



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ELABORACIÓN DEL PLAN DE LUBRICACIÓN DE LA FLOTA
DE CAMIONETAS DEL GAD MUNICIPAL DE GUANO
MEDIANTE ANÁLISIS TRIBOLÓGICOS DE LA DEGRADACIÓN
DEL ACEITE DEL MOTOR**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O AUTOMOTRIZ

AUTORES:

STEPHANI BELÉN RUIZ ZAMBRANO

GABRIEL ALEJANDRO VÁSQUEZ VENEGAS

Riobamba–Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ELABORACIÓN DEL PLAN DE LUBRICACIÓN DE LA FLOTA
DE CAMIONETAS DEL GAD MUNICIPAL DE GUANO
MEDIANTE ANÁLISIS TRIBOLÓGICOS DE LA DEGRADACIÓN
DEL ACEITE DEL MOTOR**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O AUTOMOTRIZ

AUTORES: STEPHANI BELÉN RUIZ ZAMBRANO,

GABRIEL ALEJANDRO VÁSQUEZ VENEGAS

DIRECTOR: ING. CELIN ABAD PADILLA PADILLA

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Stephani Belén Ruiz Zambrano & Gabriel Alejandro Vásquez Venegas

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

Nosotros, Stephani Belén Ruiz Zambrano & Gabriel Alejandro Vásquez Venegas, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

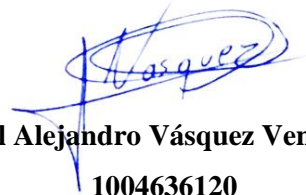
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de Junio de 2023



Stephani Belén Ruiz Zambrano

0604534545



Gabriel Alejandro Vásquez Venegas

1004636120

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **ELABORACIÓN DEL PLAN DE LUBRICACIÓN DE LA FLOTA DE CAMIONETAS DEL GAD MUNICIPAL DE GUANO MEDIANTE ANÁLISIS TRIBOLÓGICOS DE LA DEGRADACIÓN DEL ACEITE DEL MOTOR**, realizado por los señores: **STEPHANI BELÉN RUIZ ZAMBRANO** y **GABRIEL ALEJANDRO VÁSQUEZ VENEGAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-06-02
Ing. Celin Abad Padilla Padilla DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-02
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2023-06-02

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido siempre el capitán de esta barca que ha llegado a la orilla, a mi madrecita mi superheroína, mi mayor ejemplo de lucha como mujer, quien ha sido soporte y ancla firme para continuar incluso en los momentos de mayor dificultad, a mi padre quien ha estado presente y me ha ayudado con su conocimiento, y a mi hermana gemela quien siempre me ha demostrado estar orgullosa de mí. Los amo con todo mi ser.

Stephani

A Dios por permitirme finalizar mi carrera universitaria, a mi madrecita por su paciencia y apoyo fundamental e incondicional durante estos 5 años. A mi abuelita quien con sus consejos y enseñanzas me guió desde niño. A mis tías y tíos que nunca dudaron en apoyarme cuando necesité para poder alcanzar mis metas. A mi compañera de tesis y todos mis amigos con los que compartí durante estos años me llevo los mejores recuerdos.

Gabriel

AGRADECIMIENTO

Con la pequeñez de mi ser agradezco infinitamente a Dios por darme la sabiduría para culminar esta etapa, a mi madre María Auxiliadora, segura estoy que me ha cubierto con su manto desde el día uno que inicie este reto. Gratitud infinita a mi mamá Germania por estar siempre pendiente de mí y no permitir que nunca me falte nada en el transcurso del camino, a mi papá Sergio por acompañarme en el proceso, a mi ñaña Karito por ser parte de mis noches de desvelo y darme sus palabras de aliento cuando sentía quebrarme, a mis tíos y tías, como también a mi abuelita Jesús y mis primos/as cercanos/as, gracias por guardarme con sus oraciones y a mis ángeles en el cielo. Agradezco también a cada uno de los docentes que me compartieron sus conocimientos y me ayudaron a escalar cada peldaño hasta llegar a la cima. Finalmente, a cada uno/a de mis amigos/as que han estado constantemente en este proceso de crecimiento y aprendizaje, un gracias por estar siempre dispuestos a extenderme su mano.

Stephani

A la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo por haberme dado la oportunidad de formarme en sus aulas y adquirir nuevos conocimientos, como también permitirme desarrollar nuevas destrezas y habilidades, a mi director de tesis Ing. Celin Padilla y a mi asesor Ing. Luis Buenaño por su paciencia y apoyo en el proceso de elaboración de esta. A todos mis profesores que aportaron su granito de arena para que pueda finalizar mi carrera.

Gabriel

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Planteamiento del problema.....	2
1.2.	Limitaciones y delimitaciones.....	3
1.3.	Problema general de investigación.....	3
1.4.	Problemas específicos de investigación.....	4
1.5.	Objetivos.....	4
1.5.1.	<i>Objetivo General</i>	4
1.5.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	4
1.6.	Justificación.....	5
1.6.1.	<i>Justificación teórica</i>	5
1.6.2.	<i>Justificación metodológica</i>	5
1.6.3.	<i>Justificación práctica</i>	6
1.7.	Hipótesis.....	6
1.7.1.	<i>Hipótesis del proyecto</i>	6
1.7.2.	<i>Hipótesis nula</i>	6

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.	Antecedentes de investigación.....	7
2.2.	Referencias teóricas.....	8
2.2.1.	<i>Materia prima de las bases lubricantes</i>	8
2.2.2.	<i>Obtención y refinación de las bases lubricantes</i>	9
2.2.3.	<i>Tribología</i>	9
2.2.4.	<i>Lubricación</i>	10

2.2.4.1.	<i>Regímenes de lubricación</i>	10
2.2.5.	Tipos de desgaste por mala lubricación	12
2.2.5.1.	<i>Desgaste por fatiga</i>	12
2.2.5.2.	<i>Desgaste corrosivo</i>	12
2.2.5.3.	<i>Desgaste por adherencia</i>	13
2.2.5.4.	<i>Desgaste por abrasión</i>	13
2.2.6.	Tipos de lubricantes	14
2.2.6.1.	<i>Clasificación de los lubricantes según su estado</i>	14
2.2.6.2.	<i>Clasificación de los lubricantes según su naturaleza</i>	15
2.2.7.	Aditivos de los lubricantes	17
2.2.7.1.	<i>Características de los aditivos de los lubricantes</i>	18
2.2.7.2.	<i>Clasificación de los aditivos de lubricantes</i>	18
2.2.8.	Propiedades de los lubricantes	20
2.2.8.1.	<i>Propiedades físicas de los lubricantes</i>	21
2.2.8.2.	<i>Propiedades superficiales de los lubricantes</i>	22
2.2.8.3.	<i>Propiedades térmicas de los lubricantes</i>	22
2.2.8.4.	<i>Propiedades químicas de los lubricantes</i>	23
2.2.9.	Procesos que sufre el lubricante tras utilizarlo	23
2.2.9.1.	<i>Proceso de oxidación</i>	23
2.2.9.2.	<i>Proceso de sulfatación</i>	24
2.2.10.	Correlaciones que existen entre propiedades y procesos	24
2.2.11.	Mantenimiento predictivo	24
2.2.12.	Normas de las distintas propiedades de los lubricantes	25

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	28
3.1.	Enfoque de investigación	28
3.2.	Nivel de investigación	29
3.3.	Tipo de estudio	29
3.4.	Población, planificación y selección del tamaño de la muestra	29
3.4.1.	<i>Marca y modelo con las que cuenta la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano</i>	30
3.4.2.	<i>Lubricante de motor que se aplica en la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano</i>	30
3.5.	Diseño de investigación	32
3.5.1.	<i>Metodología para el análisis de aceites del GAD Municipal de Guano</i>	34

3.5.1.1.	<i>Códigos para determinar los niveles de degradación</i>	36
3.5.1.2.	<i>Coefficiente de correlación lineal (de Pearson)</i>	36
3.5.2.	<i>Tipos de variables</i>	37
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
3.6.1.	<i>Viscosímetro Brookfield DV-I prime</i>	39
3.6.2.	<i>Termómetro infrarrojo 42570</i>	39
3.6.3.	<i>Full FluidScan</i>	40
3.6.4.	<i>Oilwiew Quick Check QC</i>	41
3.6.5.	<i>Density Meter DMA 35</i>	42
3.6.6.	Protocolo para la toma de muestras del lubricante del motor	44
3.6.6.1.	<i>Toma de muestra desde el tapón de drenaje del motor</i>	44
3.6.6.2.	<i>Toma de muestra con la ayuda de una bomba de muestreo</i>	45
3.6.7.	Procedimiento para la evaluación de las muestras	47
3.7.	Limites condenatorios de las características del lubricante	49

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
4.1.	Resultados del análisis del aceite Gulf 15W40 nuevo	51
4.2.	Resultados de caracterización del aceite con el equipo Viscosímetro Brookfield DV-I prime	52
4.2.1.	<i>Resultados de caracterización del aceite con el equipo Full FluidScan</i>	53
4.2.2.	<i>Porcentaje de aditivos anti-desgaste</i>	53
4.2.3.	<i>Número de base total (TBN)</i>	54
4.2.4.	<i>Hollín</i>	55
4.2.5.	<i>Agua</i>	55
4.2.6.	<i>Glicol</i>	56
4.2.7.	<i>Proceso de oxidación</i>	57
4.2.8.	<i>Proceso de sulfatación</i>	58
4.3.	Resultados de caracterización del aceite con el equipo Oil View Quick Check	59
4.3.1.	<i>Rigidez dieléctrica</i>	59
4.3.2.	<i>Índice químico e índice ferroso</i>	60
4.4.	Resultados de caracterización del aceite con el equipo Densímetro	61
4.5.	Correlaciones entre propiedades y proceso del lubricante	62
4.5.1.	<i>Análisis de la comparación del TBN vs oxidación</i>	63
4.5.2.	<i>Análisis de la correlación de hollín vs oxidación</i>	65
4.5.3.	<i>Análisis de la correlación de aditivos anti-desgaste vs oxidación</i>	67

4.5.4.	<i>Análisis de la comparación del agua vs glicol</i>	68
4.6.	Resumen de resultados	70
4.7.	Comprobación de la hipótesis	73

CAPÍTULO V

5.	MARCO PROPOSITIVO	75
5.1.	Propuesta.....	75
5.1.1.	<i>Procedimiento para seguir en un proyecto de análisis tribológico mediante lubricantes</i>	76

CONCLUSIONES.....	77
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	79
----------------------	----

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Características del lubricante según su estado.....	15
Tabla 2-2: Características del lubricante según su naturaleza	15
Tabla 3-2: Propiedades de los aditivos.....	18
Tabla 4-2: Números de neutralización	23
Tabla 5-2: Métodos de ensayos de las propiedades de los aceites	26
Tabla 6-2: clasificación por la norma SAE J300.....	27
Tabla 1-3: Comparativa del lubricante que recomienda el fabricante con el que se utiliza en el GAD municipal de guano.....	32
Tabla 2-3: Niveles de degradación.....	36
Tabla 3-3: Variables a utilizar en el presente estudio.....	37
Tabla 4-3: Precisión del termómetro infrarrojo.....	40
Tabla 5-3: Variables que se obtiene del equipo FluidScan.....	41
Tabla 6-3: Variables que permite obtener el equipo Oilwiew Quick Check QC.....	42
Tabla 7-3: Especificaciones del lubricante utilizado.....	43
Tabla 8-3: Fechas en las que se realizó la toma de muestras y kilometraje recorrido.....	46
Tabla 9-3: Límites condenatorios	49
Tabla 10-3: Alertas del equipo Oilwiew Quick Check QC	50
Tabla 1-4: Comparativa de aceite nuevo con los datos del fabricante	51
Tabla 2-4: Rigidez dieléctrica	59
Tabla 3-4: Índice químico y ferroso de cada una de las muestras.....	61
Tabla 4-4: Coeficientes de correlación.....	62
Tabla 5-4: Resumen de resultados por camioneta	71
Tabla 6-4: Evaluación del nivel de degradación.....	72
Tabla 7-4: Propuesta del nuevo plan de mantenimiento.....	74

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Ensayos de aceite en laboratorio	7
Ilustración 2-2: Proceso de refinación de bases lubricantes	9
Ilustración 3-2: Procesos de refinación de bases lubricantes	9
Ilustración 4-2: Clasificación de la tribología	10
Ilustración 5-2: Regímenes de lubricación	11
Ilustración 6-2: Desgaste por fatiga	12
Ilustración 7-2: Desgaste corrosivo	13
Ilustración 8-2: Desgaste por adherencia	13
Ilustración 9-2: Desgaste por abrasión.....	14
Ilustración 10-2: Clasificación de los lubricantes	14
Ilustración 11-2: Diferencia de la estructura de aceite sintético y mineral.....	16
Ilustración 12-2: Propiedades de fricción entre un aceite sintético y un mineral	17
Ilustración 13-2: Componentes que existen en un aceite mineral y un sintético	17
Ilustración 14-2: Modificaciones en las propiedades físicas de los lubricantes	19
Ilustración 15-2: Modificaciones en las propiedades químicas de los lubricantes	19
Ilustración 16-2: Modificaciones de las propiedades fisicoquímicas de los lubricantes.	20
Ilustración 17-2: Índices de los lubricantes	25
Ilustración 1-3: Camionetas del parque automotor nacional de las marcas más vendidas	30
Ilustración 2-3: Lubricantes más utilizados según tipo de motor.....	31
Ilustración 3-3: Ranking de marcas de lubricantes	31
Ilustración 4-3: Metodología general de la investigación	33
Ilustración 5-3: Toma de muestra del aceite lubricante	34
Ilustración 6-3: Etiqueta de información para los envases de las muestras	35
Ilustración 7-3: Muestras del aceite lubricante	35
Ilustración 8-3: Clasificación de la técnica SACODE	38
Ilustración 9-3: Viscosímetro Brookfield DV-I prime	39
Ilustración 10-3: Termómetro infrarrojo 42570.....	40
Ilustración 11-3: Equipo FluidScan	41
Ilustración 12-3: Equipo Oilwiew Quick Check QC	42
Ilustración 13-3: Equipo para medir la densidad del lubricante.....	42
Ilustración 14-3: Tapón de drenaje	45
Ilustración 15-3: Pasos del protocolo de toma de muestras	46
Ilustración 16-3: Toma de temperatura.....	47

Ilustración 17-3: Pasos del uso del equipo Full FluidScan	48
Ilustración 18-3: Análisis en el equipo Oil View Quick Check	48
Ilustración 19-3: Pruebas de densidad	49
Ilustración 1-4: Viscosidades a 40 y 100 °C	52
Ilustración 2-4: Aditivos anti-desgaste vs distancia recorrida.....	53
Ilustración 3-4: TBN vs distancia recorrida	54
Ilustración 4-4: Hollín vs distancia recorrida.....	55
Ilustración 5-4: Agua vs distancia recorrida	56
Ilustración 6-4: Glicol vs distancia recorrida	57
Ilustración 7-4: Oxidación vs distancia recorrida	57
Ilustración 8-4: Sulfatación vs distancia recorrida.....	58
Ilustración 9-4: Rigidez dieléctrica vs distancia recorrida	60
Ilustración 10-4: Densidad vs la distancia recorrida	62
Ilustración 11-4: Correlación de TBN y oxidación de la camioneta #3	63
Ilustración 12-4: Correlación de TBN y oxidación de la camioneta #30	64
Ilustración 13-4: Correlación de TBN y oxidación de la camioneta #32	65
Ilustración 14-4: Correlación de hollín y oxidación de la camioneta #3	66
Ilustración 15-4: Correlación de hollín y oxidación de la camioneta #5	67
Ilustración 16-4: Correlación de aditivos anti-desgaste vs oxidación de la camioneta #3.....	68
Ilustración 17-4: Correlación de agua vs glicol de la camioneta #3.....	69
Ilustración 18-4: Correlación de agua vs glicol de la camioneta #32.....	69
Ilustración 1-5: Pasos para desarrollar el proyecto	76

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CORRELACIÓN DE TBN Y OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #4
- ANEXO B:** CORRELACIÓN DE TBN Y OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #5
- ANEXO C:** CORRELACIÓN DE HOLLÍN Y OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #4
- ANEXO D:** CORRELACIÓN DE ADITIVOS ANTI-DESGASTE VS OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #4
- ANEXO E:** CORRELACIÓN DE ADITIVOS ANTI-DESGASTE VS OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #5
- ANEXO F:** CORRELACIÓN DE ADITIVOS ANTI-DESGASTE VS OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #30
- ANEXO G:** CORRELACIÓN DE ADITIVOS ANTI-DESGASTE VS OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #32
- ANEXO H:** CORRELACIÓN DE AGUA VS GLICOL DE LA CAMIONETA #4
- ANEXO I:** CORRELACIÓN DE AGUA VS GLICOL DE LA CAMIONETA #5
- ANEXO J:** CORRELACIÓN DE AGUA VS GLICOL DE LA CAMIONETA #30
- ANEXO K:** ESTIMACIÓN ANUAL DEL COSTO DEL NUEVO PLAN

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue elaborar el plan de lubricación de la flota de camionetas del GAD Municipal de GUANO, aplicado análisis tribológicos de la degradación del aceite del motor, se estudió las distintas propiedades que posee el aceite y cuáles de ellas es posible analizar con los equipos. Las muestras tomadas fueron de manera periódica, siguiendo el protocolo de toma de muestras para cada una de las unidades de la flota de camionetas, posteriormente a dichas muestras se las examinaron en cada uno de los equipos que se dispone en el laboratorio de tribología de la Facultad de Mecánica, al obtener los resultados de cada uno de los equipos y de cada una de las muestras tomadas, se exportó en un archivo de Excel para filtrar los datos y posteriormente se graficó las curvas de cada una de las camionetas, lo que permitió comparar cuál es su tendencia de degradación. Concluyendo que hay factores que inciden en el lubricante previo al uso, debido a su modo de almacenamiento, manipulación y factores ambientales, además de que, habiendo analizado las 7 muestras por cada camioneta, se establece que la degradación en el lubricante de la unidad #3 es normal, en las camioneta #4 y #5 tienen un nivel de alerta, la unidad #30 se encuentra en nivel crítico y la #32 está en un nivel inaceptable, de esta manera se procedió a elaborar un nuevo plan de mantenimiento para cada una de las unidades de acuerdo con el deterioro que presenta el lubricante en cada una de las camionetas.

Palabras clave: <PLAN DE LUBRICACIÓN>, <FLOTA VEHICULAR>, <ANÁLISIS TRIBOLÓGICO>, <DEGRADACIÓN DE ACEITE>, <LUBRICANTE DE MOTOR>.

1060-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The objective of this work was to elaborate the lubrication plan for the vans fleet at GAD Municipal GUANO, applying tribological analysis of the degradation of motor oil. The different properties that the oil possesses were studied and which of them can be analyzed with the equipment. The samples were taken periodically, following the sampling protocol for each of the units of the van fleet. After these samples were examined in each of the equipment available in the tribology laboratory at Mechanics Faculty, when obtaining the results of each of the equipments and of each of the samples taken. An Excel file was exported in to filter the data and later the curves of each of the vans were graphed, which allowed compare what their degradation trend is. Concluding that there are factors that affect the lubricant prior to use, due to its mode of storage, handling and environmental factors. In addition to the fact that, having analyzed the 7 samples for each van, it is established that the degradation in the lubricant of the unit # 3 is normal, vans #4 and #5 have an alert level, unit #30 is at a critical level and #32 is at an unacceptable level, thus a new maintenance plan was prepared to each of the units according to the deterioration that the lubricant presents in each of the vans.

Keywords: <LUBRICATION PLAN>, <VEHICULAR FLEET>, <TRIBOLOGICAL ANALYSIS>, <OIL DEGRADATION>, <ENGINE LUBRICANT>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema Mgs
C.I. 060335706-2

INTRODUCCIÓN

La tribología es determinada como una ciencia que ensaya los fenómenos de fricción, desgaste y lubricación entre superficies que se encuentran en movimiento. Uno de los campos en el cual se aplica esta ciencia actualmente es la industria automotriz, efectuando el proceso comúnmente en flotas de vehículos, con el ideal de realizar controles de mantenimiento preventivos con mayor eficiencia, mejorando la confiabilidad y disminuyendo costos de reparaciones. Los lubricantes al ser fabricados en países ajenos al Ecuador son sometidos a pruebas de durabilidad en condiciones muy distintas. En el presente trabajo se detalla como para colaborar con la gestión, mantenimiento y logística de la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano se debe realizar el análisis de muestras del lubricante aplicado en el motor con el manejo de equipos de laboratorio como densímetro, viscosímetro, Full FluidScan y Oil View Quick Check, cuando este es nuevo y en distintos intervalos de uso, para, en un momento posterior realizar una comparación entre las características fisicoquímicas y determinar el nivel de degradación que ha sufrido el aceite lubricante, de este modo, analizar los parámetros obtenidos de los lubricantes y determinar el tiempo de uso óptimo que este debería tener en los vehículos o si es recomendable la utilización de un nuevo lubricante. Al finalizar esta investigación, podrá ser aplicada no solo para la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano, sino que servirá de ayuda para toda flota vehicular o empresa que utilice este tipo de aceite lubricante, e incluso puede servir de guía para próximos estudios similares.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Se denomina a la tribología como una ciencia que ensaya los fenómenos de fricción, desgaste y lubricación entre dos superficies en movimiento relativo. Es el puente que interrelaciona diferentes ramas de la ciencia como la Química, Mecánica, Física, entre otras (Miranda Moreno, 2021, p.7). Otro campo en el cual se realiza este análisis es en el parque automotor, efectuando el proceso comúnmente en flotas de vehículos, de esta manera se pueden realizar controles de mantenimiento preventivos con mayor eficiencia. De manera común el análisis tribológico es aplicado en motores de combustión interna. En los aceites de motores el desgaste adhesivo se presenta en todos los frotamientos, lubricados o no, es consecuencia directa de los contactos metal con metal cuando la película de aceite no garantiza una separación completa de las superficies metálicas lo que puede dar paso al desgaste prematuro de los componentes, lo que desencadena también en un mayor consumo de energía, esto puede ser a que el lubricante ha cumplido con su ciclo de vida útil o simplemente no cuenta con las propiedades correctas o necesarias para la aplicación que se le está dando.

Con el paso de los años, los estudios tribológicos se han dado a conocer a nivel mundial debido a sus aportes en la industria automotriz, mejorando la confiabilidad y disminuyendo costos de reparaciones, sin embargo, no es común una ejecución real de la misma, donde se pueda generar planes tribológicos, hasta cálculos de lubricación y selección correcta de lubricantes según las condiciones de operación, como, altitud, latitud, tipo de terreno en el que funcionan, en este caso de la flota de camionetas. (Miranda Moreno, 2021, p. 8).

Las pruebas de durabilidad de los aceites son realizadas en condiciones muy distintas a las que se puede encontrar en el Ecuador, se tiene varios factores que pueden alterar su composición, lo que conlleva a alterar su durabilidad, en el país se tiene un contexto operacional distinto como es: condiciones geográficas y climatológicas, el estilo de conducción, condiciones de rutas, cantidad de recorrido diario, calidad de combustible, cargas a las que se someten los vehículos en superficies planas o con pendiente, frecuencia de mantenimientos, tiempos de operación, lo que desencadena a un mayor consumo de combustible y degradación más rápida del lubricante.

Para colaborar con el GAD Municipal de GUANO con la gestión, mantenimiento y logística automotriz se plantea realizar el análisis de lubricantes de motor que se están usando en la flota

de camionetas, como también realizar el análisis del lubricante que aún no ha sido utilizado, realizando de esta manera una comparación de aceite usado vs nuevo y así obtener datos concisos de las propiedades con las que estos cuentan y saber cuál es el lapso apropiado para aplicar en la flota de camionetas, finalmente habiendo conseguido los resultados necesarios realizar la planificación de los intervalos de tiempo de lubricación de la flota.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

Las limitaciones para este proyecto de investigación son: los análisis tribológicos se deben realizar obteniendo muestras del parque automotor que pasa en constante trabajo desde las ocho hasta las dieciséis horas sin poder ser interrumpidas recorriendo distintas rutas desde el centro del cantón hasta las parroquias más alejadas, contar con los insumos necesarios en el laboratorio para realizar los análisis, tener acceso al laboratorio, intervalos de cambio de aceite siendo posible no poder tomar las muestras en el tiempo especificado, es por ello que solo se tomara las muestras cuando la flota tenga disponibilidad de llegar al taller.

El análisis tribológico se realizará de las muestras del lubricante del motor que se obtendrán de la flota de camionetas funcionales del GAD Municipal del cantón Guano, conociendo que su marca es Chevrolet modelo D-Max del año 2012 al 2015, a la muestra del lubricante extraído se le realizará pruebas de densidad, viscosidad y distintas propiedades químicas, que sean facilitadas por los equipos en uso, a pesar de ello se debe mencionar que no se analizaran todas las propiedades que se obtengan, sino las que sean más representativas para determinar la calidad y estado del aceite lubricante del motor.

1.3. Problema general de investigación

El GAD Municipal de Guano cuenta con una flota de camionetas de las que solo cinco se encuentran prestando su servicio diariamente y cuatro están en desuso por daños producidos en el motor, los factores que han intervenido pueden ser la rápida degradación del aceite por las condiciones de uso o un mal plan de mantenimiento.

¿Los resultados del análisis tribológico de la degradación del aceite del motor justificarían un plan de mantenimiento diferente para la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano?

1.4. Problemas específicos de investigación

- ¿La revisión bibliográfica de las propiedades técnicas de los lubricantes permitirá comprender las cualidades de los aceites y cómo se debe establecer un plan de lubricación para los vehículos?
- ¿Permitirán los equipos disponibles en el laboratorio de tribología de la ESPOCH, determinar las propiedades físico químicas iniciales del aceite que se utiliza en la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano?
- ¿Las pruebas tribológicas del aceite del motor de las camionetas permitirá establecer el nivel de degradación que tiene el aceite durante la operación?
- ¿El análisis de los resultados permitirá elaborar las recomendaciones y un plan de lubricación a través de la verificación de las prestaciones del lubricante?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Elaborar el plan de lubricación de la flota de camionetas del GAD Municipal de GUANO mediante análisis Tribológicos de la degradación del aceite del motor.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Investigar las propiedades técnicas de distintos lubricantes mediante revisión bibliográfica y de literatura científica para comprender las propiedades de los aceites y planes de lubricación de los vehículos.
- Caracterizar el aceite que se utiliza en la flota de camionetas del GAD Municipal de GUANO mediante los equipos disponibles en la ESPOCH para establecer las propiedades físico químicas iniciales del aceite.
- Estudiar muestras del aceite del motor de las camionetas de la flota mediante pruebas tribológicas para establecer el nivel de degradación que tiene el aceite durante la operación.
- Analizar resultados para elaborar las recomendaciones y un programa de lubricación a través de la verificación de las prestaciones del aceite lubricante.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación teórica

En el Ecuador la tribología tiene aún un desarrollo limitado como ciencia y técnica pluridisciplinaria, misma que debería desarrollarse y aplicarse dentro del área automotriz como método fundamental para prolongar la vida útil y reducir los costos de mantenimiento de los elementos mecánicos de vehículos, como motores, cajas de cambio, diferenciales, entre otros.

El impacto de la tribología en el mantenimiento automotriz se debe al estudio de los fenómenos de la fricción, ya que la mayoría de los mecanismos vehiculares pueden desplazarse, fijarse, frenarse, entre superficies en contacto, lo que implica su desgaste progresivo. La lubricación ayuda a que el desgaste se reduzca gracias a la película protectora que un buen lubricante puede formar entre las superficies.

Actualmente la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la facultad de Mecánica cuentan con un laboratorio de tribología en donde se tiene equipos con los que se podrá realizar estudios de lubricantes, los cuales servirán para obtener resultados técnicos de las muestras que se obtengan de las camionetas del GAD Municipal de GUANO.

1.6.2. Justificación metodológica

En la carrera se han tomado asignaturas en las que se ha aprendido acerca de la lubricación, desgaste y funcionamiento de los sistemas automotrices, conocimientos que se pondrán en práctica a largo del desarrollo de este estudio.

Para el inicio del proceso se debe tomar muestras de los aceites de manera progresiva que deben ser tratadas de manera minuciosa en cada proceso, evitando contaminaciones externas con el fin de lograr mayor precisión en los resultados estadísticos, los cuales se analizarán en el laboratorio con el uso de equipos como:

- **Viscosímetro:** equipo que permite conocer la viscosidad, que es la propiedad más importante del lubricante ya que si esta no es la correcta no podrá cumplir su función, esta se encuentra en función de la temperatura, a más alta temperatura más baja la viscosidad.
- **Full FluidScan:** facilita información de las características del fluido como, cantidad de glicol, nitración, oxidación, hollín, sulfatación, número de base total (TBN), cantidad de agua.

- **Oil View Quick Check:** permite realizar pruebas de lubricantes en corto tiempo y conocer en qué estado se encuentra actualmente, muestra datos cuantitativos del dieléctrico, severidad química, índice químico e índice ferroso.

- **Densímetro:** equipo que permite medir la densidad del lubricante, siendo la relación entre la masa y el volumen.

1.6.3. Justificación práctica

El beneficiario indirecto de este proyecto de investigación es la población, es decir, los usuarios de los servicios que presta la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano, los beneficiarios directos son los funcionarios que utilizan los vehículos, por consiguiente, el GAD Municipal de Guano, pues aseguran el ciclo de vida y reducen los gastos en reparaciones.

La propuesta planteada en este proyecto podrá ser aplicada también por otros municipios o empresas que posean flotas vehiculares en las que apliquen el mismo lubricante, otra ventaja de la propuesta es que servirá como guía para quienes no cuenten con estas mismas condiciones y deseen obtener un buen plan de mantenimiento, alargando la vida útil de los motores de su parque automotor, llevando a un ahorro económico considerable.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis del proyecto

El análisis tribológico del tipo de aceite que es utilizado en los motores de la flota de camionetas del GAD Municipal de GUANO permite elaborar el plan de lubricación en función de sus propiedades fisicoquímicas de degradación.

1.7.2. Hipótesis nula

El análisis tribológico del tipo de aceite que es utilizado en los motores de la flota de camionetas del GAD Municipal de GUANO no permite elaborar el plan de lubricación en función de sus propiedades físicas de degradación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

La carrera de Ingeniería Automotriz ha planteado realizar el proyecto de vinculación denominado “Sistemas Alternativos de Propulsión e Impacto Ambiental” (SAPIA), en el que se plantea aplicar los conocimientos técnicos a favor de la comunidad y procurar la optimización de los recursos de la entidad pública mediante recomendaciones técnicas que ayuden a mejorar el intervalo de cambios de lubricantes.

