poco viscosos lo hacen con facilidad. (Viteri y Jaramillo, 2011e, p. 35)

Al mismo tiempo, es un factor fundamental para la formación de películas lubricantes, afecta la generación de calor y enfriamiento de cilindros, engranes y cojinetes. La viscosidad rige el efecto sellante del aceite, la tasa de consumo del aceite y determina la facilidad con la cual la maquinaria se enciende en condiciones de frío. “Durante la selección del aceite adecuado debe ser suficientemente alta para proveer películas lubricantes y no tanto como para que las pérdidas debido a la fricción sean excesivas” (Viteri y Jaramillo, 2011f, p. 35)

(Roldán, 2002c, p. 43), menciona que: “Se mide en grados Engler a 20° C. para aceites ligeros, los de las máquinas a 50° C. y los de cilindros a 100° C”.

1.4.1.4 Índice de viscosidad (LV)

La relación entre la viscosidad y temperatura de un aceite es la relación para obtener el índice de viscosidad. Este es importante cuando el arranque se ejecuta en clima frío. Primero en un motor, todos los aceites tienden a conservar la misma viscosidad; aceites que tienen inicialmente mayor viscosidad desarrollan mayor fricción, trabajan a mayor temperatura y su viscosidad se reduce a un valor menor. Segundo, los aceites tienden hacerse delgados cuando aumenta la temperatura o con el aumento de presión, sin embargo, se espesan. De modo, que cuando los aceites están bajo presiones críticas en un motor, los de menor LV pueden ser los más viscosos. Este índice puede elevarse al incorporar aditivos como mejoradores del LV. (IDEAM 2015)

1.4.1.5 Untuosidad

Propiedad que representa mayor o menor adherencia de los aceites a las superficies metálicas a lubricar y se manifiesta cuando el espesor de la película de aceite se reduce al mínimo, sin llegar a la lubricación límite. (Viteri y Jaramillo, 2011g, p. 37)

1.4.1.6 Punto de inflamación

Corresponde a la temperatura en que los vapores desprendidos, arden un momento al acercarlos una llama. Para (Roldán, 2002d, p. 43), “Los lubricantes con un punto de inflamación inferior a 150°C se consideran no aptos”

Por otro lado, (Viteri y Jaramillo, 2011h, p. 49) describen que: “Es la temperatura a la cual el lubricante, según la norma UNE 7057, desprende la suficiente cantidad de gases para que se inflame momentáneamente al aplicarse una llama, sin que el lubricante se queme.

1.4.1.7 Punto de combustión

Según lo indica (Roldán, 2002e, p. 43), detalla que: El punto de combustión corresponde a la temperatura en que los vapores desprendidos arden de forma permanente al acercarlos una llama”.

En cambio, (Viteri y Jaramillo, 2011i, p. 49) aluden que:

Una vez superada la temperatura a la cual se da el punto de inflamación, los vapores emanados por el lubricante se inflaman y este comienza a arder de forma permanente alrededor de 5 segundos, la temperatura de combustión suele situarse entre unos 20°C y 60°C por encima del punto de inflamación.

1.4.1.8 Punto de congelación

Temperatura a la cual el aceite deja de ser fluido, empieza a congelarse. Un punto de congelación se determina al enfriar progresivamente el lubricante en un rubro de ensayo, hasta que sea posible ponerlo en modo horizontal, sin que se derrame. (Viteri y Jaramillo, 2011j)

1.4.1.9 Punto de acidez

Corresponde al número de mg de hidróxido potásico que son necesarios para neutralizar los ácidos existentes en 1g de aceite. Además, se puede decir que la acidez se define por alteración causada por aditivos contenidos, esta acidez debe ser mínima para que no ataque la superficie de las piezas con las que entre en contacto. El grado de acidez de los aceites está limitado al 0,03% según (Viteri y Jaramillo, 2011k)

1.4.1.10 Contenido de cenizas

Según lo indica (Roldán, 2002f, p. 43), “Corresponde a las cenizas que quedan después de quemar el aceite”

1.4.2 Regímenes de lubricación

1.4.2.1 Hidrodinámica

Es aquella que ocurre cuando una película de fluido lubricante, presente es un elemento, actúa de colchón cuando se somete al contacto. La condición donde se genera una capa de lubricante es la

que define este tipo de lubricación. Este régimen es usualmente completado como una forma ideal de lubricación pues proporciona baja fricción y mínimo desgaste. (Viteri y Jaramillo, 2011l, p. 22)

1.4.2.2 Límite

Ocurre cuando las superficies de los sólidos no están completamente separadas por el lubricante y existe contacto en un área comparable a la que se desarrolla en el contacto seco. Las características de la fricción son reguladas por las propiedades de los sólidos y del lubricante que quedan en las superficies más comunes. En este caso las propiedades del aceite lubricante son de menor importancia y el coeficiente de fricción es esencialmente independiente de la viscosidad. (Viteri y Jaramillo, 2011m, p. 23)

1.4.2.3 Mixta

Entre la zona fluida o hidrodinámica y la zona de lubricación límite nos encontramos con una zona de tránsito entre ellas denominada zona mixta, en esta zona las características de contacto son combinaciones de los efectos de la lubricación límite y fluida. (Viteri y Jaramillo, 2011n, p. 23)

1.4.2.4 Elastohidrodinámica

Se involucran todos los factores que conforman esta ciencia, como: la fricción, el desgaste, lubricación, diseño, materiales, funcionamiento del equipo y las condiciones de operación, esto ocurre como resultado de las deformaciones elásticas locales de los materiales y se genera más rápidamente en pares altamente cargados. La viscosidad aumenta debido a las altas presiones en los contactos y ello contribuye a la formación de una película fluida efectiva, el modo de lubricación existente entre dos superficies en contacto deslizante puede cambiar de uno a otro dependiendo de variables como la carga, la velocidad, viscosidad del lubricante, geometría del contacto o rugosidad superficial de ambas superficies, la lubricación elastohidrodinámica se da tanto en la zona de lubricación mixta como en la zona de lubricación hidrodinámica. (Viteri y Jaramillo, 2011o, p. 24)

1.4.3 Clasificación de los aceites lubricantes

Los lubricantes cada vez varían de acuerdo con las necesidades, los fabricantes de automóviles notan aquellas necesidades que incentivan a la creación de distintos tipos de lubricantes en relación con el motor, uno de sus primeros tipos se deriva por el grado de viscosidad que presentaba el lubricante siendo la primera propiedad que es clasificada por la SAE bajo dos

critérios, como por la calidad del balance de sus aditivos y por su viscosidad. A continuación, se presenta detalladamente la clasificación de los aceites lubricantes.

1.4.3.1 Aceites según la calidad

La elaboración de varios tipos de nomenclatura de acuerdo con el tipo de motores ante la aplicación de aceite ha sido elaborada por la Institución American Petroleum, de modo, de establecer sistemas de categorización bajo conceptos de calidad. Por un lado, aquellos vehículos que poseen motor adaptados a la gasolina como combustible, son caracterizados por la letra “S” de Spark, lo que hace hincapié al ciclo de funcionamiento, siendo por su ignición de chispa, lo que ha generado una mezcla en combustión. (Guamán y Ávila, 2020a)

La siguiente letra, es la “A, hasta la N”; alfabéticamente, simbolizando el lubricante en su evolución. Conjuntamente, vale destacar que la primera fabricación de lubricante ha sido la letra A, antes de 1930; de acuerdo con el paso del tiempo la calidad del lubricante ha ido incrementado, lo que ha dejado mejores desempeños y grados de clasificación han presentado mejoras. (Guamán y Ávila, 2020b)

1.4.3.2 Aceites para motores Diesel

Para aquellos motores que funcionan con Diesel, tienen una representación de “C” en cuestión a lubricantes; esto se debe al proceso de ignición el cual es por comprensión, debido a que son motores que requieren de trabajo a una alta presión; por tal razón, las altas temperaturas. La segunda letra comienza de manera alfabética con el fin de generar representación evolutiva del lubricante y con ello una mayor calidad. A continuación, en la tabla 1-1 se muestra la clasificación de aceites para motores Diésel según su año de fabricación.

Tabla 1-1: Clasificación de aceites para motores diésel según períodos de fabricación.

| Nivel de calidad | Periodo de validez | Aplicación |
|-------------------------|-----------------------------------|---|
| CA | Antes de validez de 1950 OBSOLETO | No son adecuados para motores diésel que hayan sido fabricados después del año 1959 |
| CB | 1950-1952 OBSOLETO | No son adecuados para motores diésel que hayan sido fabricados después del año 1961 |
| CC | 1952-1954 OBSOLETO | No son adecuados para motores diésel que hayan sido fabricados después del año 1990 |

| | | |
|---------|-----------------------|---|
| CD/CD-I | 1955-1987 OBSOLETO | Destinados a determinados motores con aspiración natural y turbo cargador |
| CE | 1987-1992 OBSOLETO | Destinados a motores con alta velocidad, cuatro tiempos, aspiración natural y turbocargador. Además, pueden ser usados en lugar de aceites CC y CD |
| CF/CF2 | 1992-1994 OBSOLETO | Destinados a motores todo terreno inyección indirecta diésel, donde se incluye a los que usan combustible de contenido de azufre superior a 0.5% en peso. Pueden reemplazar CD y CII |
| CF-4 | 1992-1994 OBSOLETO | Destinados a motores de una alta velocidad con cuatro tiempos, aspiración natural y turbocargador. Pueden reemplazar CD y CE |
| CG-4 | 1995 OBSOLETO | Destinados a motores con intenso trabajo, alta velocidad, cuatro tiempos que usan combustible de azufre menor a 0.5% en peso. Reemplazan CD, CE y CF-4 |
| CH-4 | 1998 ACTUALIZADO | Destinados a motores con alta velocidad de cuatro tiempos. Aquellos aceites CH-4 se componen para usarse con combustible diésel con rango de contenido de azufre hasta 0.5% en peso. |
| CI-4 | 2002 ACTUALIZADO | Estos aceites están formulados con el propósito de proteger la durabilidad del motor cuando se hace uso de la recirculación de gases quemados (EGR), siendo ideados para utilizarse con combustible diésel con contenido de 0.5% de azufre en peso. |
| CJ-4 | 2006 ACTUALIZADO | Son utilizados con combustible diésel con contenido de 0.5% de azufre en peso. Estos aceites son eficaces en la protección de aquella durabilidad del sistema del control de emisiones, empleando filtros de partículas y otros sistemas de postratamiento avanzado, entre otros. |
| CK-4 | 2017 ACTUAL | Este lubricante es fabricado para una óptima protección contra la oxidación de aceite. Además, es utilizado solamente con combustible de 15ppm de azufre, en caso contrario, puede verse afectada la durabilidad del lubricante. |

Fuente: (Guamán y Ávila, 2020)

1.4.3.3 Aceites según su viscosidad

Esta clasificación según lo indica (Guamán y Ávila, 2020c), fue dada a conocer por la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices), misma que es conocida como norma SAE J300. Conjuntamente, se detalla que esta clasificación es categorizada por 6° de viscosidad a una pequeña temperatura o grado de invierno, los cuales continúan con la letra W (Winter por invierno) y en 5° de viscosidad de alta temperatura de verano, que son identificadas en un solo dígito. A continuación, en la tabla 2-1 se detalla su clasificación de acuerdo con la viscosidad.

Tabla 2-1: Clasificación según la viscosidad SAE.

| Grado SAE | Viscosidad a bajas temperaturas | | Viscosidad a altas temperaturas | | Visc alta cizalla (cP) a 150° C min |
|-----------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------|---|
| | (cP) Max a temp °C | (cP) Max a temp °C | Viscosidad Cinemática Cst @ 100°C | | |
| | | | Min | Max | |
| 0W | 6200 at - 35 | 60000 at - 40 | 3.8 | | |
| 5W | 6600 at - 30 | 60000 at - 35 | 3.8 | | |
| 10W | 7000 at - 25 | 60000 at - 30 | 4.1 | | |
| 15W | 7000 at - 20 | 60000 at - 25 | 5.6 | | |
| 20W | 9500 at - 15 | 60000 at - 20 | 5.6 | | |
| 25W | 13000 at - 10 | 60000 at - 15 | 9.3 | | |
| 20 | | | 5.6 a 9.3 | < 9.3 | 2.6 |
| 30 | | | 9.3 a 12.5 | < 12.5 | 2.9 |
| 40 | | | 12.5 a 16.3 | < 16.3 | 2.8 (grados 0w - 40; 5w - 40; 10w - 40) |
| 50 | | | 16.3 a 21.9 | < 16.3 | 3.7 |
| 60 | | | 21.9 a 26.1 | < 21.9 | 3.7 |

Fuente: (Guamán y Ávila 2020)

1.4.4 Aditivos en aceites lubricantes.

1.4.4.1 Aditivos detergentes.

La función de los aditivos detergentes es de mantener la limpieza del motor al evitar la acumulación de hollín y otros productos de la combustión, así como productos de la oxidación

del aceite, estos compuestos a menudo se denominan detergentes, cuya función parece dispersar en lugar de purificar las impurezas. (Arellano, 2009a, p. 34)

1.4.4.2 Aditivos dispersantes.

Un gran avance en el campo de los aditivos es la disponibilidad de dispersantes sin cenizas. Estos materiales se pueden dividir en dos categorías amplias: dispersantes de polímeros de alto peso molecular utilizados para formar aceites a granel y aditivos de bajo peso molecular utilizados cuando no se requiere modificación de la viscosidad, estos aditivos funcionan mucho mejor que los tipos de metales para controlar los depósitos y depósitos de barniz que surgen del rendimiento térmico de los motores de gasolina, los productos químicos útiles para este propósito se consideran un grupo polar conectado a una cadena de hidrocarburos muy alta. El grupo polar generalmente contiene una o más de las siguientes sustancias: nitrógeno, oxígeno y fósforo, las cadenas de solubilizantes suelen tener un peso molecular más alto que las utilizadas para la limpieza; sin embargo, en algunos casos son iguales. (Arellano, 2009b, p. 34)

1.4.4.3 Aditivos antidesgaste

El desgaste de la pérdida de metal con el subsiguiente cambio en la luz entre las superficies móviles, la continuidad conducirá a un mal funcionamiento mecánico, entre las causas de desgaste se encuentran el contacto entre metales, la presencia de abrasivos y el ataque de ácidos destructivos, el contacto con metales se puede prevenir agregando elementos formadores de capas que protegen la superficie, ya sea por absorción física o por reacciones químicas. Los ditiofosfatos de zinc se utilizan ampliamente para este propósito y son muy efectivos para reducir el desgaste de los árboles de levas. (Arellano, 2009c, p. 36)

Algunos aditivos contienen fósforo, azufre o una combinación de estos, el desgaste excesivo se puede prevenir eliminando las partículas filtrando del aire que entra al motor y el aceite. Los efectos de la corrosión se deben principalmente a los químicos ácidos formados por el fuego, este tipo de depósito se puede prevenir mediante el uso de aditivos alcalinos como partículas básicas y sulfonatos. (Arellano, 2009d, p. 36)

1.4.5 Contaminación del aceite

Los aceites son sustancias altamente contaminadas y debe manejarse de manera responsable durante su manipulación y uso, así como su disposición final, ya que, si se vierte al suelo o vías

fluviales, o si se incinera de manera incontrolada, puede contaminar el aire, generando un gran impacto en el ecosistema. (Zakelj, 2019)

La degradación del aceite lubricante es producto de su contaminación por diferentes sustancias y del proceso de oxidación, se atribuye al uso y funcionamiento del lubricante, y el proceso de oxidación se origina por el consumo de reservas alcalinas en el lubricante por aditivos antioxidantes o limpiadores dispersantes. En la tabla 3-1 se indican los componentes contaminantes de los aceites de acuerdo con su origen.

Tabla 3-1: Contaminante de aceites

| Componente | Origen |
|-------------------|------------------------|
| Agua | Combustión |
| Plomo | Desgaste de piezas |
| Bario | Aditivos detergentes |
| Calcio | Aditivos detergentes |
| Magnesio | Aditivos detergentes |
| Zinc | Aditivos detergentes |
| Fosforo | Aditivos detergentes |
| Hierro | Desgaste |
| Cromo | Desgaste |
| Níquel | Desgaste |
| Aluminio | Desgaste |
| Estaño | Desgaste |
| Cobre | Desgaste |
| Azufre | Producto de combustión |

Fuente: (Coral y Hinostrza 2019)

En la tesis de (Tormos, 2005g), se expone que el problema de la contaminación del aceite la mayor parte de los productos de la combustión son evacuados a la atmósfera vía sistema de escape, pero una pequeña parte de estos pueden fugar a través de la holgura entre los segmentos y camisa, contaminando el aceite y pudiendo causar efectos adversos.

1.5 Tipo de desgaste del motor

En un estudio realizado por (Viteri y Jaramillo, 2011p, p. 45), se señala que: La principal misión del lubricante es reducir el rozamiento entre las superficies por lo tanto cuando existe desgaste

aparecen ruidos, pérdida de potencia, avería total, la composición metalúrgica de piezas, las condiciones de utilización del motor, el combustible empleado y la calidad de la combustión.

1.5.1 Desgaste adhesivo

En estas condiciones cuando dos superficies entran en contacto, la unión no se efectúa más que por una serie de picos, sobre los cuales se ejercen presiones muy considerables, de tal forma que se producen deformaciones plásticas del metal hasta que las superficies reales de contacto sean lo suficientemente grandes para que puedan soportar la carga. En este momento las presiones locales de contacto son del orden de la dureza del metal más blando. (Viteri y Jaramillo, 2011q, p. 45)

1.5.2 Desgaste por fatiga superficial

Fatiga térmica de superficies de fricción duras y frágiles sometidas a gradientes térmicos elevados, este desgaste afecta sobre todo a las superficies en deslizamiento puro con elevada velocidad, además el deterioro producido se presenta en forma de grietas repartidas uniformemente, de dirección perpendicular a la dirección de deslizamiento. (Viteri y Jaramillo, 2011r)

1.5.3 Desgaste corrosivo

En la reacción de combustión en el motor se generan una serie de productos, algunos de los cuales tienen un carácter muy ácido, y la presencia de agua puede hacerlos muy agresivos frente a los metales. Incluso el mismo aceite cuando alcanza un cierto grado de alteración puede originar oxácidos volátiles y corrosivos. (Viteri y Jaramillo, 2011s)

1.5.4 Desgaste abrasivo

En este tipo de desgaste, el desprendimiento de materia de una superficie ocurre cuando partículas duras o superficies rugosas se desplazan sobre una superficie más suave. Este tipo de desgaste no siempre es perjudicial, e incluso puede ser deseable en algunos casos de herramientas de corte, ya que el desgaste abrasivo también puede ser visto como una serie de micro cortes. (Viteri y Jaramillo, 2011t)

1.5.5 Desgaste erosivo

Este tipo de desgaste se produce cuando las superficies metálicas están “bañadas” por un fluido animado de gran velocidad y cargado de partículas sólidas y duras. Este desgaste es muy

semejante al abrasivo, pero mientras en este último, las partículas trabajan las superficies bajo el efecto de las fuerzas angulares en los juegos pequeños, en el caso de la erosión, es únicamente la energía cinética de las partículas la que puede, en los puntos de impacto sobre las superficies, provocarlas deformaciones o arranque de materia. (Viteri y Jaramillo, 2011u)

Una de las técnicas en análisis de aceites es la ferrografía, esta técnica analítica que permite la separación de las partículas pequeñas de las muestras de aceite usado, con la suficiente resolución espacial que permite estudiar su morfología en detalle. El ferro grafía separa magnéticamente las partículas y por esta razón solo sirve para estudiar los contenidos de materiales ferromagnéticos, incluidos los muy débiles y algunos como el aluminio o bronce, que, no siendo magnéticos, al desgastarse contra materiales ferrosos adquieren trazas de ellos y se comportan como ligeramente magnéticos. De esto deriva una de las características más valiosas para la aplicación del ferro grafía al monitorizado de los aceites usados. (Viteri y Jaramillo, 2011v)

Otras pruebas útiles son las pruebas químicas y físicas que detectan agua y combustible el aceite, por la prueba de chisporroteo se coloca una gota de aceite en una plancha caliente a una temperatura entre 230° y 250° F. la presencia de combustible se determina con un probador de desarrollo, en el cual la muestra de aceite es calentada gradualmente hasta obtener una mezcla de aire y combustible evaporados que al ponerse en contacto con una flama produce un destello.

