



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROGRAMACIÓN DE LOS INTERVALOS DE LUBRICACIÓN DE  
LA FLOTA VEHICULAR DE VOLQUETAS DEL GAD  
MUNICIPAL DE GUANO MEDIANTE ANÁLISIS TRIBOLÓGICO**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**WILLIAM MAURICIO QUINTEROS POZO**

**KEVIN GEOVANNY RAMOS CHAVEZ**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROGRAMACIÓN DE LOS INTERVALOS DE LUBRICACIÓN DE  
LA FLOTA VEHICULAR DE VOLQUETAS DEL GAD  
MUNICIPAL DE GUANO MEDIANTE ANÁLISIS TRIBOLÓGICO**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** WILLIAM MAURICIO QUINTEROS POZO

KEVIN GEOVANNY RAMOS CHAVEZ

**DIRECTOR:** ING. LUIS FERNANDO BUENAÑO MOYANO MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

**©2023, William Mauricio Quinteros Pozo; Kevin Geovanny Ramos Chávez**

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

Nosotros, William Mauricio Quinteros Pozo y Kevin Geovanny Ramos Chávez, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo 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, 01 de junio de 2023



**William Mauricio Quinteros Pozo**  
**160068627-1**



**Kevin Geovanny Ramos Chávez**  
**025018205-2**

**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, **PROGRAMACIÓN DE LOS INTERVALOS DE LUBRICACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR DE VOLQUETAS DEL GAD MUNICIPAL DE GUANO MEDIANTE ANÁLISIS TRIBOLÓGICO**, realizado por los señores: **WILLIAM MAURICIO QUINTEROS POZO Y KEVIN GEOVANNY RAMOS CHAVEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Mario Efrain Audelo Guevara. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-06-01
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano Msc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-01
Ing. Celin Abad Padilla Padilla Msc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-01

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de integración curricular, está dedicado principalmente a mis padres, quienes son los que me han dado fuerza para continuar con el proceso de obtener mi título, por su amor incondicional, su sacrificio en todos estos años, a mi querida hermana quien también fue parte fundamental de todo este proceso, que fue mi ejemplo a seguir para poder lograr todo lo que me propongo, a mi querido abuelo quien me enseñó a ser una gran persona en este mundo, a todas las personas que me acompañaron en mi formación profesional como personal.

**Kevin**

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de integración curricular agradezco a mis padres por darme esta gran oportunidad de formarme de manera profesional, a pesar de todos los contratiempos que se presentaron a lo largo del proceso, a mi hermana por aconsejarme y dirigirme cuando se suscitaban contratiempos, agradezco a la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por acogerme y brindarme la enseñanza para mi formación profesional.

**Kevin**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
SUMMARY .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1.	Planteamiento del problema .....	2
1.2.	Limitaciones y Delimitaciones.....	3
1.2.1.	<i>Limitaciones.</i> .....	3
1.2.2.	<i>Delimitaciones.</i> .....	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> .....	6
1.6.3.	<i>Justificación Practica</i> .....	6
1.7.	Hipótesis. ....	7
1.7.1.	<i>Hipótesis del proyecto</i> .....	7
1.7.2.	<i>Hipótesis nula</i> .....	7

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO .....	8
2.1.	Antecedentes de investigación.....	8
2.2.	Referencias teóricas .....	11
2.2.1.	<i>Aceite lubricante</i> .....	11
2.2.2.	<i>Composición de los lubricantes</i> .....	11



<b>2.2.3.</b>	<b><i>Clasificación de los lubricantes</i></b> .....	12
2.2.3.1.	<i>Aceites orgánicos</i> .....	12
2.2.3.2.	<i>Aceite tipo base mineral</i> .....	13
2.2.3.3.	<i>Aceite tipo base sintética</i> .....	14
2.2.3.4.	<i>Aceite semisintético</i> .....	15
<b>2.2.4.</b>	<b><i>Aditivos</i></b> .....	15
<b>2.2.5.</b>	<b><i>Tipos de aditivos</i></b> .....	15
<b>2.2.6.</b>	<b><i>Aditivos por aplicación</i></b> .....	16
<b>2.2.7.</b>	<b><i>Características de los aditivos</i></b> .....	17
2.2.7.1.	<i>Detergentes</i> .....	17
2.2.7.2.	<i>Dispersantes sin Cenizas</i> .....	18
2.2.7.3.	<i>Aditivos antioxidantes y anticorrosivos</i> .....	19
2.2.7.4.	<i>Aditivo mejorador de viscosidad</i> .....	19
2.2.7.5.	<i>Aditivo antidesgaste</i> .....	20
2.2.7.6.	<i>Antiespumantes</i> .....	20
2.2.7.7.	<i>Depresores del punto de fluencia</i> .....	21
<b>2.2.8.</b>	<b><i>Clasificación de los aceites lubricantes para motores</i></b> .....	21
2.2.8.1.	<i>ASTM</i> .....	21
2.2.8.2.	<i>SAE</i> .....	21
2.2.8.3.	<i>API</i> .....	23
2.2.8.4.	<i>Clasificación ISO</i> .....	24
2.2.8.5.	<i>Clasificación AGMA</i> .....	25
<b>2.2.9.</b>	<b><i>Propiedades generales de los lubricantes</i></b> .....	25
2.2.9.1.	<i>Propiedades físicas</i> .....	26
2.2.9.2.	<i>Propiedades Químicas</i> .....	28
2.2.9.3.	<i>Propiedades Físico-Químicas</i> .....	29
<b>2.2.10.</b>	<b><i>Norma técnica ecuatoriana INEN 2027</i></b> .....	32
2.2.10.1.	<i>Definiciones de la Norma técnica ecuatoriana INEN 2027</i> .....	32
2.2.10.2.	<i>Disposiciones generales de la norma INEN 2027</i> .....	33
2.2.10.3.	<i>Requisitos específicos de la norma INEN 2027</i> .....	34
2.2.10.4.	<i>Requisitos complementarios de la norma INEN 2027</i> .....	35
<b>2.2.11.</b>	<b><i>Inspección de la norma INEN 2027</i></b> .....	35
2.2.11.1.	<i>Muestreo</i> .....	35
2.2.11.2.	<i>Identificación de las muestras</i> .....	35
2.2.11.3.	<i>Aceptación o Rechazo de la norma INEN 2027</i> .....	35
2.2.11.4.	<i>Envasado y etiquetado de la norma INEN 2027</i> .....	36
<b>2.2.12.</b>	<b><i>Norma técnica ecuatoriana INEN 2029</i></b> .....	36

<b>2.2.13.</b>	<b><i>Ensayos realizados en la NTE INEN 2029 Determinación de la viscosidad.</i></b>	<b>37</b>
2.2.13.1.	<i>Determinación de la viscosidad.</i>	37
2.2.13.2.	<i>Determinación del índice de viscosidad.</i>	37
2.2.13.3.	<i>Determinación del punto de inflamación.</i>	38
2.2.13.4.	<i>Determinación del punto de escurrimiento.</i>	38
2.2.13.5.	<i>Determinación del color.</i>	38
2.2.13.6.	<i>Determinación de la acidez total.</i>	39
2.2.13.7.	<i>Determinación del contenido de cenizas.</i>	39
2.2.13.8.	<i>Determinación del contenido de agua.</i>	39
2.2.13.9.	<i>Determinación del contenido de policíclicos aromáticos.</i>	40
<b>2.2.14.</b>	<b><i>La Estadística.</i></b>	<b>40</b>
2.2.14.1.	<i>Obtención de datos.</i>	40
2.2.14.2.	<i>Datos de fuentes gubernamentales.</i>	40