El estudio realizado por Pesantez y Veintimilla (2010) radica en el diagnóstico y análisis de la degradación del aceite 15W40, aplicando tres técnicas que tienen relación con el mantenimiento predictivo que permiten descubrir y cuantificar los corpúsculos de deterioro que ayudarán a saber la degradación y polución del aceite. Para el estudio consideraron condiciones del vehículo con y sin carga, recolectando muestras de 10 ml en lapsos de kilometraje hasta llegar a los 3000 Km, verificando que las especificaciones del lubricante aún cuentan con sus características dentro de los rangos óptimos de funcionamiento, al conocer estos datos se extendió el muestreo hasta los 7500 Km. En consecuencia, los autores han concluido que sufre un mayor desgaste el aceite de las muestras del vehículo sin carga.

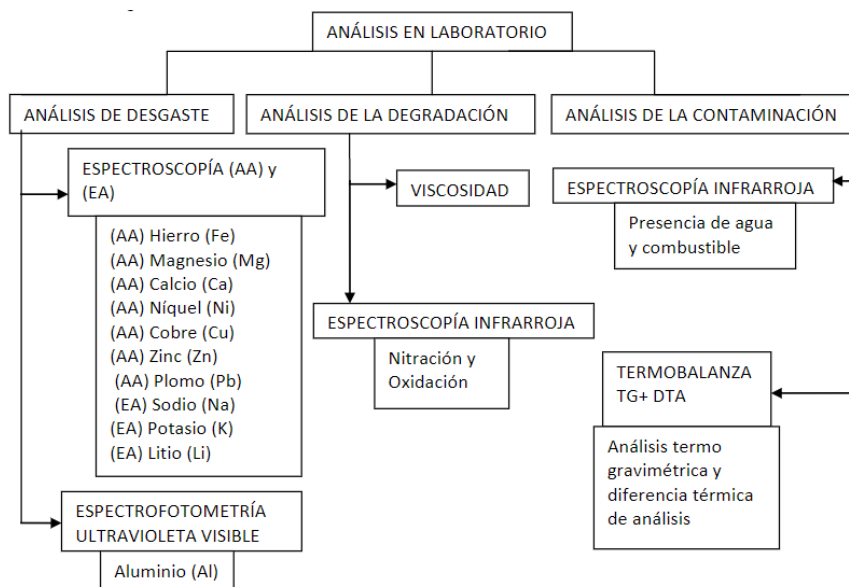


Ilustración 1-2: Ensayos de aceite en laboratorio

Fuente: Pesantez y Veintimilla, 2010, p. 48

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez G., 2022.

En la investigación realizada por Barrera Yáñez (2021), el objetivo es determinar el desgaste de las distintas piezas del motor en función de la degradación de las propiedades del aceite lubricante caracterizándolo antes, durante y después del ciclo de uso en pruebas de laboratorio, así como también en el deterioro experimental desarrollado en un motor de Chevrolet Spark 2009 con un lubricante Kendall 20W50. Se tomaron muestras cada 500 Km hasta completar el ciclo de los 5000 Km, mismas que fueron analizadas en laboratorio mediante método de espectrometría y utilizando varios instrumentos de medición. Tras el análisis se concluye que los parámetros del aceite se encuentran en buen estado, excepto la cantidad de silicio, ya que este supera las 7 ppm, además el aceite sufre una degradación pronunciada durante los primeros y últimos 1000 Km de funcionamiento, dando como recomendación realizar los cambios de aceite del motor a los 4000 Km.

De acuerdo con Ávila Heras (2017), establece en su estudio “Determinación del desgaste de los elementos mecánicos del motor mediante el análisis del aceite usado” varios métodos utilizando equipos como: fotómetro, 780 Small Flash Point, espectrómetro infrarrojo, para la indagación en las muestras de aceite de una flota de 16 camiones con motor Mercedes Benz V8 serie OM502, tomadas en períodos variables de 7000 a 8000 Km en cambio de aceite, de acuerdo a la normativa ASTM D6595 se evidencia los parámetros más importantes para el estudio, en especial los metales de desgaste. En este sentido, tras los análisis de los distintos parámetros las muestras presentan bajos índices de contaminación y a 7000 km el aceite es apto para seguir funcionando.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. *Materia prima de las bases lubricantes*

El petróleo está compuesto por hidrógeno y carbono, por eso se lo llama hidrocarburo, tiene una apariencia semilíquida que es extraída de la tierra. Existen alrededor de tres mil compuestos diferentes de hidrocarburos presentes en el petróleo, sin embargo, los lubricantes se encuentran en los hidrocarburos parafínicos que tienen una composición con un 70 a 80% de alcanos (C_nH_{2n+2}). (Albarracín Aguillón, 2015, p. 12).

Los hidrocarburos parafínicos que cuentan con una cantidad de 5 a 15 átomos de carbono son líquidos, teniendo como características una baja densidad, un alto índice de viscosidad (80-90), baja volatilidad y poder disolvente. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 19).

2.2.2. Obtención y refinación de las bases lubricantes

Para llegar a la obtención de los lubricantes como se los encuentra a la venta, es necesario tener la base como elemento principal, esta proviene del petróleo y de acuerdo con las propiedades que se requiera que este obtenga para un trabajo se tiene distintos métodos. Los aceites lubricantes obtienen su materia prima en la torre de vacío:

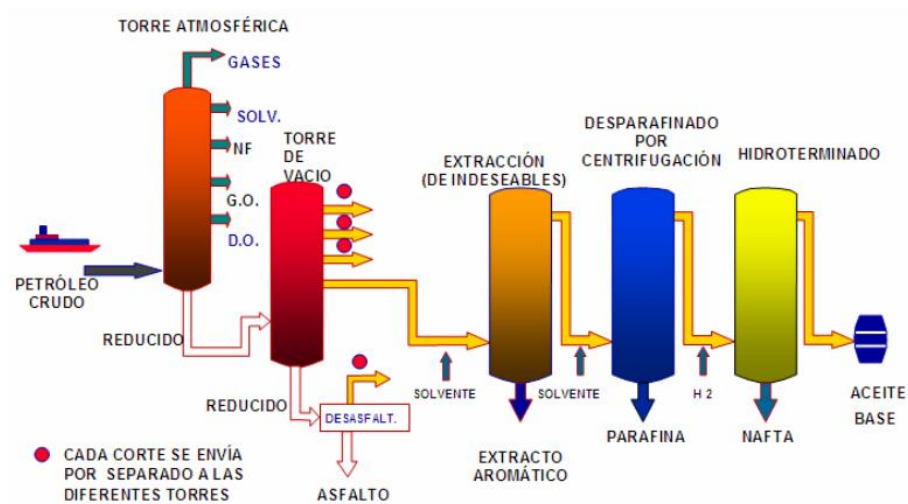


Ilustración 2-2: Proceso de refinación de bases lubricantes

Fuente: Barrientos, 2006, p.10

Este proceso de separación es básico para comprender la fabricación de un lubricante, el diagrama que se muestra en la Ilustración 3-2 indica los cinco procesos de refinación de una base lubricante.

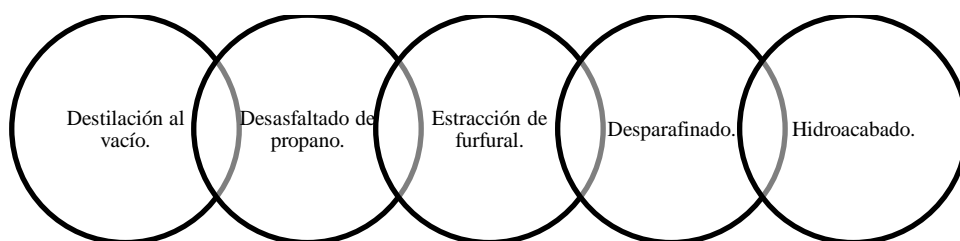


Ilustración 3-2: Procesos de refinación de bases lubricantes

Fuente: Reliabilityweb, 2010

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez G., 2022.

2.2.3. Tribología

Tribología se deriva de los términos “tribos” que significa fricción y “logos” que significa tratado, teniendo como resultado “la ciencia del frotamiento”. Martínez Francisco (2002) señala que, el concepto “Tribología” fue utilizado por primera vez el 9 de octubre de 1996, dándole a conocer

como la ciencia que estudia los fenómenos de fricción, desgaste y lubricación de dos superficies en movimiento relativo.

La tribología puede ser empleada en tecnologías aeroespaciales hasta aplicaciones domésticas, de modo que para aplicar esta ciencia es necesario tener conocimiento sobre Química, Física, Matemática, Termodinámica, Mecánica de Fluidos, Diseño de Máquinas, Lubricación, Confiabilidad, Mecánica de Sólidos, Transferencia de Calor, Ciencias de Materiales y Reología. (Castillo, 2007, p. 2).

Se puede dividir en las siguientes ramas científico-técnicas:

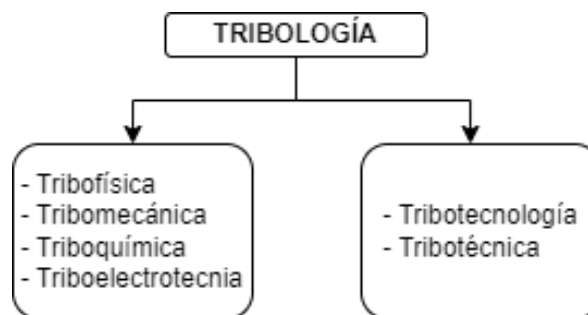


Ilustración 4-2: Clasificación de la tribología

Fuente: Pedro Albarracín Aguillón 2015, p.26

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

Sin la tribología no es posible el desarrollo industrial rentable y de calidad.

2.2.4. Lubricación

Se denomina lubricación a la actividad que realiza toda sustancia que se ubique entre superficies en movimiento con el fin de disminuir la fricción y disipar el calor formado. El lubricante debe contar con características determinadas como: viscosidad, densidad, aditivos. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 42).

2.2.4.1. Regímenes de lubricación

Al encontrarse dos elementos en movimiento, se generan dos condiciones diferentes, cuando se da el inicio del movimiento donde el lubricante empieza a deformarse en laminillas pequeñas y cuando el elemento se mueve con una velocidad uniforme, incrementa la acción de bombeo alcanzando un apropiado flujo de lubricante. (Albarracín Aguillón, 2015, pp. 47-48).

a) Lubricación Límite: Momento en el que la cantidad de lubricante es mínima teniendo un espesor que oscila entre 0,001 y 0,050 μm , se ejerce cuando un mecanismo inicia su movimiento. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 48).

b) Lubricación mixta: Régimen que se presenta entre la lubricación límite y lubricación hidrodinámica, es producida porque una parte de la carga está soportando en lubricación límite y la otra en lubricación hidrodinámica. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 51).

c) Lubricación hidrodinámica: Se produce al obtener un movimiento relativo entre las superficies lubricadas creando una película suficientemente gruesa evitando el contacto directo entre las superficies en movimiento. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 52).

d) Lubricación elastohidrodinámica (EHL o EHD): Estado de la lubricación hidrodinámica, la película lubricante de este estado debe estar por debajo de 1,5 y se puede desarrollar en presiones de hasta 350000 psi, su espesor mínimo fluctúa entre 0,05 a 2 μm teniendo en cuenta 3 parámetros: velocidad, carga y coeficiente de piezo-viscosidad. Además, si el espesor incrementa producirá un aumento de temperatura lo que reduciría la viscosidad del aceite. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 57).

e) Lubricación hidrostática: El aceite se suministra a presión entre dos superficies con ayuda de una bomba, por lo que no requiere un movimiento relativo, tiene coeficientes de fricción bajos que van desde 0,00046 a 0,00000075, se debe a la baja velocidad. (Albarracín Aguillón 2015, p. 65).

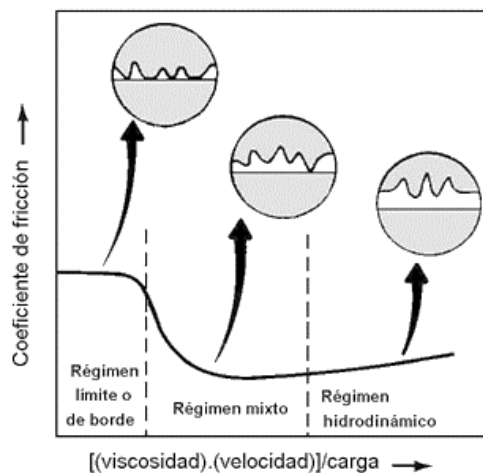


Ilustración 5-2: Regímenes de lubricación

Fuente: TRIBOLOGÍA: Lubricación Mixta, 2011

2.2.5. Tipos de desgaste por mala lubricación

El desgaste se refiere a la pérdida de material de elementos que se encuentran en constante contacto sometidos a una fuerza, este fenómeno consiste en el desprendimiento de partículas de la superficie, los movimientos pueden ser por deslizamiento, rodamiento o impacto y estos pueden darse de distintas maneras:

2.2.5.1. Desgaste por fatiga

Se produce cuando se tiene un deslizamiento o rodadura cíclica, creándose puntos de alta tensión obteniendo una deformación plástica en el material generando grietas en la zona tensionada, mientras más se produce este agrietamiento la pieza se deteriora hasta que llega a la destrucción de esta. (Coaguila, 2022, p. 23). Con el fin de mermar este tipo de desgaste es necesario mejorar el estado de estas superficies.

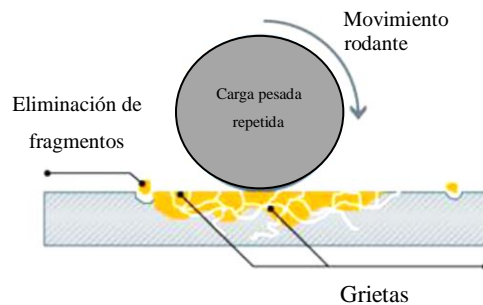


Ilustración 6-2: Desgaste por fatiga

Fuente: Coaguila, 2022, p. 23

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

2.2.5.2. Desgaste corrosivo

La pérdida de material se origina por reacciones químicas que se producen en la superficie de este, puede ser por humedad, agua salada, ácido, etc. Se presenta en forma de picaduras en la superficie o debajo de ella y al colocarse dos superficies en contacto se generaría la fricción produciendo desgaste es por ello por lo que se debe colocar una película de aceite entre estas. Uno de los elementos críticos que pueden producir este tipo de desgaste es el estado en el que se encuentra el fluido lubricante. (Barrera, Nieves, 2021, p. 11; Coaguila, 2022, p.23).



Ilustración 7-2: Desgaste corrosivo

Fuente: Barrera, Nieves, 2021, p. 11

2.2.5.3. Desgaste por adherencia

Se genera cuando no se logra controlar la temperatura, principalmente porque no puede haber lubricante entre estas, lo que ocasiona que se generen micro soldaduras generando irregularidades entre las superficies. Las irregularidades del material más blando se desprenderán al tener contacto con las irregularidades de la superficie más dura ocasionando su desprendimiento, es por ello por lo que la principal manera de reducir este tipo de desgaste es obteniendo condiciones de lubricación correctas en todo momento. (Barrera, Nieves, 2021, p. 9).

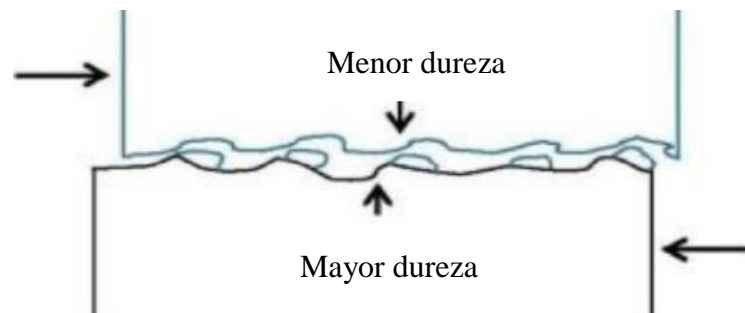


Ilustración 8-2: Desgaste por adherencia

Fuente: Barrera, Nieves, 2021, p. 9.

2.2.5.4. Desgaste por abrasión

Se presenta cuando se produce el contacto entre una superficie dura con una más blanda, ocasionando que la superficie más dura provoque perdidas de material, incluso las partículas que se desprendan pueden actuar como elementos nuevos de desgaste, por tal motivo es necesario tener un sistema de filtrado en el sistema de recirculación, ya que las partículas metálicas son las principales que generan este desgaste. También se debe cuidar que el lubricante no se contamine, por ejemplo, del polvo o agua en las operaciones de mantenimiento. (Barrera, Nieves, 2021, p. 9).



Ilustración 9-2: Desgaste por abrasión

Fuente: Coaguila, 2022, p. 25.

2.2.6. Tipos de lubricantes

Los lubricantes que se utilizan en las distintas industrias son varios, se necesita conocer la aplicación que se desea realizar junto con la forma de uso para poder seleccionar el más adecuado en un trabajo específico.

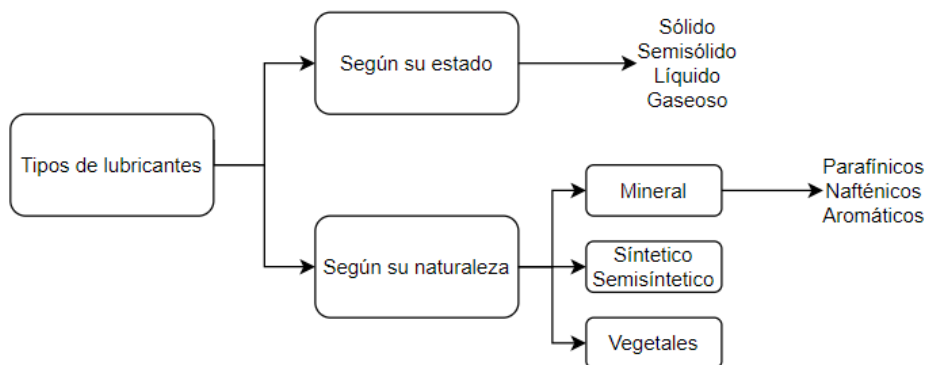


Ilustración 10-2: Clasificación de los lubricantes

Fuente: Barrientos, 2006, p. 9.

Realizado por: Ruiz, S. Vázquez, G. 2022.

2.2.6.1. Clasificación de los lubricantes según su estado

Existen distintos tipos de sustancias para lubricar una superficie como son los sólidos, semisólidos, líquidos y gaseosos los cuales presentan las características de la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Características del lubricante según su estado

Tipo	Característica
Líquido	Aceites minerales, sintéticos y semisintéticos.
Semisólido	Grasas, elaborados con un espesante y un aceite.
Sólidos	Su materia prima es el grafito, teflón y di sulfato de molibdeno.
Gaseoso	Aire y gases, se aplican en casos especiales.

Fuente: Albaracín Aguillón, 2015, pp. 44-45

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

2.2.6.2. Clasificación de los lubricantes según su naturaleza

Se clasifican de acuerdo con la base que se utilice juntamente con los distintos aditivos que se agregan, actualmente se tiene mineral, sintético y semisintético.

a) Lubricante Mineral: se obtienen del petróleo tras un proceso para la obtención de aceite, consiste en la destilación fraccionada, se pueden tener de distintos tipos de base mineral como se muestra en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Características del lubricante según su naturaleza

Tipo	Característica	Índice de viscosidad	Punto de congelación
Parafínico	Constituido por cadenas de átomos de carbón. Estable a la oxidación y calor. No son muy buenos a baja temperatura.	Muy alto	Muy alto
Nafténicos	Compuesto por cadenas de átomos de carbón cíclicas. De menor estabilidad. Viscosidad más sensible. Propiedades buenas a bajas temperaturas. Disolvente ante productos de degradación del aceite.	Intermedio	Bajo
Aromático	Baja composición de hidrógeno. Excelente solvente. Carentes características de viscosidad. Gran índice de oxidación. Alto poder disolvente.	Bajo	Bajo

Fuente: Albaracín Aguillón, 2015, pp. 85-87

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022.

b) Lubricante sintético: Por más de 50 años los lubricantes sintéticos se han encontrado presentes en la industria con una confusión de las características y beneficios que brindan. Pocos

tienen el conocimiento sobre los lubricantes sintéticos o carecen de los conocimientos para lograr justificar el uso de un lubricante sintético sobre un mineral. Con la utilización de lubricantes sintéticos es posible la reducción en los costos de operación y mantenimiento, ofrece una mejor protección a la maquinaria y ahorra energía. (Barrientos, 2006, p. 19).

Es de suma importancia también, conocer que este tipo de aceites no posee un origen del petróleo, ya que son una composición química que se consigue después de varios procesos que varía su estructura molecular, eliminando partículas minerales que no son necesarias. (Barrera, Nieves, 2021, p. 16).

Los lubricantes sintéticos e hidrocarburos sintetizados son aplicados a la par para detallar una familia de aceites. El lubricante sintético es diseñado para enriquecer las propiedades que brindan los aceites minerales. Son una mezcla de constitución múltiple de hidrocarburos generados naturalmente. (Barrientos, 2006, p. 20).

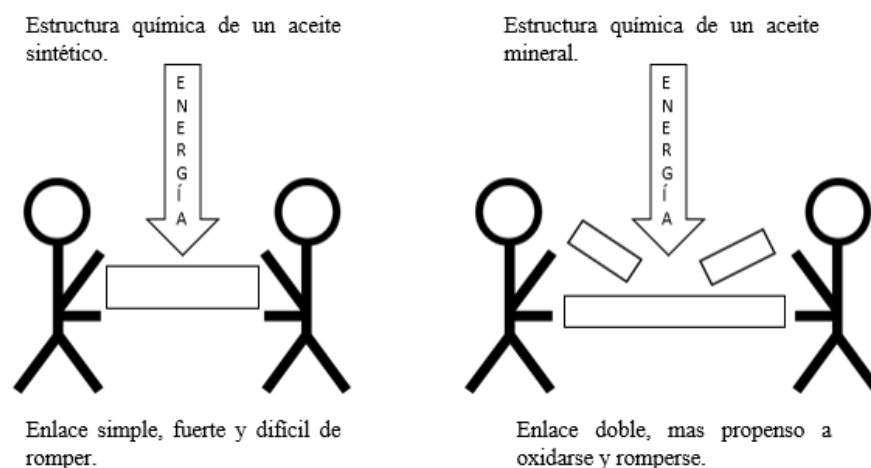


Ilustración 11-2: Diferencia de la estructura de aceite sintético y mineral

Fuente: Barrientos, 2006, p. 20

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

Al observar la composición de la estructura molecular uniforme, enlaces moleculares fuertes e idénticos, producto libre de cera y estructura molecular saturada proporcionando un gran desempeño a los básicos sintéticos sobre los básicos convencionales. (Barrientos, 2006, p.21).

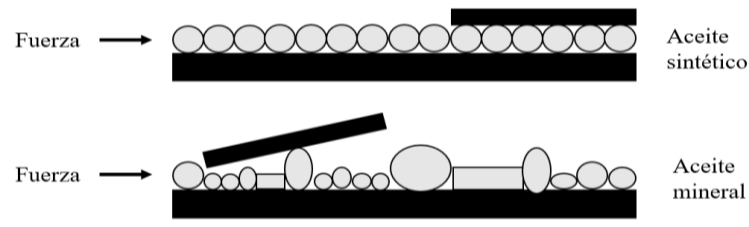


Ilustración 12-2: Propiedades de fricción entre un aceite sintético y un mineral

Fuente: Barrientos, 2006, p. 21

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

El lubricante sintético a comparación del mineral es mucho más limpio ya que no contiene ciertas impurezas mejorando su calidad.

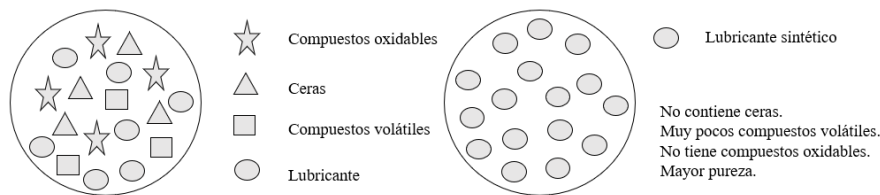


Ilustración 13-2: Componentes que existen en un aceite mineral y un sintético

Fuente: Barrientos, 2006, p. 21

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

c) Lubricante semisintético: Los lubricantes semisintéticos o parcialmente sintéticos son una mezcla de aceite mineral con un máximo del 30% de aceite sintético con el objetivo de mejorar las propiedades, características y beneficios que nos brinda el aceite mineral sin elevar tanto los costos. (Barrera, Nieves, 2021, p. 17).

2.2.7. Aditivos de los lubricantes

Son compuestos químicos que tienen como fin optimar las propiedades naturales de los lubricantes, proporcionándoles cualidades específicas. La calidad y tipo de aditivo utilizado también es importante para tener una buena base lubricante. (José Benlloch María, 1990, p. 40).

Es muy diversa la proporción que se debe incorporar en un aceite, varía desde 0,01% hasta el 20%, puesto que si se coloca de manera excesiva pueden ocurrir efectos perjudiciales. (José Benlloch María, 1990, p. 88).

2.2.7.1. Características de los aditivos de los lubricantes

Existen un sinnúmero de particularidades sobre los aditivos de los lubricantes, sin embargo, entre las más destacadas está la disminución de la velocidad de algunas manifestaciones químicas como la oxidación, protección de contaminantes a las superficies, fortalecer y proporcionar nuevas propiedades fisicoquímicas a las bases lubricantes. (José Benloch María, 1990, p. 40).

Tabla 3-2: Propiedades de los aditivos

Característica	Descripción
Color	Factor que no determina la calidad de un aceite.
Olor	Se genera cuando hay un proceso de oxidación y descomposición, caso contrario es inoloro.
Compatibilidad	Si son necesarios 2 o más aditivos en la misma base lubricantes, estos deben ser compatibles hasta el final de la vida útil del aceite.
Solubilidad de la base lubricante	En cualquier intervalo de temperatura deben ser solubles, incluso si se encuentra almacenado.
Insolubilidad con el agua	Con el objetivo de que cuando se encuentren en presencia de está no sean lavados.
Volatilidad	Cuando el aceite se encuentre expuesto a excesivas temperaturas de trabajo no disminuya su efectividad y concentración, la volatilidad debe ser baja.
Estabilidad	Durante la mezcla, almacenamiento y uso debe permanecer estable.
Flexibilidad	Las propiedades fisicoquímicas deben permitir un amplio rango de servicio y aplicaciones.

Fuente: Albarracín Aguillón, 2015, pp. 89-90

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

2.2.7.2. Clasificación de los aditivos de lubricantes

a) Aditivos modificadores de propiedades físicas: estos aditivos permiten a los laboratoristas de empresas creadoras de lubricantes lograr efectos específicos que mejoren la apariencia, resistencia a la abrasión, textura, deslizamiento y durabilidad general de las bases lubricantes. (Equipo de recubrimientos de alto rendimiento, 2019).

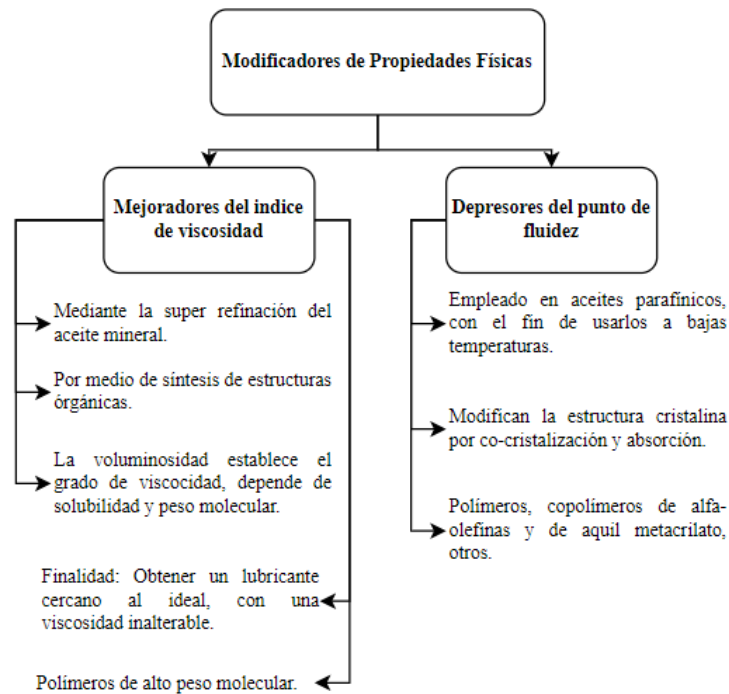


Ilustración 14-2: Modificaciones en las propiedades físicas de los lubricantes

Fuente: Pedro Albarracín Aguillón 2015, pp. 90-91

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022.

b) Aditivos modificadores de propiedades químicas: es la inclusión de nanopartículas Al_2O_3/SiO_2 en las bases lubricantes minerales y sintéticos, las cuales permiten evidenciar que las propiedades de estabilidad oxidativa y distintas propiedades tribológicas, mejoran de manera significativa al añadir del 0,1 a 0,5 % en peso de nanopartículas junto con antioxidantes. (Thampi et al., 2021).

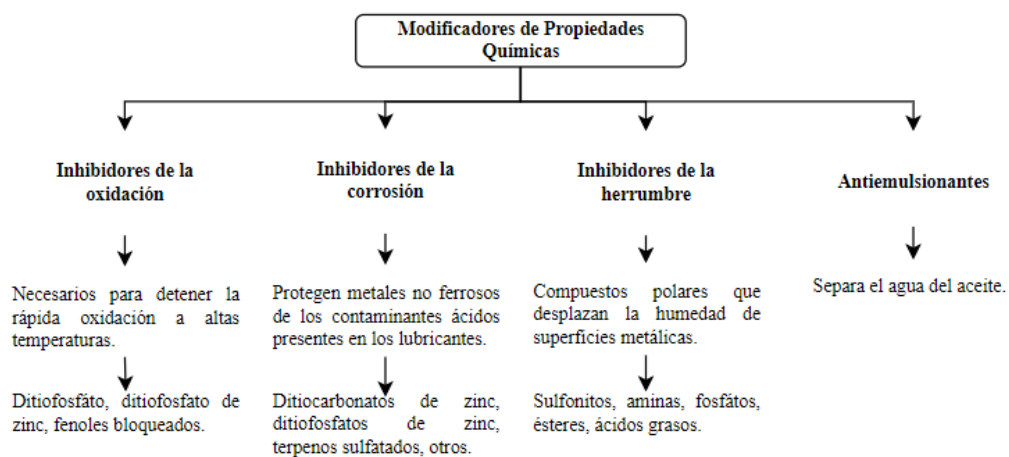


Ilustración 15-2: Modificaciones en las propiedades químicas de los lubricantes

Fuente: Albarracín Aguillón, 2015, pp. 91-94

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

c) Aditivos modificadores de propiedades fisicoquímicas: son aditivos mejoradores de las propiedades de los lubricantes, para estos se aplican nanopartículas de trifluoruro de Cerio en la micro emulsión del lubricante, en tamaños esféricos de 25nm, lo que proporciona gran reducción en la fricción y presión extrema incrementando un 85,3 % de carga. (Sunqing, Junxiu, Guoxu, 1999, pp. 1-3).