En el presente estudio se establece un análisis de pruebas a un vehículo CHEVROLET SPARK modelo 2009, que utiliza un aceite de marca Kendall 20W50.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Enfoque de investigación

El enfoque del proyecto es cualitativo y cuantitativo, ya que el estudio se centra en la recolección de datos cualitativos de los sujetos investigados, tomando en cuenta sus necesidades y criterios frente a la problemática evidenciada. Además, se requiere conocer las características que deberían tomarse en cuenta al evaluar los problemas registrados en el motor debido al uso de lubricantes. Se aplicará indicadores de medición en datos cuantitativos por medio de técnicas de recolección de la información que se procesaran por medio de un instrumento adecuado y estructurado por parte del investigador. (Ávila, 2018d)

2.1.1 Cualitativo

El método cualitativo emplea técnicas como fichas de observación y análisis que permiten comprender el contexto natural y cotidiano del fenómeno estudiado. (Castaño y Quecedo, 2002)

2.1.2 Cuantitativo

El método cuantitativo es todo aquel que utiliza valores numéricos para estudiar un fenómeno mediante la aplicación de índices de medición.

Las muestras de aceite de motor se extraerán mediante pistola de vacío, introduciendo un tubo plástico nuevo, limpio y flexible con una longitud suficiente para conectar la pistola al reservorio o cárter del motor y por vacío (creado por la pistola) para extraer la muestra. (Ávila, 2018e)

2.2 Hipótesis

El análisis de la composición del aceite lubricante utilizado en un vehículo marca Chevrolet Spark modelo 2009, permite inferir en los procesos de desgaste de su motor de combustión interna.

2.3 Variables

Variable independiente: Desgaste del motor.

Variable dependiente: Composición del aceite lubricante.

Las muestras de aceite nuevo y usado son de las siguientes características: Kendall 20W50 y se analizarán en laboratorio mediante técnicas fisicoquímicas, que incluyen: escaneo de fluido, medidor de densidad, medidor de viscosidad, comprobación rápida de aceite, equipo espectrómetro basado en la normalización (ASTM), aceptadas internacionalmente.

2.4 Ficha Técnica del vehículo

A continuación, en la tabla 1-2 se detallan las características del vehículo usado para el análisis de su aceite lubricante.

Tabla 1-2: Ficha técnica del vehículo Chevrolet Spark utilizado para la prueba.

| | |
|--|--|
|  | Chevrolet Spark 2009 STD 1.0 Activo |
| Propietario | Luis Benjamín Yáñez Paguay |
| Placa | HOMO952 |
| Color | Blanco |
| Motor | 4 en línea |
| Combustible | Gasolina |
| Situación | Transversal |
| Cilindrada | 995 cm ³ |
| Diámetro x carrera | 68.5 x 67.5 mm |
| Válvulas | 16 |
| Relación de compresión | 9.8:1 |
| Potencia | 67 HP – 50 Kw @ 6400 rpm |
| Par máximo | 93 Mm @ 4800 rpm |
| Tracción | FWD |
| Caja de cambios | Manual 5 velocidades |
| Consumo medio | 5.1 L/100km |

| | |
|------------------------|------------------------------------|
| Consumo urbano | 6.6 L/100km |
| Consumo en carretera | 4.2 L/100km |
| Autonomía | 686 km |
| Capacidad del depósito | 35 L |
| Emisiones de CO2 | 119 g/km |
| Número de puertas | 5 |
| Batalla | 237.5 cm |
| Longitud | 364 cm |
| Ancho | 159.7 cm |
| Alto | 152.2 cm |
| Frenos delanteros | Discos 236 mm |
| Fren frenos traseros | Tambor 200 mm |
| Neumáticos delanteros | 155/80 R13 |
| Neumáticos traseros | 155/80 R13 |
| Peso | 939 kg |
| Volumen del maletero | 170 L |
| Suspensión delantera | Independiente – McPherson |
| Suspensión trasera | Semi- independiente – Coil springs |

Realizado por: Barrera, R. 2021.

2.5 Especificaciones técnicas del lubricante empleado

En la tabla 2-2 se indican las características del aceite lubricante Kendall 20W50, así como sus valores referenciales sobre las concentraciones metálicas.

Tabla 2-1: Ficha técnica y valores de concentraciones metálicas límites de fabricantes de aceite Kendall 20W50.

| Grado SAE | 20W50 |
|-----------------------------|-------|
| Gravedad específica @ 60° F | 0.883 |
| Densidad lb/gal @ 60° F | 7.35 |
| Punto de inflamación °C | 230 |
| Punto de fluidez °F | -30 |
| cSt @ 40 °C | 160 |

Continúa

| | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| cSt @ 100 °C | 19.4 |
| Viscosidad CCS, cP | 6.3 |
| Viscosidad HTHS, cP @ 150 °C | 4.9 |
| Cenizas sulfatadas, ASTM D874, % masa | 0.99 |
| Número básico total (TBN), ASTM D2896 | 50% del aceite nuevo y >2 |
| Insolubles | >1% |
| Viscosidad | ± 20% del aceite nuevo |
| Glicol | >200 ppm |
| Nitración | 20 abs/cm |
| Oxidación | 20 abs/cm |
| Agua | 1000 ppm |
| Al | 10 ppm |
| B | 50% del aceite nuevo |
| Ca | 50% del aceite nuevo |
| Cl | >800 ppm |
| Cr | 5 ppm |
| Cu | 15 ppm |
| Fe | 20 ppm |
| Mg | 50% del aceite nuevo |
| Mo | 5 ppm |
| Na | 25 ppm |
| Ni | 3 ppm |
| P | 50% del aceite nuevo |
| Si | 4-7 ppm |
| Sn | 5 ppm |
| Ti | 66 ppm |
| Zn | 50 % del aceite nuevo |

Fuente: (Gómez 2013, p. 65) y (Cabrera Ordoñez y Cabrera Tenorio 2017, p. 62)

2.6 Procedimiento para tomar muestra de aceite

Al momento de realizar la toma de muestras para luego ser enviadas al laboratorio se debe tomar en cuenta ciertos aspectos para evitar interpretaciones erróneas de los resultados, y así evitar diagnósticos inexactos del estado del motor.

- El motor debe estar a la temperatura de operación esto quiere decir que el motor no necesariamente debe estar en funcionamiento.
- Evitar tomar la muestra directamente de la base del cárter, debido de que allí es donde se acumulan depósitos, lodos y las muestras se recolectan en envases limpios y secos.
- En este proyecto de investigación la toma de muestra se le realizo con jeringuilla y manguera de caucho mostrada en la figura 1-2.



Figura 1-2: Jeringuilla y manguera de caucho para toma de muestra

Realizado por: Barrera, R. 2021.

- Para tomar la muestra se estaciona el vehículo en un lugar plano y se procede a apagar el motor y verificar que se encuentre en un lugar seguro, como se muestra en la figura 2-2.



Figura 2-1: Vehículo utilizado para la recolección de muestra.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

- Posteriormente se retira la bayoneta de medida de aceite, luego se conecta la jeringuilla a la manguera y se procede a ingresarla por el orificio, tal como se muestra en la figura 3-2.



Figura 3-2: Extracción de muestra por el orificio de medida de aceite motor

Realizado por: Barrera, R. 2021.

- Una vez realizado el paso anterior, tal como se muestra en la figura 4-2, succionar el aceite con la ayuda de la jeringuilla hasta la medida de 100 ml, lo requerido por el laboratorio.



Figura 4-2: Extracción de muestra mediante jeringuilla.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

Como se muestra en la figura 5-2, luego de tomar las muestras se etiqueta los envases con los datos necesarios para ser enviados al laboratorio de Combustibles, Biocombustibles y Aceite Lubricantes (LACBAL) en la ciudad de Quito y al laboratorio de la ESPOCH en la ciudad de Riobamba.



Figura 5-2: Etiquetado de recipientes con las muestras de aceite lubricante.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

2.7 Nivel de la investigación

2.7.1 Exploratorio

Inicialmente fue necesario recopilar información sobre el desgaste de motores a partir de fuentes confiables, a fin de establecer los problemas que ha desarrollado el motor a causa del aceite de lubricación empleado y de esta manera definir el problema central en conjunto con sus causas y consecuencias. También se necesitó revisar otros proyectos que pueden servir como base para iniciar el estudio y fundamentar teóricamente la investigación. (Abreu, 2012a, p. 5)

2.7.2 Descriptivo

Se evidenciaron los problemas existentes respecto del desgaste de los motores por medio del análisis en base a conceptos y normativas existentes y que sean aplicables a los procesos del sector. (Abreu, 2012b, p. 4)

2.7.3 Explicativo

Se presentaron los resultados encontrados en la fase descriptiva y se discutió sobre las falencias encontradas, dando luces sobre las posibles alternativas de solución pudiendo establecer las primeras conclusiones y recomendaciones. (Abreu, 2012c, p. 4)

2.7.4 Bibliográfica – Documental

Para el estudio, se revisó bibliografía que permite sustentar teóricamente el proyecto, esta revisión principalmente se basó en libros; adicionalmente, se rastreó documentos como guías y manuales que contribuyeron a la sustentación teórica de la investigación. (Estrada, 2014)

2.8 Diseño de investigación

2.8.1 Experimental

El enfoque de la investigación es cuali-cuantitativo por lo tanto es necesario realizar una investigación de tipo experimental. También el objetivo depende de la elaboración de una propuesta el adecuado cuidado del motor durante los procesos de lubricación. (Castaño y Quecedo, 2002, pp. 10-14)

2.9 Tipo de estudio

Se realizará en un periodo de tiempo en cual se analiza el desgaste del motor debido a inadecuado manejo en los procesos de mantenimiento que respectan a los aceites lubricantes.

2.10 Métodos

2.10.1 Inductivo – Deductivo

Mediante la observación y el levantamiento de información de componentes particulares para desembocar en conclusiones y recomendaciones generales, con el uso de principios y sistemas generales aplicados en temas particulares. (Gómez Bastar, 2012, pp. 29-30)

2.11 Técnicas

2.11.1 Observación directa

Mediante esta técnica se evidencia de primera mano la situación actual en cuanto al desgaste del motor y su funcionamiento.

2.12 Instrumentos

2.12.1 FluidScan



Figura 6-2: Equipo FluidScan para análisis de aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

El equipo FluidScan que se muestra en la figura 6-2, según lo indican (AMETEK 2018) y (Virtual Expo Group, 2021), es un dispositivo de espectro científico de análisis infrarrojos portátiles para el control de la contaminación en lubricantes y aceites que proporcionan mediciones precisas, además de parámetros importantes como contenido de agua, nivel de ácido y origen (TAN y TBN), la cantidad de glicoles y glicerina, oxidación, nitrificación y sulfuración son algunos de los parámetros que un grupo puede determinar en base de datos o biblioteca del grupo. Con solo unos minutos de extracción de aceite, el dispositivo portátil hace que el aprendizaje sea más rápido, fácil y flexible para cualquier usuario.

Desempeñan un papel importante en el seguimiento del estado de las máquinas para un mantenimiento y una previsión eficientes en los sistemas de gestión, determinan cuándo es necesario reemplazar el aceite debido a daños químicos o contaminación de otros líquidos.

2.12.2 Medidor de densidad DMA 35



Figura 7-2: Equipo utilizado para medir la densidad del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En la figura 7-2 se muestra el DMA 35 es un medidor de densidad portátil que extrae una muestra directamente del recipiente de almacenamiento con la ayuda de una bomba incorporada y la mide rápidamente. Los resultados se muestran a granel o en forma de concentración, como Brix, % v/v con alcohol o % p/p en H_2SO_4 . Su diseño plano y liviano le permite medir con precisión muestras que son difíciles de alcanzar. (Anton Para, 2021)

2.12.3 Medidor de viscosidad.



Figura 8-2: Equipo medidor de viscosidad para aceite lubricante.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

El viscosímetro mostrado en la figura 8-2, utiliza la resistencia mecánica de cualquier líquido que actúe en dirección opuesta al movimiento de rotación. Como resultado, se genera el par del viscosímetro y lo convierte en un valor de viscosidad. El viscosímetro es un instrumento de medida directa porque, aunque tiene un rango de medida de 1 a 2.000.000 mPa·s y tiene una precisión de $\pm 1,0\%$.

- Rango de medición de viscosidad: 1...2.000.000 mPa·s.
- Precisión: $\pm 1.0\%$ de la escala convertida completa.
- Velocidad de rotación: 0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12, 30, 60 rpm.

2.12.4 Oilview Quick-Check.



Figura 9-2: Equipo OilView Quick-Check

Realizado por: Barrera, R. 2021.

El equipo OilView Quick-Check mostrado en la figura 2-9, es muy fácil de usar y brinda resultados rápidos para ayudar a identificar problemas de lubricación, cierre o vendaje. Los resultados están disponibles en 1 minuto y se traducen fácilmente. OilView Quick-Check brinda detalles sobre:

- **Degradación del aceite:** Mediante medidas del índice de degradación y la constante dieléctrica.
- **Entrada de contaminación:** Midiendo el contenido de agua y partículas grandes sin hierro.
- **Desgastes de componentes mecánicos:** Por la relación del índice férrico y el índice de las partículas férricas a más de 60 micrones.

2.12.5 Espectrómetro



Figura 10-2: Equipo espectrómetro para análisis de aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

Este dispositivo mostrado en la figura 10-2, se basa en la interacción entre la radiación electromagnética y la materia en el caso cuando se produce un intercambio de energía, sabiendo que los átomos de cualquier objeto producen espectros electromagnéticos ópticos cuando se excitan, lo que a su vez potenciará la identificación.

La representación de la magnitud de la radiación en comparación con la longitud de la radiación es lo que se conoce como espectro de emisión. Estos campos de energía de salida ahora aumentan bruscamente a diferentes longitudes de onda y con intensidad variable según los diferentes elementos presentes en la muestra.

El espectrómetro de emisión óptica de electrodo de disco giratorio SpectrOil 100 se usa ampliamente en laboratorios de petróleo, en el sitio o en laboratorios de remolques, como métodos

probados para determinar con precisión la composición de lubricantes en aceite de enfriamiento, enfriamiento, ligero o pesado, aceitoso y a base de agua.

2.12.6 Fichas de observación

Con este instrumento se verifica y constata los componentes que se involucran en el análisis, así como cualquier otro aspecto a investigar.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Mediante el análisis del aceite lubricante Kendall 20W50 en los diferentes equipos, se han obtenido varios valores de sus propiedades que se interpretarán para ver su injerencia en el desgaste del motor de combustión interna del vehículo Chevrolet Spark. Cabe indicar que después de la toma de cada muestra se procedía a completar el faltante de lubricante extraído con aceite 20w50 totalmente nuevo, debido a que existe una cantidad específica que debe contener el motor para su correcto funcionamiento.

3.1 FluidScan

A continuación, en la tabla 1-3 se muestran los resultados de las pruebas realizadas en el equipo FluidScan efectuadas al aceite 20W50 en distintos intervalos de kilometraje.

Tabla 1-3: Valores del aceite lubricante Kendall 20w50 mediante equipo FluidScan.

| Kilómetros (km) | Aglomeramiento de aditivos (%) | Integridad fluida (%) | Glicol (%) | Nitración (abs/cm) | Oxidación (abs/0,1mm) | Hollín (%wt) | Sulfatación (abs/0,1mm) | TBN (mgKOH/g) | Agua (ppm) |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------|------------|--------------------|-----------------------|--------------|-------------------------|---------------|------------|
| 0 | 145 | 103,4 | 0,2 | 0 | 8,2 | 0 | 15 | 10,1 | 315 |
| 500 | 96 | 102,1 | 0,1 | 0 | 9,9 | 0 | 16,5 | 9,9 | 334 |
| 1000 | 87 | 101,5 | 0,4 | 0 | 10,3 | 0 | 17,3 | 9,4 | 440 |
| 1500 | 86 | 99,6 | 0,1 | 1,4 | 10,8 | 0 | 17,6 | 9 | 227 |
| 2000 | 87 | 98,4 | 0,1 | 2,7 | 11 | 0 | 18 | 8,8 | 190 |
| 2500 | 84 | 97,3 | 0,1 | 5,5 | 11,8 | 0 | 18,7 | 7,8 | 226 |
| 3000 | 84 | 96,8 | 0,1 | 5,8 | 11,9 | 0 | 18,9 | 7,6 | 102 |

Continua

| | | | | | | | | | |
|------|-----|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|
| 3500 | 86 | 96,1 | 0,2 | 7,4 | 12,2 | 0 | 19,8 | 7,3 | 151 |
| 4000 | 84 | 95,1 | 0,2 | 9,2 | 12,7 | 0 | 20,4 | 6,9 | 200 |
| 4500 | 117 | 89,4 | 0,1 | 9,4 | 13,4 | 0,15 | 24 | 6,7 | 414 |
| 5000 | 117 | 87,7 | 0,1 | 9,5 | 13,6 | 0,19 | 24,3 | 6,1 | 165 |

Realizado por: Barrera, R. 2021.

3.1.1 Aglomeración de aditivos

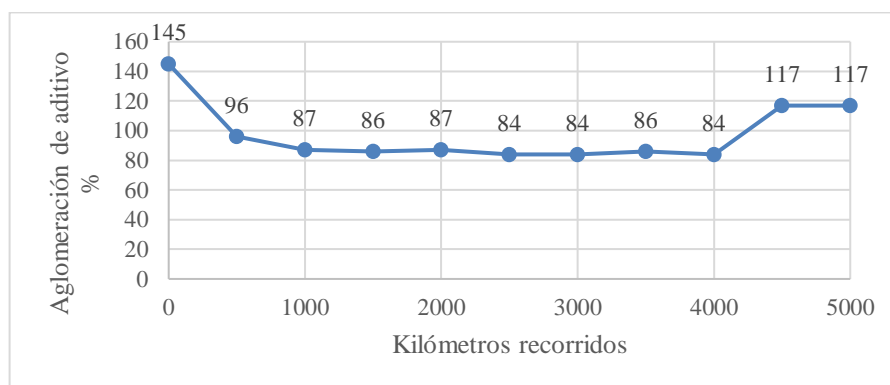


Gráfico 1-3: Porcentaje de aglomeración de aditivos vs kilometraje del aceite lubricante.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

Como se muestra en el gráfico 1-3, el porcentaje de aglomeramiento de aditivo inicial del lubricante es de 145%, tendiendo a bajar en los primeros 500 km de uso hasta un valor de 96%, en consecuencia, es donde se observa un mayor decrecimiento pues se han perdido alrededor del 49%, por lo que se infiere que es el período en el cual el motor de combustión interna contamina en mayor cantidad el aceite. Al llegar a los 1000 km de recorrido baja hasta un valor de 87% manteniéndose casi estable hasta los 4000 km con un valor de 84%. Posteriormente durante los últimos 1000km de recorrido se observa que su valor asciende hasta el 117% lo cual llama mucho la atención, pues es donde el aceite lubricante ya no está apto para el motor y se deberá realizar el cambio, estos valores elevados pueden ser debido a que en este punto el aceite ya se encuentra muy degradado y con la presencia de varios contaminantes que podrían inferir en el número alto de aglomeración de aditivo.

3.1.2 Integridad fluida

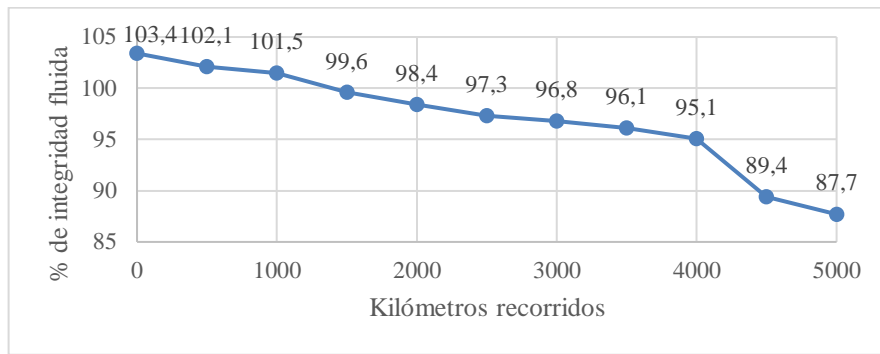


Gráfico 2-3: Porcentaje de integridad fluida vs kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

Mediante los valores mostrados en el gráfico 2-3, se identifica que en la toma inicial el aceite lubricante muestra un valor de 103,4% de integridad fluida, siendo este el valor máximo de la muestra y el valor de referencia para el aceite nuevo Kendall 20w50, luego baja progresivamente con una tendencia lineal decreciente en casi una unidad hasta los 4000 km de recorrido con un valor de 95,1% en este punto, en los últimos 1000 km es donde se observa la mayor pérdida de integridad fluida del aceite pues a 4500 km tiene un valor de 89,4% y en 5000 km 87,7% siendo este último el valor más bajo de la muestra. Tal como la prueba anterior en los últimos 1000 km de recorrido el aceite lubricante presenta valores diferenciadores y también se estima que se debe a la presencia de contaminantes producto de la combustión y otros elementos los cuales causan que el aceite pierda progresivamente su integridad fluida, es decir se haga más espeso.