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>41</b>
<b>3.1.</b>	<b>Enfoque de la investigación.</b>	<b>41</b>
<b>3.2.</b>	<b>Nivel de Investigación.</b>	<b>41</b>
3.2.1.	<i>Investigación Exploratoria.</i>	42
3.2.2.	<i>Investigación Descriptiva.</i>	42
3.2.3.	<i>Investigación Correlacional.</i>	42
3.2.4.	<i>Investigación Explicativa.</i>	42
<b>3.3.</b>	<b>Diseño de investigación.</b>	<b>42</b>
3.3.1.	<i>Según la manipulación de la variable independiente.</i>	42
3.3.2.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo.</i>	43
<b>3.4.</b>	<b>Tipo de estudio (documental y de campo)</b>	<b>44</b>
<b>3.5.</b>	<b>Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de muestra.</b>	<b>44</b>
3.5.1.	<i>Población y muestra.</i>	44
3.5.2.	<i>Selección de los volquetes para el estudio.</i>	46
3.5.3.	<i>Planificación para la toma de muestras.</i>	47
3.5.4.	<i>Especificación del lubricante empleado para este estudio.</i>	48
<b>3.6.</b>	<b>Diagrama de flujo de la toma de muestras y análisis en laboratorio.</b>	<b>49</b>
3.6.1.	<i>Procedimiento para toma de muestras.</i>	50
<b>3.7.</b>	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación.</b>	<b>54</b>
3.7.1.	<i>Pruebas tribológicas.</i>	54
3.7.2.	<i>Medidor de densidad DMA 35.</i>	54

3.7.3.	<i>Oil View Quick-Check</i> .....	56
3.7.4.	<i>FluidScan</i> .....	58
3.7.5.	<i>Viscosímetro centrifugo</i> .....	61
3.7.6.	<i>Pirómetro EXTECH</i> .....	62

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.</b> .....	64
4.1.	<b>Análisis con FluidScan</b> .....	64
4.1.1.	<i>Aditivo anti-desgaste</i> .....	65
4.1.2.	<i>Glicol</i> .....	66
4.1.3.	<i>Oxidación</i> .....	67
4.1.4.	<i>Hollín</i> .....	68
4.1.5.	<i>Sulfatación</i> .....	69
4.1.6.	<i>TBN</i> .....	70
4.2.	<b>Análisis con Oil View Quick Check</b> .....	71
4.2.1.	<i>Índice químico</i> .....	72
4.2.2.	<i>Severidad química</i> .....	73
4.2.3.	<i>Número dieléctrico</i> .....	74
4.2.4.	<i>Índice ferroso</i> .....	75
4.3.	<b>Densímetro</b> .....	76
4.4.	<b>Viscosímetro</b> .....	77
4.4.1.	<i>Viscosidad a 40°C</i> .....	78
4.4.2.	<i>Viscosidad a 100°C</i> .....	79
4.5.	<b>Conglomeración de contaminantes y degradación del aceite lubricante</b> .....	80

## CAPÍTULO V

5.	<b>MARCO PROPOSITIVO</b> .....	82
5.1.	<b>Propuesta</b> .....	82

<b>CONCLUSIONES</b> .....	85
---------------------------	----

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	87
------------------------------	----

## GLOSARIO

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Tipos de aditivos para aceites lubricantes y su composición. ....	15
<b>Tabla 2-2:</b>	Tipos de aditivos por su aplicación en el medio de trabajo. ....	17
<b>Tabla 3-2:</b>	Clasificación de los aceites lubricantes automotrices según el grado de viscosidad SAE. ....	22
<b>Tabla 4-2:</b>	Clasificación ISO de viscosidad cSt a 40°C. ....	24
<b>Tabla 5-2:</b>	Grado AGMA en comparación a grado SAE, para motor y engranajes. ....	25
<b>Tabla 6-2:</b>	Contaminantes presentes en el lubricante. ....	30
<b>Tabla 7-2:</b>	Contaminantes del lubricante en base a su origen. ....	31
<b>Tabla 8-2:</b>	Ensayos de aceite de motor clasificando el servicio API, basada en la norma SAE J183. ....	33
<b>Tabla 9-2:</b>	Clasificación y requisitos de propiedades fisicoquímicos de los aceites lubricantes para motores de ciclo Otto. ....	34
<b>Tabla 10-2:</b>	Clasificación de las bases lubricantes parafínicas vírgenes y re-refinadas. ....	37
<b>Tabla 11-2:</b>	Valores de número de ácidos según el estándar de IEEE Std. 62-1995. ....	39
<b>Tabla 1-3:</b>	Variables dependientes e independientes y su intervención en el trabajo. ....	43
<b>Tabla 2-3:</b>	Características generales de las volquetas del GAD municipal de Guano y su estado de operación. ....	46
<b>Tabla 3-3:</b>	Especificaciones, aprobaciones, propiedades físicas del lubricante GULF SUPREME 15W40. ....	48
<b>Tabla 4-3:</b>	Especificaciones técnicas del medidor de densidad portátil DMA 35 basic. ....	55
<b>Tabla 5-3:</b>	Modos de operación del equipo Oil View Quick-Check. ....	57
<b>Tabla 6-3:</b>	Especificaciones técnicas del equipo Oil View Quick-Check. ....	58
<b>Tabla 7-3:</b>	Información técnica del equipo FluidScan. ....	60
<b>Tabla 8-3:</b>	Especificaciones de operación del equipo FluidScan. ....	60
<b>Tabla 9-3:</b>	Accesorios consumibles al momento de realizar una prueba de aceite en el equipo FluidScan. ....	60
<b>Tabla 10-3:</b>	Modelos y principales parámetros técnicos. ....	62
<b>Tabla 11-3:</b>	Especificaciones técnicas del equipo pirómetro EXTECH. ....	63
<b>Tabla 1-4:</b>	Valores del aceite lubricante Gulf 15W40 mediante equipo FluidScan de la volqueta número 17. ....	64
<b>Tabla 2-4:</b>	Valores del aceite lubricante Gulf 15W40 mediante equipo Oil view Check de la volqueta número 17. ....	71
<b>Tabla 3-4:</b>	Densidades registradas de todas las muestras a una temperatura ambiente. ....	76

<b>Tabla 4-4:</b>	Temperatura y viscosidad registrada de la medición del aceite GULF SUPREME DUTY ULE PLUS 15W40.....	77
<b>Tabla 5-4:</b>	Conglomeración de contaminantes y degradación del aceite lubricante de la flota vehicular de volquetas del GAD de Guano.....	80
<b>Tabla 1-5:</b>	Plan de lubricación sugerido en base al análisis de aceite lubricante en cuanto a degradación y contaminación. ....	83
<b>Tabla 2-5:</b>	Costo de implementación del nuevo plan de lubricación para las volquetas del GAD municipal del cantón Guano. ....	84

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b>	Componentes de los aceites lubricantes de motores. ....	11
<b>Ilustración 2-2:</b>	Clasificación de los aceites lubricantes automotrices. ....	12
<b>Ilustración 3-2:</b>	Aceite lubricante del tipo mineral. ....	13
<b>Ilustración 4-2:</b>	Aceite lubricante del tipo sintético. ....	14
<b>Ilustración 5-2:</b>	Bases que conformar los aditivos en el aceite lubricante. ....	16
<b>Ilustración 6-2:</b>	Efecto detergente frente a partículas de contaminación (hollín). ....	18
<b>Ilustración 7-2:</b>	Función del antioxidante en el aceite lubricante. ....	19
<b>Ilustración 8-2:</b>	Polímero mejorador del índice de viscosidad en función de la temperatura. .....	19
<b>Ilustración 9-2:</b>	Actuación de las moléculas de aditivos anti-desgaste. ....	20
<b>Ilustración 10-2:</b>	Inhibidor de espuma frente a una burbuja en el lubricante. ....	20
<b>Ilustración 11-2:</b>	Diferencia de viscosidades de un fluido. ....	26
<b>Ilustración 12-2:</b>	Constitución de una mancha de aceite. ....	31
<b>Ilustración 13-2:</b>	Degradación del aceite en función de su coloración. ....	38
<b>Ilustración 1-3:</b>	Niveles de investigación aplicados en el proyecto. ....	41
<b>Ilustración 2-3:</b>	Lugar donde se sitúa la población de estudio. ....	45
<b>Ilustración 3-3:</b>	Selección de volquetes para estudio. ....	46
<b>Ilustración 4-3:</b>	Aceite nuevo guardado en bodegas del GAD municipal del cantón Guano. .....	48
<b>Ilustración 5-3:</b>	Procedimiento para la extracción, envasado, etiquetado y traslado para pruebas de laboratorio de las muestras de aceite. ....	50
<b>Ilustración 6-3:</b>	Posición del vehículo para proceder con la toma de muestra. ....	51
<b>Ilustración 7-3:</b>	Dispositivo jeringuilla manguera usado para extraer aceite del motor. ....	52
<b>Ilustración 8-3:</b>	Procedimiento poco invasivo para la extracción de aceite lubricante del motor. ....	52
<b>Ilustración 9-3:</b>	Succión de aceite lubricante con ayuda del dispositivo Jeringa manguera. ....	53
<b>Ilustración 10-3:</b>	Envasado y etiquetado de la muestra según la norma INEN 2027. ....	53
<b>Ilustración 11-3:</b>	Medidor de densidad portátil DMA 35 basic. ....	54
<b>Ilustración 12-3:</b>	Equipo Oil View Quick-Check compatible con IBM PC a través de la interfaz RS-232C. ....	56
<b>Ilustración 13-3:</b>	FluidScan (spectro scientific). ....	58
<b>Ilustración 14-3:</b>	Viscosímetro centrifugo mrc. ....	61
<b>Ilustración 15-3:</b>	Spindles de usados para la medición del aceite lubricante con el viscosímetro. .....	62