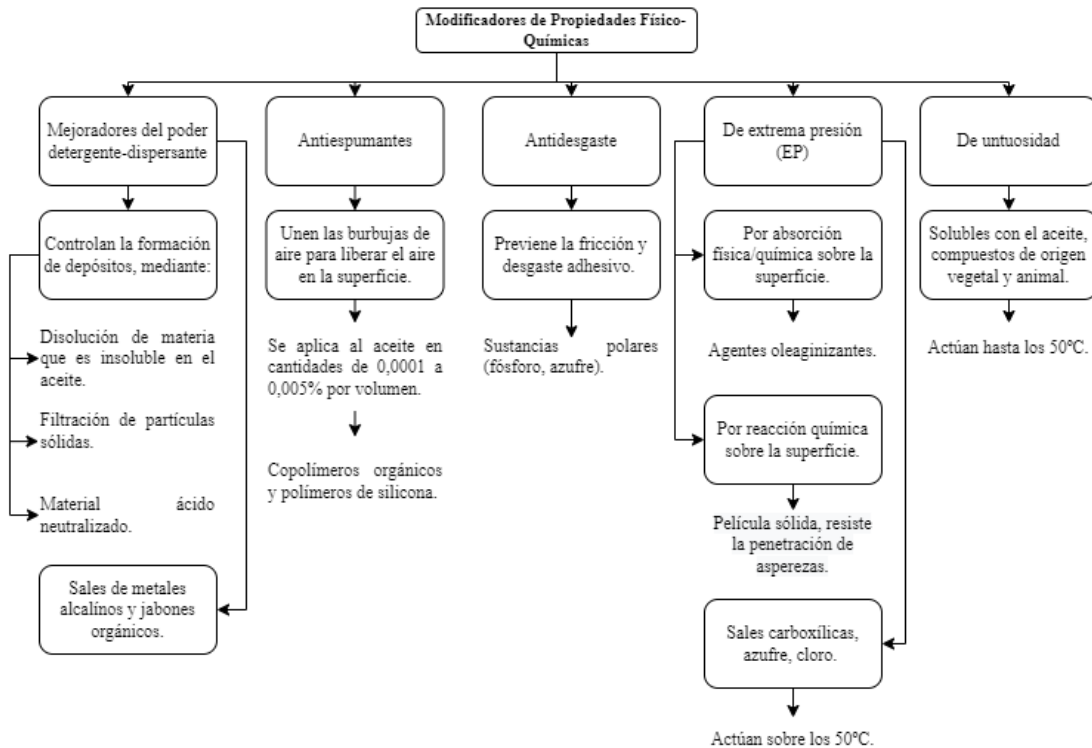


Ilustración 16-2: Modificaciones de las propiedades fisicoquímicas de los lubricantes.

Fuente: Albarracín Aguillón, 2015, pp. 95-102

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

En específico, los aditivos anti-desgaste ayudan a proteger la superficie al tener un contacto metal con metal formando una capa protectora de la superficie, comúnmente se utiliza ditiofosfatos de zinc, fósforo, azufre o combinaciones de estos. (Viteri Bonilla, Jaramillo Hidalgo, 2011, p. 25).

2.2.8. *Propiedades de los lubricantes*

La calidad de las propiedades de los lubricantes ha sido definida por distintas organizaciones y corporaciones luego de haber realizado ensayos normalizados, conforme a estos es posible identificar y seleccionar adecuadamente un lubricante que cumpla con las características necesarias para el uso adecuado.

2.2.8.1. *Propiedades físicas de los lubricantes*

a) Color o fluorescencia: El color carece de valor como criterio de evaluación para determinar la calidad de un aceite nuevo, no obstante, la fluorescencia caracteriza el origen del crudo, si es azul hace referencia a aceites nafténicos, en tanto que, el verde señala que son aceites parafínicos. (José Benlloch María, 1990, p. 51).

b) Densidad: Se determina como la comparación entre el peso de un determinado volumen de aceite y el peso de un volumen igual de agua, se relaciona con el punto de destilación de la fracción y la naturaleza del crudo. Los aceites que cuentan con menor densidad son los parafínicos. (José Benlloch María, 1990, p. 52).

c) Viscosidad: Resistencia que un fluido afronta a movimientos intrínsecos de sus moléculas, lo que representa que a mayor viscosidad posee mayor resistencia a la fluidez. (Albarracín Aguillón 2015, p. 184). Un aceite yace con una viscosidad que puede ser alterada por las transformaciones internas de su estructura y composición. (José Benlloch María, 1990, p. 57). Esta característica determina la capacidad física para mantener la lubricación, se debe tener en cuenta que no es una constante directa y depende de un factor importante que es la temperatura.

- **Índice de viscosidad (IV):** Es el parámetro representativo de la variación que establece la mayor o menor estabilidad de la viscosidad en relación con la temperatura a la que trabaja, conociendo que, si la temperatura se eleva la viscosidad baja, siendo lo ideal que esta no disminuya de manera acelerada. Este índice no tiene mayor significado como parámetro de diagnóstico ya que su disminución por degradación de los aditivos mejorares de viscosidad son de difícil detección. (Pedro Albarracín Aguillón, 2015, p. 184; Tormos, sf, p. 83).

d) Rigidez dieléctrica: Se determina mediante un ensayo sumergiendo dos electrodos en aceite, lo que genera una tensión que establece un arco eléctrico permanente, exponiendo de este modo las condiciones de aislamiento eléctrico. Esta propiedad en un aceite que se encuentra en uso depende del aceite base, de los aditivos y de la contaminación que sufre el lubricante. Los elementos contaminantes son los que producen un incremento moderado en el valor de la constante dieléctrica, entre ellos están los lodos y la oxidación, los que generan un aumento considerable son el agua, anticongelantes, materia carbonosa y metales, el que produce un descenso de la constante dieléctrica es la presencia de gasoil. (José Benlloch María, 1990, p. 68; Tormos, sf, p. 93).

2.2.8.2. *Propiedades superficiales de los lubricantes*

a) Tensión interfacial: Es indicativo de la presencia o carencia de compuestos polares como contaminantes, aditivos o moléculas de degradación del aceite en cantidades microscópicas. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 187).

b) Formación de espuma: La espuma superficial se compone por la asociación de un excesivo número de burbujas de varios tamaños, misma que se debilita con el incremento de temperatura. La presencia de espuma genera inconvenientes en la lubricación. (José Benlloch María, 1990, pp. 68-69).

c) Emulsibilidad: Capacidad con la que cuentan los lubricantes para disociarse del agua en condiciones normalizadas. Una mala refinación de las bases lubricantes infiere en una baja emulsibilidad. (José Benlloch María, 1990, p. 70).

d) Aeroemulsión: Se genera por la unión de burbujas de aire esparcidas en la masa del aceite, pueden generar dificultades en la aplicación del lubricante y son sumamente complejas de suprimir. (José Benlloch María, 1990, p. 71).

2.2.8.3. *Propiedades térmicas de los lubricantes*

a) Puntos de inflamación y combustión: Lapso en el que se forman gases inflamables debido a su mínima temperatura combustionándose si se acercan a una chispa o llama. La inflamabilidad es un indicador de cuan volátil es el aceite. En lubricantes del motor los niveles de inflamación deben ser bajos sin ofrecer riesgos potenciales. (Pedro Albarracín Aguillón, 2015, pp. 184-185; Tormos, sf, p. 87).

b) Puntos de congelación y enturbiamiento: El punto de congelación muestra la no fluidez del aceite en frío, mientras el punto de enturbiamiento es la temperatura a la que las parafinas inician una disociación en cristales. (Pedro Albarracín Aguillón 2015, p. 185).

c) Punto de fluidez: Muestra las restricciones del aceite para trabajar a bajas temperaturas, permitiendo ser bombeado antes de su solidificación. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 185).

2.2.8.4. Propiedades químicas de los lubricantes

a) Número de neutralización (NN): es la cantidad de hidróxido de potasio por miligramo (mgKOH) que se necesita para neutralizar los ácidos, ya que los ácidos son compuestos que se generan con el deterioro del aceite al ser utilizado.

Puede presentarse en cuatro valores distintos, como:

Tabla 4-2: Números de neutralización

Número ácido total (TAN)	Señala los ácidos presentes en una muestra.
Número de ácido fuerte (SAN)	Expresa el contenido en ácidos fuertes.
Número de base total (TBN)	Muestra los constituyentes alcalinos.
Numero de base fuerte	Señala el nivel de alcalinidad.

Fuente: Pedro Albarracín Aguillón, 2015, p. 186

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

b) Hollín: Porcentaje por peso (%wt) de la cantidad de carbón, característica que expresa la tendencia a la carbonización de los aceites cuando se encuentra sometido a temperaturas intensas. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 186).

c) Corrosión al cobre: Al incrementar la presencia de agua la corrosividad del aceite también se eleva. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 186).

d) Punto de anilina: Expresa la composición de la base y revela el contenido de hidrocarburo saturados. (Albarracín Aguillón, 2015, p. 186).

2.2.9. Procesos que sufre el lubricante tras utilizarlo

Con el transcurso del tiempo de uso del lubricante en el motor este sufre ciertos procesos que afectan en su vida útil, los que ayudan a determinar el estado en el que se encuentra el lubricante de acuerdo con la cantidad que contengan.

2.2.9.1. Proceso de oxidación

Se produce al generarse un enlace entre las moléculas del lubricante con el oxígeno, el proceso se acelera al tener temperaturas elevadas, o presencia de elementos como cobre o glicol proveniente del refrigerante. Sucede al prolongar el intervalo de mantenimiento, ocasionando un incremento en la viscosidad del lubricante, consecuentemente pierde sus propiedades provocando la

formación de ácidos orgánicos los cuales se depositan en las distintas partes del motor suscitando atascamientos y taponamientos. (Lubrisa, sf., p. 2).

2.2.9.2. Proceso de sulfatación

Se ocasiona debido a la combustión, su crecimiento se produce de manera gradual y no de forma repentina, a menos que se tenga una contaminación repentina lo que permite determinar cómo se encuentra el lubricante. (Lubrisa, sf., p. 2).

2.2.10. Correlaciones que existen entre propiedades y procesos

Conociendo las reacciones que se pueden producir en el lubricante, se entiende también que estas son las responsables de los problemas que se pueden generar cuando el aceite pierde sus propiedades, se debe tener en cuenta que cuando ocurre un proceso de oxidación o sulfatación en el lubricante en uso este desemboca en el descenso o ascenso de las propiedades con las que cuenta el aceite.

Se debe tener en cuenta que cuando se genera un proceso de oxidación la viscosidad incrementa y los aditivos se agotan, al igual que el TBN se degrada y el hollín se eleva mientras asciende el proceso de oxidación. (Noria Latín América, 2021, p. 1).

Es necesario mencionar también que, si existe un exceso de agua en el lubricante, se encontrará también una cantidad similar de glicol, ya que estos en el sistema de refrigeración se encuentran en cantidades iguales. (Tormos, sf., pp. 193-195).

2.2.11. Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento contiene una serie de ensayos de tipo no destructivo, enfocados en realizar seguimientos del funcionamiento de equipos, uno de los métodos para definir es realizar pruebas de aceite a partir de sus propiedades físicas y químicas, ya que este es de vital importancia para que una máquina sea protegida del desgaste, temperatura e impurezas, cuando el lubricante presenta elevados grados de degradación y contaminación no presta las funciones adecuadas para un buen funcionamiento del motor. (Olarde, Botero, Cañón, 2010, p. 4).

Dicho de otro modo, este tipo de mantenimiento ha logrado un gran impacto desde el siglo XX, consiste en realizar distintos ensayos y análisis para determinar las propiedades físico-químicas de los lubricantes determinando un índice de deterioro del lubricante, así como también el de la

máquina que se utiliza, monitoreando estas condiciones tal y como su nombre lo indica, ayuda a predecir cuando el aceite ha llegado al fin de su vida útil, además de ayudar a prevenir que una máquina ingrese en fallo y realizar el mantenimiento lo antes posible evitando paros inesperados en las máquinas especialmente en las industrias. (Miranda Moreno, 2021, p.21).

2.2.12. Normas de las distintas propiedades de los lubricantes

La normativa 2027 Ecuador (2011) se encarga de corroborar, garantizar y verificar la calidad que brindan los lubricantes, la cual mediante bases de normas internacionales estructura condiciones que deben cumplir los aceites lubricantes que se utilizan en motores de ciclo OTTO, los cuales pueden ser básicos minerales, sintéticos o semisintéticos, mono grado y multigrado.

El índice API por sus siglas en inglés American Petroleum Institute, identifica y describe las categorías de los lubricantes para motores de combustión interna según su rendimiento, considerando las características de fabricación del vehículo para el que se desea aplicar el lubricante, como son años de fabricación y tipo de motor. (Ecuador, 2011).

Este índice clasifica los lubricantes para los motores de acuerdo con la letra inicial de su nomenclatura, indicando que S hace referencia a motores gasolina y C a motores diésel, y la letra que precede indica el año de fabricación del motor para el que se recomienda su uso. (Gulf Ecuador, 2019).

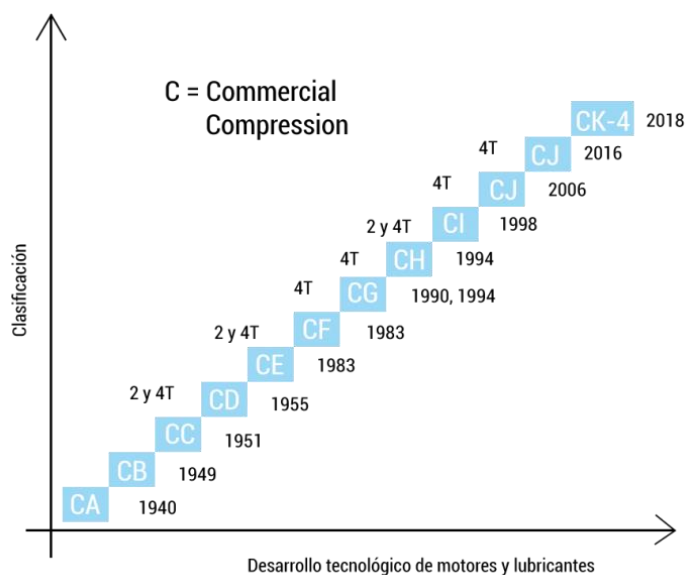


Ilustración 17-2: Índices de los lubricantes

Fuente: Gulf Ecuador, 2019

ASTM de sus siglas en inglés Sociedad Americana de Ensayos y Materiales es un organismo que se encuentra en los Estados Unidos, delegado de establecer los estándares de calidad de distintos productos mediante la realización de ensayos de laboratorio. (Ecuador 2011).

En el análisis de calidad de los aceites se revisa las distintas propiedades que deben tener mediante distintos métodos de acuerdo con la ASTM.

Tabla 5-2: Métodos de ensayos de las propiedades de los aceites

Propiedad para analizar	Método usado (ASTM)
Gravedad específica	D-287
Color o fluorescencia	D-1500
Viscosidad	D-88 y D-445
Índice de viscosidad	D-567
Rigidez dieléctrica	D-877 y D-1816
Punto de inflamación o chispa	D-92 y D-93
Punto de combustión	D-92 y D-93
Punto de fluidez	D-97
Residuos de carbón	D-189 y D-524
Contenido de cenizas sulfatadas	D-482 y D-874
Numero de base total (TBN)	D-664 y D-2896
Corrosión al cobre	D-130
Herrumbre	D-665
Demulsibilidad	D-1401 y D-2711
Formación de espuma	D-892

Fuente: Ecuador, 2011; Albarracín Aguillón, 2015, pp. 183-187

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

La norma SAE J300 es la encargada de medir la viscosidad de los aceites para motores y de acuerdo con su viscosidad cinemática a 100 °C se obtiene la tabla donde se clasifican las viscosidades, en caso de ser multigrado también es necesario medir la resistencia al arranque en frío y la bombeabilidad. Esta propiedad debe encontrarse dentro del rango normal garantizando las funciones básicas del lubricante que son: reducir la fricción, lubricar, amortiguar, refrigerar y evacuar impurezas conservando la vida de los elementos lubricados. (WIDMAN INTERNATIONAL SRL, 2018).

Tabla 6-2: clasificación por la norma SAE J300

Viscosidad SAE	Arranque en frío (cP)	Bombeabilidad en Frio (cP)	Mínima cinemática (cSt)	Máxima cinemática (cSt)	Cizallamiento en alta temperatura (cP)
0W	6200 a -35°C	60000 a -40°C	3,8	-	-
5W	6600 a -30°C	60000 a -35°C	3,8	-	-
10W	7000 a -25°C	60000 a -30°C	4,1	-	-
15W	60000 a -20°C	60000 a -25°C	5,6	-	-
20W	60000 a -15°C	60000 a -20°C	5,6	-	-
25W	60000 a -10°C	60000 a -15°C	9,3	-	-
8	-	-	4	<6,1	1,7
12	-	-	5	<7,1	2,0
16	-	-	6,1	<8,2	2,3
20	-	-	6,9	<9,3	2,6
30	-	-	9,3	<12,5	2,9
40	-	-	12,5	<16,3	3,5
40	-	-	12,5	<16,3	3,7 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
50	-	-	16,3	<21,9	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W-40)
60	-	-	21,9	<26,1	3,7

Fuente: WIDMAN INTERNATIONAL SRL 2018

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio será desarrollado en base a la toma de muestras de los aceites lubricantes del motor de la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano, con el fin de que se aprovechen para un posterior análisis con los equipos de laboratorio, y que los datos generales den una perspectiva clara de la degradación que sufren los aceites durante su tiempo de uso. Luego de obtener los resultados, estos serán pieza calve para plantear un nuevo plan de mantenimiento.

Las muestras y datos se obtendrán durante los meses de octubre de 2022 hasta enero de 2023 en la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano y laboratorio de tribología de la facultad de Mecánica de la ESPOCH respectivamente.

3.1. Enfoque de investigación

Se utilizará una metodología de enfoque cuantitativo, siendo este el que mejor se adapta a los parámetros, características y variables que se tienen para el desarrollo de la investigación.

El enfoque cuantitativo será utilizado para la recolección de datos reales que se obtienen en los equipos del laboratorio tras realizar el análisis de las muestras de aceites, de los que se examinará su comportamiento de degradación para poder responder de manera precisa las distintas preguntas de la investigación y probar la hipótesis que se estableció, confiando en los resultados que arrojan los dispositivos del laboratorio y utilizando la estadística para realizar las comparaciones y observar la relación de deterioro en el tiempo de uso del lubricante, que ayudará a establecer patrones sobre los datos del estudio. (Fernández, Baptista, sf, p. 3).

Del enfoque cuantitativo se tomará la técnica de “recolección de datos” y se determinará las variables con las que se cuenta para observar el deterioro que se presenta con el tiempo de uso del lubricante, a los datos se los ordenará en una tabla y se generará gráficas para su análisis, determinando así la degradación que tendría el lubricante en las condiciones de operaciones mencionadas anteriormente, finalmente este enfoque ayudará a conocer la causa efecto. (Fernández, Baptista, sf, p. 3).

También se define la utilización del enfoque cuantitativo ya que se desea obtener una generalización de resultados con una buena precisión, que luego podrán ser replicados en estudios similares para lograr la predicción del tiempo optimo del lubricante. (Fernández, Baptista, sf, p. 3).

3.2. Nivel de investigación

La investigación que se realizará será de nivel aplicativo ya que se plantea resolver un problema que se presenta en la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano, siendo este el deterioro prematuro de los motores, las técnicas estadísticas, mediante gráficas de líneas con marcadores ayudaran durante el proceso y obtención de degradación de las propiedades, dando como resultado un impacto en los métodos de mantenimiento dentro de los talleres del GAD Municipal de Guano. (Fernández, Baptista, sf.).

También se emplea un nivel de pronóstico o predictivo, ya que mediante el análisis de los resultados que se obtengan en el laboratorio se pretende determinar el tiempo límite de uso del lubricante estableciendo así el plan de lubricación del motor. (Fernández, Baptista, sf).

Otro de los niveles empleados es el explicativo, en el cual se detalla el comportamiento de las variables con las que cuenta el aceite, permitiendo determinar si el aceite lubricante se encuentra en buen o mal estado. (Fernández, Baptista, sf).

3.3. Tipo de estudio

Se aplicará el tipo de estudio correlacional o explicativo en su subdivisión causal, debido a que se analizará el fenómeno de la declaración condicional, “el lubricante ya no será apto para brindar una buena y correcta lubricación a la flota de camionetas, debido a la perdida de sus propiedades fisicoquímicas”. (Fernández, Baptista, sf, p. 189).

Por ello se evaluará el impacto de su cambio de estándares iniciales, para probar la hipótesis planteada, observando el comportamiento e interacción entre las variables, a partir de estándares iniciales, para probar la hipótesis planteada. (Fernández, Baptista, sf, p. 189).

3.4. Población, planificación y selección del tamaño de la muestra

La población es el conjunto de elementos del que se debe realizar el estudio del cual se intenta obtener conclusiones. El estudio se realizará de la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano que cuenta con nueve camionetas, de las cuales se tomará en cuenta cinco Chevrolet D-Max, debido a que las cuatro restantes se encuentran fuera de servicio.

Para cada una de las camionetas es necesaria una cantidad de aceite de motor de 1 galón y $\frac{3}{4}$, por lo que en las cinco unidades se necesitará 8 galones y $\frac{3}{4}$ lo que equivale a 33,12 litros para el transcurso de la investigación, considerando que cada muestra tomada debe ser de 50 ml, cantidad suficiente para realizar las distintas pruebas de laboratorio.

3.4.1. *Marca y modelo con las que cuenta la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano*

Según el Instituto de Estadística y Censos (INEC), en el parque automotor del país la marca Chevrolet en el año 2015, el cual es el mismo año de fabricación de las camionetas con las que cuenta la flota, lidera el mercado con un 36% de vehículos registrados, por ello varias empresas y GADs en el país cuentan principalmente con este tipo de vehículos en sus flotas de transporte para el trabajo.

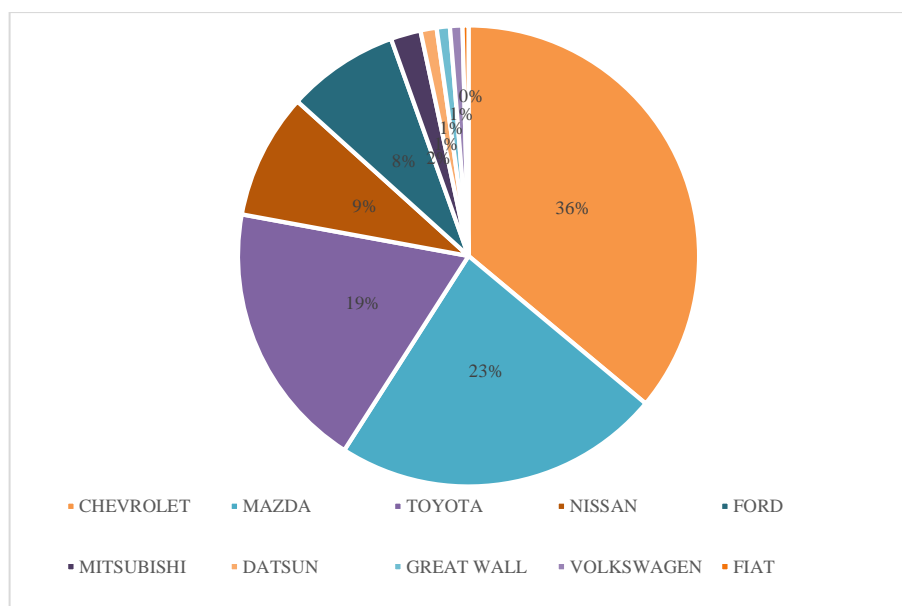


Ilustración 1-3: Camionetas del parque automotor nacional de las marcas más vendidas

Fuente: Instituto nacional de estadística y censos, 2022

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023.

3.4.2. *Lubricante de motor que se aplica en la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano*

Según lo que documenta el boletín del sector lubricantes de APEL en los meses de enero a septiembre del 2022, se ha conocido que el lubricante con mayor producción en el Ecuador debido

al tipo de motores que circulan en el país es el aceite lubricante para segmento diésel, dominando con un porcentaje de 60,20.

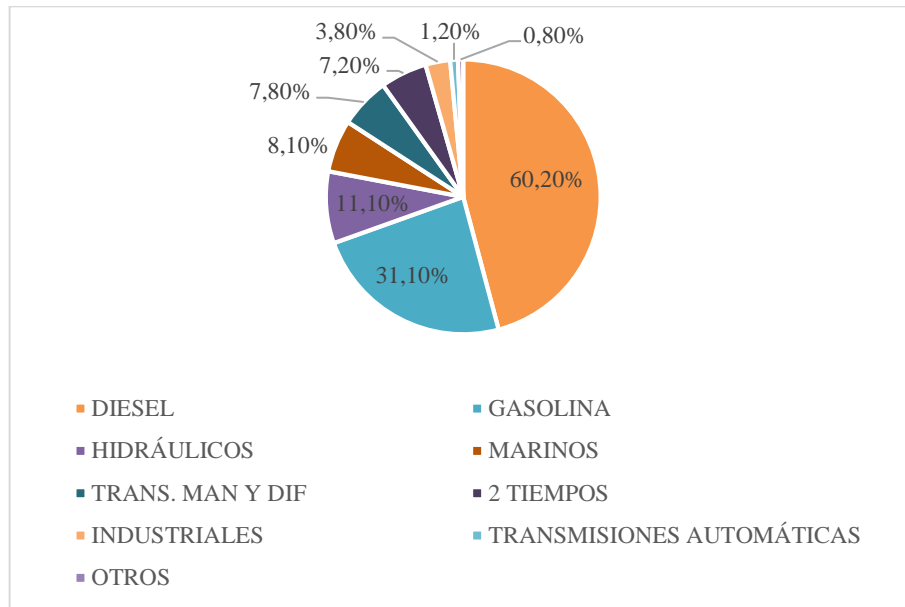


Ilustración 2-3: Lubricantes más utilizados según tipo de motor

Fuente: APEL, 2022, p. 5

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2022

La organización ha realizado también un análisis de la cantidad en galones de elaboración de los lubricantes por marcas, se ha tomado las marcas de lubricantes que cuentan con los valores de elaboración más altos.

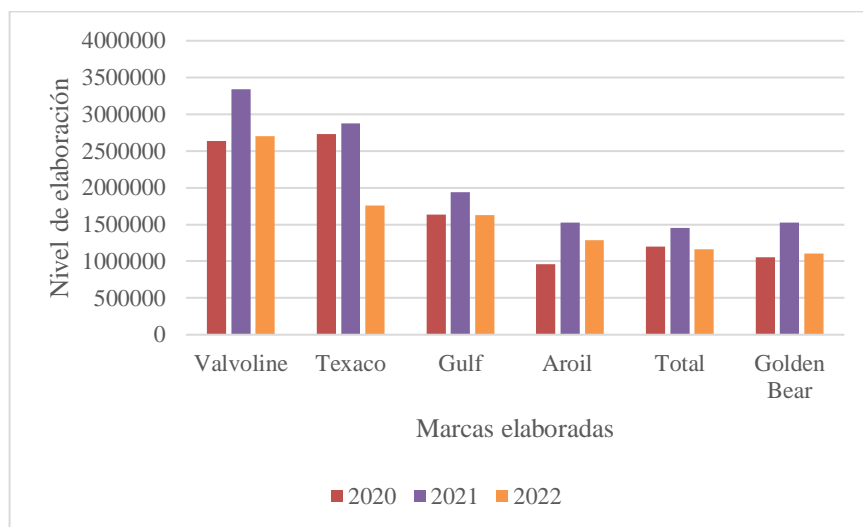


Ilustración 3-3: Ranking de marcas de lubricantes

Fuente: APEL, 2022, p. 6

Realizado por: Ruiz, S. Vásquez, G. 2022

En la Ilustración 3-3 de acuerdo con APEL, la marca Gulf se encuentra en el puesto tres de mayor fabricación durante los tres últimos años, lo que permite asimilar una razón clara del uso que se da a este lubricante de motor en la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano.

Si bien el GAD Municipal de Guano tiene como preferencia el uso del lubricante Gulf 15W40 al encontrarse como una de las marcas más vendidas en el Ecuador, la marca Chevrolet a la cual pertenecen las camionetas de la flota, recomienda el uso del lubricante mineral ACDelco 15W40 CJ-4 SM.

Tabla 1-3: Comparativa del lubricante que recomienda el fabricante con el que se utiliza en el GAD municipal de guano

	Aceite recomendado por el fabricante	Aceite aplicado por el GAD Municipal de Guano	
Propiedad	ACDelco	Gulf	Unidades
Viscosidad a 40 °C	114,700	103,000	cSt
Viscosidad a 100 °C	15,200	14,200	cSt
Aditivos anti-desgaste	-	-	%
Glicol	-	-	%
Sulfatación	-	-	0,100mm ⁻¹
Oxidación	-	-	0,100mm ⁻¹
Hollín	-	0,000	%wt
TBN	11,200	10,500	mgKOH/g
Dieléctrico	-	2,250	-
Agua	0,000	0,000	ppm

Realizado por: Ruiz, S. Vásquez, G., 2022.

3.5. Diseño de investigación

Se pretende aplicar un diseño de investigación no experimental ya que se cuenta con diversas variables que no van a ser manipuladas, mientras se realiza el estudio será posible observar los fenómenos de cambio que ocurren naturalmente con el lubricante debido al uso que se le está dando.