3.1.3 Glicol

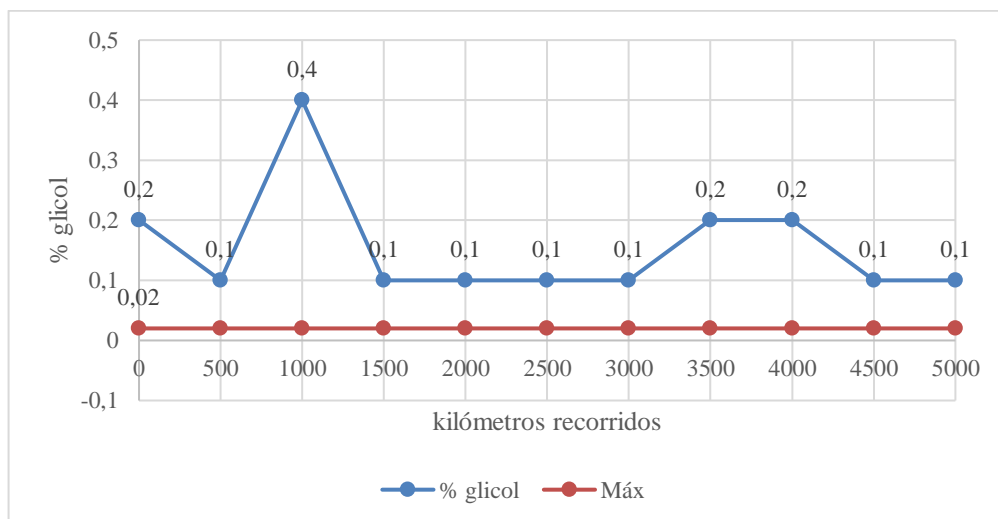


Gráfico 3-1: Porcentaje de glicol en el aceite lubricante.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

Mediante los datos mostrados en la gráfica 3-3, teniendo como referencia el valor inicial de la muestra de aceite al 0 km igual a 0,2% (2000 ppm) y el valor límite máximo aceptable de glicol que debe ser $> 0,02\%$ ($>200\text{ppm}$), se observa que en los primeros 500 kilómetros de recorrido decrece hasta 0,1% (1000 ppm) por lo que se reduce la viscosidad del aceite fuertemente en este período tan corto. Posteriormente pasa algo inesperado debido a que su valor sube hasta 0,4% (4000 ppm), luego presenta un 0,1% (ppm) de glicol desde los 1500 km hasta los 3000 km, luego se incrementa hasta 0,2% (2000 ppm) hasta los 4000 km. Finalmente se mantiene los últimos 1000 km en 0,1% (1000 ppm).

De acuerdo a los datos obtenidos en la gráfica 3-3, se observa de forma general que el porcentaje de glicol tiende a bajar a medida que se incrementa el kilometraje recorrido del aceite lubricante, sin embargo se han mantenido dentro de los rangos mínimos establecidos de $>0,02\%$ ($>200\text{ppm}$) de glicol, además solo se observa un solo valor extremadamente alto de 0,4% (4000 ppm), este valor elevado puede ser consecuencia de una amplia exposición al ambiente o una contaminación en la muestra, además se observa un comportamiento dentro de los parámetros de control el cual indica que las juntas del motor están en buen estado y por lo tanto impiden el paso de refrigerante al aceite, los cilindros y la cámara de combustión no presentan grietas, ; caso contrario lo volvería muy espeso y perdería sus propiedades.

3.1.4 Nitración

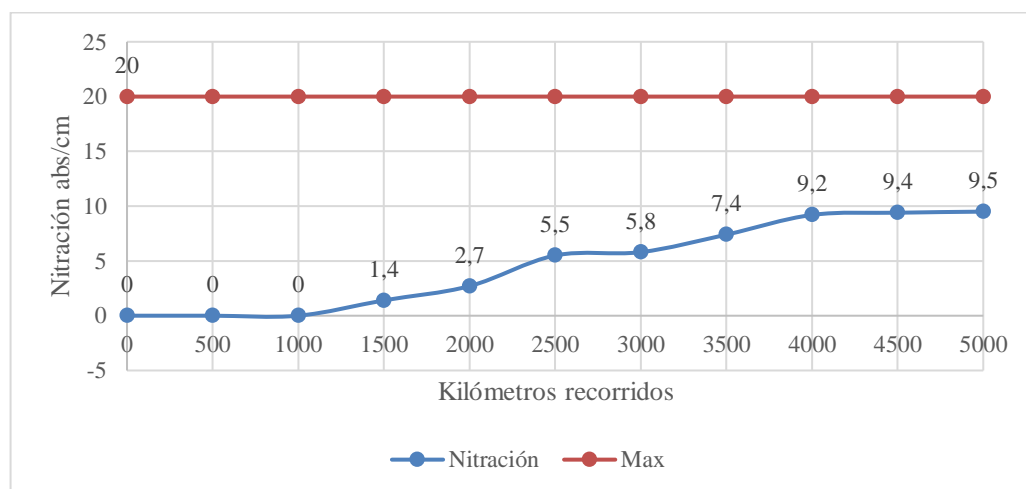


Gráfico 4-3: Nitración vs kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

Como se observa en el gráfico 4-3, se describen los valores de nitración en unidades de abs/cm (Absorbancia/longitud de onda), así como su valor máximo permitido de 20 abs/cm. En un estado inicial hasta los primeros 1000 km de recorrido se mantiene en un valor de 0 abs/cm, a partir de los 1500 km se incrementa progresivamente hasta un valor máximo final a los 5000 km de 9,5

abs/cm, cabe señalar que aún este valor máximo se encuentra por debajo de la mitad del límite máximo permitido para la nitración. Según el valor máximo de 9,5 abs/cm de nitración presente en el aceite, se puede decir que no influye en el desgaste del motor debido a que se encuentra del rango tolerable, consecuentemente se infiere a que sus procesos de combustión están dentro de la normalidad, pues si estuviera en valores elevados sería un indicativo de altas temperaturas de combustión lo que generaría eminentes NOx (óxidos de nitrógeno) que contaminan el aceite generando su rápida degradación mediante la acelerada formación de lodos y barnices, además los segmentos del pistón y el cilindro se encuentran en buen estado pues su desgaste también influye a elevadas concentraciones de nitración.

3.1.5 Oxidación

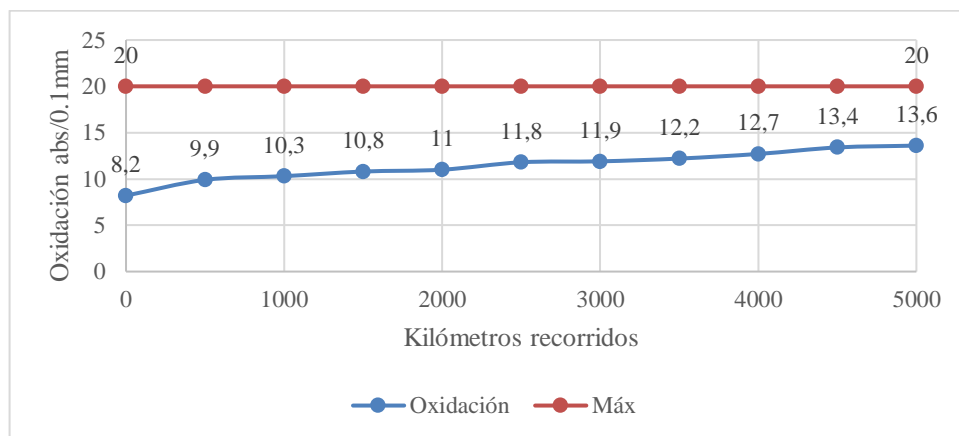


Gráfico 5-3: Valores de oxidación de lubricante.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 5-3 se muestran los valores de oxidación en abs/0.1mm (absorbancia/longitud de onda), se establece un límite máximo permitido de 20 abs/0.1mm para el aceite usado. En estado inicial se muestra un valor de 8,2 abs/0.1mm el cual tiene su mayor incremento en los primeros 500 km con 9,9 abs/0.1mm, posteriormente tiene un incremento gradual a 13,6 abs/0.1mm hasta los 5000 km de recorrido, siendo este su valor máximo. Según su valor máximo de oxidación de la muestra a 5000 km de recorrido se establece que se encuentra dentro del rango permitido, por lo que el motor no sufriría desgaste por oxidación, ya que valores elevados indicarían altas temperaturas de combustión, alta presencia de oxígeno; este parámetro se complementa con los valores de nitración obtenidos con anterioridad en el gráfico 3-4. Además, se concluye que, al estar los resultados bajo el límite permitido, no existe altas temperaturas de combustión, las juntas del motor están bien y no existe altas concentraciones de partículas metálicas en el aceite.

3.1.6 *Hollín*

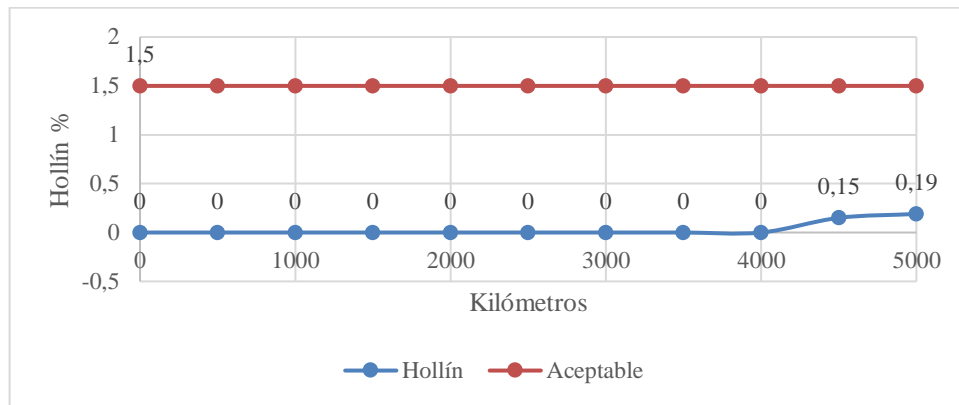


Gráfico 6-3: Valores de hollín en el aceite lubricante.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 6-3 se muestran los valores obtenidos para la presencia de hollín en el aceite lubricante en %, se observa que en los primeros 4000 km de recorrido se mantiene en 0%, elevándose hasta 0,15% en 4500 km y con un valor máximo de 0,19% en los 5000 km de recorrido. La presencia de hollín en el lubricante se da debido a los procesos de combustión, pero teniendo como referencia un valor de 1,5% aceptable y cerca del 5% crítico, el máximo valor de las muestras ha sido de 0,19%, indicativo que no se genera desgaste en el motor, ni trabaja a altas temperaturas en la cámara de combustión, su filtro está en buen estado, y su compresión es correcta, por lo tanto, se encuentra en condiciones normales de funcionamiento.

3.1.7 *Sulfatación*

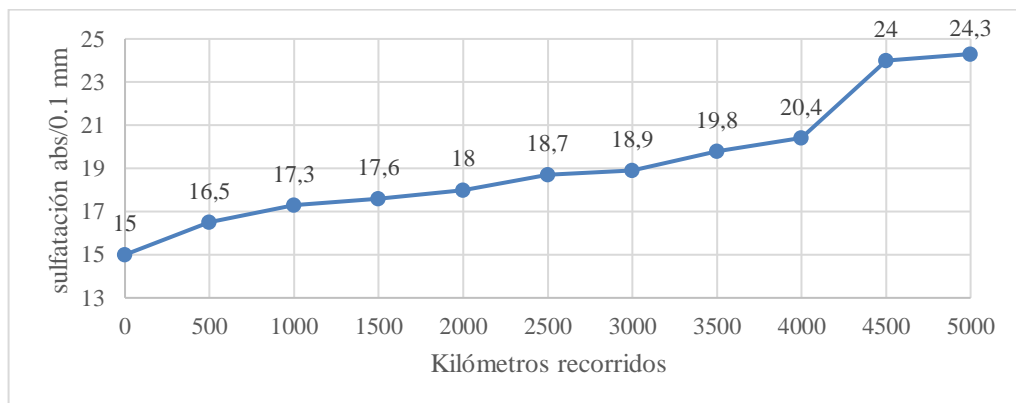


Gráfico 7-3: Valores de su sulfatación vs kilómetros recorridos del aceite lubricante.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 7-3 se muestra los valores de sulfatación de las muestras de aceite lubricante en abs/0.1mm (absorbancia/longitud de onda), en una muestra inicial se tiene 15 abs/0.1mm

incrementándose progresivamente de manera casi lineal hasta los 4000 km de recorrido con un valor de 20,4 abs/0.1mm, en los últimos 1000 km de recorrido se eleva drásticamente a 24 abs/0.1mm en los 4500 km y 24,3 abs/0.1mm a los 5000 km, siendo este último el valor máximo de todas las muestras. Este parámetro de sulfatación del aceite lubricante va directamente relacionado con los parámetros anteriores de glicol, oxidación, nitración y presencia de agua, por lo que tomando en cuenta que se encontraban dentro de los rangos permisibles, se deduce que el motor se encuentra sin desgaste excesivo.

3.1.8 TBN

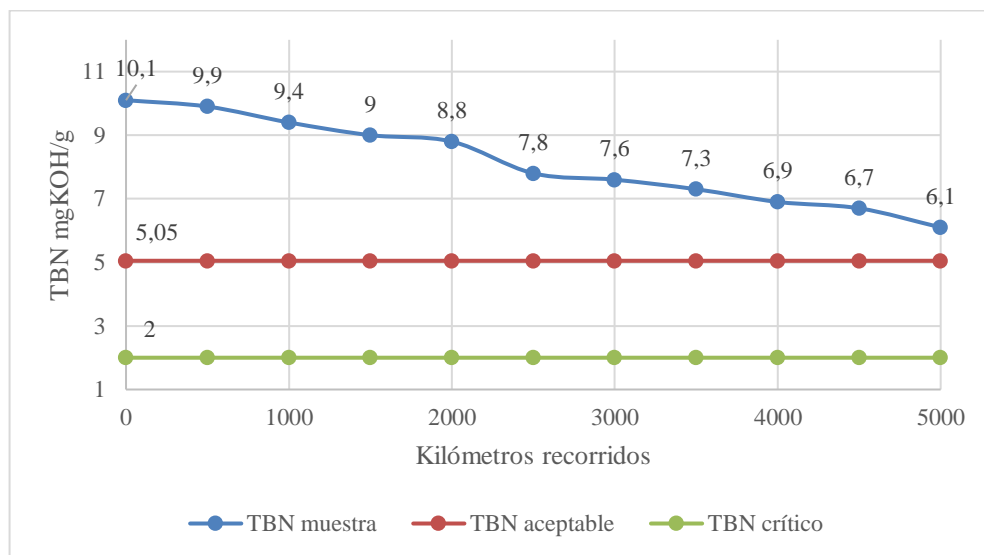


Gráfico 8-3: Comportamiento del índice TBN vs kilómetros recorridos.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 8-3 se muestran los valores obtenidos de TBN (Número Básico Total) en mgKOH/g (miligramos de Hidróxido de Potasio que contiene un gramo de aceite), se observa su valor inicial de 10,1 mgKOH/g que va decreciendo progresivamente hasta los 2000 km de recorrido, a los 2500 km se da una pérdida importante de 1 mgKOH/g pues su valor es de 7,8 mgKOH/g, a partir de este punto hasta los 5000 km de recorrido se muestra un descenso gradual del TBN con 6,1 mgKOH/g al final. Se observa además un comportamiento normal pues si el valor TBN se mantiene en valores elevados y no decrece permitiría la formación de depósitos de cenizas sulfatadas en la cámara, corona, anillos, asiento de válvulas y pistón. Este índice TBN debe ir decreciendo progresivamente mediante el aumento del kilometraje hasta aproximadamente la mitad de su valor inicial que sería 5,05 mgKOH/g y no bajar de un mínimo de 2 mgKOH/g, en caso de bajar de 2 mgKOH/g indicaría altas temperaturas de combustión o elevadas concentraciones de azufre en el combustible.

3.1.9 Agua

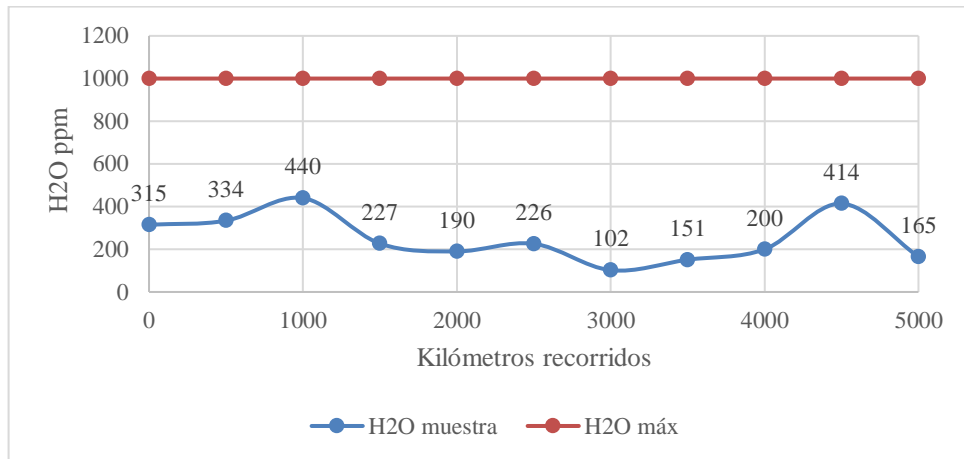


Gráfico 9-3: Presencia de agua vs kilómetros recorridos en el aceite lubricante.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 9-3 se muestra las concentraciones de agua obtenidas del análisis del aceite lubricante en ppm (partes por millón), Se observa un valor inicial de 315 ppm a 0 km recorridos, elevándose hasta 440 ppm en los 1000 km y siendo este su valor máximo de todos, decrece significativamente a 227 ppm a los 1500 km de recorrido manteniéndose casi el mismo valor a los 2500 km, a los 3000 km presenta su valor más bajo de 102 ppm que luego se incrementa hasta llegar a 414 a los 4500 km, finalmente a los 5000 km presenta 165 ppm de agua presentes en el aceite lubricante. La presencia de agua en el aceite lubricante se considera normal siempre y cuando no exceda el máximo de 1000 ppm o presente grandes moléculas, en este caso se mantiene bajo del rango máximo, consecuentemente no producirá oxidación o corrosión en las piezas, especialmente en cojinetes y rodamientos.

3.2 Densidad en equipo DMA 35

Los resultados obtenidos mediante el uso del equipo para medir la densidad DMA 35 se muestran en la tabla 2-3, donde se han obtenido parámetros de densidad en g/cm^3 y densidad API a 15°C de las muestras tomadas cada 500 kilómetros.

Tabla 2-3: Resultados de densidad realizadas al aceite 20w50.

| Kilometraje | Densidad g/cm^3 | Grados (API@15 °C) | Temperatura ° C |
|-------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| 0 | 0,8687 | 30,3 | 24,5 |

Continua

| | | | |
|------|--------|------|------|
| 500 | 0,8714 | 29,4 | 25 |
| 1000 | 0,8725 | 29,2 | 24,8 |
| 1500 | 0,8726 | 29,1 | 24,5 |
| 2000 | 0,8734 | 29,1 | 24,5 |
| 2500 | 0,8744 | 29 | 24,3 |
| 3000 | 0,8752 | 29 | 24,9 |
| 3500 | 0,8765 | 28,9 | 21,7 |
| 4000 | 0,8773 | 28,9 | 21,7 |
| 4500 | 0,8761 | 28,9 | 22,8 |
| 5000 | 0,8754 | 28,9 | 23 |

Realizado por: Barrera, R. 2021.