<b>Ilustración 16-3:</b>	Pirómetro EXTECH dual laser.....	63
<b>Ilustración 1-4:</b>	Porcentaje de aglomeración de aditivo vs Tiempo en semanas del aceite de la flota vehicular de Guano. ....	65
<b>Ilustración 2-4:</b>	Porcentaje de Glicol mostrado por el equipo del aceite de la flota vehicular de Guano.....	66
<b>Ilustración 3-4:</b>	Abs/0.1mm de Oxidación vs Tiempo en semanas del aceite de la flota vehicular de Guano. ....	67
<b>Ilustración 4-4:</b>	Porcentaje wt de hollín vs Tiempo en semanas del aceite de la flota vehicular de Guano.....	68
<b>Ilustración 5-4:</b>	Abs/0.1mm de Sulfatación vs Tiempo en semanas del aceite de la flota vehicular de Guano. ....	69
<b>Ilustración 6-4:</b>	TBN medido en mgKOH/g vs Tiempo en semanas del aceite de la flota vehicular de Guano. ....	70
<b>Ilustración 7-4:</b>	Parámetros y alertas para el índice de degradación del lubricante para un motor a Diesel.....	71
<b>Ilustración 8-4:</b>	Índice químico vs tiempo en semanas de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano. ....	72
<b>Ilustración 9-4:</b>	Severidad química vs tiempo en semanas de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano. ....	73
<b>Ilustración 10-4:</b>	Número dieléctrico vs tiempo en semanas de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano. ....	74
<b>Ilustración 11-4:</b>	Índice ferroso vs tiempo en semanas de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano. ....	75
<b>Ilustración 12-4:</b>	Densidad vs tiempo en semanas de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano.....	76
<b>Ilustración 13-4:</b>	Viscosidad medido en mPa*s vs tiempo en semanas a 40°C de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano.....	78
<b>Ilustración 14-4:</b>	Viscosidad medido en mPa*s vs tiempo en semanas a 100°C de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano.....	79

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** PROCESO DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS Y ETIQUETADO.

**ANEXO B:** ANÁLISIS DEL ACEITE LUBRICANTE EN LOS DIFERENTES EQUIPOS DE LABORATORIO.

**ANEXO C:** REPORTE GENERADO POR EL EQUIPO OIL VIEW QUICK CHECK DE LA VOLQUETA V-8 EN ESTADO INICIAL.

**ANEXO D:** REPORTE GENERADO POR EL EQUIPO OIL VIEW QUICK CHECK DE LA VOLQUETA V-8 LUEGO DE 250 HORAS DE USO.

**ANEXO E:** ANÁLISIS DE CAMBIOS DE ACEITE REALIZADOS EN UN AÑO Y CAMBIOS DE ACEITES REALIZADOS POR CADA VOLQUETA CON EL NUEVO PLAN DE LUBRICACIÓN.

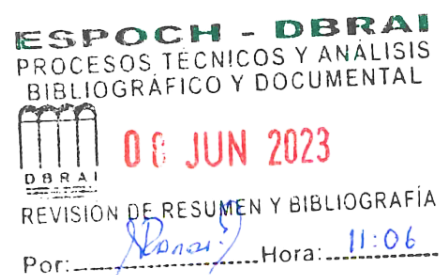


## RESUMEN

En el GAD Municipal del cantón Guano es plausible que la falta de equipamiento hace que el mantenimiento lo realicen empíricamente, desconociendo el beneficio que generaría realizar un análisis tribológico del lubricante en distintas etapas de funcionamiento para de esta manera identificar el lubricante adecuado y proponer un programa de recambio optimizado. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue elaborar un plan de intervalos de lubricación de los motores de la flota vehicular de volquetas del GAD municipal del cantón Guano mediante análisis tribológicos. La metodología implementada tuvo un enfoque cuantitativo, tomando en cuenta la medición numérica, además presenta una modalidad de estudio del tipo documental y de campo, dado que la recolección de muestras de las volquetas se realizó en el GAD municipal de Guano, se consideró como punto estratégico las 6 volquetas que se encuentran en estado operativo para su respectivo análisis de aceite utilizando distintos métodos, técnicas e instrumentos. El análisis tribológico para este estudio consta de cinco equipos que ayudaron a medir distintos parámetros en el cual se encuentra funcionando el aceite lubricante como son medidor de densidad, FluidScan, Oil View Quick-Check, viscosímetro centrifugo, pirómetro. Mediante el análisis en los distintos equipos, se muestra el desgaste del aditivo, el aumento de sulfatos, hollín, oxidación, disminución del TBN, adicional un análisis con alarmas de desgaste referente a severidad química y daño ferroso, la disminución de viscosidad en estado de arranque y funcionamiento del aceite a 40°C y 100°C. Se concluye que el aceite lubricante funciona como una unidad, que mientras se afecten ciertos parámetros de funcionamiento este repercutirá en gran medida en otras propiedades de este, además el nuevo plan de lubricación esta aplicado a las características y propiedades del lubricante durante un cambio de aceite.

**Palabras clave:** <ANÁLISIS TRIBOLÓGICO>, <DEGRADACIÓN DEL ACEITE>, <PLAN DE INTERVALOS DE LUBRICACIÓN <FLOTA VEHICULAR>, <GUANO (CANTÓN)>.

0997-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

In the municipal GAD of Guano canton, it is plausible that the lack of equipment makes the maintenance carried out empirically, ignoring the benefit of carrying out a tribological analysis of the lubricant in different stages of operation to identify the correct lubricant and proposing an optimized replacement program. Therefore, the objective of the present investigation was to elaborate a plan of lubrication intervals of the engines of the vehicle fleet of dump trucks of the municipal GAD of the Guano canton through tribological analysis. The implemented methodology had a quantitative approach, considering the numerical measurement; it also presents a modality of study of the documentary and field type, given that the collection of samples from the dump trucks was carried out in the municipal GAD of Guano. The six dump trucks that are in an operational state were considered strategic points for their respective oil analysis using different methods, techniques, and instruments. The analysis tribology for this study consists of five teams that helped to measure various parameters in which the lubricating oil is operating, such as a density meter, FluidScan, Oil View Quick-Check, centrifugal viscometer, pyrometer. The analysis of the different equipment shows the wear of the additive, the increase of sulfates, soot, oxidation, and decrease in TBN, plus an analysis with wear alarms regarding chemical severity and ferrous damage, the decrease in viscosity in the starting and operating state of the oil to 40°C and 100°C. It is concluded that the lubricating oil works as a unit, that while it affects specific operational parameters, this will significantly affect other properties of this. In addition, the new lubrication plan is applied to the characteristics and properties of the lubricant during an oil change.