La metodología por aplicar es la investigación inductiva-deductiva ya que a partir del estudio de la degradación del aceite en las camionetas se generará un plan de mantenimiento de lubricación del motor para la flota, estos estudios se realizarán gracias a la utilización de los equipos proporcionados por el laboratorio de tribología de la facultad de Mecánica.

El estudio se inicia con la indagación de fuentes bibliográficas referentes a los aceites de motor, como de estudios tribológicos para el incremento del conocimiento en dicha área y poder así cerciorarse de los parámetros que ofrecen los aceites según la marca fabricante y los estándares que deben cumplir para garantizar una buena lubricación.

Se debe realizar la toma de muestras del aceite del motor de las camionetas de la flota en estudio y con ellas ejecutar las pruebas que permiten los equipos del laboratorio siendo el FluidScan, Oil View Quick Check, Densímetro y Viscosímetro.

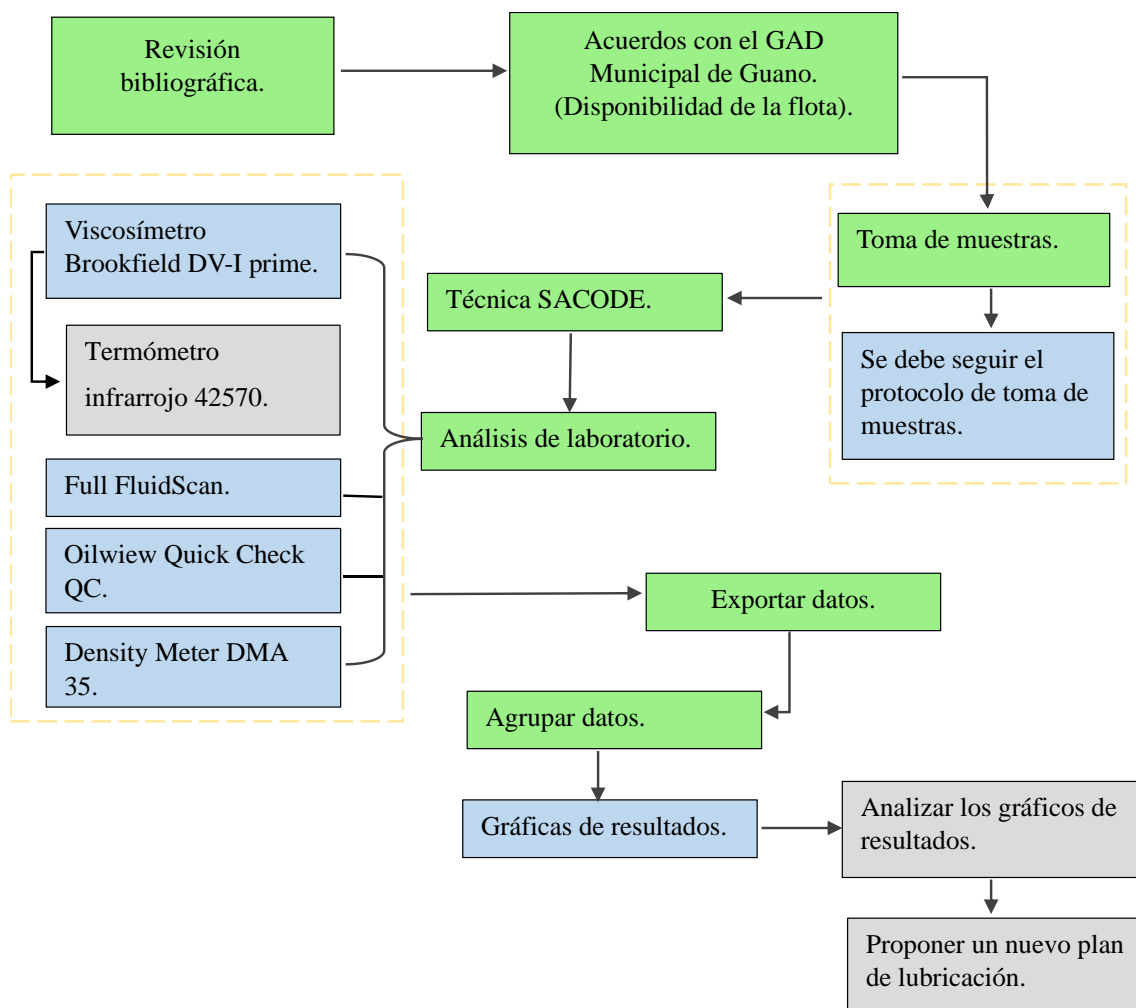


Ilustración 4-3: Metodología general de la investigación

Realizado por: Ruiz, S. Vásquez, G., 2022.

3.5.1. Metodología para el análisis de aceites del GAD Municipal de Guano

El procedimiento para tomar muestras del aceite lubricante para luego ser enviadas al laboratorio debe tomar en cuenta ciertos aspectos para evitar interpretaciones erróneas de los resultados, y evitar diagnósticos inexactos del estado del motor.



Ilustración 5-3: Toma de muestra del aceite lubricante

Fuente: Ruiz, S. Vásquez, G. 2022

- El motor debe estar a la temperatura de operación, esto quiere decir que el motor no necesariamente debe estar en funcionamiento. (Barrera Yáñez, 2021, pp. 24-25).
- Procurar no tomar la muestra directamente de la base del cárter, ya que allí se acumulan impurezas y las muestras deben ser recolectadas en envases limpios y secos. (Barrera Yáñez, 2021, pp. 24-25).
- La toma de muestras se realizará con una jeringuilla de 60 ml y manguera de caucho debe ser de 1/8'' con un largo recomendado de 6 pulgadas, totalmente esterilizadas, creando una bomba de vacío casera. (Barrera Yáñez, 2021, pp. 24-25).

Para los recipientes de almacenamiento de las muestras es necesario colocar etiquetas donde se pueda detallar ciertas especificaciones como; el vehículo del que se tomó la muestra, el número de la muestra tomada, kilometraje en el que fue tomada la muestra y fecha de muestreo, datos que ayudarán a identificar al momento de realizar las pruebas del laboratorio y evitar confusión entre pruebas de las distintas unidades.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
Número de camioneta:	
Marca y nombre del aceite:	
Volumen de aceite extraído:	
Fecha del último cambio:	
Fecha de toma de muestra:	
Kimoletraje:	

Ilustración 6-3: Etiqueta de información para los envases de las muestras

Realizado por: Ruiz, S. Vásquez, G., 2022

Teniendo las muestras del lubricante se realizarán las pruebas de laboratorio en donde los distintos equipos proporcionarán las propiedades fisicoquímicas que contienen cada una de las muestras de los lubricantes, las pruebas se deben realizar también al lubricante sin ser utilizado para conocer las propiedades iniciales.



Ilustración 7-3: Muestras del aceite lubricante

Fuente: Ruiz, S. Vásquez, G., 2022

Cuando el aceite termine su ciclo útil se realizará un estudio final para caracterizar el grado de degradación del aceite. Posteriormente, se hará una comparación de las propiedades iniciales y finales con los márgenes tolerables que debería tener el aceite y así llegar a determinar si el aceite usado en las flotas de camionetas es el adecuado, o, por el contrario, mencionar recomendaciones de otros aceites y generar un procedimiento en el cual se mejore el proceso de lubricación de la flota de las camionetas.

Con los reportes obtenidos de los distintos equipos se tabulará los datos en una tabla de Excel para poder ser analizados y comparados como es el comportamiento entre las distintas unidades. Teniendo los datos ordenados se realizará la parte estadística en donde se determinará el índice de degradación de los lubricantes de cada una de las unidades.

De acuerdo con el nivel de degradación finalmente se determinará cual es el tiempo óptimo en el que se debería realizar el mantenimiento de las unidades o definir si el lubricante no satisface las necesidades de la flota y precisar un nuevo lubricante que se debería usar.

3.5.1.1. Códigos para determinar los niveles de degradación

Para poder definir el estado en el que se encuentra el lubricante para la elaboración del nuevo plan de mantenimiento se debe precisar el nivel de degradación que ha sufrido el lubricante teniendo los siguientes parámetros:

Tabla 2-3: Niveles de degradación

Código de color	Nivel de degradación	Acción
Verde	Normal	El lubricante puede continuar trabajando. No requiere ninguna acción.
Amarillo	Alerta	Al sobrepasar el límite de alerta en varias características o procesos. Se debe tomar alguna acción para corregir.
Naranja	Crítico	Cuando las propiedades y procesos alcanzan los límites críticos. Lo óptimo es tomar una acción inmediata.
Rojo	Inaceptable	El mayor número de características ha sobrepasado los límites inaceptables. Es obligatorio tomar una acción inmediata.

Fuente: Pozo et al., 2014, p. 1

Realizado por: Ruiz, S. Vásquez, G., 2022.

3.5.1.2. Coeficiente de correlación lineal (de Pearson)

Es la relación que existe entre dos variables, sus datos pueden tener una tendencia creciente o decreciente, indicando si una variable proporciona información sobre la otra o no expresa nada sobre el comportamiento de la otra variable. El signo del resultado muestra si la relación es positiva o relación directa, si una variable tiende a subir la otra también, en tanto es negativa o indirecta, si los valores de una variable aumentan los valores de la otra variable tienden a disminuir, al tener un valor nulo indica que no existe relación entre estas variables. La magnitud indica la fuerza de relación teniendo valores desde -1 como valor de relación negativa y 1 como valor de relación positiva, el resultado mientras más cercano se encuentre a estos valores, expresa una relación más fuerte, si el valor resultante es menor a -0,6 o mayor a 0,6 se determina que

existe una correlación entre dichas variables, mientras más se acerca a cero se estima que no se tiene la suficiente correlación entre las variables analizadas. Para determinar dicho valor se utiliza la Ecuación 1. (Lalinde et al., 2018, pp. 2-6)

Ecuación 1-3: Ecuación de Pearson

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

Fuente: Lalinde et al., 2018, p. 6

3.5.2. Tipos de variables

Para mayor facilidad en el estudio se definió las variables que se desea analizar señalando cuáles de ellas son dependientes o independientes, también se definió una nomenclatura en caso de ser necesario la identificación de alguna de estas en ciertas ilustraciones o tablas que se desarrollara en el proceso de resultados.

Variables de la hipótesis (dimensiones, que son las pruebas tribológicas, que es el plan; indicadores, tipo de aceite, periodicidad y costo)

Tabla 3-3: Variables a utilizar en el presente estudio

VARIABLES DE HIPÓTESIS	DIMENSIONES	VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	NOMENCLATURA
Elaboración del plan de lubricación.	Plan que permite llevar una estructura organizada de mantenimiento del motor de la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano	Intervalo de lubricación	Dependiente	Km
Análisis tribológico del aceite utilizado en los motores de la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano.	Estudio que se realizará a una cantidad de muestras del lubricante tomada a cierto kilometraje de trabajo y permitirá determinar el desgaste de este.	Viscosidad	Independiente	V
		Densidad		D
		Número de base total		TBN
		Rigidez dieléctrica		Rd
		Agua		Ag
		Aditivos anti-desgaste		AW
		Glicol		Gl
		Hollín		H
		Índice químico		Iq
		Índice ferroso		If

		Proceso de sulfatación		Sf
		Proceso de oxidación		Ox

Realizado por: Ruiz, S. Vásquez, G., 2022.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Una de las técnicas que se utilizará es la consulta en manuales y catálogos de fabricante de la marca de camionetas con las que cuenta la flota, con el fin de conocer el lubricante adecuado con el que deberían trabajar las camionetas y las propiedades que poseen dichos lubricantes los cuales deben ayudar a mantener las unidades en buen estado.

Para la recolección se realizará un registro en donde se indique el tiempo de uso que tiene la muestra del lubricante, a que unidad corresponde y en qué estado se encuentran cada una de las propiedades del lubricante, para este inciso se crearan etiquetas para llevar un registro más ordenado de cada una de las muestras, evitando tener confusión entre unidades. (Pozo et al., 2014, p. 1).

Continuando con el proceso de análisis de las muestras se aplicará la técnica “SACODE”, basada en tres parámetros necesarios para realizar una correcta interpretación de los resultados del análisis de aceite, mediante un seguimiento sistemático. Sus siglas se refieren al orden en el que se deben revisar las categorías analizadas. (Pozo et al., 2014, p. 1).



Ilustración 8-3: Clasificación de la técnica SACODE

Fuente: Pozo et al., 2014, p. 1

Realizado por: Ruiz, S. Vásquez, G., 2022

La salud hace referencia a los cambios que se producirán en las propiedades del lubricante como viscosidad, TBN y contenido de aditivos, además de los procesos que se producen como oxidación y sulfatación. Seguido de la contaminación en la técnica que hace referencia a todos los contaminantes que se encuentran en el lubricante como: agua, hollín y glicol, finalmente en el parámetro de desgaste se toma en consideración las partículas procedentes del motor. (Pozo et al., 2014, p. 1).

Esta técnica, ayudará a determinar los límites condensorios en los que se encuentran las muestras de aceite y permitirá realizar una analogía con los valores que muestra el datasheet del fabricante. (Pozo et al., 2014, p. 1).

Para la ejecución de las distintas pruebas de las muestras de aceite se utilizarán los distintos equipos del laboratorio de tribología, los que ayudarán a obtener las distintas variables de las propiedades que tienen las muestras de aceite necesarias para el análisis de la degradación que se presenta teniendo los siguientes:

3.6.1. Viscosímetro Brookfield DV-I prime

Instrumento que en una proporción dada mide la viscosidad de los fluidos, su principio de operación es conducir una aguja a través de un resorte calibrado. La viscosidad del fluido en contra de la aguja genera una resistencia que es medida por la deformación del resorte que es calculada con un transductor rotativo. (López, sf., p. 12).



Ilustración 9-3: Viscosímetro Brookfield DV-I prime

Fuente: López, no date, p. 13

Los parámetros que permite encontrar es la viscosidad del lubricante y la temperatura en el instante en el que se realiza la medición. Dando valores de precisión de $\pm 1,0\%$ de la escala completa. (López, sf., p. 12).

3.6.2. Termómetro infrarrojo 42570

Es un equipo que cuenta con un láser que converge a 50 pulgadas en un solo punto, permite identificar la temperatura en tiempos rápidos de 100 ms.



Ilustración 10-3: Termómetro infrarrojo 42570

Fuente: EXTECH INSTRUMENTS, 2015, p. 1

El instrumento es muy fácil de utilizar, para realizar una medición se debe apuntar a la superficie en la que se necesita la temperatura y se debe presionar el gatillo para iniciar la prueba, al soltar el gatillo la lectura de temperatura queda grabada en la pantalla durante unos segundos. EXTECH INSTRUMENTS, 2015, p. 1

Según los rangos de temperatura a los que se realizó la medida, tiene rangos de precisión especificada en el manual de usuario.

Tabla 4-3: Precisión del termómetro infrarrojo

Temperatura	Precisión
-2 a 94 °C	$\pm 2,5$ °C
94 a 204 °C	$\pm(1\% + 1$ °C)

Fuente: EXTECH INSTRUMENTS, 2016, p. 9

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

Este equipo permitirá medir la temperatura de los lubricantes, con el fin de tomar datos reales de la viscosidad a las temperaturas de operación que menciona en el fabricante.

3.6.3. *Full FluidScan*

Es un equipo de la empresa Spectro Scientific, siendo un dispositivo portátil el cual analiza las muestras de aceite mediante infrarrojo mediante el cual indica la contaminación del aceite brindando una medición cuantitativa directa. (Tecnología de precisión, 2019).



Ilustración 11-3: Equipo FluidScan

Fuente: Tecnología de precisión, 2019

Este equipo es de gran ayuda en el monitoreo de máquinas industriales y flotas de trabajo para el mantenimiento predictivo en planes de mantenimiento. Tras el análisis del aceite determina la degradación en las propiedades químicas y la contaminación o la contaminación por fluidos como el agua determinando cuando es necesario cambiar el aceite. (Tecnología de precisión, 2019).

Los parámetros que el equipo proporciona al usuario son:

Tabla 5-3: Variables que se obtiene del equipo FluidScan.

Resultados	Unidades	Método ASTM
Aditivos anti-desgaste	%	D7889
Glicol	%	E2412
Oxidación	Abs/0.1mm	D7889-D7414
Hollín	% wt	D7889
Sulfatación	Abs/0.1mm	D7889-D7415
TBN	mg KOH/g	D4739-D2896
Agua	ppm	D6304

Fuente: Tecnología de precisión, 2019

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

Estos son los parámetros que el equipo proporciona con tan solo una gota de aceite, además que el equipo tarda tan solo unos minutos en mostrar los resultados.

3.6.4. Oilview Quick Check QC

Localiza la degradación del aceite lubricante, es apto para análisis de aceites automotrices minerales y sintéticos, entrega resultados en corto tiempo. Estima tres áreas críticas, desgaste de maquinaria, contaminación del sistema, química del aceite. (López, no date, pp. 33-34).



Ilustración 12-3: Equipo Oilview Quick Check QC

Fuente: López, no date, p. 34

Las variables que permite obtener el equipo son:

Tabla 6-3: Variables que permite obtener el equipo Oilview Quick Check QC

Variables	Descripción
Agua	Se muestra en porcentaje.
Índice ferroso	Se muestra cuando las partículas son mayores a 5 micrómetros.
Ferrosos grandes	Partículas ferrosas superior a 60 micrones.
No ferrosos grandes	Superior a 60 micrones.
Medición dieléctrica	Compara la información registrada del aceite limpio con los datos que se obtiene de los aceites que han sufrido degradación.

Fuente: López, no date, p. 34

Realizado por: Ruiz, S. Vásquez, G. 2022

3.6.5. Density Meter DMA 35

Es un densímetro digital portátil brindando una precisión que se espera tener en un instrumento de laboratorio, también en condiciones hostiles de trabajo. Para la realización de la prueba el equipo solo necesita de dos mililitros de la muestra y el resultado nos brinda de manera casi instantánea. (Anton Paar 2022).



Ilustración 13-3: Equipo para medir la densidad del lubricante.

Fuente: Anton Paar, 2022

El equipo proporciona los resultados en las unidades que el usuario lo configure, además que proporcionará la temperatura en las condiciones que el equipo realizó la prueba.

Se realizará el estudio particular del análisis de los lubricantes de la flota de camionetas, es necesario para esto aplicar el método de investigación mediante revisión bibliográfica referentes a los aceites de motor para conocer a detalle los límites condenatorios de las características fisicoquímicas del lubricante garantizando una lubricación óptima, además, se pretende indagar en información de programas y manuales de lubricación que contribuyan a lo largo de esta investigación hasta llegar a los resultados deseados.

Tabla 7-3: Especificaciones del lubricante utilizado

CUMPLE LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES		15W-40
ACEA E7, E9, API CJ-4 CUMMINS CES 20086, DETROIT DIESEL DFS 93K222, VOLVO MACK VDS STD 417-0003		X
CK-4, CJ-4 CI-4 PLUS/SN, CI-4, CH-4, CG-4, CF-4, CF-2, CF/CD/SN/SM/SL/SJ/SH, CAT ECF-2 ECF-3 ECF-1, MTU TYPE 2.1		X
TIENE LAS SIGUIENTES APROBACIONES		
API CK-4/SN, CJ-4/SN		X
API CK-4, Volvo VDS-4/Mack EO-O PP/ Renault VI RLD-3 approval, Cummins CS 20081, DDC PGOS 93K218		X
Volvo VDS-4, Volvo VDS-4.5; Mack EOS-4.5; MB-Approval 228.31, MTU Oil Category 2.1		X
PROPIEDADES FÍSICAS		
Parámetros de Pruebas	Método ASTM	Valores Típicos
Viscosidad @ 40 °C, cSt	D 445	103,000
Viscosidad @ 100 °C, cSt	D 445	14,200
Índice de viscosidad	D 2270	141,000
Punto de inflamación, °C	D 92	225,000
Punto de fluidez, °C	D 97	-21,000
TBN, mg KOH/g	D 2896	10,500
Densidad @ 15 °C, Kg/l (g/mc3)	D 1298	0,861
NOACK Volatilidad, %	D5800	11,000
HTHS, cP a 1500 °C	D 4683	4,100
CCS, cP	D 5293	6200,000 (-20 °C)
MVR, cP bombeo a bajas temperaturas	D 4684	26000,000 (-26 °C)
Gravedad API	D287	33,000
Zinc, % wt	D4927	0,089
Fosforo, % wt	D 4927	0,113
Cenizas sulfatadas Ash, % wt	D 874	0,050

Fuente: GULF OIL INTERNATIONAL, 2015

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

Mediante consulta de fichas técnicas se obtiene datos de las características del aceite lubricante como se muestran en la Tabla 7-3 con el que trabaja la flota de camionetas del GAD Municipal del cantón Guano, teniendo de este modo un indicio para iniciar con las pruebas de las muestras de los aceites lubricantes en el laboratorio.

Consecuentemente se realizará la toma de muestras de un aceite nuevo, para la caracterización de sus propiedades iniciales, la determinación de las propiedades del aceite se conocerán mediante la utilización de los equipos como el FluidScan, Oil View Quick Check (laboratorio portátil), Density Meter DMA 35 (densímetro) y Viscosímetro Brookfield DV-I prime (Viscosímetro), de los cuales se debe conocer su función y características que permiten obtener con anterioridad, una vez se haya realizado los estudios iniciales del aceite se tomarán muestras periódicas del aceite en uso hasta que termine su kilometraje recomendado por el fabricante.

Para la caracterización y estudio de la degradación del aceite en los motores de la flota de camionetas del GAD Municipal del cantón Guano, se utilizará una metodología del tipo inductivo, buscando obtener la calidad que tienen las propiedades fisicoquímicas en una línea de tiempo, realizando análisis con los equipos disponibles en el laboratorio de tribología.

3.6.6. Protocolo para la toma de muestras del lubricante del motor

Para tomar las muestras, siendo este el paso inicial, es necesario construir un protocolo que contribuya a que los resultados no se vean perjudicados, se debe considerar, como se van a extraer las muestras del aceite del motor, los recipientes en los que las muestras van a ser extraídas y el intervalo de tiempo entre toma.

La cantidad de muestra debe ser representativa, para que refleje resultados reales, hay dos maneras de tomar muestras, que se detallan.

3.6.6.1. Toma de muestra desde el tapón de drenaje del motor

Este es el método más inadecuado, debido a que la suciedad de alrededor del tapón puede contaminar la muestra, en caso de seguir este proceso se debe tomar en cuenta:



Ilustración 14-3: Tapón de drenaje

Fuente: Swissoil, 2016, p. 2

- El aceite a temperatura de operación.
- Limpiar bien alrededor del tapón para eliminar la mayor cantidad de impurezas, intentando evitar la contaminación de la muestra.
- Retirar el tapón y permitir que una pequeña cantidad caiga, para drenar los residuos.
- Llenar el recipiente en el que se tomará la muestra. (Swissoil, 2016, p. 2).

3.6.6.2. Toma de muestra con la ayuda de una bomba de muestreo

Seguido el procedimiento, con el uso de una bomba de extracción de muestra, en este caso una bomba de vacío es un método mucho más fácil y limpio de conseguir muestras, comprimiendo la posibilidad de contaminación. (Swissoil, 2016, p. 6).

- Se debe asegurar de que la temperatura del aceite se encuentre a la temperatura de operación, esto ayudará a que el aceite este bien surtido.
- Retirar la bayoneta de medición e introducir la manguera por el agujero hasta que llegue al cárter.
- Extraer la cantidad de muestra necesaria.
- Asegurarse de que la manguera de muestreo no toque el fondo del cárter.

Se debe tener una bomba de vacío para cada uno de los vehículos, de este modo se evitará la contaminación entre muestras. (Swissoil, 2016, p. 4).

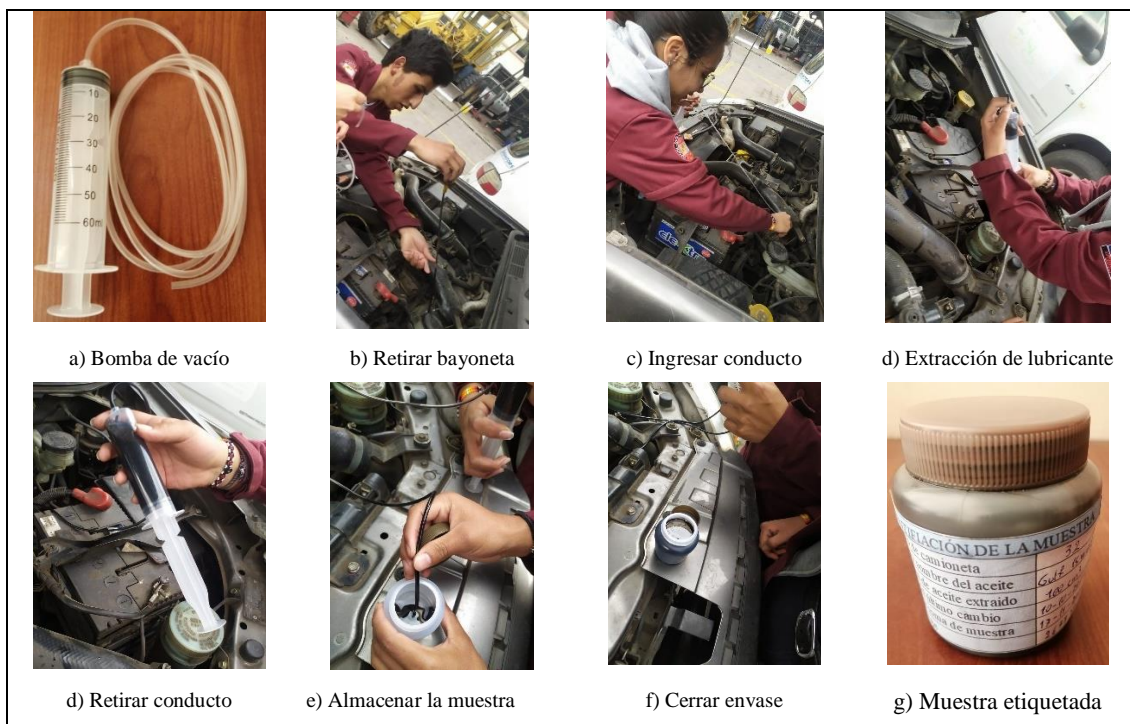


Ilustración 15-3: Pasos del protocolo de toma de muestras

Fuente: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

Conociendo los distintos procesos de toma de muestras de la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano, se optó por el más adecuado, siendo este la utilización de la bomba de vacío, por este método se tiene la menor contaminación posible que pueda influenciar en los resultados del laboratorio.

Para el análisis se tomó siete muestras por camioneta, las cuales se tomaron siempre y cuando se tenga la disponibilidad de las unidades sin interrumpir horarios de trabajo, en la se muestra las fechas en las cuales se tomó cada una de las muestras.

Tabla 8-3: Fechas en las que se realizó la toma de muestras y kilometraje recorrido

Muestra	Camioneta #3		Camioneta #4		Camioneta #5		Camioneta #30		Camioneta #32	
	Fecha	Km	Fecha	Km	Fecha	Km	Fecha	Km	Fecha	Km
1	26/10/2022	1079	21/10/2022	749	21/10/2022	869	20/10/2022	688	20/10/2022	719
2	10/11/2022	2012	04/11/2022	1687	04/11/2022	1718	03/11/2022	1474	27/10/2022	1347
3	17/11/2022	2522	17/11/2022	2530	17/11/2022	2619	17/11/2022	2385	10/11/2022	2040
4	01/12/2022	3437	25/11/2022	3093	01/12/2022	3435	25/11/2022	3454	17/11/2022	2677
5	08/12/2022	3926	07/12/2022	3843	09/12/2022	4140	09/12/2022	4214	08/12/2022	3766
6	16/12/2022	4177	16/12/2022	4499	16/12/2022	4845	16/12/2022	4668	16/12/2022	4559
7	30/12/2022	5292	30/12/2022	5342	30/12/2022	5674	30/12/2022	5562	30/12/2022	5856

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

3.6.7. Procedimiento para la evaluación de las muestras

Teniendo las muestras, se realizará las pruebas con el viscosímetro para el cual se necesitará aproximadamente 500 ml brindándonos los resultados a los pocos segundos.

Primero se debe armar el equipo y regularlo de manera que se encuentre posicionado correctamente para su funcionamiento, colocar el usillo el cual girara dentro de la muestra de lubricante para determinar el valor que se desea obtener.

Para las mediciones a realizar en las muestras sé consideró la temperatura del lubricante a 40 y 100 °C, al ser las temperaturas de arranque en frío y la temperatura de funcionamiento, para esto se utilizó un pirómetro que indicó cuando la muestra de lubricante se encontraba a las temperaturas especificadas.



Ilustración 16-3: Toma de temperatura

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023.

Cuando se encuentre en el valor especificado se presiona el botón de inicio del equipo el cual luego de aproximadamente treinta segundos indica el resultado de viscosidad de dicha muestra.

El segundo equipo que ayuda a monitorear la degradación es el Full FluidScan, para el cual se necesita dos gotas de muestra que se coloca en el equipo y es analizada mediante luz infrarroja en pocos segundos, se enciende el equipo y se debe continuar con los pasos que se muestran en la Ilustración 17-3.