3.2.1 Densidad

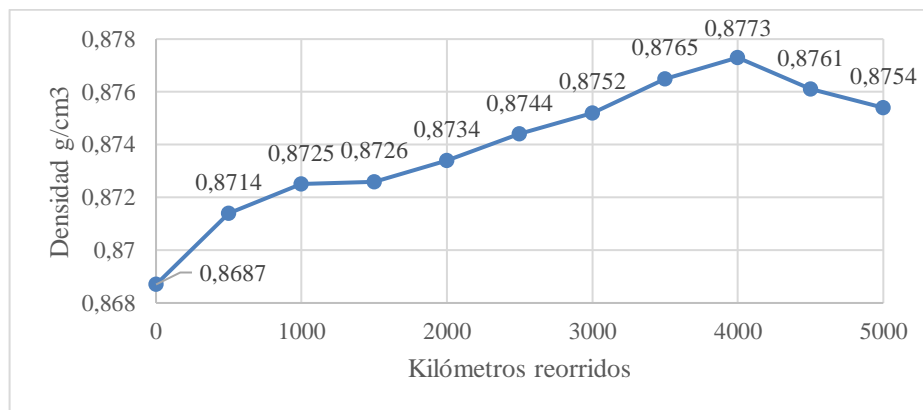


Gráfico 10-3: Densidad vs kilómetros recorridos del aceite lubricante.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 10-3 se muestran los valores de densidad obtenidos en g/cm^3 a partir de los grados API, estos valores se relacionan puesto que son producto de la ecuación para el cálculo de los grados API y depende la una de la otra. Se observa un valor inicial de $0,8687 \text{ g/cm}^3$ incrementándose progresivamente casi de forma lineal hasta los 4000 km de recorrido con un valor de $0,8773 \text{ g/cm}^3$, en los últimos kilómetros presenta un descenso hasta $0,8754 \text{ g/cm}^3$ en los 5000 km. Este parámetro de densidad es inversamente proporcional a los grados API, es decir mientras más bajo sea su valor API más alto será la densidad, además se tiene una tolerancia de $\pm 10\%$ del valor inicial quedando un máximo de $0,9556 \text{ g/cm}^3$ y mínimo de $0,7843 \text{ g/cm}^3$, como

se observa la densidad aumenta con el kilometraje indicando que este se vuelve más espeso, si por el contrario disminuye será menos espeso.

Debido a que los valores de densidad se mantienen dentro del rango normal, aunque se espese a medida que aumenta el kilometraje producto de contaminantes como hollín u otras partículas, no genera desgaste en el motor pues se encuentra dentro de los límites permisibles.

3.2.2 Grado API

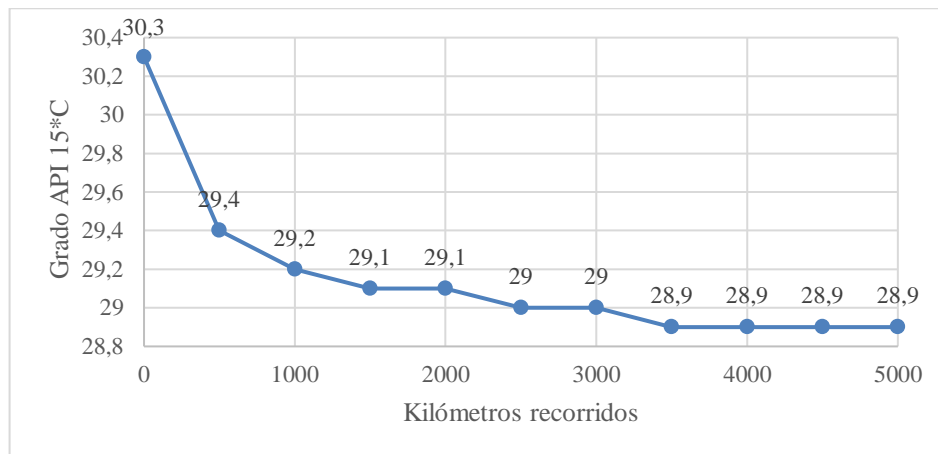


Gráfico 11-3: Grados API a 15°C vs Kilometraje recorrido del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 11-3 se muestran los grados API del aceite lubricantes, estableciendo que sus límites permitidos son de $\pm 10\%$ del valor inicial, se tiene que su máximo es 33,33 y el mínimo 26,46, además está relacionado con los valores de densidad del gráfico 3-10 puesto que son producto de la misma ecuación y son inversamente proporcionales. Se observa un grado API inicial de 30,3 que tiene su mayor reducción en los primeros 500 km con 29,4 en ese punto, a partir de los 1000 km de recorrido con un valor de 29,2 grados desciende hasta los 28,9 grados a los 3500 km y manteniéndose estable en ese valor hasta el final en 5000 km. El descenso progresivo de los grados API presenta una tendencia normal pues se encuentra dentro de los límites permitidos, además la reducción de su valor significa que se vuelve más espeso al final en comparación con el aceite nuevo, pero sin llegar a ser demasiado espeso, en consecuencia, no genera desgaste en el motor.

3.2.3 Temperatura

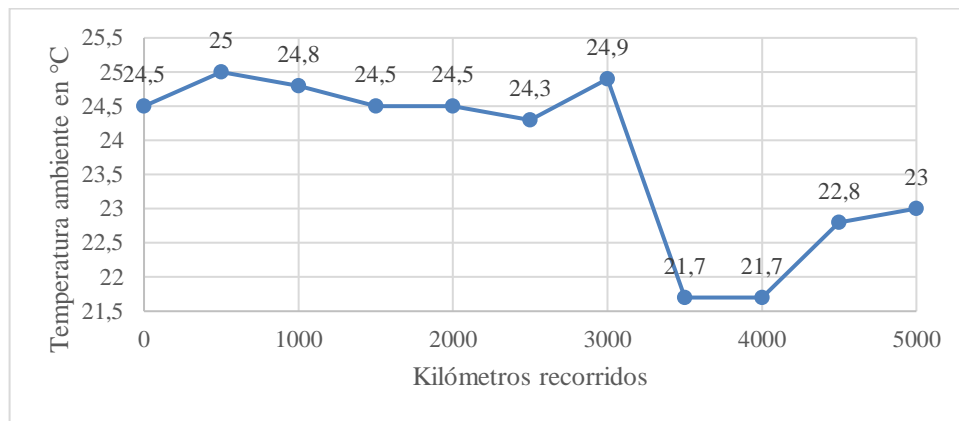


Gráfico 12-3: Temperatura ambiente de las muestras durante su análisis según el kilometraje recorrido.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 12-3 se muestran los valores de temperatura ambiente en °C (grados centígrados), aunque se observa una variación importante de la temperatura ambiente con valores máximos de 24,9 °C hasta un mínimo de 21,7 °C, son solo valores de referencia que no influyen en los parámetros de grados API y densidad mostrados anteriormente, pues las pruebas de grados API se realiza en un ambiente controlado de 60 °F (15,6 °C).

3.3 Viscosímetro

Se han realizado dos únicas muestras para el análisis de la viscosidad del aceite lubricante Kendall 20W50, en la tabla 3-3 se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3-1: Valores de viscosidad obtenidos en aceite 20w50.

| Kilometraje (Km) | Viscosidad dinámica (mPa.s) | Husillo | % | RPM |
|------------------|-----------------------------|---------|------|-----|
| 0 | 417,9 | L2 | 83,6 | 60 |
| 5000 | 270,2 | L2 | 54 | 60 |

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En la tabla 3-3 se muestran los detalles resultados de la prueba de viscosidad del aceite lubricante así como los detalles de la prueba, la viscosidad dinámica de muestra en mPas (mili Pascales por segundo), en husillo determina el modelo empleado para la prueba en este caso L2, el porcentaje

significa fondo de escala (cuando el porcentaje del fondo de escala es inferior al 15% o es tan alto como el 95%, la medición no puede considerarse válida y el equipo emitirá un pitido de advertencia con cada giro realizado en estas circunstancias) y finalmente valores de rpm del equipo de medición indican la velocidad del motor hasta que alcance el par deseado.

3.3.1 Viscosidad dinámica

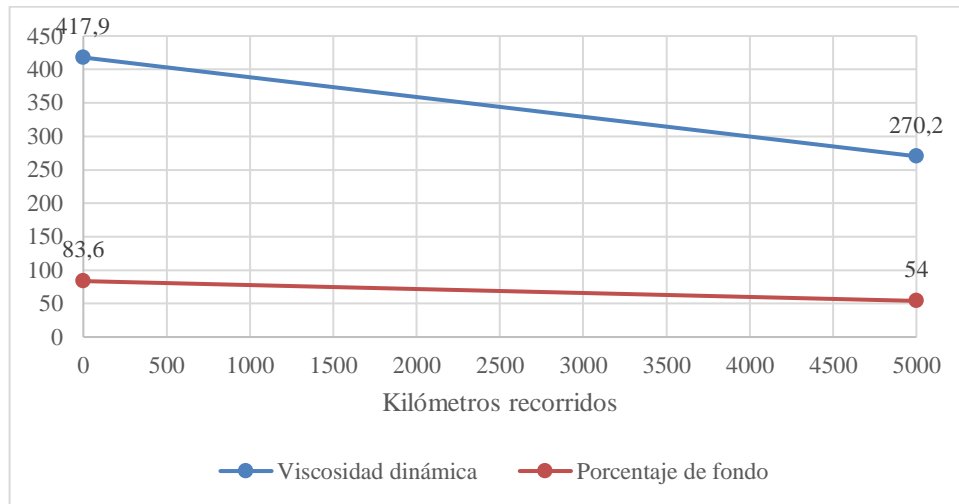


Gráfico 13-2: Viscosidad dinámica y porcentaje de fondo de escala vs kilómetros recorridos.

Realizado por: Barrera Ricardo, 2021.

En el gráfico 13-3 se muestran los valores de viscosidad dinámica en mPas (mili Pascales por segundo) y el porcentaje de fondo de las muestras. Referente a la viscosidad dinámica se observa que presenta un valor inicial de 417,9 mPas y a los 5000 km de recorrido un valor de 270,2 mPas, reduciéndose en un 34,3% del parámetro inicial; un valor bajo indica que el lubricante se torna menos espeso debido generalmente a la dilución del combustible o la presencia de otras sustancias, teniendo en cuenta los parámetros anteriores que han sido analizados como densidad, grado API, hollín, nitración, TBN, agua, sulfatación, este valor de viscosidad debería ser más elevado que el inicial. Finalmente se observan los porcentajes de fondo que son un parámetro utilizado por el equipo de medición para aprobar el ensayo, si se encuentra inferior al 15% o superior al 95% la prueba no tendría validez, dado que en la primera y última medición los porcentajes de fondo son de 83,6% y 54% respectivamente la prueba es válida.

3.4 OilView Quick Check

Mediante el análisis del aceite efectuado en el equipo OilView Quick Check se obtienen los valores mostrados en la tabla 4-3, se indica desgaste, contaminación severa y química, dieléctrico e índice ferroso del lubricante Kendall 20w50.

Tabla 4-3: Resultados del análisis del aceite lubricante mediante el equipo OilView Quick Check.

| kilómetros (Km) | Desgaste Severo (%) | Contaminación Severa (%) | Contaminación Química | Dieléctrico De Referencia | Índice Químico | Dieléctrico | Índice Ferroso |
|-----------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|-------------|----------------|
| 0 | 0 | 0 | 30 | 2,293 | -9 | 2,2 | 0 |
| 500 | 0 | 0 | 30 | 2,293 | -8 | 2,21 | 0 |
| 1000 | 0 | 0 | 10 | 2,293 | -6 | 2,23 | 0 |
| 1500 | 0 | 0 | 10 | 2,293 | -6 | 2,23 | 0 |
| 2000 | 0 | 0 | 10 | 2,293 | -6 | 2,23 | 0 |
| 2500 | 0 | 0 | 10 | 2,293 | -5 | 2,24 | 1 |
| 3000 | 0 | 0 | 10 | 2,293 | -5 | 2,24 | 0 |
| 3500 | 10 | 0 | 10 | 2,293 | -5 | 2,24 | 2 |
| 4000 | 0 | 0 | 0 | 2,293 | -4 | 2,25 | 0 |
| 4500 | 0 | 0 | 0 | 2,293 | -4 | 2,25 | 1 |
| 5000 | 0 | 0 | 10 | 2,293 | -5 | 2,24 | 0 |

Realizado por: Barrera, R. 2021.

3.4.1 Desgaste severo

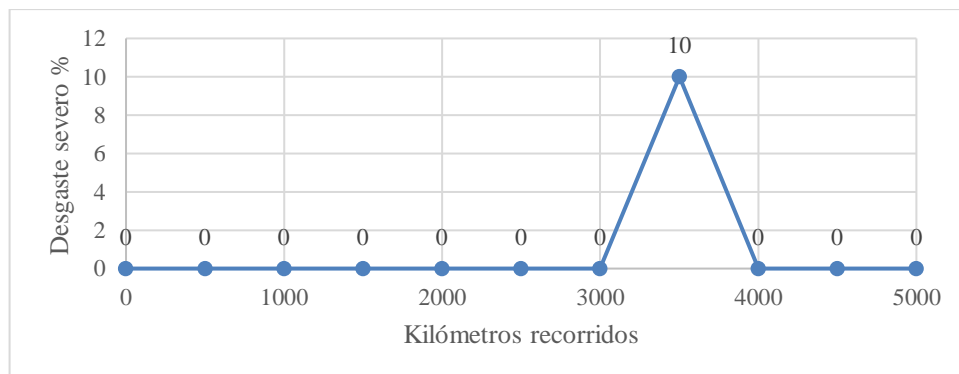


Gráfico 14-3: Desgaste severo vs kilómetros recorridos.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 14-3 se muestran los valores de desgaste severo, se observa que todos se mantienen en 0% a excepción del valor en los 3500 km de recorrido que presenta un desgaste severo del 10%, se infiere que esa muestra podría tener alguna sustancia externa que causó que su valor sea muy elevado y extraño en relación con los demás datos o el equipo tuvo algún desperfecto. En general se observa que no existe desgaste severo del lubricante.

3.4.2 Contaminación severa

Mediante los datos de la tabla 4-3 se deduce que no existe contaminación severa del lubricante, consecuentemente todos sus valores indican el 0% durante todo el kilometraje recorrido del aceite lubricante, desde los 0km hasta los 5000 km.

3.4.3 Contaminación química severa

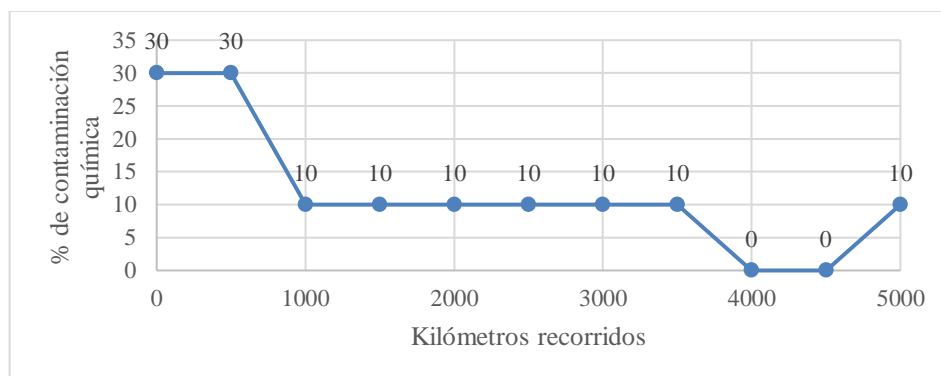


Gráfico 15-3: Porcentaje de contaminación química severa vs kilómetros recorridos.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 15-3 se muestran los valores de contaminación química severa en porcentaje, se observa que inicialmente posee 30% de contaminación manteniéndose hasta los 1000 km de recorrido, se estabiliza en 10% hasta los 3500 km, posteriormente baja hasta 0% en los 4000 km hasta los 4500 km, finalmente asciende hasta el 10% en los 5000 km de recorrido. Los valores de contaminación química severa presentan un comportamiento inusual, puede ser porque durante el proceso de toma de muestras de completaba el lubricante faltante con aceite nuevo.

3.4.4 Índice Químico

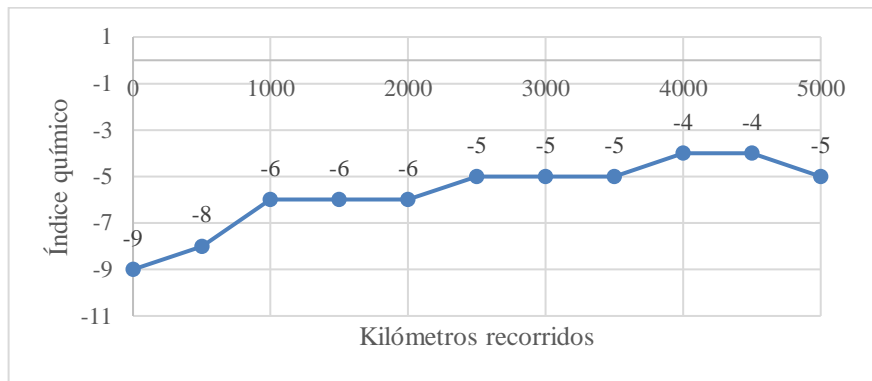


Gráfico 16-3: Índice químico vs kilometraje del aceite.

Realizado por: Barrera Ricardo, 2021.

En el gráfico 16-3 se muestran los valores de índice químico, se observa que todos los índices de las muestras presentan valores inferiores a cero, inicialmente tiene un índice químico de -9 aumentando hasta -6 a los 1000 km de recorrido, se mantiene en -6 hasta los 2000 km, se incrementa a -5 en los 3000 km y se mantiene así hasta los 3500 km, de 4000 a 4500 se mantiene en -4, finalmente a los 5000 km de recorrido desciende hasta -5.

Como se muestra en el gráfico 16-3 el mayor cambio ocurre durante los primeros 1000 km de recorrido, así como en los últimos 500 km, podría deberse a que al final ya se encuentra contaminado con diversas sustancias y partículas, pero al inicio se presume que cambia significativamente debido a los esfuerzos iniciales.

3.4.5 Dieléctrico

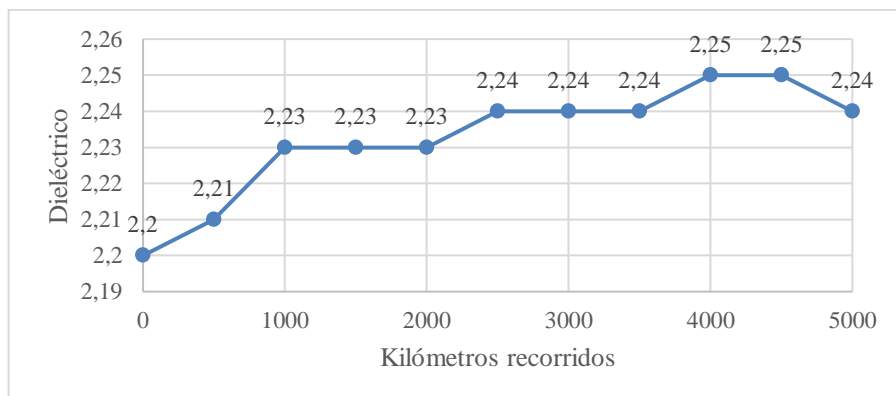


Gráfico 17-3: Dieléctrico vs kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 17-3 se muestran los valores dieléctricos del aceite lubricante, inicialmente posee un valor de 2,2 que se incrementa de forma casi lineal hasta los 1000 km recorridos, se estabiliza en 2,23 a los 1000 km manteniéndose hasta los 2000 km, se incrementa nuevamente a 2,24 en 2500 km y se mantiene así hasta los 3500 km, a los 4000 km se ha incrementado a 2,25 y se mantiene hasta los 4500 km, finalmente desciende a 2,24 a los 5000 km.

Según los datos, el mayor cambio ocurre durante los primeros 1000 km de recorrido, así como en los últimos 500 km, podría deberse a que al final se encuentra contaminado con diversas sustancias y partículas, pero al inicio se presume que cambia significativamente debido a los esfuerzos iniciales que soporta el lubricante nuevo, además se comprueba la información del gráfico 16-3 que mostraba el mismo comportamiento

3.4.6 Índice Ferroso

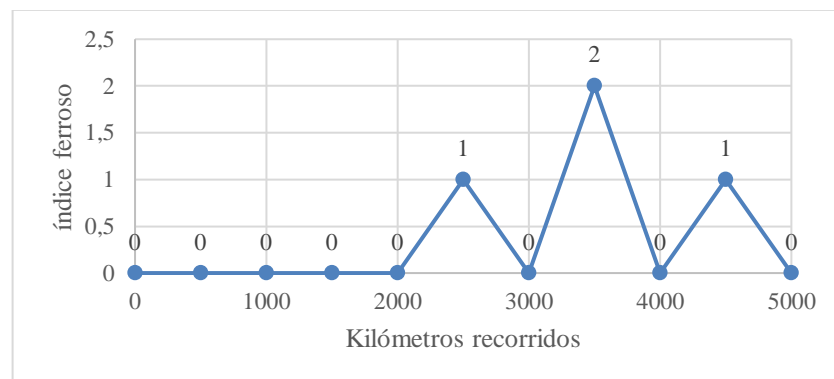


Gráfico 18-3: Índice ferroso vs kilómetros recorridos del lubricante.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 18-3 se muestran los valores de índice ferroso del aceite lubricante, todos poseen un valor de cero a excepción de los puntos en 2500 km, 3500 km y 4500 km con 1, 2 y 1 respectivamente. Estos índices muestran la presencia de sustancias ferrosas en el aceite lubricante, pero es poco usual que presenten un incremento y posteriormente vuelvan a cero, podría ser consecuencia de completar el lubricante del motor para compensar lo tomado por las muestras o que en ese punto se añadió sustancias extrañas presentes en el ambiente por accidente.