**Keywords:** <TRIBOLOGICAL ANALYSIS> <OIL DEGRADATION> <PLAN OF LUBRICATION INTERVALS> <VEHICULAR FLEET> <GUANO (CANTON)>.



Lic. Patricia Pilar Moyota Amaguaya. Mgs  
C.I.: 0603611013

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se refiere al estudio y análisis de la degradación del lubricante GULF 15w40 utilizado en algunos motores de combustión interna Diesel. Se ha considerado trabajar con la flota de volquetas del Gad municipal de Guano. El trabajo abarca todo el estudio y análisis de los aceites lubricantes existentes, sus propiedades, su clasificación, viscosidad, origen precedencia, aditivos que se añaden de acuerdo con el trabajo de operación. En base a todos estos antecedentes se puede tratar de determinar el origen y efecto de la degradación del lubricante. Además, se introduce el uso de análisis de aceite lubricantes como ventaja en el mantenimiento de las volquetas ya que nos proporciona una advertencia anticipada de los problemas que lleguen a surgir mientras las volquetas estén trabajando y los ya existentes antes de que estos se tornen en una falla más grave, este análisis ayuda y genera un ahorro de tiempo y dinero, logrando evitar las reparaciones innecesarias y permitiéndonos dar un mantenimiento del equipo sin ponernos en apuros. Se debe tener en cuenta que es muy grande la industria automotriz que existe en el mundo y por ende la que más trabajo genera, el mantenimiento y funcionamiento que se suministre dependerá de las personas que esté a cargo.

En diversos mecanismos de los componentes internos del motor que están sometidos a rozamiento constante producto del movimiento, lo que causa desgaste y disminuye el rendimiento por ende el aceite lubricante es un elemento indispensable para el correcto funcionamiento de los motores, mecanismos de dirección, transmisión, etc. La aplicación básica del lubricante es la de interponerse entre dos superficies que tienden a rozar con el fin de evitar desgaste excesivo y reducir la fricción como también realiza otros puntos importantes como son:

- Lubricar y disminuir el trabajo perdido por rozamiento entre piezas del motor o transmisión.
- Refrigerar los componentes internos del motor.
- Amortiguar los golpes entre las piezas móviles.
- Minimizar en cuanto a la formación y acumulación de depósitos y ácidos.
- Limpiar las superficies por las que circula el lubricante.
- Disminuir la corrosión de las partes internas.
- Efectuar una acción de sellado en la cámara de combustión y de estanqueidad en diversas zonas.

Sabiendo esto pues se pretende realizar un estudio de la degradación del lubricante en las volquetas del Gad municipal de Guano con la ayuda de análisis tribológico para con ello conocer las variables en las cuales sufren mayor deterioro de aceite y mediante este estudio sugerir un plan de mantenimiento para evitar futuras reparaciones en los motores.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

Según (Apolo Ordóñez y Matovelle Bustos, 2012, p. 151), el mantenimiento es parte fundamental de los trabajos que se deben realizar en una flota de vehículos dentro del taller automotriz, para optimizar los recursos de los que se dispone y reducir los costos operativos y con el concerniente objetivo de garantizar el buen funcionamiento de todos los vehículos y maquinarias que componen la flota de la empresa o institución en cuestión. Toda máquina o equipo estará sometido a algún tipo de desgaste relacionado con causas como: su propia naturaleza de funcionamiento, agentes externos de contaminación, fatiga por el trabajo que realiza, el lugar geográfico donde se encuentra, etc. En grandes flotas vehiculares como, la de volquetas del GAD Municipal de Guano, la realización de trabajos y actividades preventivas, correctivas, predictivas programadas son necesarias para optimizar los recursos e insumos ocupados en realizar el mantenimiento que realizan los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

Ejecutar las revisiones periódicas y el cambio del lubricante en un tiempo justo es de vital importancia para el correcto funcionamiento de la maquinaria, muchos de los talleres mecánicos que realizan trabajos sobre grandes flotas vehiculares procuran realizar el mantenimiento de la flota vehicular en el tiempo preciso, asumiendo de manera empírica el desgaste del elemento lubricante, es general en el sector que quienes realizan este tipo de mantenimiento tienen un gran desconocimiento del desgaste o deterioro que sufre el agente lubricante cuando entra en funcionamiento o cuando sobrepasa su tiempo de trabajo, en el caso del Gad Municipal del cantón Guano es plausible también que la falta de equipamiento ha hecho que el mantenimiento lo realicen de manera empírica, desconociendo en parte el beneficio que generaría realizar un análisis tribológico del lubricante en distintas etapas de funcionamiento de la máquina para de esta manera identificar el lubricante adecuado y proponer un programa de recambio optimizado en base a los resultados de los aceites en distintas etapas de su funcionamiento en los motores de las volquetas de Gad Municipal de Guano. El saber cómo se están degradando, saber si cumplen con su agente detergente, y poder determinar si con el uso no generan un riesgo para la vida útil de estos motores ayuda en gran manera a la reducción de costos a largo plazo en las flotas vehiculares, muchas empresas con flotas vehiculares no realizan este tipo de análisis por su elevado costo, pero realizar el correcto plan de mantenimiento y programa de recambio de aceites lubricantes generara una optimización en gastos de la empresa y buen funcionamiento de la maquinaria. (Padilla Valdez, 2012, p. 214).

## **1.2. Limitaciones y Delimitaciones.**

### **1.2.1. Limitaciones.**

- Una limitación del presente trabajo es el análisis que se va a realizar referente al aceite usado en las volquetas del GAD municipal del cantón Gano, ya que las muestras se podrán tomar durante un cambio de aceite lubricante motor de la maquinaria, alrededor de 5000 Km.
- Las pruebas se tomarán dependiendo la disponibilidad de la flota vehicular de volquetas del GAD municipal del cantón Guano, ya que en algunos casos la flota entra en estado de emergencia, dado que ocurren eventos físicos como deslaves, derrumbos, entre otros.
- En ocasiones algunas unidades de la flota vehicular de volquetas no se encontrarán disponibles para realizar la toma de muestras, ya existen factores no controlados, como una reparación de algún componente, entonces la misma entrará en un mantenimiento de larga duración o pueden darlas de baja.
- Para el análisis del aceite lubricante en el laboratorio, fue necesario tener la disponibilidad de uso de los equipos, además que se encuentren en funcionamiento, para el presente estudio, no se realizó el análisis del aceite con ayuda del viscosímetro de tubo capilar.

### **1.2.2. Delimitaciones.**

- La delimitación del proyecto está sujeta a la cantidad de vehículos que posee la flota de volquetas del GAD Municipal del cantón Guano, que están conformadas por siete volquetas, de las cuales tres pertenecen a la marca Nissan, tres UD Trucks, una Hino.
- Se pretende analizar muestras de aceite lubricante nuevo, a medio uso, al final de su vida útil, es decir al momento que se realiza el cambio de este, para lo cual se usaran equipos esterilizados para evitar la contaminación cruzada en las muestras.
- El presente trabajo, pretende realizar el análisis del aceite lubricante usado en los motores de la flota vehicular de volquetas del GAD municipal del cantón Guano.
- El año de fabricación de la flota vehicular va desde el año 2009 hasta el año 2015.

## **1.3. Problema general de investigación.**

- ¿Es factible la elaboración de un plan de intervalos de lubricación de los motores de la flota vehicular de volquetas del GAD Municipal de Guano mediante análisis tribológicos en los distintos equipos de laboratorio de la facultad de mecánica?

#### **1.4. Problemas específicos de investigación.**

- ¿Cómo saber si el aceite lubricante usado en la flota vehicular de volquetas del GAD municipal del cantón Guano es el adecuado para el trabajo al que está sometido?
- ¿Se puede definir un protocolo de toma de muestras de aceite lubricante de motores de volquetas del cantón Guano tomando en cuenta la normativa de funcionamiento de los equipos de medición tribológicos?
- ¿Qué tan importante es la caracterización del aceite lubricante usado en el Gad municipal del cantón Guano al iniciar su funcionamiento?
- ¿Qué se debe hacer para conocer sobre el desgaste de los lubricantes de motores de volquetas del GAD municipal del cantón Guano durante su vida útil de funcionamiento?
- ¿Es factible la sugerencia de un nuevo plan de lubricación de los motores de las volquetas del GAD municipal del cantón Guano después de obtener los resultados del análisis tribológico de desgaste de los aceites lubricantes?