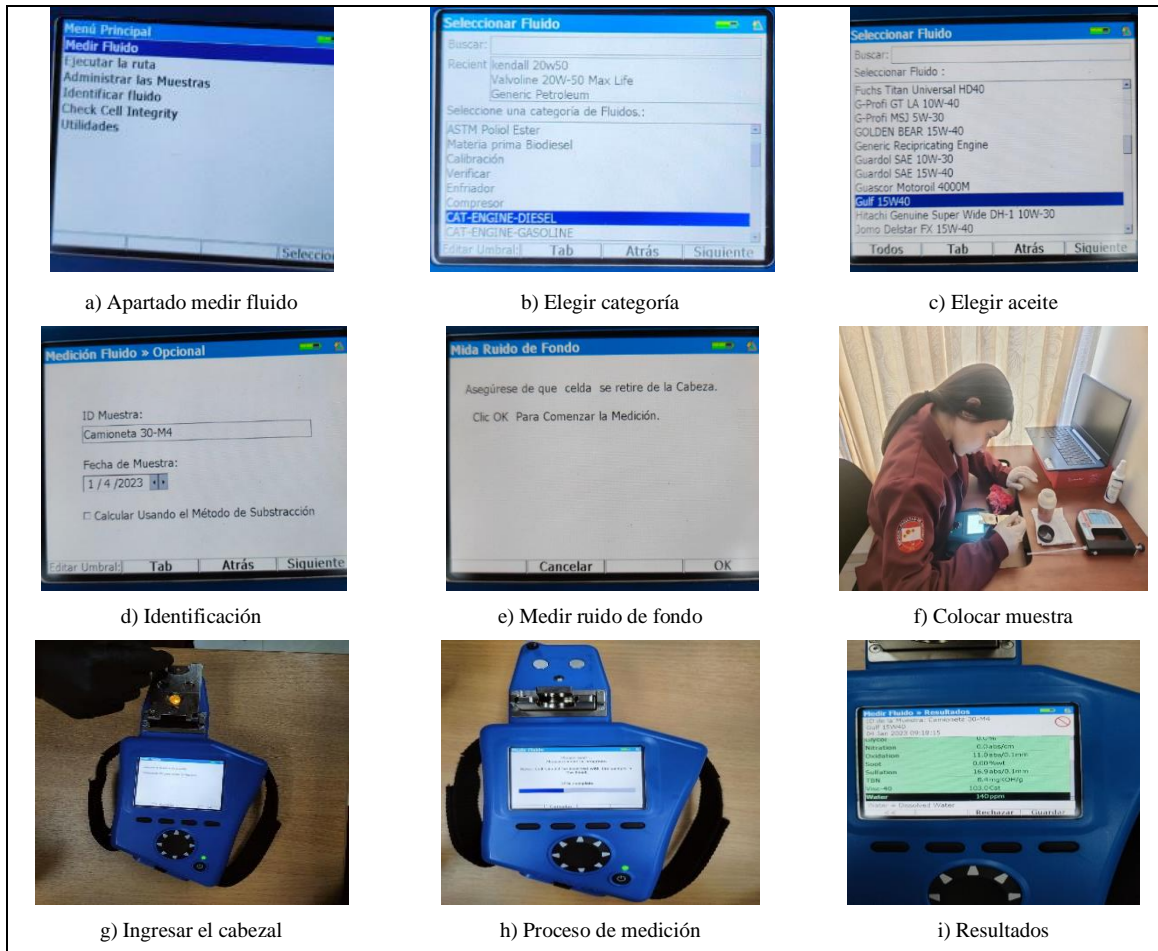


Ilustración 17-3: Pasos del uso del equipo Full FluidScan

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

Posteriormente, se utiliza el Oil View Quick Check, para su uso es necesario utilizar un software del mismo equipo, servirá para calibrar el instrumento con los fluidos denominados 220 y 300 especificados por el fabricante, cuando el equipo nos indique que se encuentra calibrado estará listo para realizar las pruebas siguiendo las indicaciones del software tal y como se muestra en la .

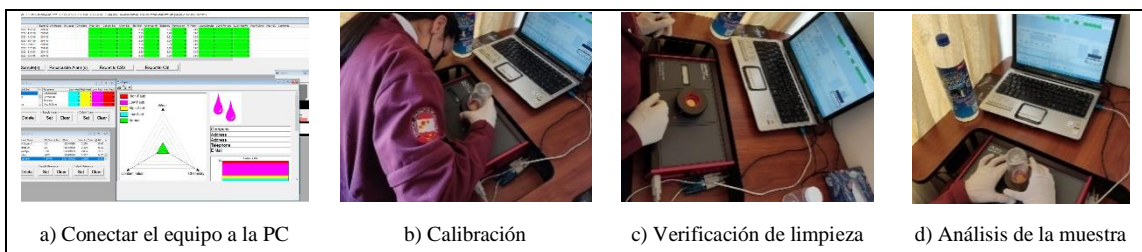


Ilustración 18-3: Análisis en el equipo Oil View Quick Check

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

Otra característica del lubricante se obtiene con el densímetro de una cantidad reducida de espécimen de manera cuasi instantánea.

La utilización de este equipo es muy sencilla, una vez que se lo enciende se debe colocar la cañería del equipo en la muestra y presionar el botón para absorber el lubricante, luego de esto nos mostrará el resultado en la pantalla del equipo.



Ilustración 19-3: Pruebas de densidad

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

A los datos recolectados es necesario ordenarlos en un documento de Excel y estudiarlos de manera estadística con el fin de determinar el deterioro de las propiedades fisicoquímicas, de manera cuantitativa y mediante gráficas para una mejor comprensión, de manera más rápida y sencilla.

Teniendo finalmente los resultados, se continuará con la elaboración de un nuevo plan de mantenimiento para el cambio de aceite lubricante de la flota de camionetas, con el fin de mejorar y extender la vida útil del motor, si es necesario.

3.7. Límites condenatorios de las características del lubricante

En la Tabla 9-3 gracias al método “SACODE” se indican los valores de los límites condenatorios que las propiedades de los lubricantes que se mencionaron antes no pueden sobrepasar.

Tabla 9-3: Límites condenatorios

Indicador	Detalle	Unidad	Alerta	Critico	Inaceptable
Salud	Viscosidad	CSt	<12,70 o >16,50	<11,70 o >17,20	<10,00 o >20,00
	TBN	mgKOH/g	<7,00	<5,00	-
	Oxidación	abs/0,1mm	>15,00	>18,00	>25,00
	Sulfatación	abs/0,1mm	>20,00	>25,00	>30,00

Contaminación	Hollín	%wt	>0,20	>0,30	>2,00
	Agua	ppm	-	-	>500,00
	Rigidez dieléctrica	-	-	-	<2,15 o >2,35
	Glicol	%	-	-	0,02

Fuente: Pozo et al. 2014, p. 1

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

El equipo Oilwiew Quick Check QC indica los límites establecidos en donde se encuentran las distintas alertas como se muestra en la Tabla 10-3.

Tabla 1-3: Alertas del equipo Oilwiew Quick Check QC

Indicador	Parámetro	Alertas		Fallo	
		baja	alta	bajo	alto
Desgaste	Índice químico	5	8	12	24
	Índice ferroso	2	4	6	13

Fuente: Oilwiew Quick Check QC

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante el análisis de las muestras del aceite Gulf 15W40 con los equipos facilitados por el laboratorio de tribología de la facultad de Mecánica se han obtenido valores reales que admiten evaluar la variación que sufre el lubricante durante su ciclo de vida útil, aplicando la técnica “SACODE” que permitió comparar los límites condenatorios dados por el fabricante y los valores obtenidos, de esta manera estos datos permiten valorar si será o no necesario realizar un nuevo plan de lubricación para la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano.

Las ilustraciones que se verán más adelante demuestran la degradación que sufre cada una de las características con las que cuenta el lubricante y de la misma manera se exponen también ilustraciones combinadas de los resultados de las camionetas que forman parte de la muestra de la flota, lo que permitirá apreciar de mejor manera la degradación que ha tenido el lubricante de cada una de ellas.

4.1. Resultados del análisis del aceite Gulf 15W40 nuevo

Se realizó el análisis del aceite nuevo, que ha permanecido almacenado durante cinco meses en las bodegas del GAD Municipal de Guano y se caracterizó la degradación de sus propiedades, para ello se efectuó los análisis del laboratorio a la muestra de lubricante sin uso y se comparó estos resultados con los que indica el fabricante, identificando que, sí se tiene un deterioro previo al uso, sin embargo, no es un deterioro que afecte las condiciones de lubricación de los motores.

Tabla 1-4: Comparativa de aceite nuevo con los datos del fabricante

Propiedad	Catálogo	Nuevo	Unidades
Viscosidad a 40 °C	103,000	102,700	cSt
Viscosidad a 100 °C	14,200	14,200	cSt
Aditivos anti-desgaste	-	44,731	%
Glicol	-	0	%
Sulfatación	-	16,222	0,100mm ⁻¹
Oxidación	-	9,987	0,100mm ⁻¹
Hollín	0,000	0,000	% wt
TBN	10,500	10,203	mgKOH/g
Dieléctrico	2,250	2,220	-
Agua	0,000	76,639	ppm

Fuente: Pozo et al., 2014, p. 1

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

En la Tabla 1-4 se puede comparar los datos que proporciona el fabricante con los datos que se obtuvieron en el laboratorio, se observa variaciones en la viscosidad a 40 °C de 0,300 cSt, una disminución en el TBN de 0,297 mgKOH/g y en el valor dieléctrico de 0,003, se puede observar que el lubricante ya presenta contaminación por agua, fenómeno que se le puede atribuir al tiempo de cinco meses que ha estado almacenado en diversas condiciones ambientales.

Para obtener las ilustraciones de resultados del deterioro del lubricante con el transcurso del tiempo utilizado, se consideró el recorrido de cada una de las unidades, en la Tabla -3 se evidencia las distancias recorridas de cada unidad al momento que se tomó cada muestra.

4.2. Resultados de caracterización del aceite con el equipo Viscosímetro Brookfield DV-I prime

La viscosidad es la propiedad más representativa que indica el estado del aceite, la cual varía mientras aumenta el tiempo de uso del lubricante y también varía según los procesos químicos que se producen con las distintas propiedades del aceite.

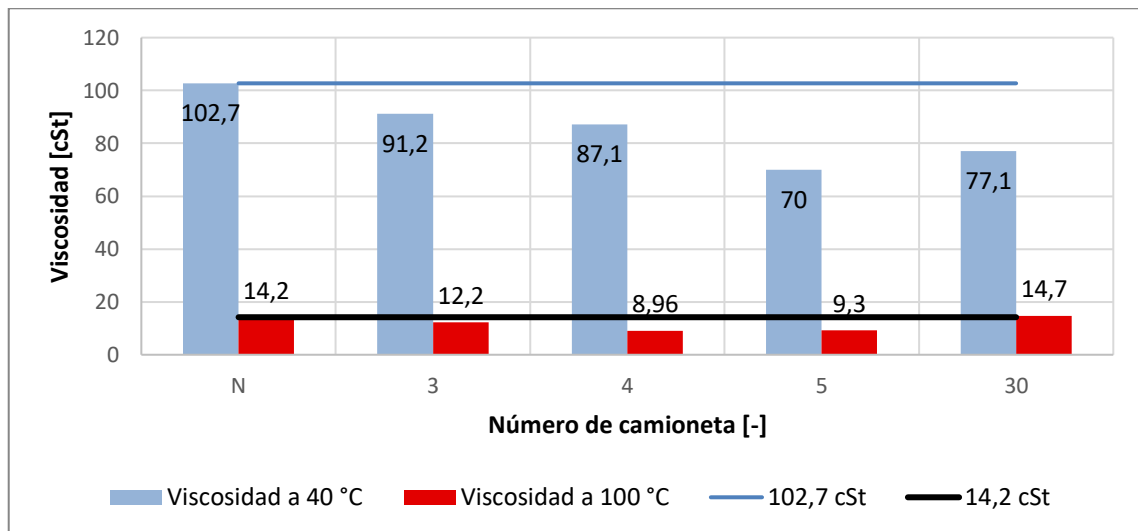


Ilustración 1-4: Viscosidades a 40 y 100 °C

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

En la Ilustración 1-4, se observa de izquierda a derecha los valores de viscosidad del aceite nuevo a 40 y 100 °C, mostrándose datos de 102,7 y 14,2 cSt respectivamente, seguidas las barras por las unidades #3, #4, #5 y #30, se puede ver que, debido al uso del lubricante, todas muestran valores menores a los del aceite nuevo a 40 °C que es la temperatura inicial, cuando la viscosidad cambia a 100 °C se ve que las camionetas #4 y #5 si tienen un descenso del límite establecidos de 10 cSt el cual pertenece al valor de inaceptable, la camioneta #3 solo se encontraría en un rango de alerta,

sin embargo la camioneta #30 no desciende hasta el valor mínimo de 14,2 por lo que se puede deber a un proceso de oxidación que ya está avanzado.

4.2.1. Resultados de caracterización del aceite con el equipo Full FluidScan

Con la ayuda de este equipo se realizó el estudio de las muestras del aceite 15W40 mediante análisis infrarrojo, obteniendo los siguientes resultados cuantitativos del estado de las propiedades del lubricante por camioneta, las curvas individuales han sido ubicadas en una sola ilustración con el fin de identificar su comportamiento.

4.2.2. Porcentaje de aditivos anti-desgaste

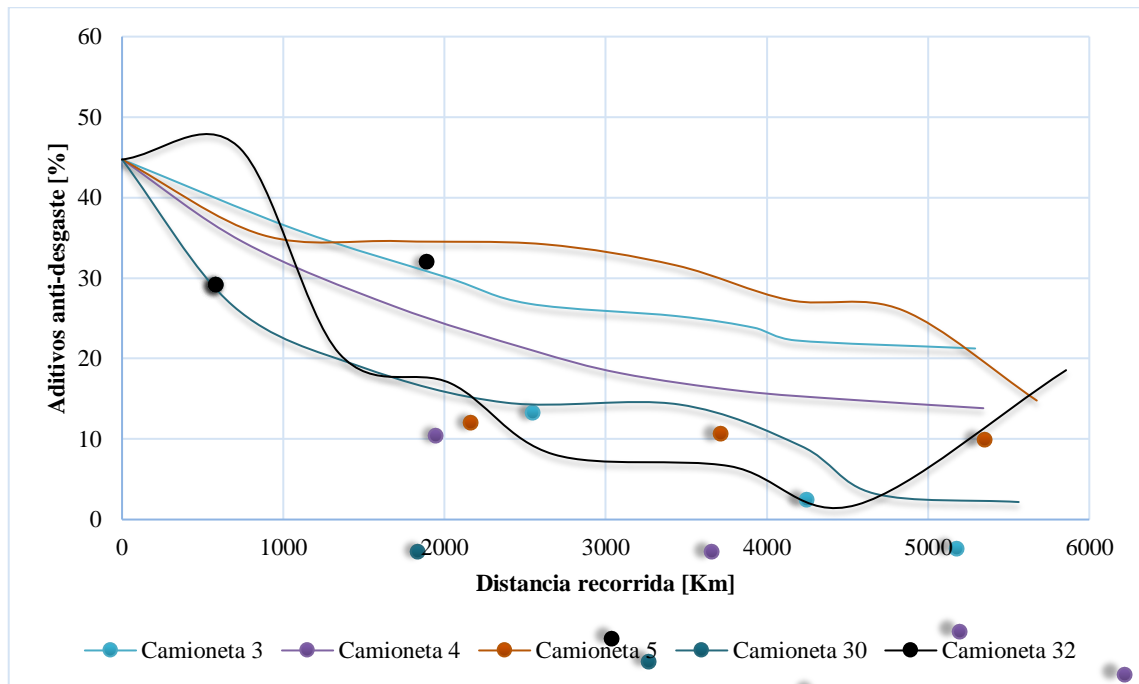


Ilustración 2-4: Aditivos anti-desgaste vs distancia recorrida

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

Se conoce que el fin de los aditivos anti-desgaste, es crear una barrera química a la superficie con el fin de minimizar el desgaste de los metales, mejorando las propiedades naturales de un lubricante, en la Ilustración 2-4 se observa como el lubricante tiene su inicio en un porcentaje aditivo de 45% cuando el lubricante es completamente nuevo, sin embargo, se muestra su descenso de manera paulatina a medida que el kilometraje de operación va en aumento, lo que refleja claramente cómo a medida que el tiempo de uso va aumentando, los aditivos se van degradando.

4.2.3. Número de base total (TBN)

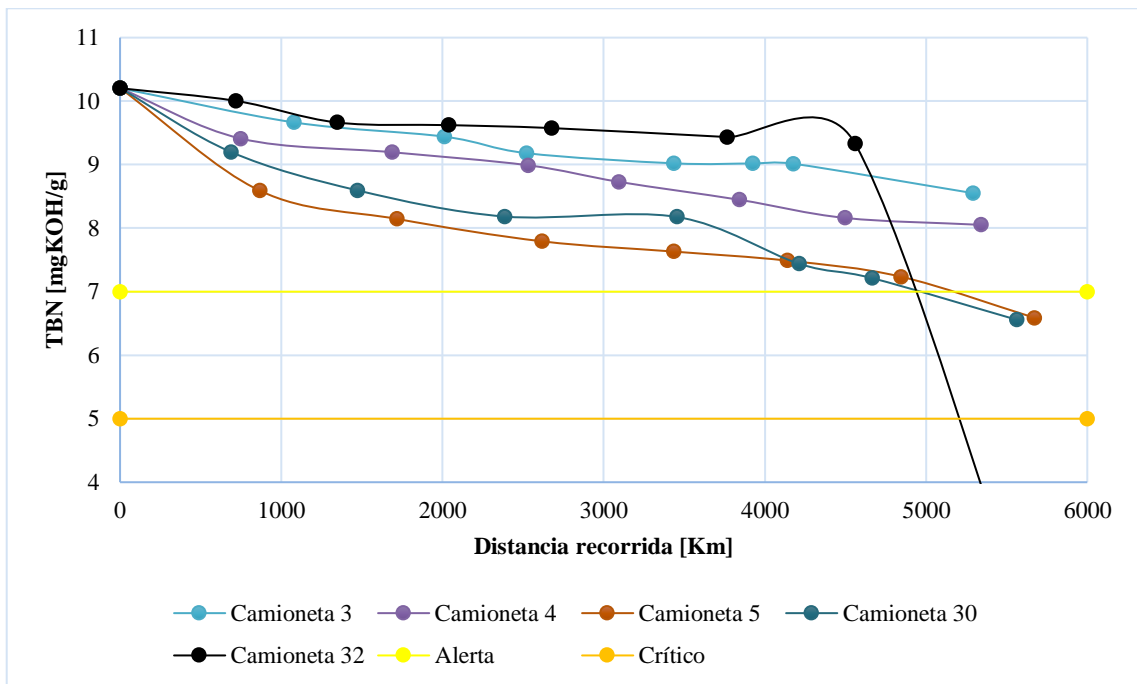


Ilustración 3-4: TBN vs distancia recorrida

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

Con este estudio se pretende indicar que la capacidad que tiene el aceite para neutralizar los ácidos que se generan durante el proceso de combustión, los resultados que se visualizan en la Ilustración 3-4, indican que la camioneta #3 y #4 mantienen un TBN que se encuentra dentro de los límites, teniendo valores de 8,551 mgKOH/g a los 5292 Km y 8,052 mgKOH/g a los 5342 Km recorridos respectivamente. Se evidencia una tendencia distinta en las camionetas #5 y #30 que descienden bajo el límite de alerta de 7 mgKOH/g, encontrándose en 6,588 mgKOH/g a los 5674 Km y 6,558 mgKOH/g a los 5562 Km respectivamente, finalmente se obtiene un valor de 0 mgKOH/g a los 5856 km de operación, cifras referentes a la camioneta #32, al analizar el total de las muestras se puede apreciar que el TBN no se encuentra en un rango aceptable para continuar siendo utilizado. Se debe considerar que esta característica es muy representativa, si se pierde esta propiedad se puede dar un proceso de corrosión, observándose en la Ilustración 3-4 se puede entender que la camioneta #5 y #30 tienen inicios de corrosión, la camioneta #32 se tendría una corrosión elevada ya que se tiene una pérdida total de esta propiedad.

4.2.4. Hollín

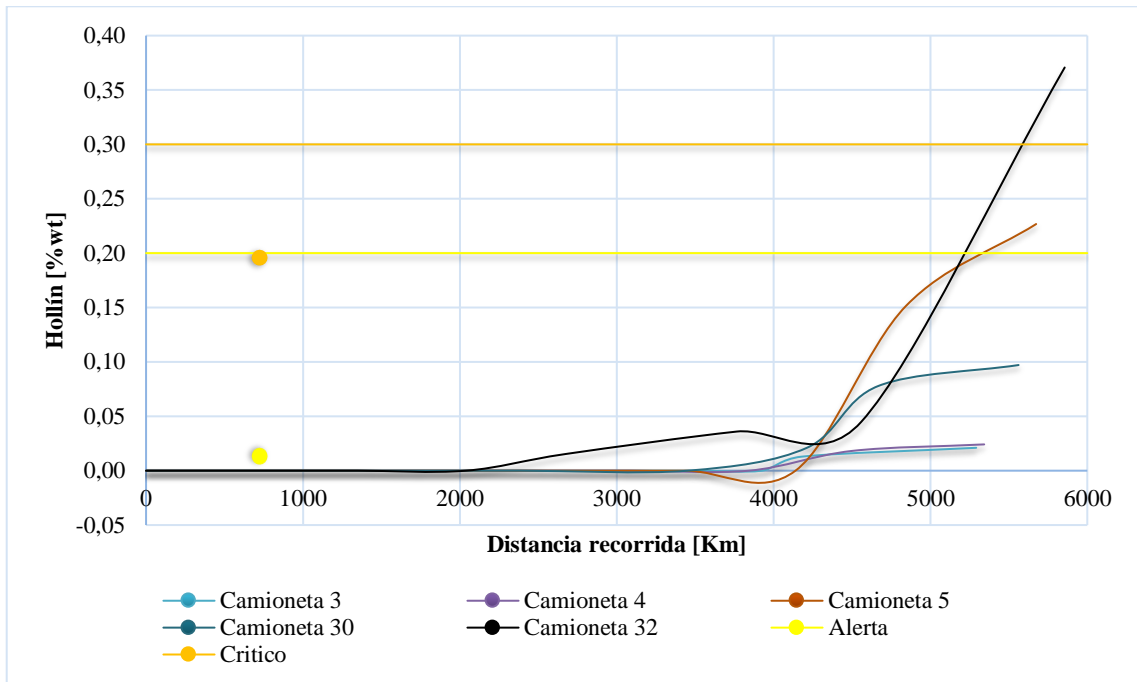


Ilustración 4-4: Hollín vs distancia recorrida

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

Las cenizas sulfatadas hacen referencia a la cantidad de hollín no combustible que se encuentra en el lubricante cuando este ya ha sido usado en un lapso, el cual se puede observar en la Ilustración 4-4, apreciándose que todas las camionetas inician con un hollín de 0 % wt, hasta los 4000 km se tiene una contaminación mínima ya que el hollín se retiene en el filtro de aceite, a partir de este punto las curvas sufren un incremento abrupto mientras aumenta el kilometraje, especialmente en las unidades #5, #30 y #32, alcanzando valores de 0,227 %wt, 0,097 %wt y 0,371 %wt respectivamente, evidenciando que la camioneta #5 sobrepasa el límite de alerta de 0,200 %wt y la camioneta #32 sobrepasando el límite crítico de 0,300 %wt.

4.2.5. Agua

La presencia de agua en el lubricante se puede tener desde que el lubricante es nuevo por causa de un mal almacenamiento, cuando se encuentra en el motor al filtrarse del sistema de refrigeración al sistema de lubricación siendo este un indicativo de un mal estado de los empaques del motor. En la Ilustración 5-4 se observa un comportamiento normal en las curvas de las camionetas #3, #4 y #5 encontrándose bajo el límite de 500 ppm indicando que no afecta de manera considerable en el deterioro del aceite, las camionetas #30 y #32 aproximadamente a los 4000 km tienden un crecimiento brusco sobrepasando los límites de alerta alcanzado 2745,437

ppm y 31409,671 ppm respectivamente siendo este un indicativo que la camioneta #30 tiene una falla considerable y la camioneta #32 estaría con una falla muy crítica.

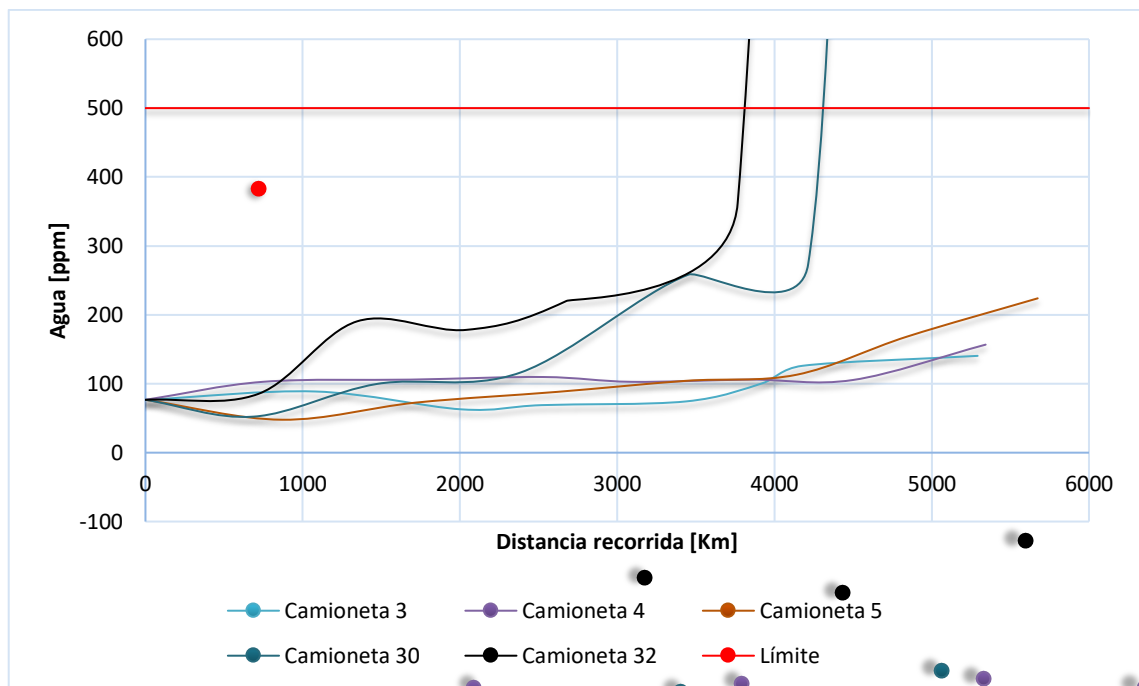


Ilustración 5-4: Agua vs distancia recorrida

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

4.2.6. Glicol

Al tener glicol en el lubricante es un indicativo de tener un empaque en mal estado por lo que se estaría filtrando refrigerante al sistema de lubricación, los datos que se obtuvo como se evidencia en la Ilustración 6-4 observando que las camionetas #3, #4 y #5 se encuentran en perfectas condiciones los distintos empaques que evitan que se mezcle el refrigerante con el lubricante, la camioneta #30 se tiene un valor de 0,581 % dando un indicio a una pequeña falla en los empaques y la camioneta #32 alcanzando un valor de 1,314 como indicativo que esta unidad tiene un problema de empaques.

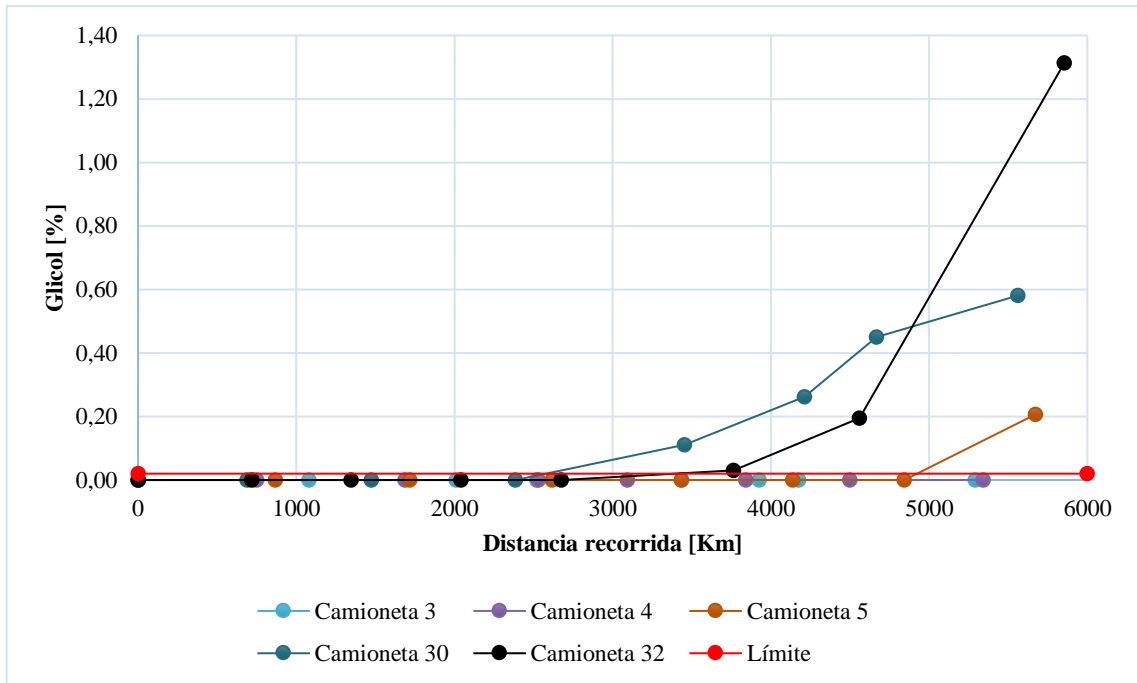


Ilustración 6-4: Glicol vs distancia recorrida

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

4.2.7. Proceso de oxidación

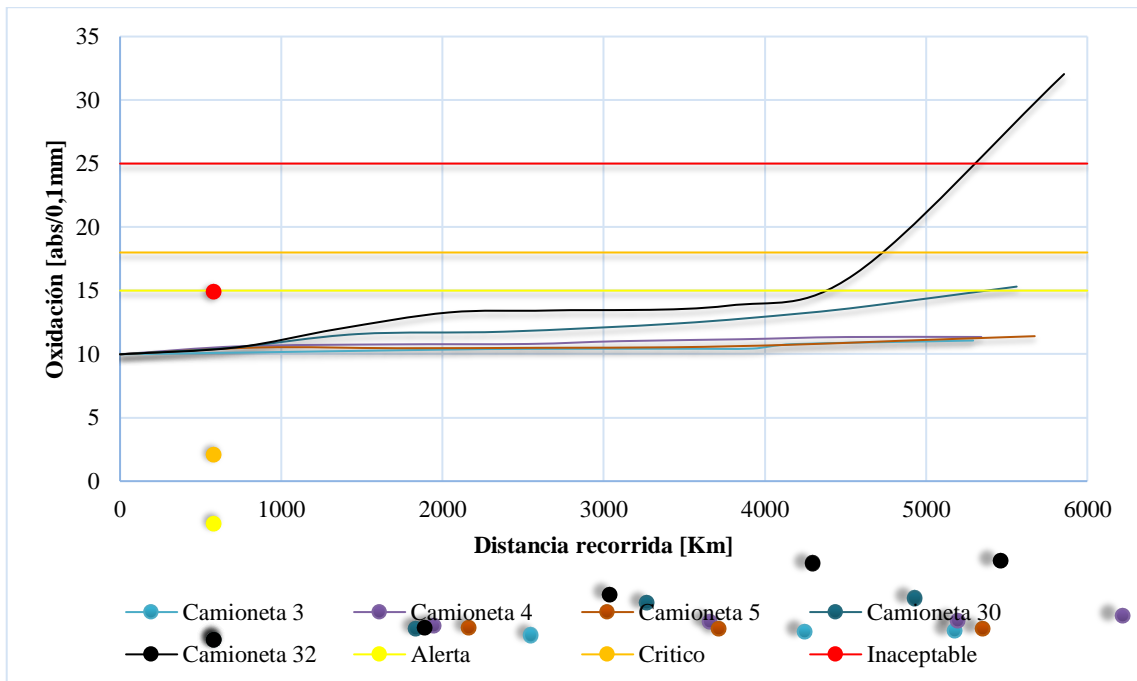


Ilustración 7-4: Oxidación vs distancia recorrida

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

Es posible evidenciar entre las distintas muestras tomadas que el olor es diferente al del aceite sin uso, lo que da un indicio de un proceso de oxidación y descomposición como se muestra en la

Ilustración 7-4, el cual se corroboró al realizar la prueba con el equipo, dando como resultado que la oxidación inicial es 9,987 abs/0,1mm, que no sobrepasa el límite de alerta que se halla en un valor >15 abs/0,1mm, luego de haber recorrido 5562 Km de uso se observa en la gráfica que llega a degradarse hasta un valor de 15,316 abs/0,1mm, mostrando que sobrepasan el límite de alerta, acercándose al límite crítico, pero sin elevarse a un valor inaceptable, en donde ya sería obligatorio realizar un mantenimiento. Cabe mencionar que la camioneta #32 se encuentra trabajando con una falla de sobrecalentamiento del motor por lo que llega a tener un valor excesivo de 32,045 abs/0,1mm lo muestra que excede del límite inaceptable.