3.5 ESPECTROIL

Se realizaron las pruebas de contenido de metales del aceite lubricante mediante el equipo ESPECTROIL en el Laboratorio de Combustibles Biocombustibles y Aceites Lubricantes (LACBAL) de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, se realizó las pruebas en 6 muestras,

cada una a un intervalo de 1000 kilómetros tomado desde el aceite nuevo SAE 20W50 del motor, a una temperatura de 20 °C, 54% de humedad y 72,8 kPa de presión. Al igual que los análisis anteriores después de tomar las muestras de aceite del motor del vehículo se procedía a completar el faltante con lubricante nuevo. En la tabla 3-5 se muestran los resultados del análisis obtenido.

Tabla 5-3: Contenido de metales en el aceite lubricante por equipo ESPECTROIL.

| Recorrido - km | 0 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Al - ppm | 0,58 | 0,92 | 1 | 1,08 | 1,17 | 1,77 |
| B - ppm | 154,32 | 130,53 | 110,22 | 93,27 | 75,85 | 73,99 |
| Ca - ppm | 1193 | 1206 | 1173 | 1246 | 1192 | 1198 |
| Cr - ppm | 0,1 | 0,31 | 0,35 | 0,35 | 0,38 | 0,41 |
| Cu - ppm | 0,05 | 0,53 | 0,93 | 1,08 | 1,24 | 1,31 |
| Fe - ppm | 0,88 | 2,99 | 4,34 | 4,37 | 5,46 | 5,15 |
| Mg - ppm | 475,47 | 477,57 | 443,57 | 430,69 | 435,92 | 440,82 |
| Mo - ppm | 16,71 | 14,96 | 13,28 | 12,81 | 12,64 | 12,17 |
| Na - ppm | 2,2 | 3,09 | 4,24 | 6,36 | 7,22 | 7,48 |
| Ni - ppm | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,44 |
| P - ppm | 691,59 | 689,8 | 688,44 | 682,08 | 608,56 | 705,12 |
| Pb - ppm | 0,94 | 1,24 | 1,65 | 0,98 | 0,76 | 0,93 |
| Si - ppm | 3,29 | 3,26 | 0,95 | 6,66 | 6,65 | 10,55 |
| Sn - ppm | 1,83 | 1,12 | 0,77 | 0,67 | 0,41 | 0,23 |
| Ti - ppm | 87,75 | 77,2 | 74,23 | 70,74 | 70,38 | 69,67 |
| Zn - ppm | 1096 | 945,8 | 942,22 | 929,83 | 883,17 | 878,42 |

Realizado por: Barrera, R. 2021.

3.5.1 Aluminio

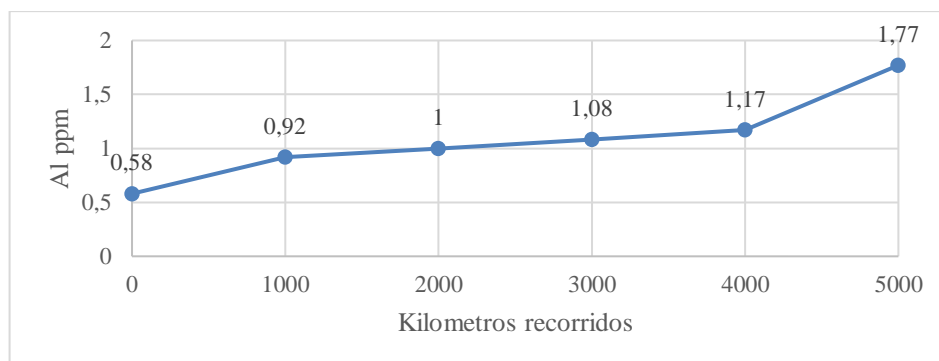


Gráfico 19-3: Contenido de Aluminio vs kilómetros del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 19-3 se muestra el contenido de aluminio en ppm (partes por millón), teniendo como referencia un máximo de 10 ppm para el aceite usado, se observa que el aceite nuevo tiene un contenido de 0,58 ppm incrementándose significativamente en los primeros 1000 km hasta 0,92 ppm, posteriormente presenta un incremento progresivo casi lineal hasta los 4000 km con un valor de 1,17 ppm, finalmente tiene un incremento notorio en los últimos 1000 km con un valor final de 1,77 ppm. Según los datos la mayor concentración de aluminio en el aceite se produce durante los primeros y últimos 1000 km de recorrido, pero aun así se mantiene por debajo del límite máximo de 10 ppm, consecuentemente se analiza que no existe desgaste en los cojinetes, ya que en valores elevados el aluminio se desprende generalmente de estos elementos.

3.5.2 Boro

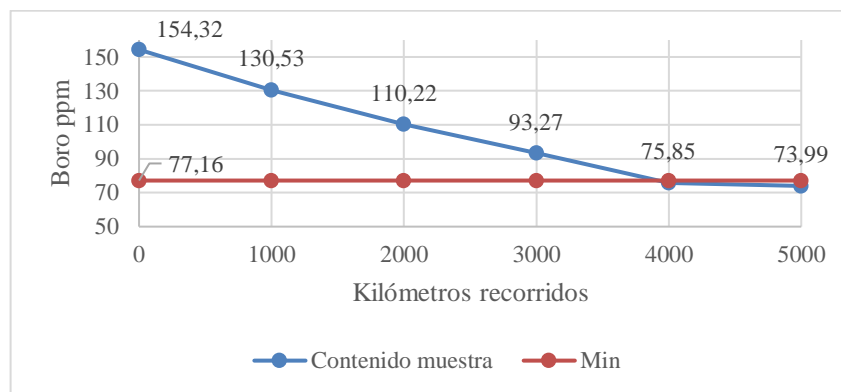


Gráfico 20-3: Contenido de boro vs kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 20-3 se muestran los resultados de concentración de Boro en el aceite lubricante, con un valor referencial mínimo de 77,16 ppm se establece el límite permisible. Se observa que el valor más alto se encuentra al inicio con 154,32 ppm, reduciéndose progresivamente hasta los 4000 km con valor de 75,85 ppm, a los 5000 km de recorrido ha descendido muy poco pues su valor es de 73,99 ppm siendo este último el valor más bajo de las muestras, sin embargo, como su desviación es mínima no influye potencialmente en el desgaste del motor, pero es un valor a tener en cuenta en este último punto. El Boro se añade al aceite lubricante como un aditivo antidesgaste y modificador de fricción, por lo que es normal que su valor baje mientras más kilometraje se recorre debido a la degradación por diversos factores, el motor se encuentra en condiciones normales, pero en los últimos kilómetros es donde podría sufrir desgaste si no se realiza el cambio en la fecha correspondiente.

3.5.3 Calcio

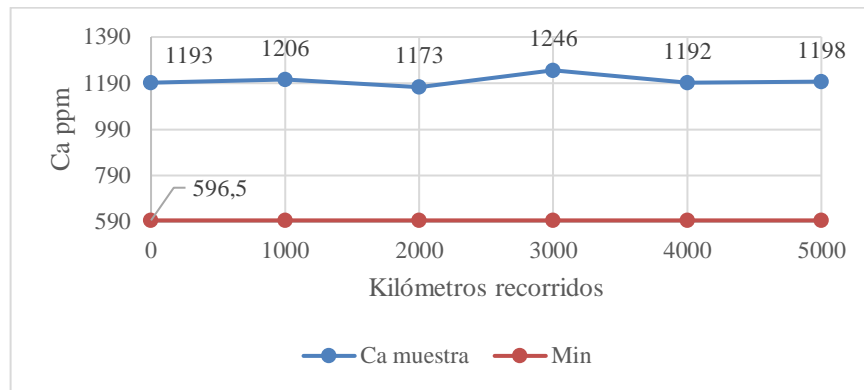


Gráfico 21-3: Concentración de calcio vs kilómetros recorridos.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 21-3 se muestran los valores de concentración de calcio en el aceite lubricante, se observa una concentración inicial de 1193 ppm, aumentando en los primeros 1000 km de hasta 1206 ppm, tiende a reducirse a los 2000 km hasta 1173 ppm, pero nuevamente se incrementa a 1246 ppm a los 3000 km de recorrido siendo este su valor más elevado de la muestra desciende hasta 1192 ppm en los 4000 km de finaliza con 1198 a los 5000 km de recorrido. La concentración de calcio en el aceite lubricante se debe principalmente a la presencia de aditivos detergente, dispersante y anticorrosivo y va directamente ligado al índice TBN, un valor demasiado bajo es indicativo de que no cumple con las funciones descritos anteriormente, en el caso de las muestras todas están por encima del mínimo permitido.

3.5.4 Cromo

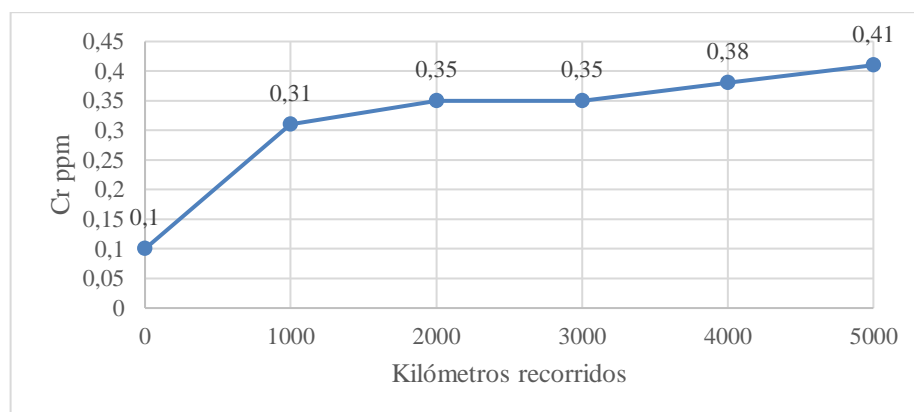


Gráfico 22-3: Concentración de cromo vs kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 22-3 se muestra las concentraciones de cromo presente en el aceite lubricante, se observa un valor inicial de 0,1 ppm incrementándose hasta 0,31 en los primeros 1000 km siendo

este el ascenso más notorio de la concentración se eleva hasta 0,35 ppm a los 2000 km manteniéndose así hasta los 3000 km de recorrido, se incrementa nuevamente hasta 0,38 ppm a los 4000 km y termina en 0,41 a los 5000 km de recorrido. Considerando el límite máximo permitido de cromo de 5 ppm, todos los valores se encuentran dentro del rango normal, sin embargo, al igual que el estudio de los compuestos anteriores se evidencia un cambio notorio en los primeros 1000 km operativos del aceite, consecuentemente como los valores son bajos no existe desgaste en los anillos del pistón, pues la presencia de cromo se debe principalmente al desgaste de estos elementos.

3.5.5 Cobre

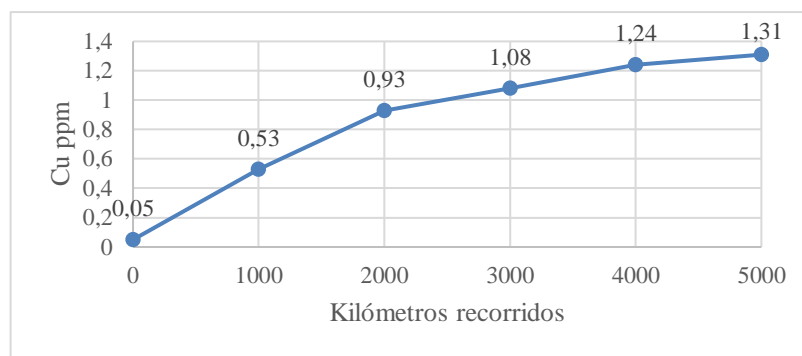


Gráfico 23-4: Concentración de cobre vs kilómetros recorridos.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 23-3 se muestran las concentraciones de cobre en el aceite lubricante, partiendo desde 0,05 ppm e incrementándose significativamente en los primeros 1000 km hasta 0,53 ppm y acrecentándose de nuevo a 0,93 ppm a los 2000 km, posteriormente tratamiento ascendente moderado hasta los 4000 km con 1,24 ppm, finalmente con 1,31 ppm a los 5000 km de recorrido. Considerando que su valor máximo permitido es de 15 ppm para el aceite usado, todos los valores están dentro del rango aceptable, además se evidencia que la concentración de cobre va aumentando mientras se aumenta el kilometraje recorrido de lubricante, consecuentemente se determina que no existe desgaste en cojinetes de bancada o biela, bujes, arandelas depresión o conductos con aleaciones de cobre para el aceite lubricante.

3.5.6 Hierro

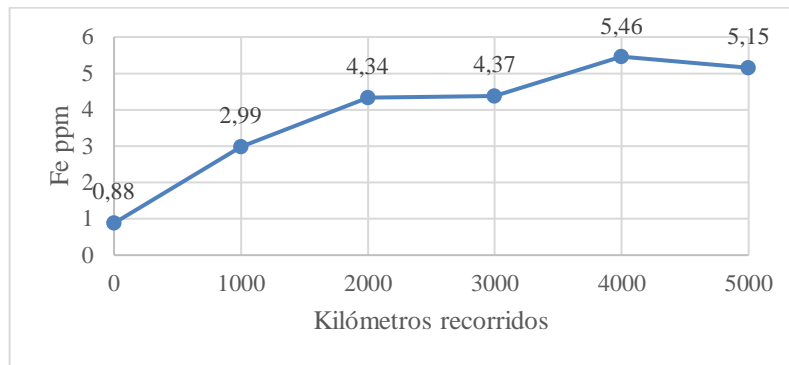


Gráfico 24-3: Concentración de hierro vs kilómetros recorridos.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 24-3 se muestran las concentraciones de hierro en el aceite lubricante, se observa que la concentración inicial es muy baja con 0,88 ppm incrementándose significativamente en los primeros 1000 y 2000 km de recorrido con 2,99 ppm y 4,34 ppm, se mantiene casi estable hasta los 3000 km con 4,37 ppm y nuevamente asciende a 5,46 ppm a los 4000 km siendo este el valor máximo de todos; finalmente desciende a 5,15 ppm en el último punto. se observa que la concentración de hierro se incrementa mientras más kilómetros recorridos tiene el aceite lubricante pues el valor final es 485% mayor que el valor inicial, sin embargo, no superan ni la mitad del límite máximo de control establecido en 20 ppm. Teniendo en cuenta los valores de concentración de Fe se deduce que el motor no presenta desgaste anormal en pistones, camisas del cilindro, válvulas, cigüeñal, engranajes y cojinetes, a su vez también indica que los límites de concentración de agua están en el rango normal.

3.5.7 Magnesio

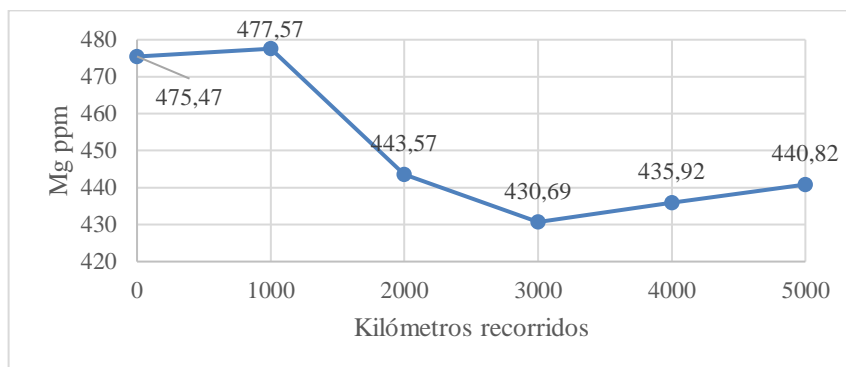


Gráfico 25-3: Concentración de magnesio vs kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 25-3 se muestran los valores de concentración de magnesio en ppm (partes por millón) según los kilómetros recorridos del aceite lubricante, se observa un valor inicial de 475,47 ppm ascendiendo en 2,1 ppm en los primeros 1000 km y siendo en este punto la concentración más alta con 477,57 ppm, se reduce drásticamente a 443,57 ppm a los 2000 km y continúa descendiendo hasta 430,69 a los 3000 km siendo este su valor más bajo de todas las muestras, en la parte final tiende a incrementarse alrededor de 5 ppm cada 1000 km, siendo su valor final 440,82 ppm se observa una tendencia decreciente en los primeros 3000 km de recorrido, a partir de este punto los valores ascienden nuevamente, pero en pequeñas cantidades.

Como los valores de concentración de magnesio se encuentra sobre el mínimo de 237,7 ppm presenta concentraciones dentro del rango normal de funcionamiento, consecuentemente está cumpliendo su función de aditivo detergente, no hay desgaste de los engranajes y no existe concentraciones elevadas de agua en el aceite. Sin embargo, se observa la tendencia a incrementarse a partir de los 3000 km y se estima que a partir de este es donde el motor empezaría a sufrir mayor desgaste por las condiciones de concentración de magnesio.

3.5.8 Molibdeno

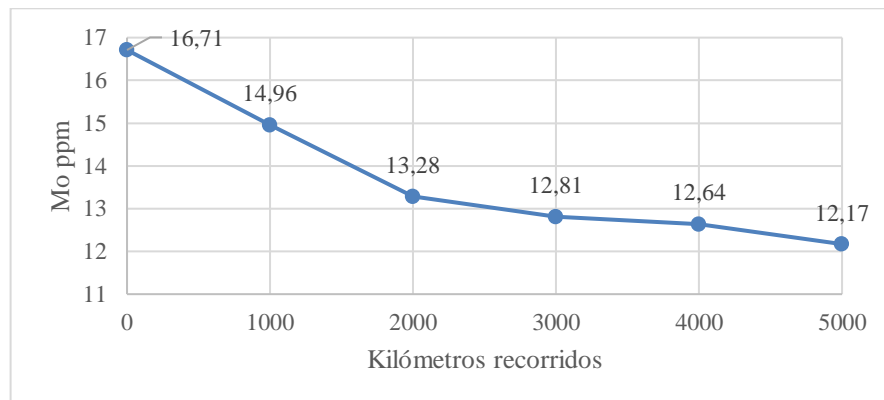


Gráfico 26-3: Concentraciones de molibdeno vs kilómetros recorridos.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 26-3 se muestran las concentraciones de molibdeno en ppm (partes por millón) del aceite lubricante, se observa un valor inicial de 16,71 ppm siendo esta la mayor concentración de las muestras, decrece significativamente hasta los 2000 km con 13,28 ppm, finalmente desciende de manera progresiva en pocas unidades hasta los 5000 km recorridos con valor de 12,17 ppm. Las concentraciones de molibdeno presentes en el aceite lubricante tienden a decrecer mientras más kilómetros recorridos tiene, además donde se observa el mayor cambio es en los primeros 2000 km donde ha descendido en 3,21 ppm. Como todos los valores se encuentran sobre el rango mínimo de 5 ppm, y con su tendencia a bajar mientras más kilómetros recorridos presenta el

aceite, presenta un comportamiento normal pues es un indicativo que los aditivos anti desgaste para altas temperaturas y presiones se están degradando por acciones de la lubricación del motor sin llegar al rango mínimo de concentración, además como sus valores son decrecientes no existe un desgaste acelerado de los anillos del pistón, cilindros y bielas, caso contrario las concentraciones se incrementarían.