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. *Objetivo General***

- Elaborar un plan de intervalos de lubricación de los motores de la flota vehicular de volquetas del GAD municipal del cantón Guano mediante análisis tribológicos.

##### **1.5.2. *Objetivos Específicos***

- Investigar a través de fuentes bibliográficas sobre el proceso de medición de aceites lubricantes industriales y automotrices de volquetas, para conocer sobre las especificaciones necesarias de operación.
- Definir un protocolo de toma de muestras del aceite lubricante de los motores de las volquetas del GAD municipal de Guano considerando las normativas de funcionamiento de los equipos de análisis de aceite para asegurar la calidad del estudio.
- Caracterizar el aceite lubricante usado en las volquetas del GAD municipal de Guano mediante los análisis tribológicos para obtener una referencia inicial para el consiguiente estudio.
- Recolectar y analizar las muestras de aceite lubricantes usados en motores de volquetas mediante pruebas tribológicas con ayuda de equipos de laboratorio de tribología de la carrera para consignar los resultados de análisis de funcionamiento y desgaste del aceite lubricante.

- Sugerir un plan de lubricación para las volquetas del GAD municipal de Guano a través de los resultados obtenidos del análisis de laboratorio para tratar de reducir los costes de mantenimientos y reparaciones.

## **1.6. Justificación**

### **1.6.1. Justificación Teórica**

La realización del presente trabajo propuesto permitirá al departamento de mantenimiento de la empresa realizar el trabajo de manera más estructurada y planificada para así asegurar el normal funcionamiento de la flota de volquetas. Los resultados que se pretende conseguir serán de gran utilidad para lograr la reducción de los costos de mantenimiento, ya que se proveerá a la institución municipal de un plan de lubricación, que permitirá el control de costes y reducciones significativas de mantenimientos y reparaciones, aumentará la disponibilidad en futuros trabajos a los que van a estar sometidos las volquetas. Un mantenimiento preventivo adecuado para los equipos de la flota vehicular de siete volquetas del GAD Municipal del Cantón Guano permitirá que los índices de contaminación ambiental disminuyan.

Los análisis de aceites es considerado una herramientas para así asegurar la calidad y vida útil de la maquinaria, además a partir de un diagnóstico en el cual se evaluara todas las propiedades de los aceites lubricantes que arrojaran los resultados mediante los equipos que son Densímetro, viscosímetro centrifugo, Oil View Quick Check y FluidScan, esto permitirá identificar averías o fallas antes de que llegue a comprometerse en el rendimiento de la maquina al momento de estar en funcionamiento.

Los lubricantes tienen especificaciones las cuales se modifican y se van mejorando constantemente debido a esto las diferentes marcas de lubricantes que prestan un servicio contienen nuevas formulaciones, aun cuando son desarrolladas superiores a las especificaciones de anteriores años, en la actualidad se conoce que el aceite lubricante para uso automotriz para motores no es tomado con mayor importancia del caso, esto da paso a que los consumidores presten más importancia al precio del lubricante antes que a las especificaciones técnicas del aceite.

Dado a que la mayor parte de quienes realizan el mantenimiento de estas flotas vehiculares no tienen el conocimiento de cómo se degradan los lubricantes con el paso de tiempo y realizan el cambio del aceite lubricante en base a horas o kilometraje de trabajo de la maquinaria específicos sin tomar en cuenta la contaminación presente durante su funcionamiento, debido a esta

problemática a través del presente trabajo de investigación se busca brindar una asesoría técnica por parte de la academia para informar a estas personas sobre cómo podría ayudar en gran medida la realización de análisis tribológicos de aceite lubricante para desarrollar un plan de mantenimiento en cuanto a intervalos de lubricación, que ayudaran a un mantenimiento más dinámico y completo, a escala de tiempo o kilometraje más precisas.

### **1.6.2. Justificación metodológica.**

Para el desarrollo del presente trabajo, se utilizó el tipo de investigación mixta que se basa en la participación de la naturaleza de investigación documental y de la investigación de campo, la investigación documental se realizara a través de la consulta de documentos (libros, revistas, artículos, procedimientos, manuales, tesis, registros, etc.), la investigación de campo se realizara en el lugar y en el tiempo que ocurren los fenómenos de objeto a estudiarse, debido a que el trabajo se desarrollara en el GAP Municipal del cantón Guano por la toma de muestras. Además, esta investigación se considera aplicada dado que entre sus objetivos se encuentra la recolección y análisis de muestras por medio de pruebas tribológicas que conlleven con la elaboración de un plan de lubricación, que busca resolver la problemática planteada.

Los equipos como son Densímetro, viscosímetro centrifugo, Oil View Quick Check, FluidScan se van a ocupar debido a que proporcionara información de las propiedades del aceite que se está ocupando en la flota de volquetas de Gad Municipal de Guano, con ello poder comprender la degradación del aceite con respecto al nuevo.

### **1.6.3. Justificación Practica**

Cerca del 30% de la energía que se pierde en la industria mundial, se debe a la fricción, así países como Inglaterra, Japón y Alemania pierden anualmente más de 200 millones de dólares como resultado del desgaste. (Barrera Yáñez, 2021, p. 6).

Con el fin de conocer si el lubricante que se está utilizando y el desgaste interno que se produce en el motor es el correcto, se realizara el análisis en las volquetas del Gad de Guano el cual recorrerán todo el mismo kilometraje así para poder obtener los datos a través de equipos de análisis como son un Densímetro, viscosímetro centrifugo, Oil View Quick Check, FluidScan. Al realizar el análisis de aceite usado en la flota de volquetas del municipio de Guano tiene como finalidad ayudar a entender la importancia que es la correcta utilización de aceites, por ende, este estudio beneficiaria al Gad municipal de Guano en el área de mantenimiento con el objetivo de



lograr una reducción de costos de mantenimientos y daños prematuros que puedan producirse cuando la maquinaria este en uso.

## **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 volquetas del GAD Municipal de GUANO permite elaborar el programa de lubricación óptimo en función de sus propiedades físico – químicas y su degradación.

### **1.7.2. *Hipótesis nula***

El análisis tribológico del tipo de aceite que es utilizado en los motores de la flota de volquetas del GAD Municipal de GUANO no permite elaborar el programa de lubricación optimo en función de sus propiedades físico – químicas y su degradación.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación.

El seguimiento de análisis y monitoreo de aceites lubricantes, ayuda a dar una mejor confiabilidad sobre el estado real del aceite lubricante usado en los motores de encendido por compresión (MEP), al momento de que el motor entra en funcionamiento y quema combustible para generar energía, la lubricación se ve altamente afectada y en ocasiones por las condiciones de trabajo al cual está sometido el aceite lubricante, este adquiere contaminantes por los cuales sus capacidades se varan afectadas.

Con el seguimiento del desgaste referente a los lubricantes usados en motores de encendido por compresión (MEP), ayuda a realizar trabajos de mantenimiento de manera más estructurada, y brinda una ayuda para la planificación para tratar de asegurar el buen funcionamiento de la flota vehicular, con los análisis realizados a los lubricantes para conocer sobre su desgaste a lo largo del tiempo de funcionamiento del mismo, aumentara la disponibilidad en posibles futuros trabajos a los que están sometidos las flotas vehiculares.

El mantenimiento predictivo de los motores de combustión interna ya sea (MEP o MEC), por medio del estudio de aceites lubricantes, permite inferir y constatar el estado real en el que se encuentran, con esta acción verificamos el desgaste que presentan los lubricantes como materiales, aditivos, la viscosidad, entre otros evaluados en categorías elevadas como ppm (partes por millón), porcentajes de concentraciones en función del tiempo de recorrido del aceite, de esta manera se pretende determinar la posibilidad de un nuevo plan de lubricación de la flota vehicular de volquetas del GAD municipal del cantón Guano.