4.2.8. Proceso de sulfatación

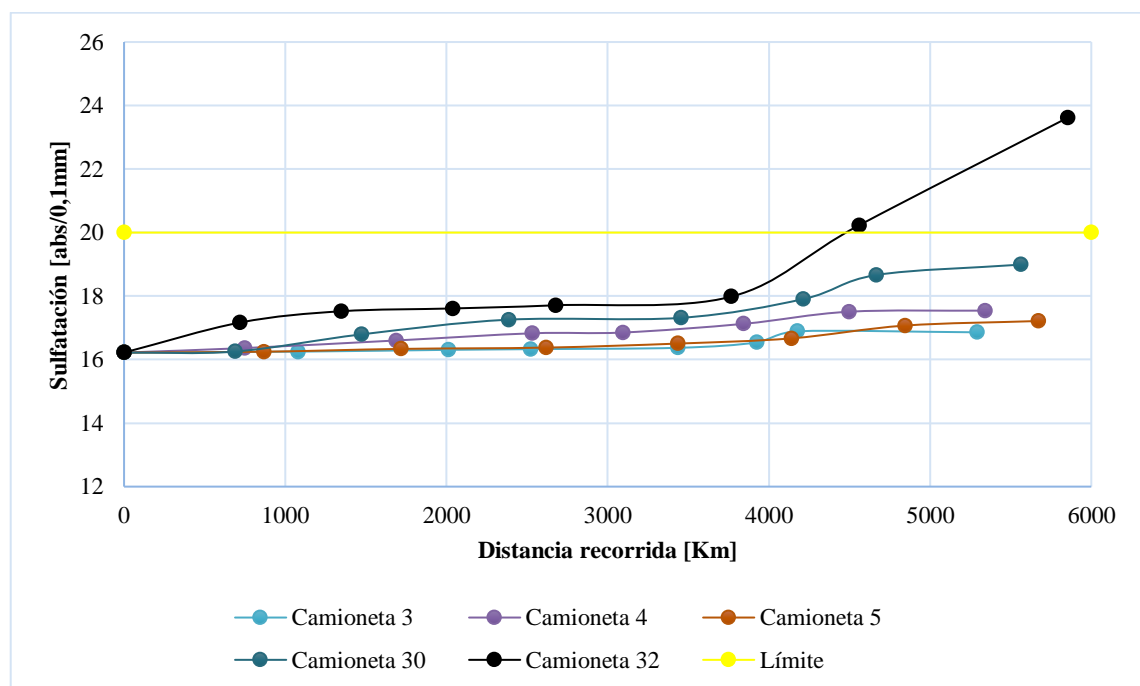


Ilustración 8-4: Sulfatación vs distancia recorrida

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

Es un indicativo de la degradación del aceite proveniente de la combustión, distinguiendo en las curvas que se muestra en la Ilustración 8-4, la camioneta #3, #4, #5 y #30 indican que el lubricante se encuentra en buen estado ya que los valores obtenidos son de 16,859 abs/0,1mm, 17,541 abs/0,1mm, 17,215 abs/0,1mm y 18,990 tras recorrer 5292 Km, 5342 Km, 5674 Km y 5562 Km respectivamente, encontrándose por debajo del límite que sería de 20 abs/0,1mm indicando un estado de salud bueno del aceite, el comportamiento de la camioneta #32 tiende a cambiar a partir de los 4000 Km elevándose con mayor rapidez llegando a un valor de 23,662 abs/0,1mm al recorrer 5856 Km sobrepasando el límite establecido, indicando que el lubricante ha sufrido una

degradación a considerar, con certeza se puede expresar que esto sucede debido al recalentamiento que sufrió el motor de esta camioneta.

4.3. Resultados de caracterización del aceite con el equipo Oil View Quick Check

Este equipo nos brinda resultados indicadores del deterioro del lubricante mediante índices los cuales nos indica el mismo equipo cuales son estos límites tal y como se muestra en la Tabla 8-3.

4.3.1. Rigidez dieléctrica

Es necesario el dieléctrico en un lubricante ya que ayuda a que sea estable cuando se encuentra a altas temperaturas, este valor puede fluctuar entre 2,15 y 2,35, si el valor se eleva es posible que exista contaminantes entre los que están el agua, partículas de tierra y metal.

Tabla 2-4: Rigidez dieléctrica

Gulf 15W40	Referencia	Camioneta #3		Camioneta #4		Camioneta #5		Camioneta #30		Camioneta #32	
		Rd	Km	Rd	Km	Rd	Km	Rd	Km	Rd	Km
Nuevo	2,25	0,00	2,22	0,00	2,22	0,00	2,22	0,00	2,22	0,00	2,22
1	2,25	1079,00	2,14	749,88	2,24	869,00	2,22	688,00	2,24	719,00	2,23
2	2,25	2012,00	2,23	1687,23	2,24	1718,00	2,23	1474,00	2,25	1347,00	2,25
3	2,25	2522,00	2,24	2530,84	2,24	2619,00	2,23	2385,00	2,26	2040,00	2,28
4	2,25	3437,00	2,24	3093,25	2,24	3435,00	2,23	3454,00	2,26	2677,00	2,29
5	2,25	3926,00	2,24	3843,12	2,25	4140,00	2,23	4214,00	2,26	3766,00	2,29
6	2,25	4177,00	2,24	4499,27	2,26	4845,00	2,24	4668,00	2,29	4559,00	2,32
7	2,25	5292,00	2,25	5342,88	2,26	5674,00	2,26	5562,00	2,30	5856,00	2,75

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

Al analizar las muestras de todas las unidades en función del kilometraje recorrido con el uso del Oil View Quick Check, uno de los valores que el equipo permite descubrir es el dieléctrico del aceite, del cual se ha aprendido que puede subir o disminuir según el tipo de contaminante que se tenga en el mismo. En la se puede observar que el valor del dieléctrico dado por el fabricante es de 2,25, sin embargo al realizar el análisis de la muestra de aceite nuevo el valor arrojado es de 2,22, de ahí parte y se elevan los valores en todas las muestras de los lubricantes, se debe tomar en cuenta que en las camionetas # 30 y #32 existe una elevación exagerada, la primera debido a

la cantidad de oxidación que se ha generado, proceso que fue revisado en las curvas vistas anteriormente, y en el caso de la segunda se debe a la excesiva cantidad de agua con la que se encuentran las muestras, produciendo un aumento considerable de dieléctrico hasta llegar a 2,75.

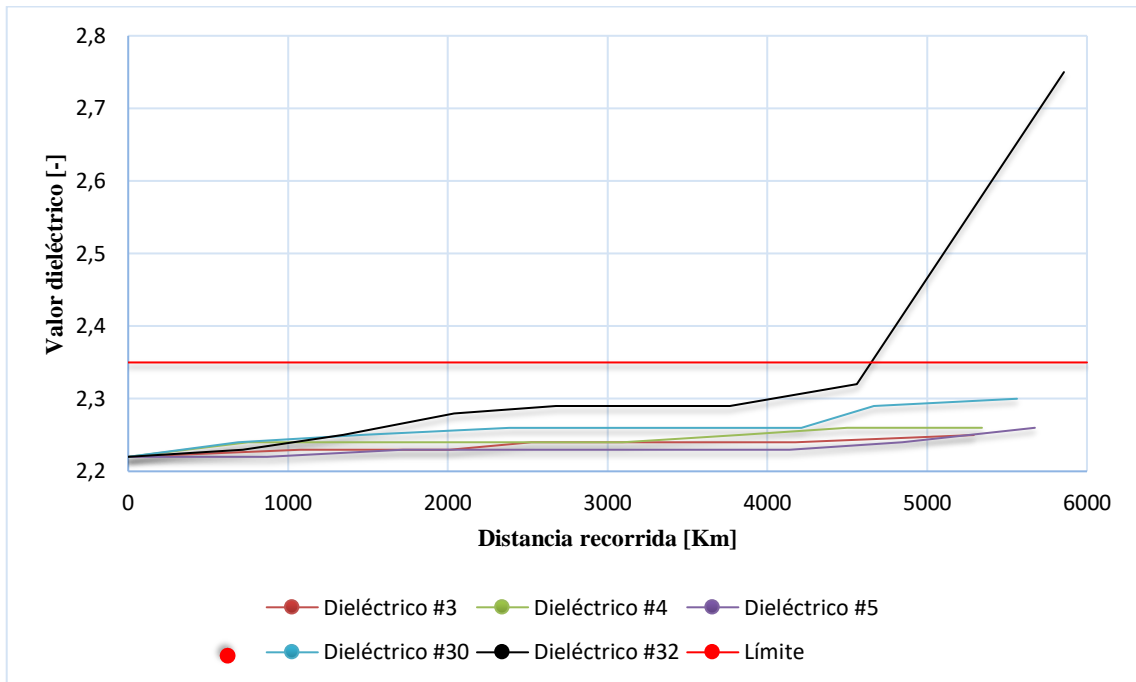


Ilustración 9-4: Rigidez dieléctrica vs distancia recorrida

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

Para comprender de mejor manera el comportamiento de la constante dieléctrica de cada camioneta se ha fusionado las curvas de cada una de ellas en la Ilustración 9-4, queda claro que el dieléctrico de las camionetas #3, #4, #5 y #30 no sufre una elevación o descenso abrupto, por lo que no ha sufrido mayor contaminación, a diferencia de la camioneta #32 que se eleva de manera excesiva a un valor de 2,75, lo que significa que hay factores de contaminación ya que esta no debe variar más que en 0,10 su valor, conociendo que esta camioneta sufrió recalentamiento se sabe a ciencia cierta que es el agua que produce este suceso.

4.3.2. Índice químico e índice ferroso

Esta característica hace referencia a la degradación química que sufre el aceite en el tiempo de uso. Los índices tanto ferroso como químico también son indicadores del proceso de degradación que sufren los aceites, en la Tabla 3-4 se indica los valores que se obtuvo como resultado, respecto al índice químico este indicaría el deterioro químico que ha sufrido el lubricante teniendo que la camioneta #3, #4 y #5 no presentan problemas y que se encuentra por debajo del límite de alerta baja, valor que se encuentra en 5, según los datos del equipo, las estimaciones de la camioneta

#30 en la muestra número 7 determinan una degradación considerable ya que esta sobre el límite de alerta alta que es de un valor de 8 y la camioneta #32 se indica con problemas de garrafal degradación ya que presenta alertas desde la muestra número 5 llegando a presentar un fallo elevado en la muestra número 7 con un valor de 50 sobrepasando el límite de falla alta de un valor de 20. El índice ferroso indica la cantidad de metales que contiene el lubricante los cuales se han desprendido de los elementos del motor encontrándose en valores de 0, 1 y 2 lo que muestra que se tienen rangos normales al no sobrepasar el valor de alerta baja que es de 2.

Tabla 3-4: Índice químico y ferroso de cada una de las muestras

	Camioneta #3		Camioneta #4		Camioneta #5		Camioneta #30		Camioneta #32	
	Índice químico	Índice ferroso	Índice químico	Índice ferroso	Índice químico	Índice ferroso	Índice químico	Índice ferroso	Índice químico	Índice ferroso
Nuevo	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0
1	-1	0	-1	0	-1	0	0	0	4	0
2	-1	0	-1	0	-3	2	-1	0	3	0
3	-1	0	-1	0	-2	0	0	0	-3	0
4	0	1	-1	0	-2	0	1	0	-2	0
5	-2	0	1	0	-2	0	4	0	7	1
6	0	0	0	2	-2	1	5	2	14	1
7	-1	0	0	2	-1	2	10	2	50	1

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

4.4. Resultados de caracterización del aceite con el equipo Densímetro

Con ayuda de este equipo se pudo recolectar los datos de densidad y temperatura de las distintas muestras que se recogieron en intervalos de tiempo de las 5 camionetas de la flota del GAD Municipal de Guano.

La variación de la densidad es un indicativo que el lubricante ha sufrido contaminación, ya que dichos contaminantes tendrán una densidad distinta, como es el principal el agua que su densidad es de 0,998 g/ml, se muestra en la Ilustración 10-4 los datos de la camioneta #3 se encuentra en valores normales hasta realizar su mantenimiento, de las camionetas #4, #5 y #30 se aprecia que a partir de los 4000 Km recorridos tienen pequeñas elevaciones de 0,865, 0,864 y 0,867 g/ml respectivamente, en la camioneta #32 se tiene una elevación mayor llegando a 0,875 g/ml lo que permite corroborar la contaminación que tiene el lubricante.

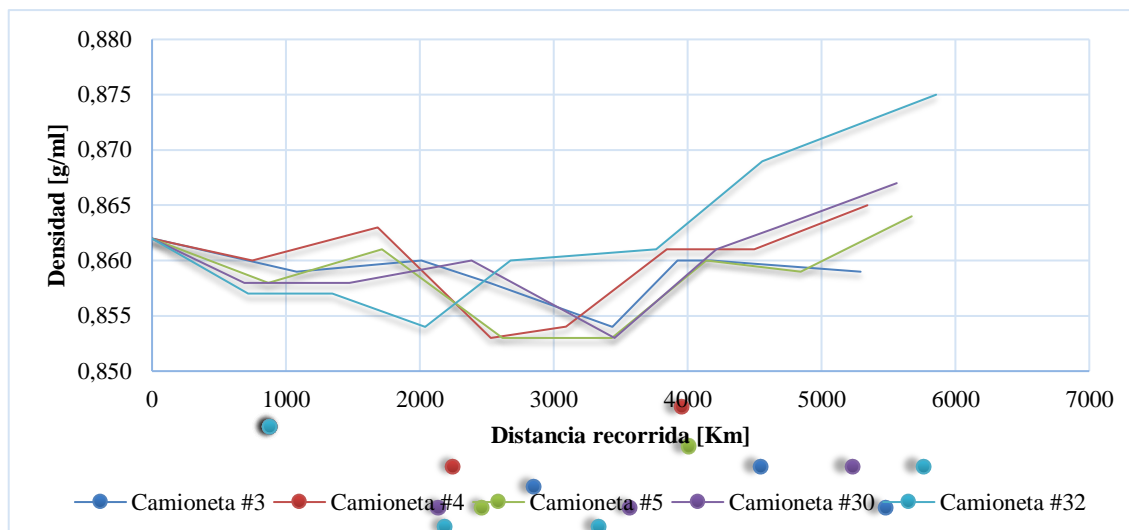


Ilustración 10-4: Densidad vs la distancia recorrida

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

4.5. Correlaciones entre propiedades y proceso del lubricante

Luego de estudiar los comportamientos de cada una de las propiedades de lubricante y con el fin de corroborar la investigación que se ha realizado acerca de lo que sucede con el aceite al paso de su degradación en el tiempo de uso, se realizan pruebas de correlación entre degradación de propiedades y el proceso de oxidación que se da en los aceites debido a las condiciones de operación de los motores de combustión interna.

Tabla 4-4: Coeficientes de correlación

Correlaciones	Camioneta				
	#3	#4	#5	#30	#32
TBN/Ox	-0,904	-0,993	-0,911	-0,970	-0,979
Ad/Ox	-0,852	-0,967	-0,982	-0,905	-0,304
H/Ox	0,892	0,629	0,870	0,868	0,983
Ag/Gl	0,060	0,059	0,785	0,943	0,966

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

En la Tabla 4-4 se muestran los coeficientes de correlación que existen, para hacer más llevadero el entendimiento de estos valores, se han realizado las curvas de estas correlaciones, las cuales se muestran a continuación.

4.5.1. Análisis de la comparación del TBN vs oxidación

En la Ilustración 11-4 se observa datos del TBN en mgKOH/g que contienen las muestras tomadas de la camioneta #3, así también se muestra la cantidad de óxido medido en abs/0,1mm, el cual se ha generado durante el tiempo de uso del lubricante.

Se realizó una correlación entre estas dos características, esto debido a que, si el indicador de TBN muestra un descenso de la cantidad de reserva de aditivo base disponible para neutralizar los ácidos existentes en el aceite, los mismos que se producen por la combustión, se genera un proceso de oxidación que va en aumento como consecuencia de que las propiedades originales del aceite van mutando según su uso, corroborando lo que se menciona en Noria Latín América, (2021).

Tomando como referencia los análisis de las muestras de la camioneta #3 se obtuvo como resultado la Ilustración 11-4, en la cual se correlaciona los valores obtenidos del TBN y oxidación que se produce en el intervalo de uso del lubricante hasta llegar a su cambio.

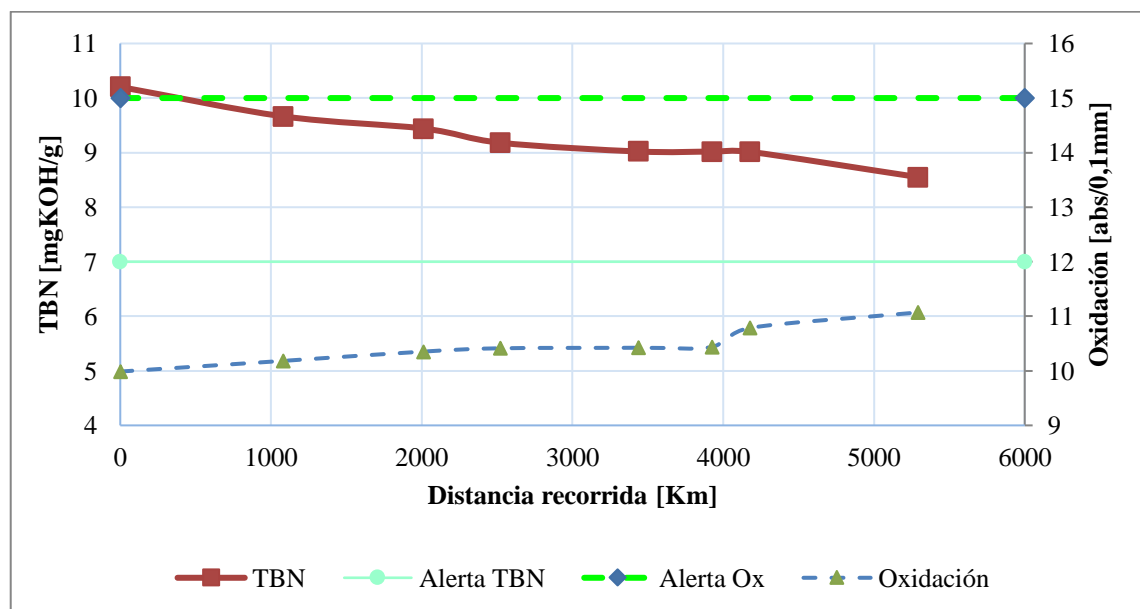


Ilustración 11-4: Correlación de TBN y oxidación de la camioneta #3

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023

En la Ilustración 11-4 del comportamiento de TBN vs oxidación de esta unidad se puede observar como el TBN cuando se encuentra nuevo, es decir en los 0 Km de recorrido tiene un valor de 10,203 mgKOH/g, al recorrer un cierto kilometraje se observa cómo va perdiendo sus propiedades, hasta que al llegar a cumplir con un recorrido de 5292 Km ha llegado a tener un valor de 8,551 mgKOH/g, lo que muestra una reducción del TBN de 1,652 mgKOH/g, si bien el TBN se reduce, no alcanza al límite de alerta. Por el otro costado se observa el comportamiento

del proceso de oxidación, que tiene un valor inicial en 9,987 abs/0,1mm y va creciendo en relación con el kilometraje recorrido, hasta llegar a un valor de 11,070 abs/0,1mm en los 5292 Km, sin embargo, se observa que no llega al límite de alerta que se encuentre en 15 abs/0,1mm.

Gracias a la Ilustración 11-4 queda clara la correlación que existe entre esta propiedad y proceso, observando que mientras la propiedad del TBN decrece la oxidación crece.

Los resultados de las camionetas #4 y #5 muestran una tendencia de gran similitud a los resultados obtenidos en la camioneta #3 como se puede observar en el anexo A de la camioneta #4 y el anexo B de la camioneta #5. Tal y como se puede ver, los valores del TBN y oxidación no alcanzan sus límites de alerta que se encuentran en 7 mgKOH/g y 15 abs/0,1mm respectivamente, luego de haber realizado el cambio de lubricante.

Trabajando con la camioneta #30, que muestra desperfectos en los resultados, se obtuvo:

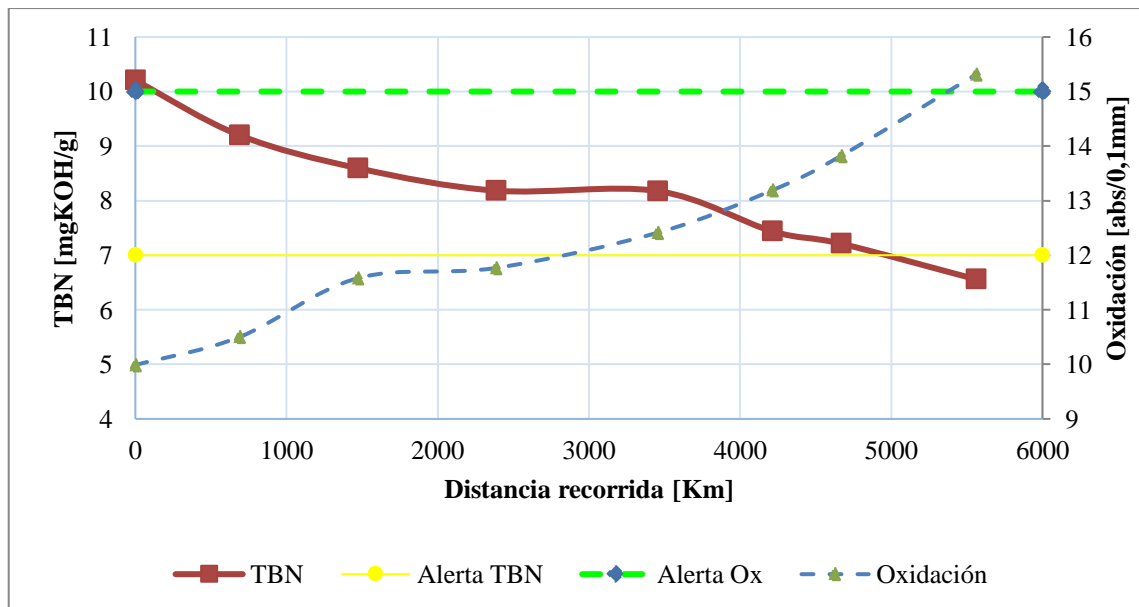


Ilustración 12-4: Correlación de TBN y oxidación de la camioneta #30

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

La propiedad del TBN cuando el aceite es nuevo tiene su valor en 10,203 mgKOH/g y la oxidación inicial de esta camioneta se encuentra en 9,987 abs/0,1mm, teniendo el TBN una degradación similar hasta los 2385 Km, manteniéndose constante hasta los 3454 Km, y de este intervalo en adelante tiene un decrecimiento acelerado, pasando el límite de alerta aproximadamente a los 5000 Km, mientras tanto, la oxidación crece en base al decrecimiento del TBN, teniendo hasta los 1474 Km una elevación de 1,594 abs/0,1mm, luego de esto se mantiene un bajo ascenso de

oxidación hasta los 3454 Km, de este punto en adelante el proceso de oxidación asciende rápidamente, sobrepasando el límite de 15 abs/0,1mm aproximadamente a los 5500 Km.

La unidad #32 difiere de los resultados de las camionetas anteriores, en la Ilustración 12-4 se encuentran los resultados obtenidos luego de realizar los análisis de las muestras de lubricantes de este vehículo.

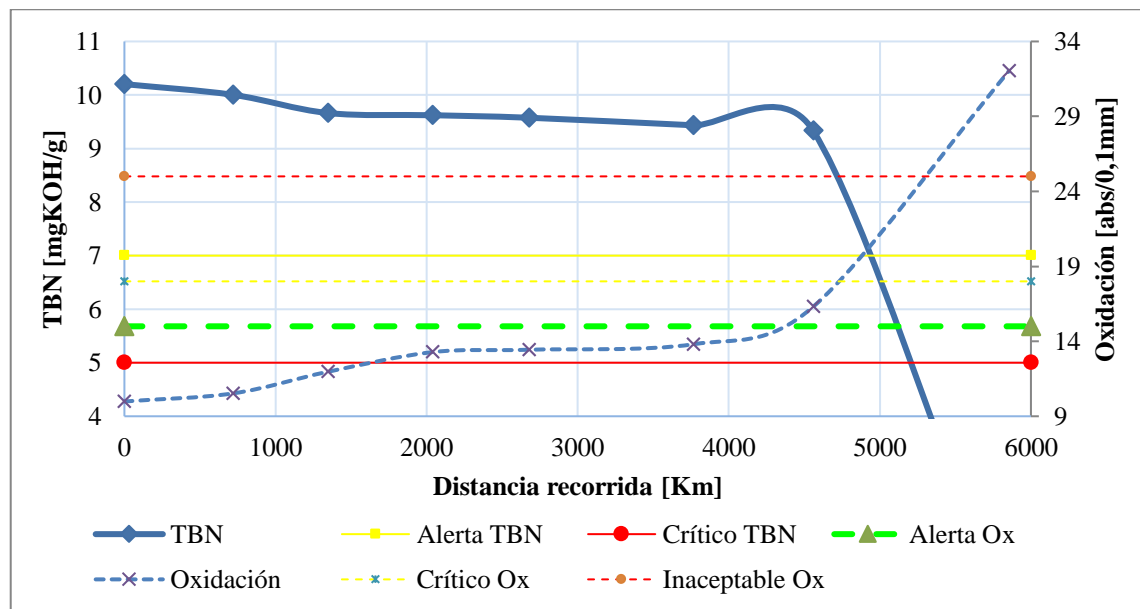


Ilustración 13-4: Correlación de TBN y oxidación de la camioneta #32

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

Teniendo conocimiento del daño que sufrió esta unidad al recibir una mala conducción, es posible en la Ilustración 13-4 identificar el deterioro abrupto del lubricante, teniendo una pérdida total del TBN, cayendo del límite inaceptable y generando una oxidación de 32,045 abs/0,1mm, siendo este un valor exorbitantemente elevado, que sobrepasa también el límite inaceptable.

4.5.2. Análisis de la correlación de hollín vs oxidación

El proceso de oxidación de manera normal se genera de forma lenta y progresiva por el deterioro normal del lubricante, sabiendo que la oxidación pasa por tres etapas en la Ilustración 14-4 de la camioneta #3 se observa que la oxidación del aceite se encuentra en el período de inhibición en donde las propiedades del aceite son relativamente estables y la oxidación no tiene mayor variación lo que permite predecir también que el lubricante cuenta aún con concentración de aditivos lubricantes, en las curvas se muestra también la cantidad de hollín, la cual crece en relación al aumento de oxidación, cómo lo menciona Noria Latín América (2021), de esta manera se evidencia la correlación que tienen una con otra. Luego de haber tenido un trabajo de 5292 Km

el proceso de oxidación ha crecido de 0 a 9,987 abs/0,1mm y el hollín ha aumentado de 0 a 0,021 % wt, sin llegar ninguno a los límites de alerta, dando a conocer que el lubricante aún tiene vida útil. El comportamiento de las curvas de la camioneta #4 son similares, se puede observar las curvas en el anexo C.

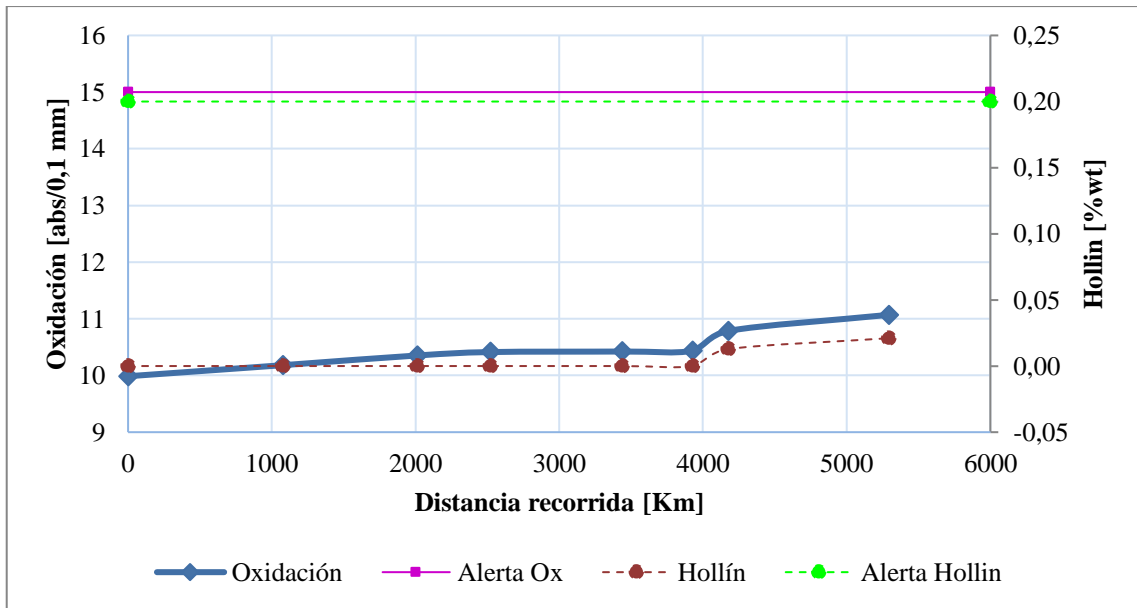


Ilustración 14-4: Correlación de hollín y oxidación de la camioneta #3

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

En esta Ilustración 15-4 se encuentran las curvas de la camioneta #5 en la que se observa que los valores de oxidación permanecen en una fase de inhibición, ya que se eleva de manera lenta llegando a tener un valor de 11,412 abs/0,1mm sin sobrepasar el límite de alerta de 15 abs/0,1mm, se examina también la curva de hollín, en este caso, desde el dato inicial que se 0 % wt a 0 Km, hasta llegar a los 3435 Km el hollín ha permanecido constante, sin embargo desde los 3435 Km hasta los 4140 Km sufre un descenso y desde los mismos 4140 Km hacia los 5674 Km, sufre una elevación acelerada de hollín, lo que da como indicio que el filtro ya no se encuentra en condiciones óptimas.