3.5.9 Sodio

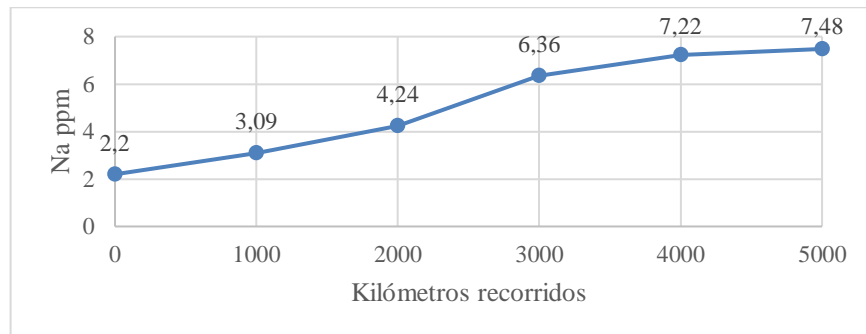


Gráfico 27-3: Concentraciones de sodio vs kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 27-3 se muestran las concentraciones de sodio en ppm del aceite lubricante, presenta un valor inicial de 2,2 ppm incrementándose notoriamente hasta los 3000 km donde presenta con una concentración de 6,36 ppm de Sodio, posteriormente se incrementa hasta 7,22 a los 4000 km y finalmente 7,48 ppm a los 5000 km de recorrido, en los últimos 1000 km se incrementa en mínimas cantidades la concentración de sodio. Se observa que las concentraciones tienen una tendencia de incrementarse mientras más kilómetros recorridos posee el aceite lubricante, pero el mayor cambio se observa en los primeros 3000 km donde se eleva considerablemente.

Como todos los valores se encuentran por debajo del límite máximo permitido de 25 ppm, con estos antecedentes se deduce que el motor no tiene desgaste en los cilindros o juntas, ya que valores elevados indican que presenta desgaste y existen fugas de refrigerante o agua, además concentraciones elevadas serían indicativo de combustible pesado.

3.5.10 Níquel

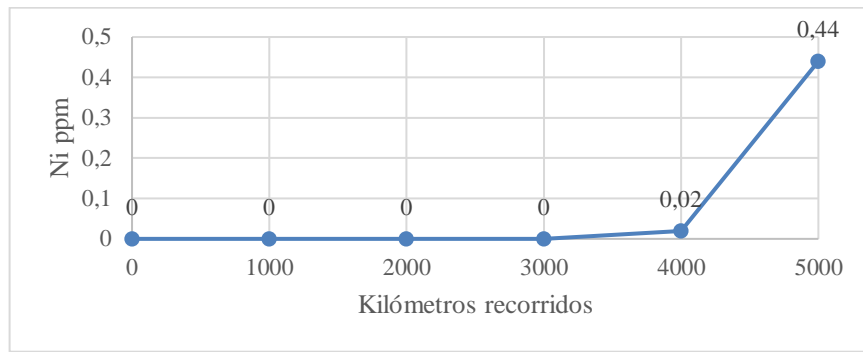


Gráfico 28-3: Concentraciones de níquel vs kilómetros recorridos.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 28-3 se muestra las concentraciones de níquel en ppm del aceite lubricante, se observa concentraciones de cero ppm durante los primeros 3000 km de recorrido, la presencia de níquel seda a partir los 4000 km con 0,02 ppm, finalmente sentarse agresivamente hasta 0,44 en los 5000 km de recorrido. Las concentraciones de níquel tienden a incrementarse mientras más kilómetros recorridos presenten el aceite lubricante.

Todas las concentraciones de níquel de las muestras se encuentran por debajo del máximo permitido de 5 ppm, consecuentemente no existe un desgaste acelerado de cojinetes, válvulas, cigüeñal o árbol de levas, sin embargo, se observa que en los últimos 1000 km es donde mayor desgaste sufre el motor.

3.5.11 Fósforo

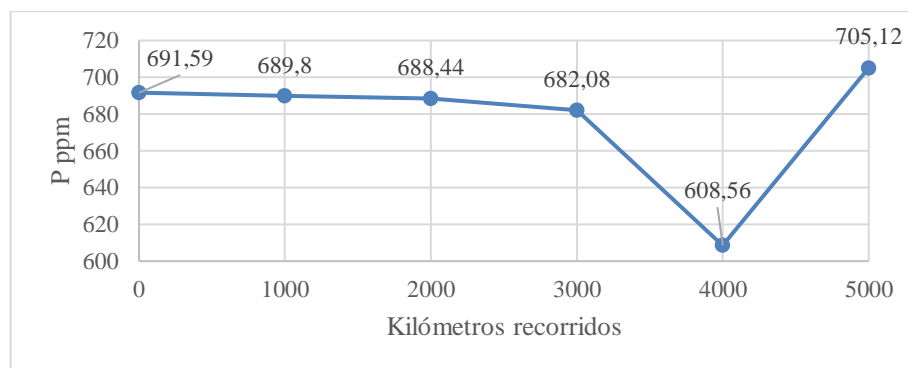


Gráfico 29-3: Concentraciones de fósforo vs kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 29-3 se muestra las concentraciones de fósforo en ppm según los kilómetros recorridos del aceite lubricante, presenta un valor inicial de 691,59 ppm descendiendo muy poco hasta los 3000 km donde presentó una concentración de 682,08 ppm, decrece significativamente a 608,56 ppm en los 4000 km y se incrementa notoriamente hasta 705,12 ppm en los 5000 km

siendo esta concentración incluso más alta que la inicial. Las concentraciones de fósforo en un comportamiento normal deberían ir decreciendo a medida que se aumenta el número de kilómetros recorridos pues es indicativo de que los aditivos antidesgaste, extrema presión y antioxidantes están cumpliendo con su función, pero sin bajar de un mínimo permisible de 345,7 ppm, posteriormente existe un descenso importante a los 4000 km y se infiere que es en ese rango de recorrido dónde se degrada más el aditivo compuesto por fósforo del aceite. Sin embargo, en los últimos kilómetros la concentración tiende a incrementarse incluso por arriba del valor inicial del aceite nuevo, este valor tan alto puede estar relacionado porque después de la toma de muestras se completó el faltante con aceite nuevo.

3.5.12 Plomo

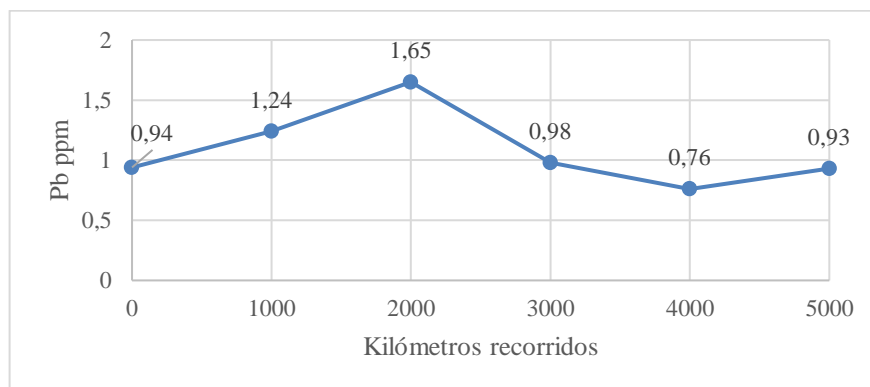


Gráfico 30-5: Concentración de plomo vs kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 30-3 se muestran las concentraciones de plomo en ppm según los kilómetros recorridos del aceite lubricante, con un valor inicial de 0,94 ppm se tiende a incrementarse hasta los 2000 km hasta una concentración de 1,65 ppm, a partir de este punto decrece considerablemente a los 3000 km con 0,98 ppm y sigue bajando hasta los 4000 km con un valor de 0,76 ppm, finalmente tiende a incrementarse hasta 0,93 ppm a los 5000 km siendo esta una concentración casi igual a la del aceite lubricante nuevo.

En un comportamiento normal las concentraciones de plomo tienden a incrementarse gradualmente mientras más kilómetros recorridos tiene el aceite lubricante, se observa este comportamiento hasta los 2000 km pero a partir de ese punto hasta los 4000 km la presencia de plomo tiende a reducirse incluso por debajo del valor inicial y nuevamente presenta una conducta ascendente en los últimos kilómetros de recorrido, se presume que este comportamiento se debe a que se realizó el llenado con aceite nuevo para compensar el lubricante tomado para las muestras. Tomando en cuenta máximo permitido de concentración para plomo es de 20 ppm,

todos los valores están incluso por debajo del 25% del valor máximo, indicativo de que no existe un desgaste anormal en los cojinetes del árbol de levas.

3.5.13 Silicio

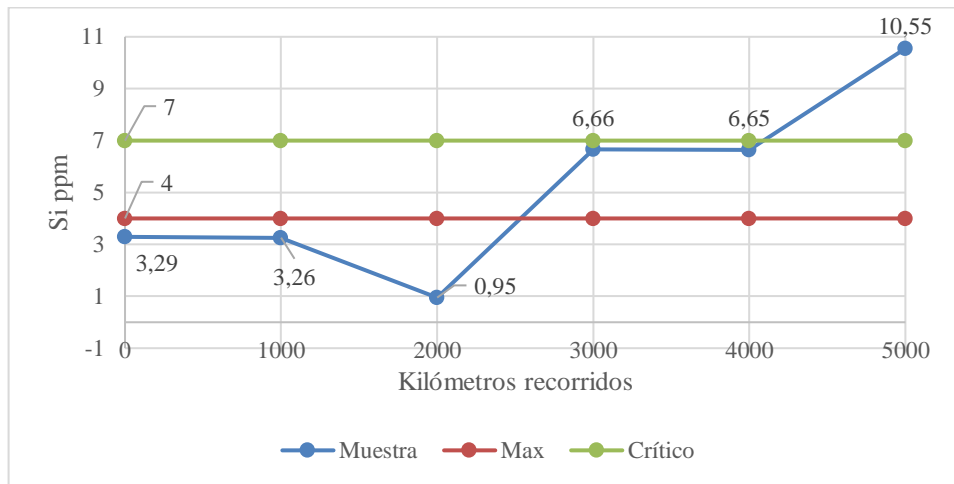


Gráfico 31-6: Concentraciones de silicio versus kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera, R. 2021.

En el gráfico 31-3 se muestran las concentraciones de silicio en ppm según los kilómetros recorridos del aceite lubricante, se observa un valor inicial de 3,29 ppm que se mantiene casi igual en los primeros 1000 km con 3,26 ppm, se presenta un descenso notorio en los 2000 km con 0,95 ppm y posteriormente un crecimiento muy elevado a los 3000 km con 6,66 ppm manteniéndose casi igual hasta los 4000 km con 6,65 ppm de Si, finalmente se incrementa agresivamente a los 5000 km con 10,55 ppm siendo en este punto su concentración más alta. De acuerdo con los límites máximos de 4 ppm, las concentraciones de silicio se encuentran normales solo durante los primeros 2000 km de recorrido, durante los 3000 y 4000 km se encuentran sobre el límite máximo permitido, pero acercándose peligrosamente al límite crítico de 7 ppm, a los 5000 km ha sobrepasado el límite crítico por lo tanto se genera desgaste en el motor.

El comportamiento decreciente de las concentraciones de silicio en los primeros 2000 km indican que el aditivo anti espumante está cumpliendo su función y se degrada progresivamente durante los kilómetros recorridos, sin embargo a partir de este punto las concentraciones tienden a incrementarse indicativo de que existe presencia de polvo o tierra en el aceite lubricante, se sospecha que estos valores tan elevados se debe a que mientras se realizaba la toma de las muestras pudo ingresar polvo del ambiente hacia el interior del motor o tal vez que las muestras se contaminaron durante el proceso; se ha llegado a esta conclusión debido a que las concentraciones de los metales estudiados anteriormente presentan comportamientos normales durante la vida útil del aceite lubricante.

3.5.14 Estaño

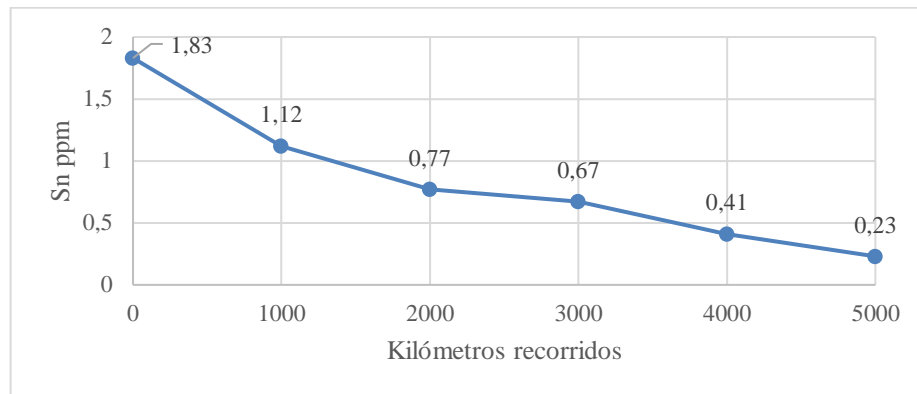


Gráfico 32-7: Concentración de estaño versus kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera Ricardo, 2021.

En el gráfico 32-3 se muestra la concentración de estaño en ppm del aceite lubricante, se observa un valor inicial de 1,83 ppm bajando significativamente en los primeros 1000 km hasta 1,12 ppm de Estaño, posteriormente tiene otro descenso notorio a los 2000 km con 0,77 ppm, a partir de este punto baja gradualmente en aproximadamente 0,2 ppm cada 1000 km y finalizando con 0,23 ppm a los 5000 km de recorrido, se observa una tendencia decreciente de la concentración de estaño mientras más kilómetros recorridos tiene el aceite lubricante, en un comportamiento normal debería ir subiendo gradualmente las concentraciones, pero sin pasar un límite máximo de 5 ppm. Debido a que los valores de concentración de estaño son realmente bajos no existe desgaste en los cojinetes, rodamientos o soldaduras del motor.

3.5.15 Titanio

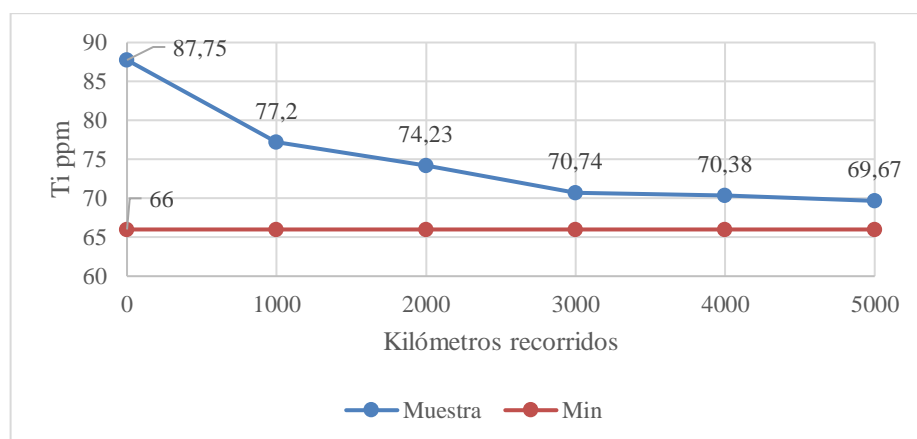


Gráfico 33-8: Concentración de titanio versus kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera Ricardo, 2021.

En el gráfico 33-3 se muestran las concentraciones de titanio en ppm según los kilómetros recorridos del aceite lubricante, se observa que presenta un valor inicial de 87,75 ppm y tiene un descenso muy evidente a 77,2 ppm en los primeros 1000 km, continúa descendiendo hasta 74,23 ppm y 70,74 ppm a los 2000 y 3000 km respectivamente, a partir de este punto se mantiene casi estable hasta los 5000 km con una concentración de 69,67 ppm de Titanio. Las concentraciones de Titanio del aceite lubricante presentan un comportamiento decreciente mientras más kilómetros recorridos tiene el aceite, siendo está una tendencia normal de este metal. Todas las concentraciones de las muestras se encuentran sobre el mínimo permitido de 66 ppm de Titanio, por lo que el aditivo antidesgaste se ha degradado dentro del rango normal, protegiendo el motor y evitando así que se desgaste prematuramente, aunque se observa que la mayor pérdida de las propiedades se da durante los primeros 2000 km de recorrido.

3.5.16 Zinc

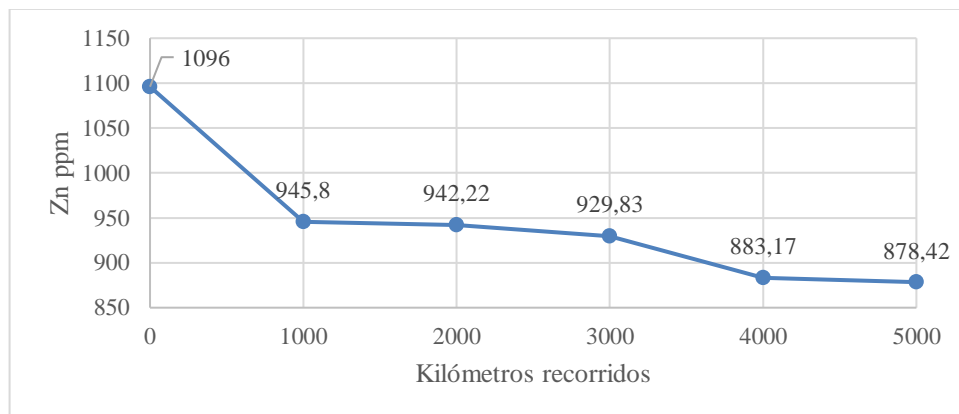


Gráfico 34-9: Concentraciones de zinc vs kilómetros recorridos del aceite.

Realizado por: Barrera Ricardo, 2021.

En el gráfico 34-3 se muestran las concentraciones de zinc en ppm del aceite lubricante, se observa un valor inicial de 1096 ppm descendiendo drásticamente en los primeros 1000 km hasta 945,8 ppm, se mantiene casi estable hasta los 2000 km con 942,22 ppm, a partir de este punto desciende nuevamente hasta 929,83 ppm a los 3000 km y a los 4000 km baja notoriamente a 883,17 ppm, finalmente muestra una concentración de 878,42 ppm de Zn a los 5000 km de recorrido.

Las concentraciones de Zinc de las muestras tienen en comportamiento decreciente a medida que aumentan los kilómetros recorridos lo cual son condiciones normales, pero sin bajar del límite máximo de 548 ppm, la pérdida de concentración se debe a que durante su vida útil los aditivos de aceite van perdiendo gradualmente sus propiedades antioxidantes, antidesgaste, extrema presión y nitración. Por lo tanto, el motor no está sufriendo desgaste especialmente en las paredes de los cilindros ya que el aditivo al degradarse cumple con su función.

3.5.17 Otros metales

No se observó la presencia de Plata, Bario y Antimonio en ninguna muestra tomada del aceite lubricante durante todos los intervalos de kilómetros recorridos. La carencia de estos elementos se indica que no existe desgaste en los cojinetes, y también que los aditivos antioxidantes carecen de estos compuestos para su formulación.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las diferentes características analizadas del aceite lubricante Kendall 20w50, se ha observado un patrón de comportamiento en casi todos los parámetros, produciéndose los mayores cambios durante los primeros y últimos 1000 km de recorrido, se evidencia claramente que es en este rango es donde el aceite sufre la mayor pérdida de sus propiedades y se incrementa o disminuye la presencia de compuestos metálicos. Consecuentemente se infiere que en los primeros kilómetros se produce este comportamiento puesto que se mezcla con residuos de aceite usado aún presentes en el motor y durante los últimos 1000 km debido a que se completa con aceite lubricante totalmente nuevo para compensar el volumen obtenido para las muestras. Sin embargo, durante la toma de muestras, en algunas ocasiones no se tomó las debidas precauciones para el almacenamiento en los recipientes y su traslado, por lo tanto, los factores climáticos del entorno influyen en la calidad y consecuentemente en el análisis.

Las concentraciones los metales de desgaste como: Aluminio, Cromo, Cobre, Hierro, Plomo, Sodio, Níquel y Estaño, así como los bajos porcentajes de integridad fluida, glicol, nitración, oxidación, hollín, sulfatación, y agua, permiten inferir que no existe desgaste acelerado en: juntas del motor, cojinetes de bancada o biela, bujes, arandelas de presión y conductos del lubricante, anillos de los pistones, pistones y paredes de los cilindros, asientos de válvulas, árbol de levas y cigüeñal. Además de que los procesos de combustión están a temperaturas adecuadas y el combustible usado no presenta gran cantidad de plomo.

Las concentraciones de metales añadidos a manera de aditivos como: Bario, Calcio, Magnesio, Molibdeno, Fósforo, Titanio y Zinc, así como los porcentajes de nitración, oxidación, TBN, reducción de grados API, densidad y aumento de viscosidad, permiten inferir que el aceite lubricante va perdiendo progresivamente sus propiedades antidesgaste, extrema presión, antioxidante, altas temperaturas, detergente, dispersante y reductor de nitración, debido a la contaminación producto de la acción de lubricar el motor, consecuentemente evitan así un desgaste acelerado de los diferentes componentes del motor de combustión interna del vehículo.