El trabajo de titulación realizado por (Carrión Llaña, 2007, pp. 13-114) menciona que para mejorar el proceso de análisis de los aceites lubricantes, se implementó un sistema de análisis utilizando en primer lugar el software OilView, adicionando además un mini laboratorio, el cual obtendrá muestras para el software anterior, para analizar datos básicos de los lubricantes.

(Carrión Llaña, 2007, pp. 13-114) empezó este trabajo de titulación con la recolección de información tanto de tipo técnica como administrativa, pudiendo considerar de esta manera una propuesta viable, basándose en los costos y en los procesos de operación de los equipos a estudio.

Los equipos usados en esta investigación brindaron información sobre el desgaste en el que se encontraba los equipos analizados, además de proporcionar alertas de daño leve y daño grave cuando el aceite lubricante sobrepasaba las estipulaciones recomendadas, el software además proporciono un diagrama trivector en el cual se puede observar de manera dinámica el grado de daño u contaminación que presenta el aceite lubricante estudiado.

(Jaramillo Sari, Redrován Macas y Urgilés Contreras, 2011, pp. 1-284) . Comenta que durante la realización del proyecto se realizó un relevamiento de la flota de taxis de la ciudad de Cuenca para determinar el tipo de aceite utilizado y su ciclo de reposición, de esta forma, se presenta un estudio con el cual es posible determinar el tipo de aceite más utilizado en los vehículos del servicio de taxi. El estudio se realizó sobre el transporte público del servicio de taxis de la ciudad de Cuenca.

Debido a su mayor vida útil, residuos automovilísticos sólidos y líquidos en poco tiempo, con mayores costos de mantenimiento del motor en comparación con los autos particulares, se ayudaron del archivo de la dirección municipal de transportes - UMT, a febrero de 2010 se determinó el número de taxis en la ciudad de Cuenca y se seleccionaron los vehículos fabricados después de 2005; estos vehículos tienen motores que aún tienen una vida útil limitada.

Sobre la muestra de vehículos elegidos, para poder asegurar la constancia y permanencia de los participantes, (Jaramillo Sari, Redrován Macas y Urgilés Contreras, 2011, pp. 1-284) ofrecieron insumos de aceites lubricantes, filtros para el sistema de lubricación del motor, filtros de aire y combustible, Cada dueño de los automóviles determina el kilometraje en base a su experiencia y recomendaciones de cambio de aceite; al cabo de cuando cada vehículo alcance su kilometraje, se tomará la primera muestra de aceite usado y se enviará al laboratorio para el análisis químico correspondiente, para el segundo, se decidió extender el intervalo de cambio de aceite de cada vehículo en un 100%; al mismo tiempo, durante estos períodos, se realizaron revisiones técnicas a cada vehículo, ya que se conducía un nuevo kilometraje con el mismo lubricante, una vez completada la ruta extendida, se toma otra muestra de aceite usado y se envía al laboratorio para el análisis químico apropiado.

En el presente artículo de investigación realizado por (Saldivia, 2013, pp. 2-7), se menciona; El objetivo de este trabajo que realizó es evaluar el rendimiento del motor mediante el seguimiento de las propiedades físico-químicas y la contaminación del aceite lubricante, las mismas que se realizará con pruebas de laboratorio para obtener tendencias en función del tiempo de funcionamiento, la relación entre motores y características ayudará a tomar decisiones sobre el mantenimiento de los equipos.

El estudio que realizaron fue en un motor de combustión interna de encendido por compresión (MEC) con un procedimiento de arranque y calentamiento que incluía el ralentí del motor sin carga, una medida del contenido de combustible en la estabilidad de la película de lubricación se obtuvieron utilizando la viscosidad, que no afecta de manera significativa el desgaste del metal cuando se controla, y el nivel de aditivos, por otro lado, para eliminar el problema de la contaminación del combustible, es necesario actuar en relación con los parámetros de funcionamiento del equipo.

En el trabajo de integración curricular realizado por (Barrera Yáñez, 2021, pp. 4-32) la investigación del desgaste del motor se basa en el análisis de la composición del aceite lubricante con el fin de reducir el costos de mantenimiento, dar una caracterización a su composición antes, durante y después del ciclo de mantenimiento, analizarlo con pruebas de laboratorio y el proceso de desgaste experimentado y posibles medidas preventivas, se realizó un análisis del motor de un vehículo Chevrolet Spark 2009 con aceite Kendall 20W50 muestreado cada 500 km en una unidad FluidScan durante un ciclo de 5000 km para de esta manera poder verificar la acumulación de aditivos, la integridad del fluido, el glicol, la nitración, la oxidación (absorance abs/0.1mm), hollín porcentaje de carbono contenido (%wt), los sulfatos (absorance abs/0.1mm), el TBN cantidad de hidróxido expresado en mg KOH / g (miligramo de hidróxido de potasio por gramo de aceite), el agua, densidad y grados API en el densímetro DMA 35, se verificó la viscosidad dinámica en el viscosímetro, se pudo observar parámetros como desgaste, contaminación e índice químico y de hierro en el dispositivo Oil View Quick Check, concentraciones de metales probados en aditivos y desgaste en el dispositivo Espectroil.

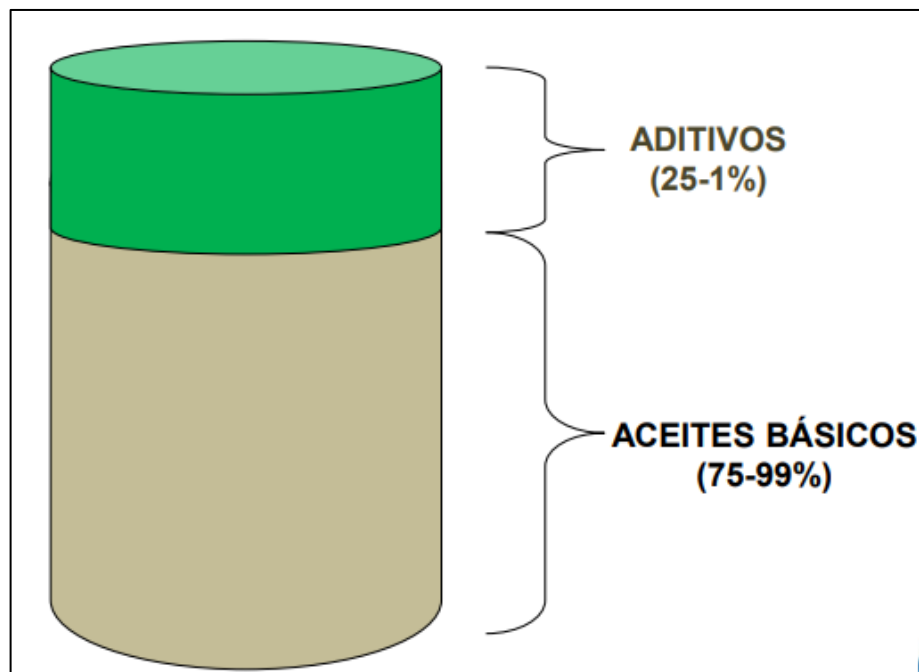
Se tuvo en cuenta que después del muestreo no hay nada de aceite para compensar la cantidad obtenida, se encontró que todos los parámetros del aceite analizados se encontraban dentro de límites aceptables, excepto por el contenido muy alto de silicio, lo que permitió concluir que el motor no presenta un desgaste excesivo, que la temperatura de combustión es adecuada y que el combustible no sufre un desgaste excesivo, se encontró altas concentraciones de plomo, excepto que la máxima degradación del aceite ocurre en los primeros 1000 km y la recuperación del rendimiento en los últimos 1000 km, (Barrera Yáñez, 2021, pp. 4-32) recomienda cambiar el aceite a los 4000 km debido al largo kilometraje de cambio de aceite, además dice tener mucho cuidado al tomar muestras, evitar la contaminación con factores ambientales.