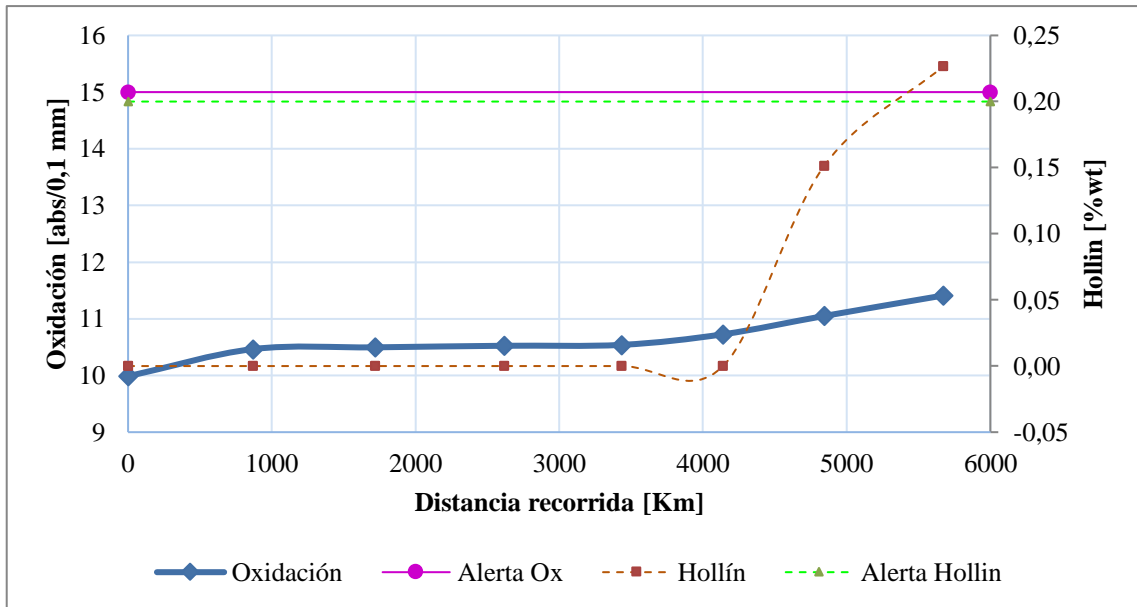


Ilustración 15-4: Correlación de hollín y oxidación de la camioneta #5

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

4.5.3. Análisis de la correlación de aditivos anti-desgaste vs oxidación

La cantidad de aditivos son difícilmente utilizados como parámetros de diagnóstico debido a que varían mucho de un fabricante a otro y también dado a que cada paquete de aditivos se enfoca a las necesidades de un tipo de motor, sin embargo en esta ocasión se realizó la correlación con el fin de demostrar que mientras se produce el proceso de oxidación los aditivos pierden su fortaleza, lo que describe que existe una tensión interfacial en el lubricante, demostrando que con el uso en el tiempo el aceite sufre carencia de compuestos polares, y ya no permite que se produzca una lubricación hidrodinámica en el motor, es decir ocasiona un mayor desgaste en los elementos que sufren fricción.

Como se muestra en la Ilustración 16-4 es evidente el reflejo de degradación que sufren los aditivos, lo que da paso a que se genere un proceso de oxidación que va en aumento desde su valor inicial que se encuentra en 9,887 abs/0,1mm hasta alcanzar un valor de 11,070 abs/0,1mm en los 5292 Km que se realizó el cambio, sin llegar al límite de alerta, por lo que es considerable mencionar que el lubricante en la camioneta #3 aún puede ser utilizado. De esta manera se confirma lo que menciona (Noria Latín América, 2021, p. 1).

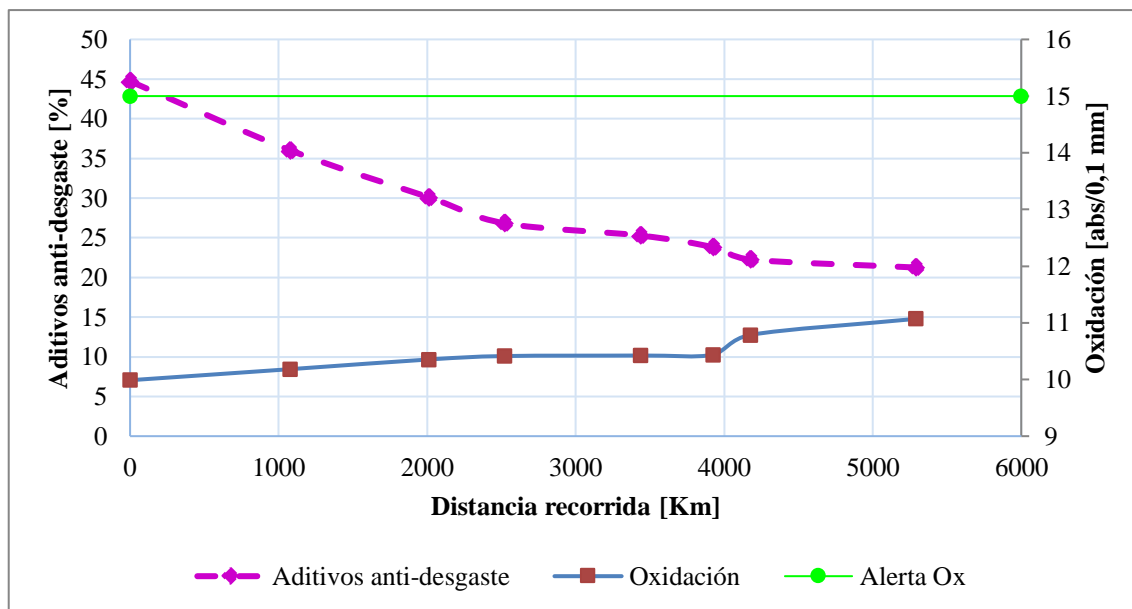


Ilustración 16-4: Correlación de aditivos anti-desgaste vs oxidación de la camioneta #3

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

De la misma manera el comportamiento es similar en las camionetas #4 y #5, no obstante, las camionetas #30 y #32 si sufren una oxidación más acelerada, lo que se debe a otros factores, más que a la degradación de aditivos. El comportamiento de estas curvas se puede observar en los anexos D hasta el G respectivamente.

4.5.4. Análisis de la comparación del agua vs glicol

Luego de haber realizado el respectivo cálculo que indique la correlación que tienen estos 2 compuestos que son parte del lubricante, se obtuvo la Ilustración 17-4 de los análisis de la camioneta #3, en la que se observa que existe una cantidad de agua y glicol en el aceite, las curvas muestran que dicha relación es verdadera, ya que las dos ascienden a la par, si el agua aumenta, el glicol también se eleva. Se debe considerar que la cantidad de agua que contiene el aceite cuando es nuevo según la prueba de la muestra realizada es de 76,640 ppm y el glicol se encuentra en un valor de 0%, al estar en valores de cero, da a conocer que no es perjudicial para la salud del lubricante, ya que este puede tolerar hasta un límite de 0,02%, mientras que el agua es permitida hasta un límite de 500 ppm, valor que en esta camioneta no ha sido sobrepasado, teniendo como resultado que incluso luego de haber recorrido 5292 Km el aceite aun cuenta con buenas propiedades para continuar siendo usado.

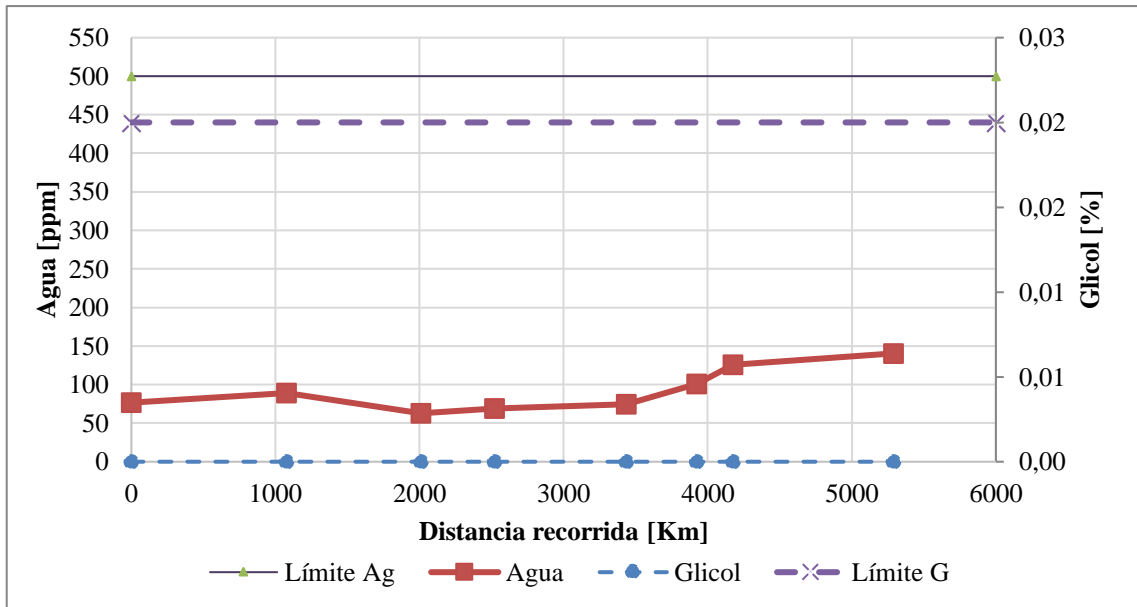


Ilustración 17-4: Correlación de agua vs glicol de la camioneta #3

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

Es de importancia mencionar que la camioneta #4 tiene un comportamiento muy similar en sus curvas, la cual se encuentra en el anexo H, y la camioneta #5 llega a elevar un poco más sus valores, llegando al límite de porcentaje en el glicol, las curvas de esta camioneta se muestran en el anexo I.

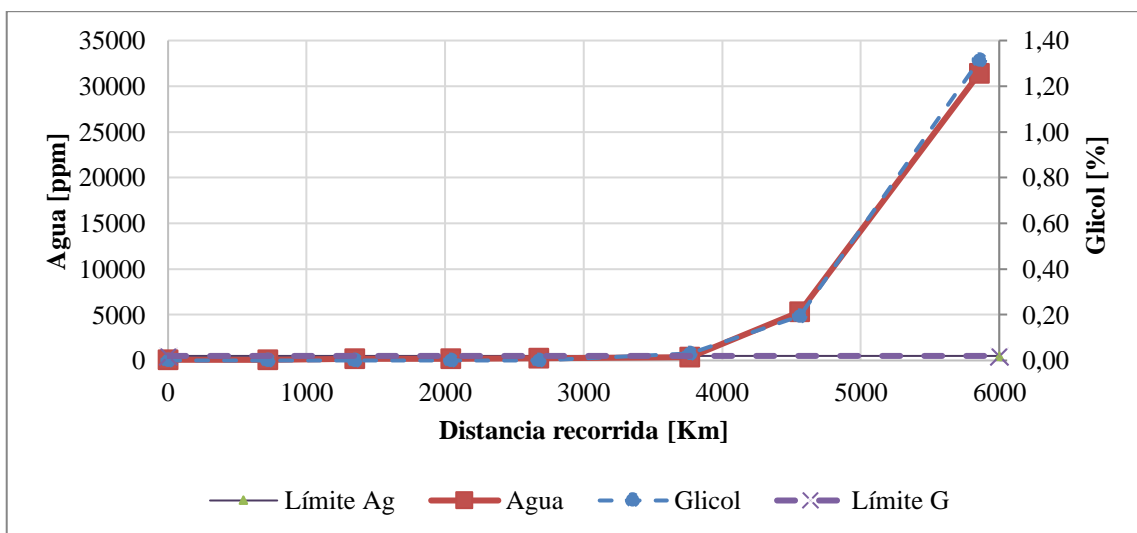


Ilustración 18-4: Correlación de agua vs glicol de la camioneta #32

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

En la Ilustración 18-4 se muestra que el lubricante tiene anomalías con la cantidad de partículas excedentes de agua y glicol con las que cuenta, a los 0 Km se observan los datos iniciales tomados de la muestra de aceite nuevo, para el agua con un valor de 76,640 ppm y para el glicol 0% datos

que como se explicó en la Ilustración 17-4 no son perjudiciales, en la curva se observa que hasta los 3766 Km de recorrido el agua se ha elevado a 361,817 ppm, sin sobrepasar el límite de 500 ppm, sin embargo a los 4559 Km el aceite sufre una contaminación de agua excedente, llegando a 5332,138 ppm, número que se eleva hasta 31409,672 ppm al haber recorrido 5856 Km, se tiene como antecedente que esta camioneta sufrió un recalentamiento del motor, por lo que los sellos o empaques, han dejado de cumplir con su función lo que evidentemente produjo cavitación y contaminación total del lubricante. El cual ya no cumple con sus funciones por lo que será necesario realizar un nuevo plan de lubricación que logré mantener la salud del motor.

La camioneta #30 de la flota muestra comportamientos similares de sus curvas, aunque con menos elevaciones, también se puede ver que ya ha sobrepasado con 2745,437 ppm los límites de agua y con 0,561% el glicol, sus curvas pueden ser vistas en el anexo J.

4.6. Resumen de resultados

Una vez analizado todas las propiedades, características y procesos a los que se logró caracterizar sobre el lubricante se realizará un comparativa general para poder determinar el estado general en el cual se encuentra el lubricante.

En la Tabla 5-4 se encuentra un resumen detallado del comportamiento de las propiedades y procesos que sufre el lubricante, con el cual se puede determinar el estado en el que se encuentra el aceite con respecto a cada una de las camionetas.

Tabla 5-4: Resumen de resultados por camioneta

Número de Camioneta	SA				CO						DE	Nivel de degradación		
	Viscosidad	Aditivos anti-desgaste	TBN	Índice químico	Hollín	Agua	Glicol	Proceso de oxidación	Proceso de sulfatación	Rigidez dieléctrica	Índice ferroso			
3	Se encuentra en alerta.	Tiene un descenso paulatino, sin llegar a un valor de 0.	Se mantiene dentro de los límites.	No presenta degradación química de gran impacto.	Contaminación mínima.	No existe contaminación que genere un fallo del lubricante.	No hay contaminación	Se encuentran dentro de los límites aceptables, sin afectar la calidad del lubricante.	Ubicado dentro del límite.	Se encuentra dentro de los rangos normales.	Valores normales de desprendimiento de partículas ferrosas.	Normal		
4	Desciende del límite inaceptable		Descienden bajo el límite de alerta.	Presenta alerta alta por deterioro químico del lubricante.	No genera mayor contaminación	Contaminación que supera el límite. Degradación prematura en el lubricante.	Sobrepasa del límite. Indicio de daño en empaques.	Sobrepasa el límite de alerta.				Sobrepasa el límite.	Excede los límites. Indica que existe gran cantidad de agua.	Alerta
5														Alerta
30	A temperatura de trabajo, es mayor debido al proceso de oxidación.											Crítico		
32	-	Comportamiento distinto debido al exceso de contaminantes.	Se encuentra bajo el límite inaceptable	Presenta un fallo alto. Degradación química total.	Excede el límite crítico. Lubricante en mal estado.	Contaminación excesiva.	Contaminación por refrigerante. Empaques en mal estado.	Sobrepasa el límite crítico. Necesario, realizar mantenimientos en menor tiempo.	Sobrepasa el límite de alerta.			Inaceptable		

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G., 2023.

Tabla 6-4: Evaluación del nivel de degradación

SACODE	Parámetros	Dato Catálogo	Dato obtenido	Evaluación de parámetro
Salud	Viscosidad 40	103,000	77,100	Alerta
	Viscosidad 100	14,200	14,700	Normal
	TBN	10,500	6,558	Alerta
	Oxidación	-	15,316	Alerta
	Sulfatación	-	18,990	Normal
Contaminación	Hollín	0,050	0,097	Inaceptable
	Agua	0,000	2018,331	Inaceptable
	Rigidez dieléctrica	2,250	2,300	Normal
	Glicol	0,000	0,581	Inaceptable
Desgaste	Índice químico	5-8	10	Inaceptable
	Índice ferroso	2-4	2	Normal

Con los resultados es permisible elaborar un plan de lubricación en el cual se considera ajustar tres aspectos, tipos de aceite, periodicidad y costos.

Tipos de aceite: Es recomendable utilizar el mismo aceite que se ha estado aplicando, ya que se han demostrado que cuenta con buenas características y presta las cualidades necesarias para el tipo de trabajo al que se somete.

Periodicidad: es necesario realizar un ajuste, debido a los resultados de degradación que se ha obtenido de propiedades como la viscosidad y TBN, siendo estos los de mayor importancia para determinar la salud en la que se encuentra el lubricante, y en base también a los procesos de oxidación y sulfatación que se han evidenciado en las muestras estudiadas.

Análisis de costos: se compara el costo anterior con el nuevo, y se establece que con el plan de mantenimiento que se ha elaborado para la flota, el valor del costo es mayor debido a que el tiempo entre mantenimiento es más corto, lo que significa que al año se necesita un mayor número de mantenimientos.

4.7. Comprobación de la hipótesis

Un hecho que respalda la aseveración de la hipótesis que se planteó es el plan de mantenimiento que se muestra en la Tabla 5-4, lo cual valida la hipótesis y la propuesta del nuevo plan tanto en distancia recorrida como en horas de trabajo, para la camioneta número 3 se determinó que se mantiene su plan de mantenimiento de 5000 Km, para las restantes se tiene distintos planes de acuerdo a como ha sufrido la degradación del lubricante, para la camioneta 32 se estableció una falla por lo que debe ser reparada y un plan de mantenimiento de 5000 Km tras su reparación.

También se resuelve finalmente que el costo anual total para el lubricante de la flota de camionetas sería de \$ 947,41, para determinar este valor fue necesario calcular la cantidad de mantenimientos que se debe realizar en el año con ayuda de la estimación de recorrido diario y la cantidad de días laborables, el cálculo se puede observar en el anexo K. De la misma manera se dedujo que con el plan de mantenimiento actual se tendría un costo de \$ 875,91, al aplicar el nuevo plan de mantenimiento se tiene un estimado de \$ 71,50 siendo más costoso.

Tabla 7-4: Propuesta del nuevo plan de mantenimiento

Número de camioneta	Mantenimiento actual		Costo	Mantenimiento recomendado		Costo	Comentario
	Kilometraje	Horas	\$	Kilometraje	Horas	\$	
3	5292,00	456,00	172,81	5000,00	417,00	172,81	Rangos normales en propiedades.
4	5342,00	456,00	172,81	4500,00	375,00	172,81	Viscosidad presenta un deterioro.
5	5674,00	464,00	172,81	4000,00	333,00	207,38	Elevación del hollín a los 4100 Km. Presencia de glicol a partir de los 4800. Caída de viscosidad.
30	5562,00	456,00	184,66	4000,00	333,00	221,60	Baja de TBN a los 4600 Km. Elevación brusca de agua a los 4200 Km, disminución en la viscosidad
32	5856,00	464,00	172,81	5000,00	417,00	172,81	Caída de TBN desde los 4500 Km. Oxidación elevada a partir de los 4200 Km. Hollín elevado a partir de los 4500. Elevación brusca de agua a partir de los 3700 Km, existe también glicol, por lo que existen problemas en empaques.

Realizado por: Ruiz, S. y Vásquez, G. 2023

CAPÍTULO V

5. MARCO PROPOSITIVO

En este capítulo final es posible encontrar sugerencias aplicativas a futuro del trabajo investigativo que se ha realizado.

Se proponen ideas con estudios tribológicos similares a otras flotas vehiculares, lo que ayudará a determinar si el lubricante en uso es el correcto y la degradación que sufre el mismo.

5.1. Propuesta

Luego de haber realizado el análisis de las muestras obtenidas y llegando a resolver el problema sobre el plan de mantenimiento con el que cuenta la flota de camionetas del GAD Municipal de Guano es posible mencionar que, para trabajos futuros, a más de realizar los análisis del lubricante con el que trabajan actualmente las flotas, sería factible también examinar muestras de otras marcas de lubricantes especialmente la que recomienda el fabricante, con el fin de realizar un análisis comparativo y tener en consideración no solo una mejora en el plan de lubricación, sino también un cambio en la marca de lubricante si se obtiene mejores alternativas.

También se puede realizar como continuación de este trabajo el estudio del desgaste de estos motores mediante análisis tribológico del lubricante utilizando otros equipos con los que cuenta el laboratorio de tribología de la facultad de Mecánica de la ESPOCH a más de los que se han utilizado en este estudio concluido, como es el ferrógrafo, equipo que permite separar indicios ferrosos y no ferrosos de la muestra de lubricante, y dependiendo de la partícula se puede determinar a qué parte del motor pertenece, conociendo de esta manera la pieza que se está sufriendo desgaste, lo que permitiría con este estudio establecer el kilometraje adecuado en el que se debería reparar los motores de aquellas unidades.

Siguiendo la misma metodología de este estudio es factible y aplicable a cualquier tipo de empresa u otro municipio del país que cuente con una flota vehicular, ya sean estas de vehículos livianos o maquinaria pesada. Para la toma de muestras realizar cada 500 Km si se tiene la disponibilidad de la flota y se recomienda a dichas muestras de preferencia ser analizadas con los equipos viscosímetro, espectrómetro y laboratorio portátil ya que estos brindan los resultados necesarios y principales para determinar la degradación que sufre el lubricante y poder elaborar un mejor plan de mantenimiento.

5.1.1. Procedimiento para seguir en un proyecto de análisis tribológico mediante lubricantes



Ilustración 1-5: Pasos para desarrollar el proyecto

Realizado por: Ruiz, S. Vásquez, G. 2023.

CONCLUSIONES

La investigación del datasheet del fabricante muestra los valores de las propiedades con las que cuenta el lubricante GULF 15W40 en sus condiciones iniciales, teniendo valores de viscosidad a 40°C de 103 cSt, a 100°C de 14,2 cSt, un TBN de 10,50 mgKOH/g, una densidad de 0,861 g/cm³ y un hollín de 0,970 % wt. Luego de haber realizado la caracterización los equipos se obtuvieron datos cercanos a estos valores, como una viscosidad a 40°C de 102,7 cSt a 100°C de 14,2 cSt, un TBN de 10,203 mgKOH/g, una densidad de 0,876 g/cm³ y un hollín de 0% wt, se concluye que hay factores que inciden en el lubricante previo al uso, se deben al modo de almacenamiento en el que se encuentra el aceite, su manipulación y a los factores ambientales que repercuten.

Se analizaron 7 muestras durante la operación por camioneta, posteriormente y mediante un estudio detallado de los resultados de cada prueba tribológica ejecutada se elaboraron ilustraciones que permitieron apreciar el comportamiento que tienen las distintas propiedades fisicoquímicas y procesos que contaminan al aceite al ser utilizado, se establece que la degradación en el aceite de la unidad #3 tiene un nivel de degradación normal, la #4 y #5 tienen un nivel de degradación en alerta, la unidad #30 tiene una degradación crítica por lo que fue necesario elaborar un nuevo plan de mantenimiento para las unidades #4, #5 y #30, en la camioneta #32 se determinó un nivel inaceptable en el lubricante por falla de empaques por lo que se debe reparar el motor de esa unidad.

Tras determinar el nivel de degradación del lubricante se establece que para la camioneta #3 no es de preocupación el cambio que sufre en base a su tiempo de uso, quedando determinado su mantenimiento en un intervalo de 5000 Km, para la camioneta #4 solo presenta degradación en la propiedad de viscosidad por lo que se recomienda un intervalo de mantenimiento de 4500 Km, la camioneta #5 presenta una alerta en los valores de TBN y hollín además un valor de 9,3 cSt en la viscosidad a temperatura de funcionamiento, siendo inapropiada por lo que se insta un intervalo de mantenimiento de 4000 Km y para la camioneta #32 se obtuvo una falla en el sistema de empaques lo que ocasiona un deterioro prematuro teniendo que realizar la reparación en el motor y mantener un intervalo de mantenimiento de 5000 Km luego de dicha reparación.

Las propiedades del TBN, aditivos y hollín tienen correlación con el proceso de oxidación por lo que se realizó las ilustraciones en donde se evidencia su comportamiento el cual a medida que la oxidación se incrementa, las propiedades de TBN y aditivos anti-desgaste disminuyen a diferencia del hollín que también se incrementa, además, se obtuvo una correlación entre el agua y glicol para las camionetas #5, #30 y #32 teniendo una contaminación por el sistema de refrigeración.

Al utilizar el nuevo plan de lubricación en la flota de camionetas como se tiene mantenimientos más prolongados se obtuvo una mayor cantidad de mantenimientos al año por lo que el costo de mantenimiento de toda la flota en un año sería 71,50 dólares más costoso.

RECOMENDACIONES

Es necesario tomar en cuenta que para realizar una buena investigación se debe considerar documentos confiables de las propias marcas de lubricantes, con el fin de caracterizar de manera correcta las propiedades con las que cuenta el lubricante en exploración.

Habiendo finalizado con este trabajo investigativo se puede sugerir que para investigaciones futuras de este tipo se genere un seguimiento periódico del aceite usado, con el fin de establecer intervalos de cambio con mayor precisión, además de tomar una mayor cantidad de muestras para determinar con mayor exactitud la degradación que existe en el lubricante.

Se sugiere utilizar el lubricante dado por el fabricante y no utilizar aceites que sean elaborados para vehículos con mayor tecnología, ya que esto solo ocasiona costos más elevados de mantenimiento y se sugiere también utilizar herramientas adecuadas para realizar los cambios de lubricante.

Es necesario también sugerir que se realice un mantenimiento correctivo al sensor de velocidad, para que en próximos estudios se pueda llevar un registro de kilometrajes con mayor exactitud y no hacerlos de manera estimada, ya que así el proceso será correcto, además, de ser posible establecer un sistema adecuado de gestión que les permita llevar controles preventivos de mantenimientos a tiempo. Por último, se sugiere también continuar con el análisis, aplicar el plan recomendado y una vez aplicado volver a evaluar con él con fin de corroborar el estudio que se ha realizado.

GLOSARIO

Aromático: Estructura cerrada no saturada que se deriva del benceno. (Real Academia Española, 2014).

Base lubricante: Base mineral que se obtiene del crudo del petróleo para la fabricación de lubricantes. (Real Academia Española, 2014).

Corpúsculos: Proporciones de materia muy pequeñas alcanzando niveles microscópicos. (Real Academia Española, 2014).

Degradación: Acción y efecto de deterioro. (Real Academia Española, 2014).

Densidad: Magnitud que relaciona la masa con el volumen de un cuerpo. (Real Academia Española, 2014).

Desgaste: Acción y efecto de desgastarse. (Real Academia Española, 2014).

Disolvente: Sustancia utilizada para disolver otra sustancia formando una disolución. (Real Academia Española, 2014).

Espectrometría: Técnica para la utilización de espectrómetros. (Real Academia Española, 2014).

Estabilidad: Capacidad de mantenerse dentro de los rangos establecidos manteniéndose en un equilibrio. (Real Academia Española, 2014).

Fisicoquímicas: Es una combinación de conceptos de la rama de la física y la química. (Real Academia Española, 2014).

Flota de vehículos: Conjunto de vehículos de una empresa. (Real Academia Española, 2014).

Fluorescencia: Luminiscencia debida a la excitación de una sustancia que absorbe radiaciones, y que cesa al desaparecer dicha excitación. (Real Academia Española, 2014).

Fotómetro: Aparato que mide la intensidad de la luz. (Real Academia Española, 2014).

Fricción: Roce que se genera entre dos superficies en contacto que se encuentran en movimiento. (Real Academia Española, 2014).

Hidrocarburo: Compuesto resultante al combinar hidrogeno y carbono. (Real Academia Española, 2014).

Industria automotriz: Organizaciones relacionadas áreas de diseño, desarrollo, manufactura, marketing y ventas. (Real Academia Española, 2014).

Insolubilidad: Incapacidad de disolverse. (Real Academia Española, 2014).

Mantenimiento preventivo: Realización de labores programadas periódicamente con la finalidad de evitar futuros daños imprevistos. (Real Academia Española, 2014).

Nafténicos: Compuesto orgánico que posee hidrogeno y carbono en su estructura. (Real Academia Española, 2014).

Parafinas: Pertenece a un conjunto de hidrocarburos alcanos. (Real Academia Española, 2014).

Polución: Severa contaminación del agua o del aire con residuos de procesos industriales. (Real Academia Española, 2014).

Refinación: Proceso de purificación que se somete a una sustancia. (Real Academia Española, 2014).

Solubilidad: Capacidad que tiene un fluido para disolver. (Real Academia Española, 2014).

Tribología: Técnica que estudia el rozamiento entre los cuerpos sólidos, con el fin de producir mejor deslizamiento y menor desgaste de ellos. (Real Academia Española, 2014).

Viscosidad: Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas. (Real Academia Española, 2014).

Volatilidad: Facilidad que tiene un combustible en inflamarse. (Real Academia Española, 2014).

BIBLIOGRAFÍA

ALBARRACÍN AGUILLÓN, Pedro, Tribología y Lubricación industrial y Automotriz. *Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz*. 2015.