La elevada concentración de Si a partir de los 3000 km con 6,66 ppm y llegando a un pico máximo a los 5000 km de 10, 55 ppm, como este valor empieza a elevarse indica la elevada presencia de polvo ya que se encuentra sobre límites críticos de 7 ppm que produce un gran desgaste en las piezas del motor. Sin embargo, como las concentraciones metálicas anteriores se encuentran dentro de los parámetros normales, se presume que este valor anormal pudo ser causado por influencia del entorno o un fallo del equipo durante esa prueba en específico.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se recomienda realizar el cambio de aceite lubricante Kendall 20w50 a los 4000 km de recorrido para que no se degrade demasiado y su protección al motor sea más elevada, ya que se observó mayor pérdida de propiedades y presencia de metales de desgaste en los primeros y últimos 1000 km de recorrido.

Para la toma de muestras de aceite se recomienda hacerlo en un lugar cerrado para reducir al máximo la influencia del entorno en el aceite lubricante, ya que puede causar variación en los resultados por la presencia de polvo, humedad u otros factores ambientales.

GLOSARIO

Viscosidad: Es la resistencia de un líquido a fluir, determina la capacidad de carga del aceite y la facilidad con que circula.

Untuosidad: Es la característica de un lubricante que produce disminución de la fricción bajo condiciones de la lubricación del límite, cuanto más baja es la fricción, mayor es la untuosidad.

Aceite: Sustancia grasa de origen mineral, vegetal o animal, líquida, insoluble en agua, combustible y generalmente menos densa que el agua, que está constituida por ésteres de ácidos grasos o por hidrocarburos derivados del petróleo.

Aditivo: Sustancia que se añade a otra para aumentar o mejorar cualidades.

Contaminación: La contaminación en el aceite sea cual sea su procedencia, puede generar problemas, tanto sobre las superficies lubricadas que se requiere proteger, como efectos nocivos sobre el propio lubricante.

Desgaste: El desgaste se puede definir como el daño o erosión que ha sufrido una superficie sólida debido al deslizamiento, rodadura o impacto contra otra superficie sólida.

Detergentes: Los detergentes operan en superficies con altas temperaturas, tales como el área de los anillos de los pistones y el área bajo sus cabezas, ayudando a prevenir depósitos. Sirven para proteger contra el desgaste del motor e incrementan el rendimiento y la eficiencia de su vehículo.

Fricción: La fricción, fuerza de roce o fuerza de rozamiento es una fuerza existente entre dos superficies que se encuentren en contacto, y que se opone al movimiento, o sea, tiene dirección contraria al movimiento.

Combustión: Combustión significa acción y efecto de quemar o arder por completo una determinada materia.

Densidad: Es la relación entre el peso (masa) de una sustancia y el volumen que ocupa (esa misma sustancia).

Presión: Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.

Norma: Principio que se impone o se adopta para dirigir la conducta o la correcta realización de una acción o el correcto desarrollo de una actividad.

Fluido: Que es de consistencia blanda, como el agua o el aceite, y fluye, corre o se adapta con facilidad.

Corrosión: La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.

Concentración: Acción de concentrar o concentrarse cosas o personas que están dispersas o que se pueden dispersar.

Temperatura: Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera.

Oxidación: Fenómeno químico en virtud del cual se transforma un cuerpo o un compuesto por la acción de un oxidante, que hace que en dicho cuerpo o compuesto aumente la cantidad de oxígeno y disminuya el número de electrones de alguno de los átomos.

Pistón: Pieza de una bomba o del cilindro de un motor que se mueve hacia arriba o hacia abajo impulsando un fluido o bien recibiendo el impulso de él.

SAE: Sociedad de Ingenieros Automotrices.

LACBAL: laboratorio de Combustibles, Biocombustibles y Aceite Lubricantes.

BIBLIOGRAFÍA

ABREU, Jose. "Hipótesis, Método & Diseño de Investigación". Daena: International Journal of Good Conscience. [en línea], 2012, 7(2), pp.187-197 [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.spentamexico.org/v7-n2/7%282%29187-197.pdf>

ALVARADO, A. *Maquinaria y Mecanización agrícola* [en línea]. Costa Rica: EUNED, 2004. [Consulta: 22 febrero 2021]. ISBN 978-9968-31-332-2. Disponible en: <https://es.slideshare.net/jaimemoraga2/maquinaria-y-mecanizacin-agrcolaarmando-alvarado-chvez>

AMETEK, "FluidScan Series 1000 Series". Spectro Scientific. *AMETEK* [en línea]. 2018. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.spectrosci.com/products/fluidscan-series/>

ARELLANO, G. "Implantación de Análisis de Aceite en Motores de Combustión Interna de Ciclo Diesel", [en línea] (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil. 2009. [Consulta: 12 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90794/D-65821.pdf>

ÁVILA, J. Determinación del desgaste de los elementos mecánicos del motor mediante el análisis del aceite usado. [en línea], (Maestría) Universidad del Azuay, Departamento de Postgrados, Maestría en Sistemas Vehiculares, Cuenca-Ecuador. 2018. [Consulta: 1 marzo 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8281>

BUHELLI, L. & GARCIA, V. "Detección temprana de fallas en motores de combustión interna a diesel mediante la técnica de análisis de aceite" *CIENCIA UNEMI*, [en línea], 2015. (Milagro) 8(15), pp. 84-95. [Consulta: 1 marzo 2021]. ISSN 2528-7737. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663829010.pdf>

CABRERA ORDOÑEZ, J. & CABRERA TENORIO, J., Análisis de la degradación del aceite motor en taxis de la ciudad de Cuenca, por dilución de combustible, sus causas y consecuencias. [en línea], (Trabajo de titulación) Universidad del Azuay, Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, Cuenca. 2017. [Consulta: 18 marzo 2021]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6948/1/12903.pdf>

CASTAÑO, C. & QUECEDO, M. "Introducción a la metodología de investigación cualitativa". *Revista Psicodidáctica* [en línea], 2002, (España) [Consulta: 10 marzo 2021]. ISSN 1136-1034. DOI 10/48130. Disponible en: <https://addi.ehu.es/handle/10810/48130>

CORAL, O. & HINOSTROZA, B. Mejora del sistema de gestión de desechos a través de la reutilización de aceites usados de embarcaciones, TASA Chimbote-2019 [en línea], Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional De Ingeniería Industrial, 2019. [Consulta: 12 marzo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44429>.

CROUSE, W. *Mecánica del automóvil*. 3ª ed. Barcelona: S.l.: Marcombo. 1993. ISBN 978-84-267-0482-5.

ESTRADA, O. "Sistematización teórica sobre la competencia investigativa". Revista Electrónica Educare, [en línea], 2014, (Costa Rica) 18(2), pp. 177-194. [Consulta: 22 marzo 2021]. ISSN 1409-4258. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-42582014000200009&script=sci_abstract&tlng=es

GARCÍA-HERRUZO, F.; et al. Recuperación de Aceites Lubricantes Usados. *Ingeniería Química*, Dialnet, 1987. 19(221), pp. 75-79.

GILARDI, J. *Motores de combustión interna*. S.l.: Agroamerica. 2ª ed. 1985. Lima ISBN 978-92-9039-027-5.

GÓMEZ, S. *Metodología de la investigación* [en línea]. S.l.: Red Tercer Milenio. 2012. [Consulta: 10 marzo 2021]. ISBN 978-607-733-149-0. Disponible en: <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/2019>

GÓMEZ, Y. Contribución al desarrollo y mejora para la cuantificación de la degradación en aceites lubricantes usados de MCI a través de la técnica de espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR). [en línea], (Tesis Doctoral) Universitat Politècnica de València, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, Valencia. 2013. [Consulta: 2 abril 2021]. Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=%2BLPAPUF9kdo%3D>

GUAMÁN, H. & ÁVILA, O. Análisis de la degradación y vida útil del lubricante motor, en un vehículo modelo Actros 3353S mediante ensayos de viscosidad y TBN. [en línea], Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera De Ingeniería Mecánica Automotriz, Cuenca-Ecuador, 2020. [Consulta: 1 marzo 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18781>.

IDEAM, Diseño para el proceso de recolección y almacenamiento de aceites residuales en estaciones de servicio y servitecas. [en línea]. 2015. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/>.

MARTÍNEZ, A.; et al. Motores de combustión interna. *Cataluña: IES Baix Montseny*, 2007.

PAAR, Anton. "Densímetro portátil: DMA 35" Anton Paar [en línea]. 2021. [Consulta: 25 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.anton-paar.com/es-es/productos/detalles/densimetro-portatil-dmatm-35-basic/>

PÉREZ, J., Uso pedagógico de los motores de combustión interna alternativos en la enseñanza del Ciclo Formativo de Grado Medio, especialidad Marítimo pesquera. [en línea], Universidad de Cantabria, Facultad de Educación, Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria, 2018. [Consulta: 12 marzo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/14446>

PLAZA, J. & ROMERO, X. Estudio de la participación de mercado de lubricantes en los lubriservicios y tecnicentros de la parroquia Tarqui de la ciudad de Guayaquil para la introducción del aceite de motor holandés Eurol. [en línea], Universidad de Guayaquil, Facultad de Comunicación Social, Carrera de Publicidad y Mercadotecnia, Guayaquil–Ecuador, 2018. [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/31286>

ROLDÁN, J. *Prontuario básico de fluidos*. España: S.l.: Editorial Paraninfo. 2002. ISBN 978-84-283-2847-0.

ROVIRA, A. & MUÑOZ, M. *Motores de Combustión Interna*. [en línea], Madrid: S.l.: UNED. 2015. [Consulta: 27 marzo 2021]. ISBN 978-84-362-7086-0. Disponible en: <https://lopezva.files.wordpress.com/2019/11/343564272-motores-de-combustion-interna.pdf>

SALDIVIA, F. "Aplicación de mantenimiento predictivo. Caso estudio: análisis de aceite usado en un motor de combustión interna". LACCEI [en línea], 2013. (Venezuela), pp. 10. [Consulta: 2 abril 2021]. Disponible en: <http://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP264.pdf>

TORMOS, B. *Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado*. S.l.: Reverte. 2005. ISBN 978-84-291-4702-5.

VIRTUAL EXPO GROUP. "FluidScan@1000 series - Sensor de condición del aceite DirectIndustry". Spectro Scientific [en línea]. 2021 (Quito-Ecuador) [Consulta: 28 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/spectro-scientific/product-153083-1580043.html>

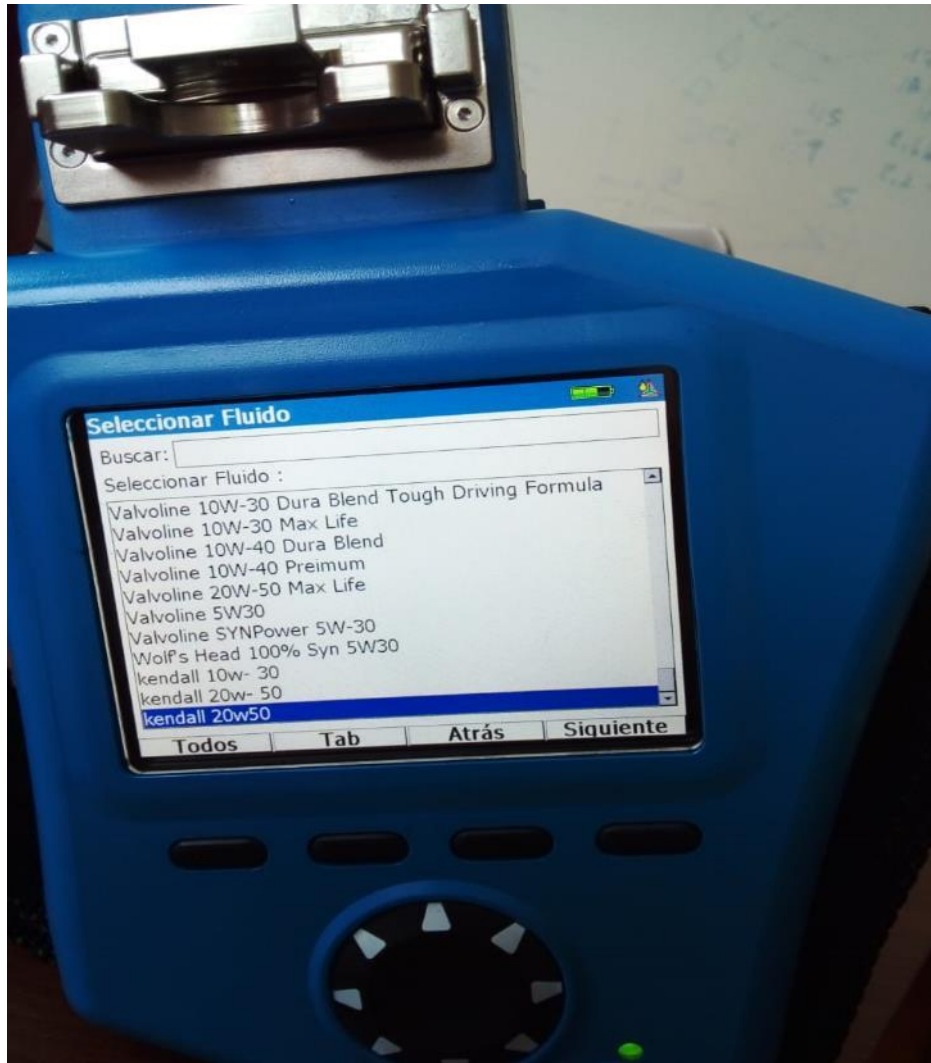
VITERI, L. & JARAMILLO, J. Análisis de la degradación de aceites lubricantes y propuesta de planes de mejora para el mantenimiento del equipo pesado del Ilustre Municipio del Cantón Archidona. [en línea], Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz, Riobamba – Ecuador, 2011. [Consulta: 1 marzo 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/947>.

ZAKELJ, P. Recuperación de Aceites Minerales Usados en Tucumán. Factibilidad Técnico-Económica y Beneficios Ambientales. [en línea], Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, Escuela de Posgrado, Maestría en Ingeniería Ambiental, San Miguel de Tucumán, 2019. p. 111. [Consulta: 19 marzo 2021]. Disponible en: <https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/4365/9%20Tesis%20Zakelj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

ANEXO A: PRUEBAS DE LABORATORIO DEL ACEITE LUBRICANTE EN EQUIPO FLUIDSCAN DE LA ESPOCH.





ANEXO B: PRUEBAS DE DENSIDAD DEL ACEITE LUBRICANTE EN DENSITY METER DM 35 DE LA ESPOCH.

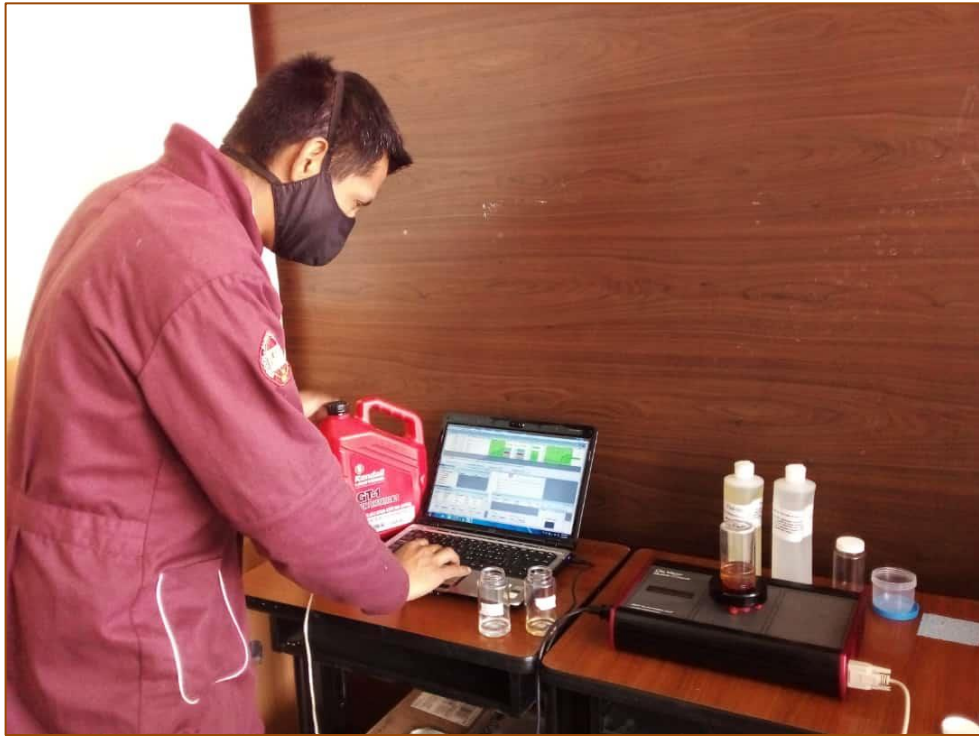


ANEXO C: PRUEBAS DE VISCOSIDAD DEL ACEITE LUBRICANTE EN EQUIPO VISCOSIMETER MRC DE LA ESPOCH.







ANEXO D: PRUEBAS EN EL EQUIPO OIL VIEW QUICK-CHECH DE LA ESPOCH.



ANEXO E: INFORME DE RESULTADOS DE CONCENTRACIONES METÁLICAS DEL ACEITE LUBRICANTE EN EQUIPO ESPECTROIL EMITIDO POR LACBAL.

|  | | ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  | | Edición: | 01 | |
|---|--------------------------------|--|--------------------|-------------------|-----------------|----------|
| | | INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS | | Fecha: | 2021-01-08 | |
| | | | | Página: | 1 de 6 | |
| | | | | | FRP7.801 | |
| 15-I-LACBAL-2021-551 | | | | | | |
| INFORMACIÓN LACBAL: | DIRECCIÓN | Ladrón de Guevara E11-253-Edificio N° 17 (Química- Eléctrica) 5to piso, Quito. | | | | |
| | TELÉFONOS | 022976-300 Ext. 4329/4328/4317 | | | | |
| | E-MAIL | lacbal@epn.edu.ec | | | | |
| INFORMACIÓN CLIENTE: | NOMBRE/EMPRESA | RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ | | | | |
| | DIRECCIÓN | GENERAL ANTONIO ELIZALDE BUCAY | | | | |
| | NÚMERO DE MUESTRAS | 6 | | | | |
| INFORMACIÓN GENERAL | | | | | | |
| RESPONSABLE DEL INFORME | | Quím. Álexon Hernández | TIPO CLIENTE | | EXTERNO | |
| FECHA | RECEPCIÓN DE MUESTRA EN LACBAL | 2021-02-01 | FECHA TRANSPORTE | | NO APLICA | |
| | INICIO DE ENSAYO | 2021-02-01 | N° PROFORMA | | DQ-P0551-2021 | |
| | ENTREGA DE INFORME | 2021-02-08 | N° FACTURA | | 001-001-0067798 | |
| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: | | | | | | |
| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | | IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | CÓDIGO LABORATORIO | TIPO MUESTRA | TIPO ENVASE | CANTIDAD |
| | | Ricardo Barrera Kendal 20W50 Muestra # 01 0km | 551-01 | Aceite lubricante | Vidrio | 300ml. |
| CONDICIONES AMBIENTALES: | | | | | | |
| TEMPERATURA [°C] | 20,0 | HUMEDAD RELATIVA [%] | 54 | PRESIÓN [kPa] | 72,8 | |
| RESULTADOS OBTENIDOS: | | | | | | |
| MUESTRA | ENSAYO | NORMA MÉTODO | UNIDADES | ELEMENTO | VALOR OBTENIDO | |
| 551-01 | Contenido de metales | ASTM-D6595 | mg/Kg (ppm) | Plata | 0,00 | |
| | | | | Aluminio | 0,58 | |
| | | | | Boro | 154,32 | |
| | | | | Bario | 0,00 | |
| | | | | Calcio | 1193,00 | |
| | | | | Cadmio | 0,15 | |
| | | | | Cromo | 0,10 | |
| | | | | Cobre | 0,05 | |
| | | | | Hierro | 0,88 | |
| | | | | Potasio | 0,25 | |
| | | | | Litio | 23,22 | |
| | | | | Magnesio | 475,47 | |
| | | | | Manganeso | 0,68 | |
| | | | | Molibdeno | 16,71 | |
| | | | | Sodio | 2,20 | |
| | | | | Níquel | 0,00 | |
| | | | | Fósforo | 691,59 | |
| Plomo | 0,94 | | | | | |
| Antimonio | 0,00 | | | | | |
| Silicio | 3,29 | | | | | |
| Estaño | 1,83 | | | | | |
| Titanio | 87,75 | | | | | |
| Vanadio | 0,45 | | | | | |
| Zinc | 1096,00 | | | | | |



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

| | |
|----------|------------|
| Edición: | 01 |
| Fecha: | 2021-01-08 |
| Página: | 1 de 6 |