## 2.2. Referencias teóricas.

### 2.2.1. *Aceite lubricante*

Lubricante es todo lo que se pone entre dos superficies móviles para reducir la fricción y el desgaste, por lo tanto aceite lubricante es un compuesto que se da por la combinación de aditivos y aceites básicos, otorgándole características particulares para una aplicación específica (Afton Chemical Corporation, 2018, p.4).

El propósito de la lubricación del motor es evitar el desgaste prematuro y reducir la pérdida de trabajo debido a la fricción, colocando una capa de lubricante también llamada película entre dos partes metálicas, las moléculas de aceite se pegan a las dos superficies, llenan los espacios irregulares, durante el movimiento de las dos partes, arrastran el aceite adherido a ellas. Se reemplaza por la fricción de deslizamiento interna del fluido, que es mucho menor y genera menos calor. Si la película lubricante insertada se regenera continuamente, el calor de fricción se pierde como resultado (Méndoz, 2016, pp. 1-17).



**Ilustración 1-2:** Componentes de los aceites lubricantes de motores.

Fuente: (Afton Chemical Corporation, 2018, p.4).

### 2.2.2. *Composición de los lubricantes*

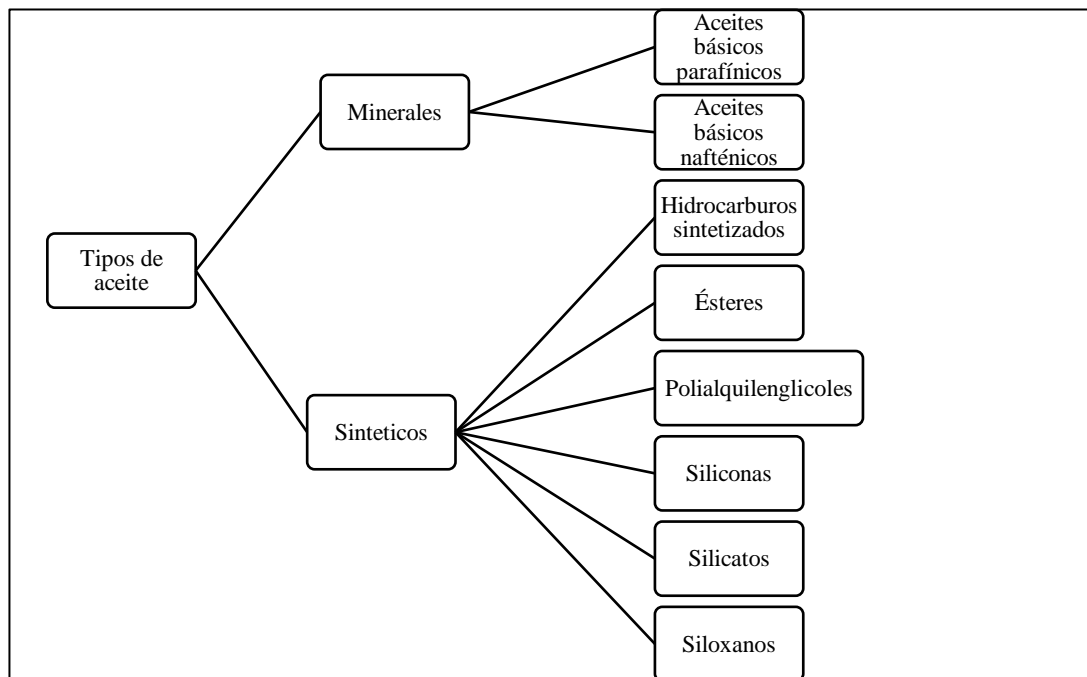
Están constituidos por moléculas largas hidrogenadas complejas (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171). En relación con el origen del fluido del que está compuesta el lubricante, que se

clasifica en mineral y sintético, en donde el lubricante mineral procede generalmente del petróleo por procesos como los de destilación y refinado, mientras que los lubricantes de origen sintético tienen su origen en un laboratorio a base de sustancias químicas.

### 2.2.3. Clasificación de los lubricantes

El aceite lubrica, refrigera y limpia las partes del automóvil que están expuestas a altas temperaturas y la fricción constante. En el pasado, los aceites se hacían para trabajar a cierta temperatura, pero hoy en día son resistentes a diferentes rangos de temperatura, por eso se les llama multigrado (Lozada, 2017, p.12). La viscosidad es muy importante porque los aceites que son demasiado espesos no circularán de manera efectiva y los aceites que son demasiado livianos no limpiarán adecuadamente. Existen dos formas de clasificación que son los aceites minerales y sintéticos a manera general.

En la industria los lubricantes se clasifican en diferentes categorías ya sea por su composición, naturaleza, aditivos.



**Ilustración 2-2:** Clasificación de los aceites lubricantes automotrices.

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin, 2022.

#### 2.2.3.1. Aceites orgánicos

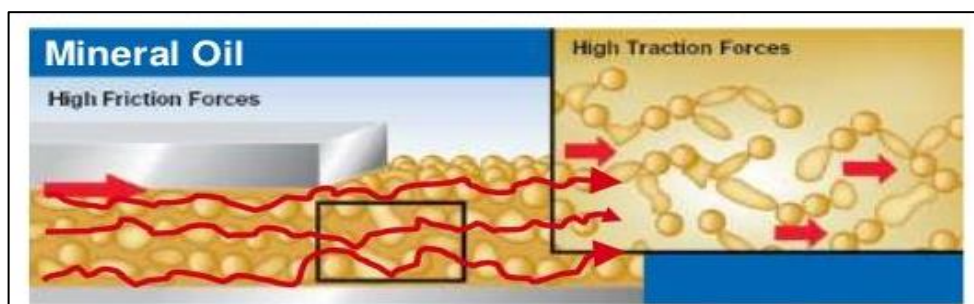
Se obtienen de animales y vegetales, eran usados cuando el petróleo aún era desconocido, hoy en día se mezclan con aceites minerales para darles ciertas propiedades, por ejemplo, adhesión a

superficies, este tipo de aceite es de fácil descomposición a altas y bajas temperaturas, se oxidan y forman gomas que no proporcionan lubricación. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).

### 2.2.3.2. *Aceite tipo base mineral*

Según (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171) este tipo de aceite proviene del petróleo y se refina procesándolo varias veces en sus plantas de producción y de procesamiento. El petróleo crudo posee diferentes ingredientes que lo hacen adecuado para diferentes tipos de productos finales, el más adecuado para obtener aceite de crudo parafínico.

Son derivados del petróleo y sus estructuras consisten en moléculas complejas, cada molécula tiene entre 20 y 70 átomos de carbono. El aceite mineral consiste en una base de lubricante y un conjunto de aditivos químicos que contribuyen a mejorar las propiedades de la base lubricante o le proporciona nuevas propiedades. El aceite mineral puro no posee compuestos inestables los cuales podrían afectar significativamente su duración: por ejemplo, nitrógeno, compuestos de sulfuros, compuestos de ácidos, oxígeno, entre otros. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).



**Ilustración 3-2:** Aceite lubricante del tipo mineral.

**Fuente:** (Jaramillo Sari, Redrován Macas y Urgilés Contreras, 2011, pp. 1-284).

#### a. *Aceites básicos parafínicos*

La mayor parte de aceites son una mezcla entre aceites parafínicos y algún aditivo. El aceite básico parafínico forma parte fundamental para la manufactura de los aceites lubricantes usados en la industria automotriz, la elaboración de este tipo de aceite no es sencilla ya que es necesaria la obtención de productos con estándares de calidad elevada, que luego de ser mezclados con aditivos se puedan obtener lubricantes de calidad muy elevada. (Arrieta, Mcnish y Yepes, 2009, pp. 16-82).