ÁNTON PAAR, *Densímetro portátil: DMA 35*. Online. 2022. [Accessed 4 December 2022]. Retrieved from: <https://www.anton-paar.com/mx-es/productos/detalles/dma-35/#:~:text=EI%20DMA%2035%20a%20prueba,por%20un%20instrumento%20de%20laboratorio.>

AVILA HERAS, Juan Carlos, *Determinación del desgaste de los elementos mecánicos del motor mediante el análisis del aceite usado*. Cuenca: Universidad del Azuay.

BARRERA, Ángel & NIEVES, Claudio, *Análisis tribológico entre segmento y cilindro del motor Hyundai avante 1.5l, mediante el método de arrastre para determinar su eficiencia energética*. Online. [Accessed 5 December 2022]. Retrieved from: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21172/1/UPS-CT009300.pdf>

BARRERA YÁNEZ, Ricardo Gabriel, *Estudio del desgaste del motor en función del análisis de la composición del aceite lubricante*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

BARRIENTOS, Herbert, 2006. *Estudio comparativo para determinar ventajas del aceite sintético, sobre el mineral en el motor diésel Cummins n-14 del cabezal freightliner # 134 de la Empresa Cerca*.

CASTILLO, Felipe, *Tribología: fricción, desgaste y lubricación*. Las características principales de los lubricantes.

COAGUILA, Lenin, *Estudio del desgaste de las piezas mecánicas en las máquinas pesadas por la falta de lubricación* Online. [Accessed 4 December 2022]. Retrieved from: <http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/20.500.14179/826/1/TESIS%20COAGUILA%20SUPO.pdf>

ECUADOR, Quito, *Productos derivados del petróleo. Aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de otto. Requisitos*. Las características principales de los lubricantes. 2011.

EQUIPO DE RECUBRIMIENTOS DE ALTO RENDIMIENTO, Los modificadores de superficie permiten lograr los efectos deseados en recubrimientos y películas de tinta. Online. 2019. [Accessed 4 December 2022]. Retrieved from: <https://espanol.lubrizol.com/Coatings/Blog/2019/02/Surface-Modifiers-Deliver-Desired-Effects#:~:text=Los%20modificadores%20de%20superficie%20son,formulaciones%20de%20recubrimientos%20o%20tintas>

EXTECH INSTRUMENTS, *42570 Dual Laser InfraRed Thermometer*. Dual Laser InfraRed Thermometer. 2015.

EXTECH INSTRUMENTS, *Termómetro infrarrojo (IR)*. Las características principales de los lubricantes. 2016.

FERNÁNDEZ, Carlos & BAPTISTA, Pilar, *Metodología de la investigación*. Clasificación api de aceites base American Petroleum Institute. 2019.

GULF OIL INTERNATIONAL, Gulf Supreme Duty ULE Plus. <https://lubrisa.com/media/hoja/GULF%20SUPREME%20DUTY%20ULE%20PLUS%2015W40%20CK-4%20SN.pdf.pdf>. Online. 2015. [Accessed 4 December 2022]. Retrieved from: <https://lubrisa.com/media/hoja/GULF%20SUPREME%20DUTY%20ULE%20PLUS%2015W40%20CK-4%20SN.pdf.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS, INEC. Online. [Accessed 17 December 2022]. Retrieved from: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-de-anos-anteriores-transporte/>

JOSÉ BENLLOCH María, *Los lubricantes característicos, propiedades, aplicaciones*. Barcelona: 1990.

LALINDE, Hernández, DIEGO, Juan, CASTRO, Espinosa, et. al. Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. Online. 2018. Retrieved from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>

LÓPEZ, Andres, *Manual de prácticas laboratorio de investigación en tribología*. Las características principales de los lubricantes.

LUBRISA. *Programa de mantenimiento gulf*. Las características principales de los lubricantes.

MARTÍNEZ, Francisco, *La Tribología: Ciencia y Técnica Para el Mantenimiento*. Online. Ciudad de México. [Accessed 27 October 2022]. Retrieved from: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ht0KP_IscosC&oi=fnd&pg=PA9&dq=tribologia&ots=UoAXgHrmZ-&sig=mgjbE6TS25Ad7b3FZj_Y6pk9UDY#v=onepage&q=tribologia&f=false

MIRANDA MORENO, Gabriela Nicole, 2021. *Propuesta de proyecto de creación de un centro de investigación y desarrollo tribológico dentro la facultad de mecánica en la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

NORIA LATÍN AMÉRICA, *La oxidación – Enemiga del lubricante*. 2021.

OLARTE, William, BOTERO, Marcela & CAÑON, Benhur, Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia et Technica Año XVI*. 2010. Vol. 45.

PESANTEZ, Jorge & VEINTIMILLA, Daniel, *Análisis y diagnóstico de la degradación del aceite móvil 15w40 utilizado en un motor Isuzu 2500 turbo diésel*. Cuenca: Universidad del Azuay.

POZO, Juan, MARTÍNEZ, Boris, RODRÍGUEZ, Iván, MARTÍNEZ, et. al. 2014b. Analysis of lubricating oil in internal combustion engines of electrical power generation plant. December 2014.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, *Educación*. Las características principales de los lubricantes.2014.

RELIABILITYWEB, Las características principales de los lubricantes. *Las características principales de los lubricantes*. 15 April 2010.

SUNQING, Qiu, JUNXIU, Dong and GUOXU, Chen, 1999. Tribological properties of CeF₃ nanoparticles as additives in lubricating oils. *Wear*. 1999. Vol. 230, pp. 35–38.

SWISSOIL, *Cómo tomar muestras de lubricante usado* Online. Retrieved from: www.swissoil.com.ec 2016.

TECNOLOGÍA DE PRECISIÓN, 2019a. FluidScan 1000 - Analizador infrarrojo para aceites. . 2019.

TECNOLOGÍA DE PRECISIÓN, 2019b. FluidScan 1000 - Analizador infrarrojo para aceites. Online. 2019. [Accessed 4 December 2022]. Retrieved from: <https://www.mtb.es/producto/fluidscan-1000-analizador-infrarrojo-para-aceites/>

THAMPI, Ananthan D., PRASANTH, M. A., ANANDU, A. P., et. al. The effect of nanoparticle additives on the tribological properties of various lubricating oils – Review. *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol. 47, pp. 4919–4924. DOI 10.1016/j.matpr.2021.03.664.

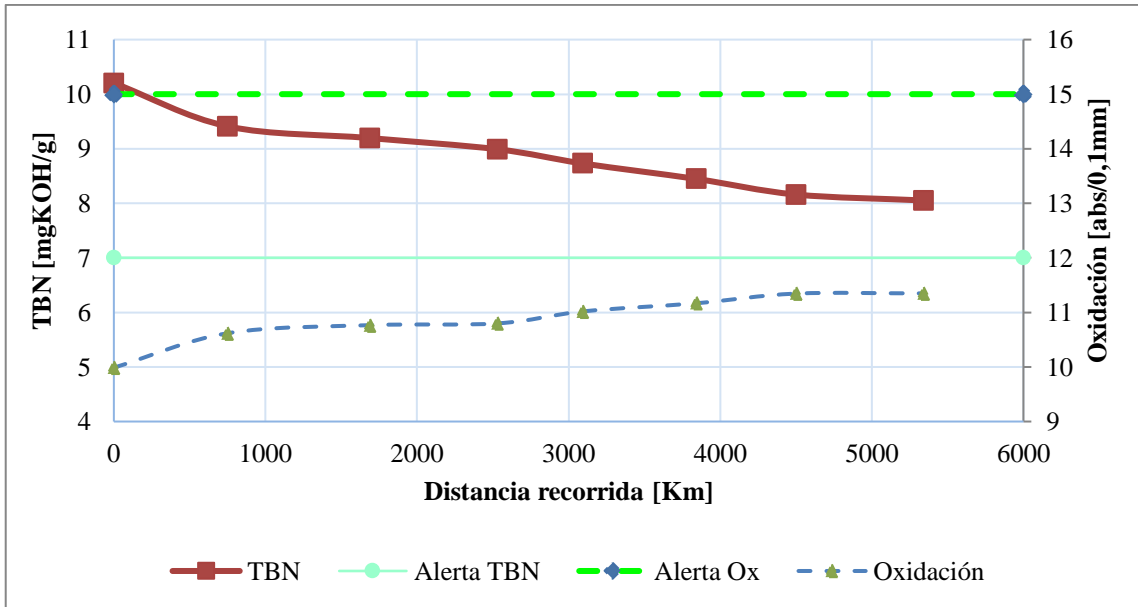
TORMOS, Bernardo, *Diagnóstico De Motores Diesel Mediante El Análisis Del Aceite Usado*.

VITERI BONILLA, Luis & JARAMILLO HIDALGO, Juan Carlos, *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*. Riobamba: escuela superior politécnica de Chimborazo. 2011.

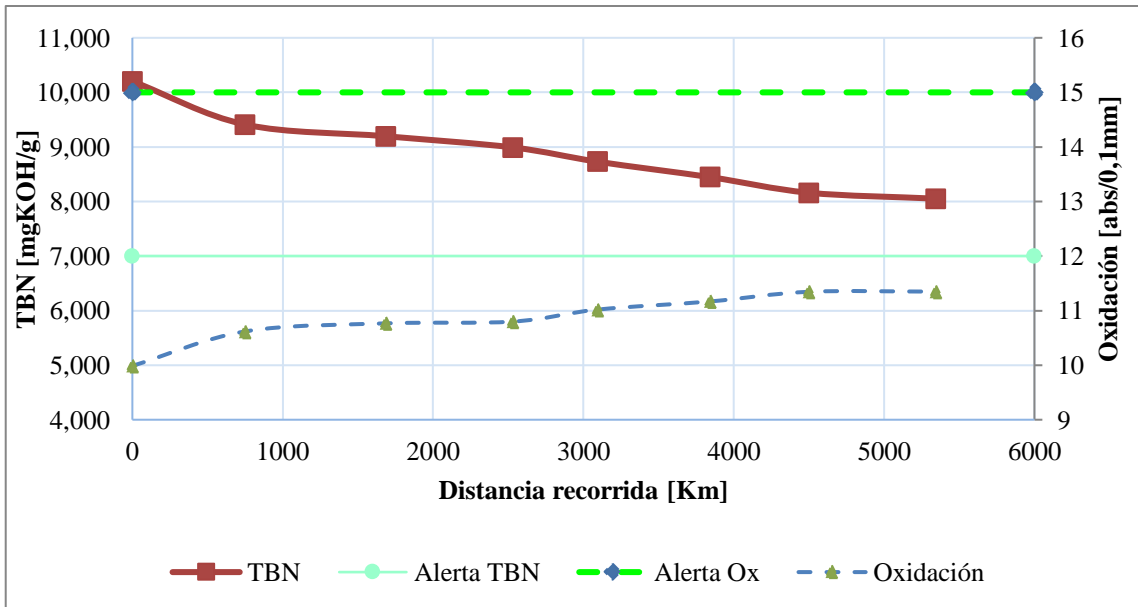
WIDMAN INTERNATIONAL SRL, Las características principales de los lubricantes. 2018. SAE J300. 18 November 2018.

ANEXOS

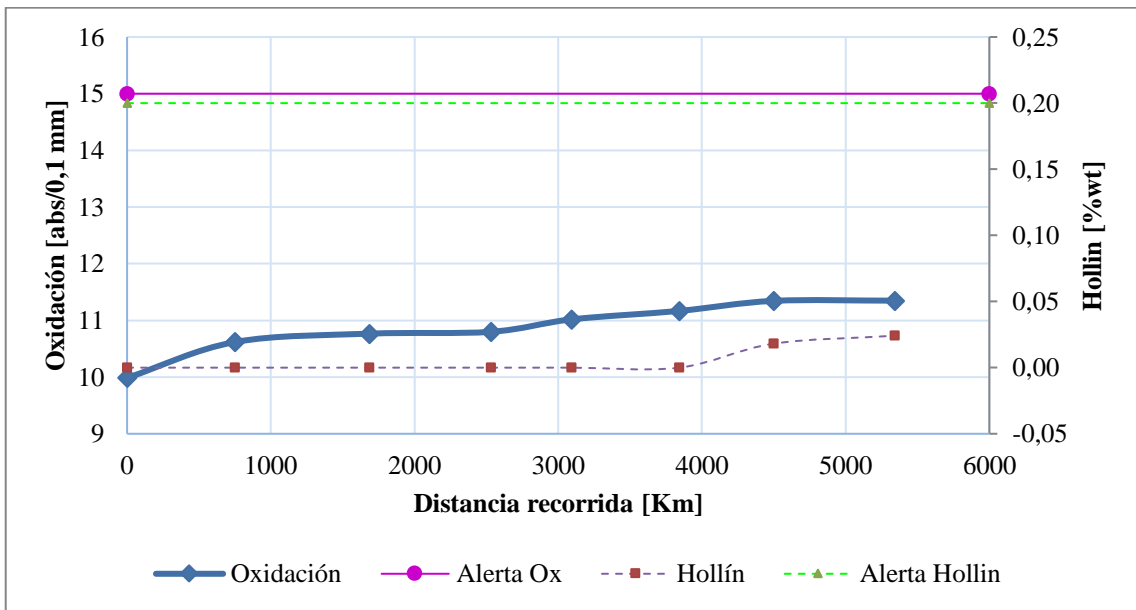
ANEXO A: CORRELACIÓN DE TBN Y OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #4



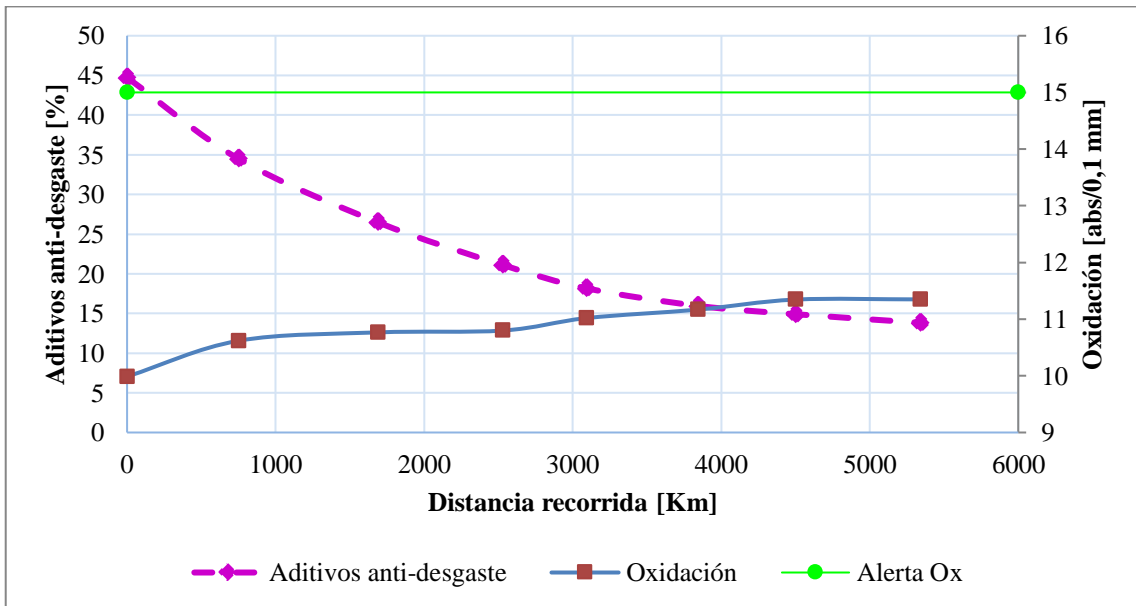
ANEXO B: CORRELACIÓN DE TBN Y OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #5



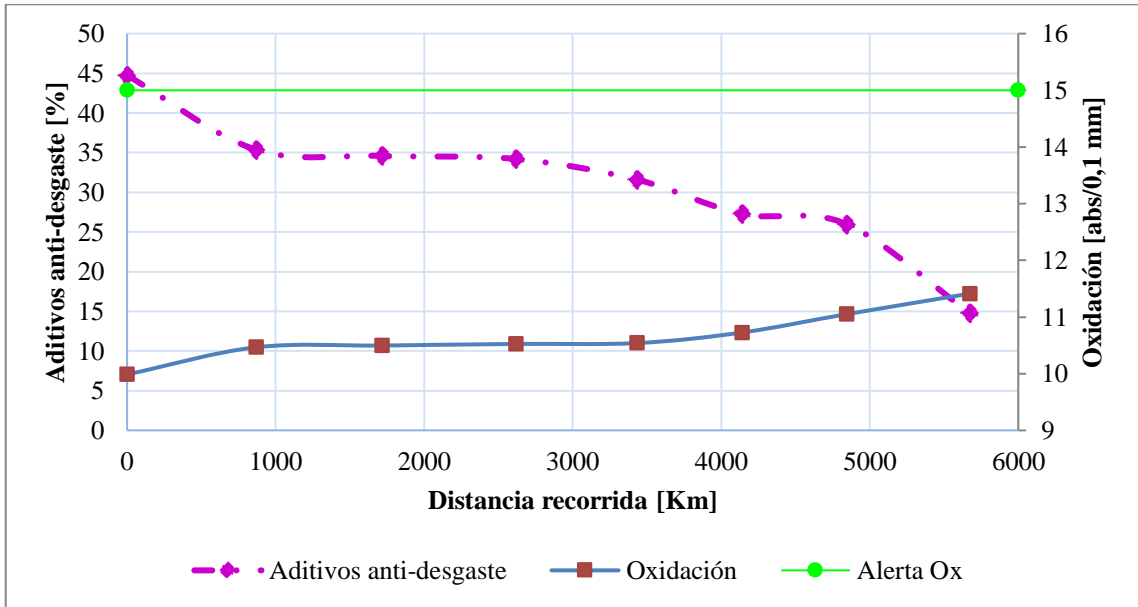
ANEXO C: CORRELACIÓN DE HOLLÍN Y OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #4



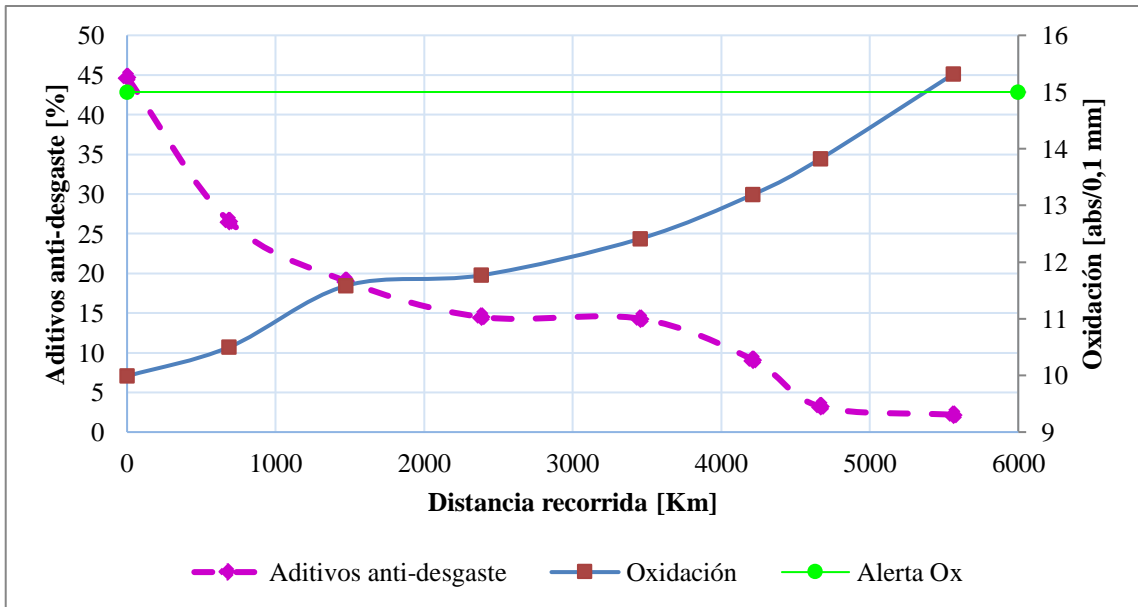
ANEXO D: CORRELACIÓN DE ADITIVOS ANTI-DESGASTE VS OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #4



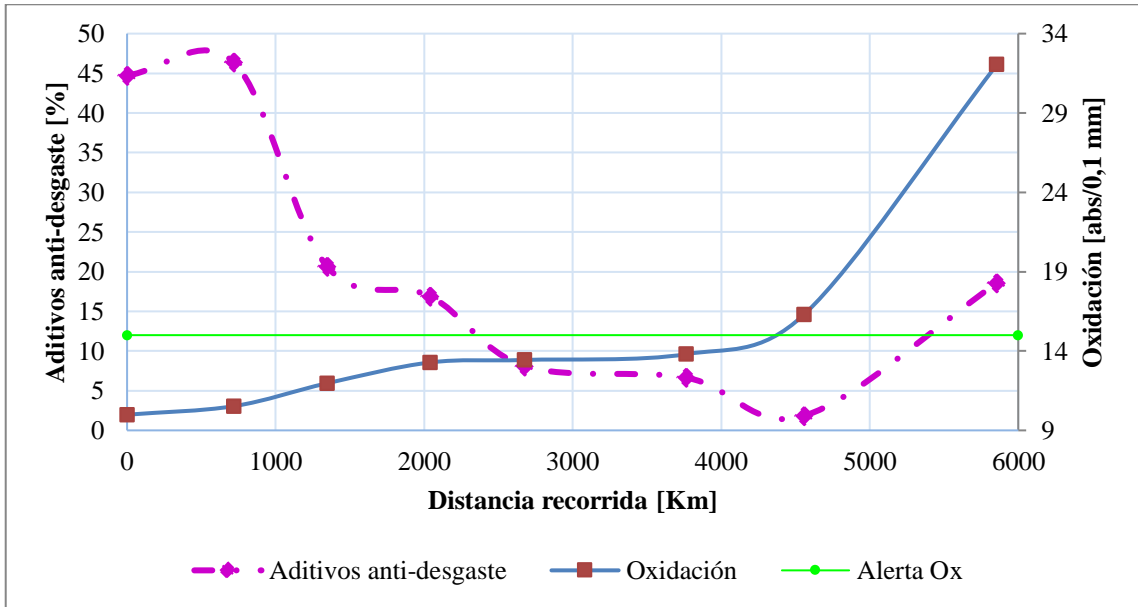
ANEXO E: CORRELACIÓN DE ADITIVOS ANTI-DESGASTE VS OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #5



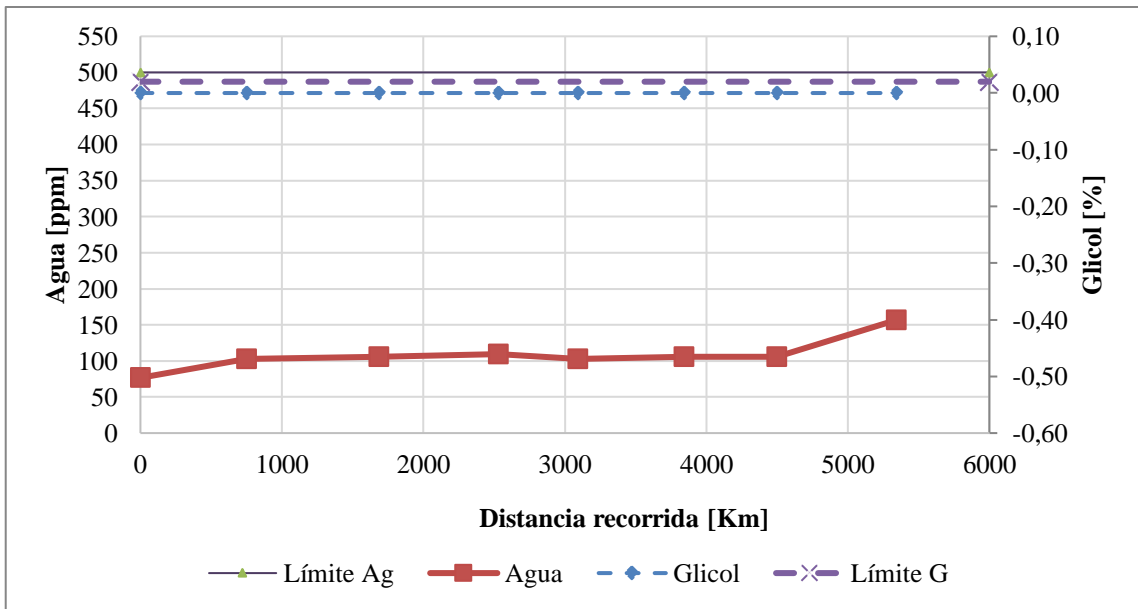
ANEXO F: CORRELACIÓN DE ADITIVOS ANTI-DESGASTE VS OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #30



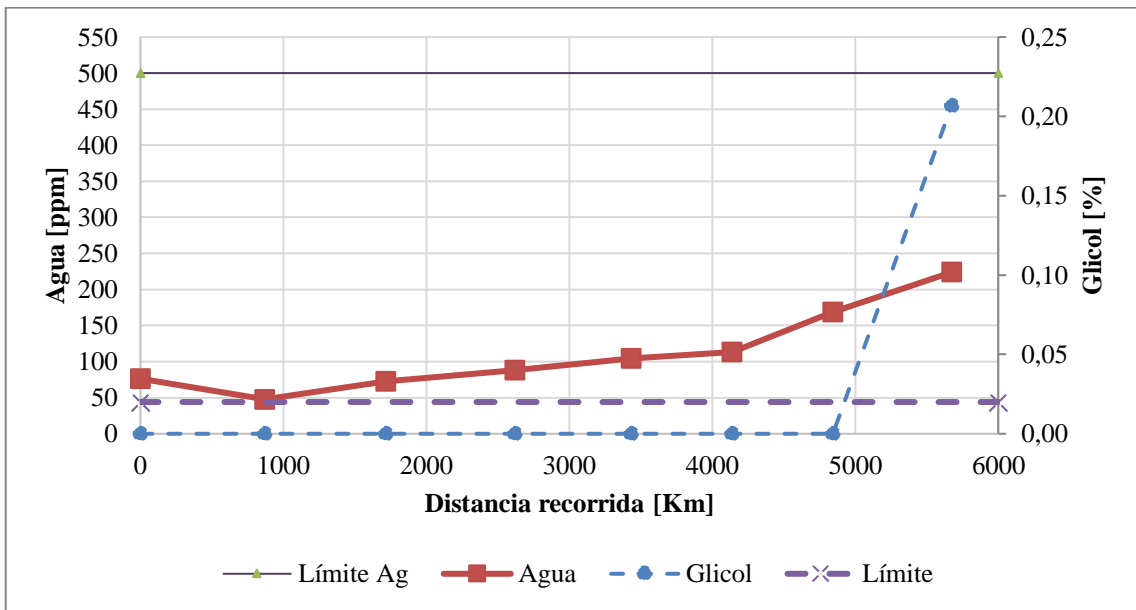
ANEXO G: CORRELACIÓN DE ADITIVOS ANTI-DESGASTE VS OXIDACIÓN DE LA CAMIONETA #32



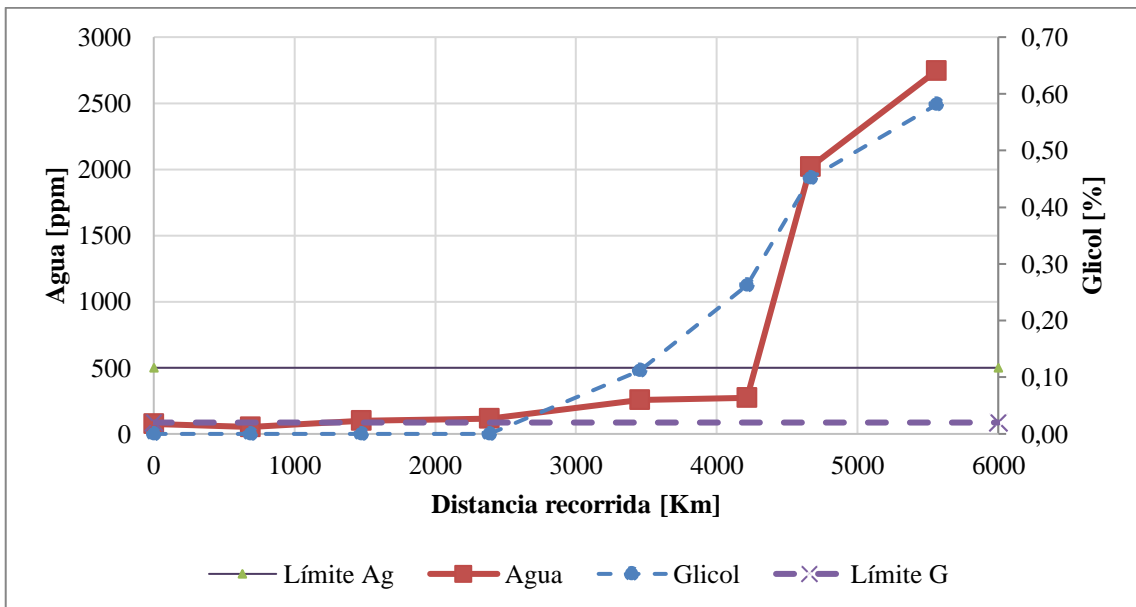
ANEXO H: CORRELACIÓN DE AGUA VS GLICOL DE LA CAMIONETA #4



ANEXO I: CORRELACIÓN DE AGUA VS GLICOL DE LA CAMIONETA #5



ANEXO J: CORRELACIÓN DE AGUA VS GLICOL DE LA CAMIONETA #30



ANEXO K: ESTIMACIÓN ANUAL DEL COSTO DEL NUEVO PLAN

	Recorrido aproximado por hora		12				
	Horas laborables		8				
	Días laborables al año		251				
Número de camioneta	Mantenimiento recomendado		días	Número de mantenimientos	Galones utilizados	Precio por galón	Costo anual de mantenimientos
	Kilometraje	Horas					
3	5000	417	52	5	1,75	19,75	172,81
4	4500	375	47	5	1,75	19,75	172,81
5	4000	333	42	6	1,75	19,75	207,38
30	4000	333	42	6	1,87	19,75	221,60
32	5000	417	52	5	1,75	19,75	172,81
						Total, flota	947,41

	Recorrido aproximado por hora		12				
	Horas laborables		8				
	días laborables al año		251				
Número de camioneta	Mantenimiento recomendado		días	# mantenimientos	Galones utilizados	Precio por galón	Costo anual de mantenimientos
	Kilometraje	Horas					
3	5000	417	52	5	1,75	19,75	172,81
4	5000	417	52	5	1,75	19,75	172,81
5	5000	417	52	5	1,75	19,75	172,81
30	5000	417	52	5	1,87	19,75	184,66
32	5000	417	52	5	1,75	19,75	172,81
						Total, flota	875,91