FRP7.801

15-I-LACBAL-2021-551

| | | |
|---------------------|-----------|--|
| INFORMACIÓN LACBAL: | DIRECCIÓN | Ladrón de Guevara E11-253-Edificio N° 17 (Química- Eléctrica) 5to piso, Quito. |
| | TELÉFONOS | 022976-300 Ext. 4329/4328/4317 |
| | E-MAIL | lacbal@epn.edu.ec |

| | | |
|----------------------|--------------------|--------------------------------|
| INFORMACIÓN CLIENTE: | NOMBRE/EMPRESA | RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ |
| | DIRECCIÓN | GENERAL ANTONIO ELIZALDE BUCAY |
| | NÚMERO DE MUESTRAS | 6 |

INFORMACIÓN GENERAL

| | | | | |
|-------------------------|--------------------------------|--------------|------------------|-----------------|
| RESPONSABLE DEL INFORME | Quím. Alisson Hernández | TIPO CLIENTE | EXTERNO | |
| FECHA | RECEPCIÓN DE MUESTRA EN LACBAL | 2021-02-01 | FECHA TRANSPORTE | NO APLICA |
| | INICIO DE ENSAYO | 2021-02-01 | N° PROFORMA | DQ-P0551-2021 |
| | ENTREGA DE INFORME | 2021-02-08 | N° FACTURA | 001-003-0067798 |

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:



| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | CÓDIGO LABORATORIO | TIPO MUESTRA | TIPO ENVASE | CANTIDAD |
|--|--|--------------------|-------------------|-------------|----------|
| - | Ricardo Barrera Kendall 20W50 Muestra # 02 1000km | 551-02 | Aceite lubricante | Vidrio | 100ml |

CONDICIONES AMBIENTALES:

| | | | | | |
|------------------|------|----------------------|----|---------------|------|
| TEMPERATURA [°C] | 20,0 | HUMEDAD RELATIVA [%] | 54 | PRESIÓN [kPa] | 72,8 |
|------------------|------|----------------------|----|---------------|------|

RESULTADOS OBTENIDOS:

| MUESTRA | ENSAYO | NORMA MÉTODO | UNDADES | ELEMENTO | VALOR OBTENIDO |
|-----------|----------------------|--------------|-------------|-----------|----------------|
| 551-02 | Contenido de metales | ASTM-D6595 | mg/kg (ppm) | Plata | 0,00 |
| | | | | Aluminio | 0,92 |
| | | | | Boro | 130,53 |
| | | | | Bario | 0,00 |
| | | | | Calcio | 1206,00 |
| | | | | Cadmio | 0,10 |
| | | | | Cromo | 0,31 |
| | | | | Cobre | 0,53 |
| | | | | Hierro | 2,99 |
| | | | | Potasio | 0,42 |
| | | | | Litio | 23,36 |
| | | | | Magnesio | 477,57 |
| | | | | Manganeso | 0,40 |
| | | | | Niobio | 14,96 |
| | | | | Sodio | 3,09 |
| | | | | Níquel | 0,00 |
| | | | | Fósforo | 689,80 |
| | | | | Plomo | 1,24 |
| Antimonio | 0,00 | | | | |
| Silicio | 3,26 | | | | |
| Estaño | 1,12 | | | | |
| Titanio | 77,20 | | | | |
| Vanadio | 0,49 | | | | |
| Zinc | 945,80 | | | | |

| | | | | |
|---|---|--|----------|------------|
|  | ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL | | Edición: | 01 |
| |  | | Fecha: | 2021-01-08 |
| | INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS | | Página: | 1 de 6 |
| | | | FRP7.801 | |

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------|-----------------|----------------|
| 15-I-LACBAL-2021-551 | | | | | |
| INFORMACIÓN LACBAL: | DIRECCIÓN | Ladrón de Guevara E11-253-Edificio N° 17 (Química- Eléctrica) Sto pto, Quito. | | | |
| | TELÉFONOS | 022976-300 Ext. 4329/4328/4317 | | | |
| | E-MAIL | lacbal@epn.edu.ec | | | |
| INFORMACIÓN CLIENTE: | NOMBRE/EMPRESA | RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ | | | |
| | DIRECCIÓN | GENERAL ANTONIO ELIZALDE BUCAY | | | |
| | NÚMERO DE MUESTRAS | 6 | | | |
| INFORMACIÓN GENERAL | | | | | |
| RESPONSABLE DEL INFORME | Quím. Alisson Hernández | TIPO CLIENTE | EXTERNO | | |
| FECHA | RECEPCIÓN DE MUESTRA EN LACBAL | 2021-02-01 | FECHA TRANSPORTE | NO APLICA | |
| | INICIO DE ENSAYO | 2021-02-01 | N° PROFORMA | DQ-P0551-2021 | |
| | ENTREGA DE INFORME | 2021-02-08 | N° FACTURA | 001-003-0067798 | |
| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: | | | | | |
| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | CÓDIGO LABORATORIO | TIPO MUESTRA | TIPO ENVASE | CANTIDAD |
| | Ricardo Barrera Kendall 20W50 Muestra # 03 2000km | 551-03 | Aceite lubricante | Vidrio | 100ml |
| CONDICIONES AMBIENTALES: | | | | | |
| TEMPERATURA [°C] | 20,0 | HUMEDAD RELATIVA [%] | 54 | PRESIÓN [kPa] | 72,8 |
| RESULTADOS OBTENIDOS: | | | | | |
| MUESTRA | ENSAYO | NORMA MÉTODO | UNIDADES | ELEMENTO | VALOR OBTENIDO |
| 551-03 | Contenido de metales | ASTM-D6595 | mg/kg (ppm) | Plata | 0,00 |
| | | | | Aluminio | 1,00 |
| | | | | Boro | 110,22 |
| | | | | Bario | 0,00 |
| | | | | Calcio | 1173,00 |
| | | | | Cadmio | 0,09 |
| | | | | Cromo | 0,35 |
| | | | | Cobre | 0,93 |
| | | | | Hierro | 4,34 |
| | | | | Potasio | 0,45 |
| | | | | Litio | 23,98 |
| | | | | Magnesio | 443,57 |
| | | | | Manganeso | 0,30 |
| | | | | Molibdeno | 13,28 |
| | | | | Sodio | 4,24 |
| | | | | Níquel | 0,00 |
| | | | | Fósforo | 688,44 |
| | | | | Fluoro | 1,65 |
| | | | | Antimonio | 0,00 |
| | | | | Silicio | 0,95 |
| Estaño | 0,77 | | | | |
| Titanio | 74,23 | | | | |
| Vanadio | 0,49 | | | | |
| Zinc | 942,22 | | | | |



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

Edición: 01

Fecha: 2021-01-08

Página: 1 de 6

FRP7.801

15-I-LACBAL-2021-551

| | | |
|---------------------|-----------|--|
| INFORMACIÓN LACBAL: | DIRECCIÓN | Ladrón de Guevara E11-253-Edificio N° 17 (Química- Eléctrica) 5to piso, Quito. |
| | TELÉFONOS | 022976-300 Ext. 4329/4328/4317 |
| | E-MAIL | lacbal@epn.edu.ec |

| | | |
|----------------------|--------------------|--------------------------------|
| INFORMACIÓN CLIENTE: | NOMBRE/EMPRESA | RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ |
| | DIRECCIÓN | GENERAL ANTONIO ELIZALDE BUCAY |
| | NÚMERO DE MUESTRAS | 6 |

INFORMACIÓN GENERAL

| | | | | |
|-------------------------|--------------------------------|--------------|------------------|-----------------|
| RESPONSABLE DEL INFORME | Quím. Alisson Hernández | TIPO CLIENTE | EXTERNO | |
| FECHA | RECEPCIÓN DE MUESTRA EN LACBAL | 2021-02-01 | FECHA TRANSPORTE | NO APLICA |
| | INICIO DE ENSAYO | 2021-02-01 | N° PROFORMA | DQ-P0551-2021 |
| | ENTREGA DE INFORME | 2021-02-08 | N° FACTURA | 001-003-0067798 |

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | CÓDIGO LABORATORIO | TIPO MUESTRA | TIPO ENVASE | CANTIDAD |
|--|---|--------------------|-------------------|-------------|----------|
| - | Ricardo Barrera Kendall 20W/50 Muestra # 04 3000km | 551-04 | Aceite lubricante | Vidrio | 100ml |

CONDICIONES AMBIENTALES:

| | | | | | |
|------------------|------|----------------------|----|---------------|------|
| TEMPERATURA [°C] | 20,0 | HUMEDAD RELATIVA [%] | 54 | PRESIÓN [kPa] | 72,8 |
|------------------|------|----------------------|----|---------------|------|

RESULTADOS OBTENIDOS:

| MUESTRA | ENSAYO | NORMA MÉTODO | UNIDADES | ELEMENTO | VALOR OBTENIDO |
|-----------|----------------------|--------------|-------------|-----------|----------------|
| 551-04 | Contenido de metales | ASTM-D6595 | mg/kg (ppm) | Plata | 0,00 |
| | | | | Aluminio | 1,08 |
| | | | | Boro | 93,27 |
| | | | | Bario | 0,00 |
| | | | | Calcio | 1246,00 |
| | | | | Cadmio | 0,07 |
| | | | | Cromo | 0,35 |
| | | | | Cobre | 1,08 |
| | | | | Hierro | 4,37 |
| | | | | Potasio | 0,54 |
| | | | | Litio | 24,72 |
| | | | | Magnesio | 430,69 |
| | | | | Manganeso | 0,30 |
| | | | | Molibdeno | 12,81 |
| | | | | Sodio | 6,36 |
| | | | | Níquel | 0,00 |
| | | | | Fósforo | 682,08 |
| | | | | Plomo | 0,98 |
| Antimonio | 0,00 | | | | |
| Silicio | 6,66 | | | | |
| Estaño | 0,67 | | | | |
| Titanio | 70,74 | | | | |
| Vanadio | 0,53 | | | | |
| Zinc | 929,83 | | | | |



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

| | |
|----------|------------|
| Edición: | 01 |
| Fecha: | 2021-01-08 |
| Página: | 1 de 6 |
| FRP7.801 | |

154-LACBAL-2021-551

| | | |
|---------------------|-----------|--|
| INFORMACIÓN LACBAL: | DIRECCIÓN | Ladrón de Guevara E11-253-Edificio N° 17 (Química- Eléctrica) 5to piso, Quito. |
| | TELÉFONOS | 022976-300 Ext. 4329/4328/4317 |
| | E-MAIL | lacbal@epn.edu.ec |

| | | |
|----------------------|--------------------|--------------------------------|
| INFORMACIÓN CLIENTE: | NOMBRE/EMPRESA | RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ |
| | DIRECCIÓN | GENERAL ANTONIO ELIZALDE BUCAY |
| | NÚMERO DE MUESTRAS | 6 |

INFORMACIÓN GENERAL

| | | | | |
|-------------------------|--------------------------------|--------------|------------------|-----------------|
| RESPONSABLE DEL INFORME | Quím. Alisson Hernández | TIPO CLIENTE | EXTERNO | |
| FECHA | RECEPCIÓN DE MUESTRA EN LACBAL | 2021-02-01 | FECHA TRANSPORTE | NO APLICA |
| | INICIO DE ENSAYO | 2021-02-01 | N° PROFORMA | DQ-PO551-2021 |
| | ENTREGA DE INFORME | 2021-02-08 | N° FACTURA | 001-003-0067798 |

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | CÓDIGO LABORATORIO | TIPO MUESTRA | TIPO ENVASE | CANTIDAD |
|--|--|--------------------|-------------------|-------------|----------|
| - | Ricardo Barrera Kendall 20W50 Muestra # 05 4000km | 551-05 | Aceite lubricante | Vidrio | 100ml. |

CONDICIONES AMBIENTALES:

| | | | | | |
|------------------|------|----------------------|----|---------------|------|
| TEMPERATURA [°C] | 20,0 | HUMEDAD RELATIVA [%] | 54 | PRESIÓN [kPa] | 72,8 |
|------------------|------|----------------------|----|---------------|------|

RESULTADOS OBTENIDOS:

| MUESTRA | ENSAYO | NORMA MÉTODO | UNIDADES | ELEMENTO | VALOR OBTENIDO |
|-----------|----------------------|--------------|-------------|-----------|----------------|
| 551-05 | Contenido de metales | ASTM-D6595 | mg/kg (ppm) | Plata | 0,00 |
| | | | | Aluminio | 1,17 |
| | | | | Boro | 75,85 |
| | | | | Bario | 0,00 |
| | | | | Calcio | 1192,00 |
| | | | | Cadmio | 0,00 |
| | | | | Cromo | 0,38 |
| | | | | Cobre | 1,34 |
| | | | | Hierro | 5,46 |
| | | | | Potasio | 0,57 |
| | | | | Litio | 24,95 |
| | | | | Magnesio | 435,92 |
| | | | | Manganeso | 0,20 |
| | | | | Molibdeno | 12,04 |
| | | | | Sodio | 7,22 |
| | | | | Níquel | 0,02 |
| | | | | Fósforo | 608,56 |
| | | | | Plomo | 0,76 |
| Antimonio | 0,00 | | | | |
| Silicio | 6,65 | | | | |
| Estaño | 0,41 | | | | |
| Titanio | 70,38 | | | | |
| Vanadio | 0,79 | | | | |
| Zinc | 883,17 | | | | |



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

| | |
|----------|------------|
| Edición: | 01 |
| Fecha: | 2021-01-08 |
| Página | 1 de 6 |
| FRP7.801 | |

15-I-LACBAL-2021-551

| | | |
|---------------------|-----------|--|
| INFORMACIÓN LACBAL: | DIRECCIÓN | Ladrón de Guevara E11-253-Edificio Nº 17 (Química- Eléctrica) 5to piso, Quito. |
| | TELÉFONOS | 022976-300 Ext. 4329/4328/4317 |
| | E-MAIL | lacbal@epn.edu.ec |

| | | |
|----------------------|--------------------|--------------------------------|
| INFORMACIÓN CLIENTE: | NOMBRE/EMPRESA | RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ |
| | DIRECCIÓN | GENERAL ANTONIO ELIZALDE BUCAY |
| | NÚMERO DE MUESTRAS | 6 |

INFORMACIÓN GENERAL

| | | | | |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|
| RESPONSABLE DEL INFORME | | Quím. Alisson Hernández | TIPO CLIENTE | EXTERNO |
| FECHA | RECEPCIÓN DE MUESTRA EN LACBAL | 2021-02-01 | FECHA TRANSPORTE | NO APLICA |
| | INICIO DE ENSAYO | 2021-02-01 | Nº PROFORMA | DQ-PO551-2021 |
| | ENTREGA DE INFORME | 2021-02-08 | Nº FACTURA | 001-001-0067798 |

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | CÓDIGO LABORATORIO | TIPO MUESTRA | TIPO ENVASE | CANTIDAD |
|--|--|--------------------|-------------------|-------------|----------|
| - | Ricardo Barrera Kendall 20W50 Muestra # 06 5000km | 551-06 | Aceite lubricante | Vidrio | 100mL |




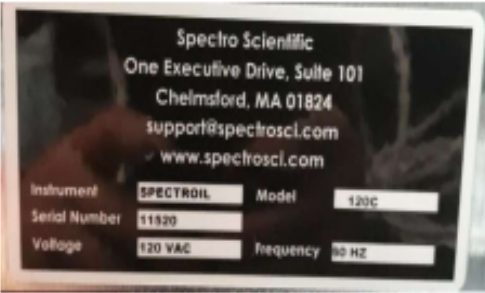
CONDICIONES AMBIENTALES:

| | | | | | |
|------------------|------|----------------------|----|---------------|------|
| TEMPERATURA [°C] | 20,0 | HUMEDAD RELATIVA [%] | 54 | PRESIÓN [kPa] | 72,8 |
|------------------|------|----------------------|----|---------------|------|

RESULTADOS OBTENIDOS:

| MUESTRA | ENSAYO | NORMA MÉTODO | UNIDADES | ELEMENTO | VALOR OBTENIDO |
|---------|----------------------|--------------|-------------|-----------|----------------|
| 551-06 | Contenido de metales | ASTM-D6595 | mg/kg (ppm) | Plata | 0,00 |
| | | | | Aluminio | 1,77 |
| | | | | Boro | 73,99 |
| | | | | Bario | 0,00 |
| | | | | Calcio | 1198,00 |
| | | | | Cadmio | 0,00 |
| | | | | Cromo | 0,41 |
| | | | | Cobre | 1,31 |
| | | | | Hierro | 5,15 |
| | | | | Potasio | 0,63 |
| | | | | Litio | 26,74 |
| | | | | Magnesio | 440,82 |
| | | | | Manganeso | 0,00 |
| | | | | Molibdeno | 12,17 |
| | | | | Sodio | 7,48 |
| | | | | Níquel | 0,44 |
| | | | | Fósforo | 705,12 |
| | | | | Plomo | 0,93 |
| | | | | Antimonio | 0,00 |
| | | | | Silicio | 10,55 |
| Estaño | 0,23 | | | | |
| Titanio | 68,67 | | | | |
| Vanadio | 1,08 | | | | |
| Zinc | 878,42 | | | | |

ANEXO F: FICHA TÉCNICA OTORGADA POR LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL SOBRE EL EQUIPO ESPECTROIL.

| | | | | |
|---|--|--|----------------------------------|-------------------------------------|
|  | ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  FICHA DE EQUIPO | | Edición: 00 | |
| | | | Fecha: 2020-02-20 | |
| | | | Página: 1 de 1 | |
| | | FRR6.402 | | |
| CÓDIGO DE EQUIPO | | LACBAL-25 | | |
|  | |  | | |
| INFORMACIÓN GENERAL DEL EQUIPO | | | | |
| FECHA: | 2019-07-22 | PROCEDENCIA: | REINO UNIDO | |
| FECHA DE INGRESO: | 2019-07-22 | VALOR: | COMPRA ACTUAL | |
| FACULTAD | Ingeniería Química | | | |
| LABORATORIO: | LACBAL | FUNCIÓN DEL EQUIPO | | |
| EQUIPO: | SPECTROIL | ANÁLISIS DE METALES EN MUESTRAS DE OLEOSAS | | |
| MARCA: | SPECTRO SCIENTIFIC | | | |
| MODELO: | 120C | | | |
| N° SERIE: | 11520 | FRECUENCIA DE | De acuerdo al número de muestras | |
| CÓDIGO DE BIENES EPN: | | PELIGRO: | NA | |
| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | | | | |
| | VOLTAJE | 120VAC | PRESIÓN (PSI): | - |
| | AMPERAJE | 15A | VEL. (RPM) | - |
| | SOFTWARE: | - | FIRMWARE: | - |
| | POTENCIA | - | TEMPERATURA: | - |
| | FRECUENCIA: | 50/60 Hz | PESO: | - |
| El manual se ubicará dentro de la carpeta de Manuales de equipos 1 disponibles en las oficinas de | | CAPACIDAD | | - |
| TIPO DE USO | | | | |
| | DOCENTE | INVESTIGACIÓN | SERVICIOS | <input checked="" type="checkbox"/> |
| HISTORIAL DE OPERACIONES | | | | |
| FECHA | OPERACIÓN REALIZADA MANTENIMIENTO / CALIBRACIÓN | REALIZADA POR | OBSERVACIONES | |
| 2019-08-01 | CARACTERIZACIÓN | José Jalil e Hijos CIA. LTDA | - | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| COMPONENTES DEL EQUIPO / ACCESORIOS | | | | |
| COMPONENTE | MARCA | MODELO | N° DE SERIE | |
| - | - | - | - | |
| - | - | - | - | |
| INFORMACIÓN DEL FABRICANTE | | | | |
| FABRICANTE Y/O DISTRIBUIDOR DE EQUIPO | José Jalil e Hijos CIA. LTDA | | | |
| DIRECCIÓN / TELÉFONO/ CELULAR: | Pasaje Fray Joaquín Auz 181 y Últimas Noticias / 2244583 / 0989006161 | | | |
| NOMBRE Y CORREO DE CONTACTO: | Karla Larrea / ventas1@jjalil.com.ec | | | |
| OBSERVACIONES | | | | |

ANEXO G: VEHÍCULO UTILIZADO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DEL ACEITE LUBRICANTE MOTOR.





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS



REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 08/03/2022

| |
|---|
| INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S) |
| RICARDO GABRIEL BARRERA YÁNEZ |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| FACULTAD: FACULTAD DE MECÁNICA |
| CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ |
| TÍTULO A OPTAR: INGENIERO AUTOMOTRIZ |
| f. Analista de bibliotecas responsable: |