Este tipo de aceite es muy estable a altas temperaturas, pero al contrario no funciona de buena manera a bajas temperaturas, ya que las mismas forman sólidos que en algunas máquinas

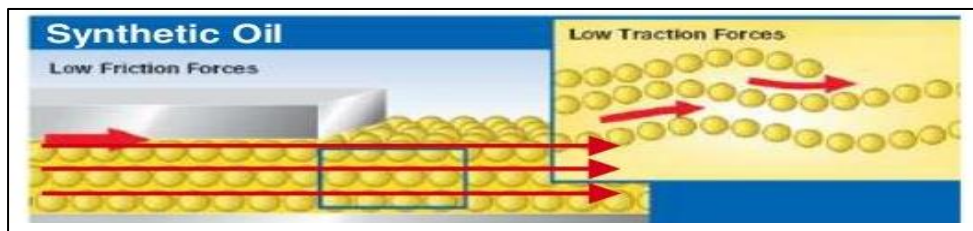
diseñadas para el uso de aceite, podrían llegar a taponar los diferentes conductos de lubricación. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).

*b. Aceites básicos nafténicos*

Se trata de una base que describe la gran mayoría de características de la grasa como; viscosidad y su índice (IV), la resistencia a la oxidación (TAN), el punto de fluidez. Por lo general poseen una gran proporción del asfalto, son poco estables a altas temperaturas, por lo general no deberían ser usados en temperaturas que sobrepasen los 65°C. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).

2.2.3.3. *Aceite tipo base sintética*

Los aceites de base sintética a diferencia de los aceites minerales, no se originan directamente del crudo de petróleo, ya que estos son creados de subproductos petrolíferos mediante procesamiento en un laboratorio, al ser mucho más complejos de elaborar, el resultado será un aceite lubricante más caro que los aceites minerales. (Jaramillo Sari, Redrován Macas y Urgilés Contreras, 2011, pp. 1-284).



**Ilustración 4-2:** Aceite lubricante del tipo sintético.

**Fuente:** (Jaramillo Sari, Redrován Macas y Urgilés Contreras, 2011, pp. 1-284).

*a. Ésteres*

Los ésteres son productos de reacciones bactericidas entre sustancias de fuentes vegetales como alcoholes y ácidos grasos, poseen una lubricidad excepcional. Los ésteres tienen excelentes propiedades, por ejemplo, alta untuosidad, es decir la capacidad de adherirse formando una capa límite continua de lubricante sobre la superficie a lubricar. (Lozada, 2017, pp. 4-7).

*b. Siliconas*

La silicona es un producto utilizado en varias aplicaciones industriales debido a sus excelentes propiedades de adhesión y lubricación, es un polímero inorgánico con oxígeno y silicio. (Afton Chemical Corporation, 2018, pp. 1-87).



#### 2.2.3.4. *Aceite semisintético*

Estos aceites lubricantes están hechos de una mezcla de aceites minerales y aceites sintéticos, por lo general consta de un 70% u 80% de aceite mineral y de un 20% a 30 % de aceite sintético, donde sus propiedades son superiores a los aceites del tipo mineral. (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30)

#### 2.2.4. *Aditivos*

Los aditivos son sustancias químicas que se agregan al aceite lubricante en pequeñas cantidades para proporcionar una mejora en el rendimiento e inhibir y reducir otros efectos dañinos. (Lozada, 2017, pp. 4-7).

Cuando se hace referencia hacia los aditivos que son usados en la formulación de lubricantes, estamos hablando de productos logrados durante muchos años de investigación, uso de química avanzada, pruebas de campo y desarrollo de tecnología como progreso en la industria del automóvil para que puedan utilizarse de acuerdo con los últimos requisitos de lubricación exigidos por los fabricantes de automóviles en el escenario mundial. (Arrieta, Mcnish y Yepes, 2009, pp. 16-82).

#### 2.2.5. *Tipos de aditivos.*

**Tabla 1-2:** Tipos de aditivos para aceites lubricantes y su composición.

Agente Detergente	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fenatos.</li><li>• Sulfofenatos.</li><li>• Salicilatos.</li><li>• Sulfonatos.</li></ul>
Inhibidores de oxidación y corrosión	<ul style="list-style-type: none"><li>• Olefinas sulfuradas.</li><li>• Fosfitos orgánicos.</li><li>• Ditiolfosfatos de Zinc.</li><li>• Ditiocarbamatos metálicos.</li></ul>
Antioxidantes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Compuestos aromáticos nitrogenados.</li><li>• Compuestos fenólicos.</li><li>• Terpenos fosfosulfurados.</li></ul>
Dispersantes libres de ceniza	<ul style="list-style-type: none"><li>• Copolímeros que se derivan de ácidos acrílicos o metacrílicos que componen grupos polares como aminas, imidas, amidas, iminas, hidroxilo, eter, etc.</li><li>• Sales de amonio provenientes de ácidos orgánicos de alto peso molecular.</li><li>• Cadenas extensas de alquenal succinamidas.</li><li>• Ésteres y Poliésteres de gran peso molecular.</li></ul>

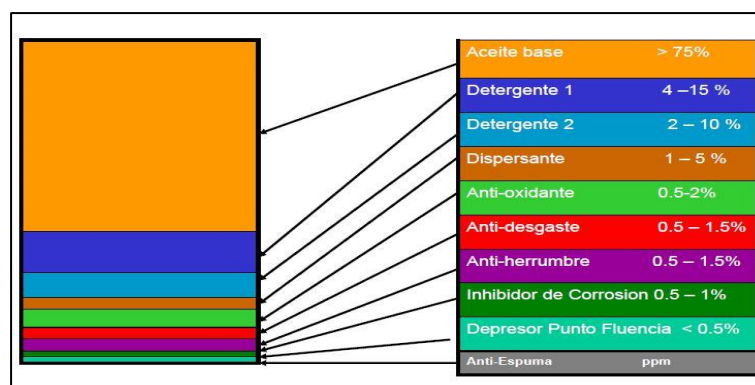
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Copolímeros de etileno-propileno que poseen grupos polares.</li> </ul>
Antidesgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olefinas sulfuradas.</li> <li>• Compuestos alcalinos como neutralizadores de ácidos.</li> <li>• Ditiósfatos de Zinc.</li> <li>• Fosfitos orgánicos.</li> </ul>
Antiespumante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siliconas.</li> </ul>
Aditivos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grafito.</li> <li>• Disulfuro de Molibdeno.</li> </ul>
Depresores de punto de escurrimiento y fluencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenoles alquilados con ceras.</li> <li>• Polimetacrilatos.</li> <li>• Naftalenos alquilados con ceras.</li> <li>• Copolímeros de estireno.</li> <li>• Copolímeros de ésteres de acetato de vinilo.</li> <li>• Copolímeros de acetato de vinilo.</li> </ul>
Modificadores de viscosidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polimetacrilatos.</li> <li>• Copolímeros de estireno-éster.</li> <li>• Copolímeros de estireno-dienos.</li> <li>• Copolímeros de etileno-propileno.</li> </ul>
Aditivos EP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compuestos de cloro y azufre.</li> <li>• Fosforo.</li> </ul>

**Fuente:** (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171)

**Realizado por:** Quinteros W., & Ramos K. 2022.

### 2.2.6. Aditivos por aplicación.

Los aceites lubricantes deben contener diferentes aditivos para cubrir las diferentes necesidades del medio en el que son utilizados, en este punto se definirán los tipos de aditivos necesarios en las diferentes aplicaciones de uso de los aceites lubricantes. (Soutullo García, 2019, pp. 1-6).



**Ilustración 5-2:** Bases que conformar los aditivos en el aceite lubricante.

**Fuente:** (Soutullo García, 2019, pp. 1-6).

**Tabla 2-2:** Tipos de aditivos por su aplicación en el medio de trabajo.

Aditivos	Aplicación						
	Motor 4T	transmisión automática	Engranaje automotriz	Engranaje industrial	Turbina	Hidráulico	Trabajo de metales
Antioxidante							
Antidesgaste							
Extrema Presión							
Mejoradores de Viscosidad							
Demulsificantes							
Emulsificantes							
Bactericidas							
Antiherrumbrantes							
Dispersantes							
Detergentes							
Modificadores de fricción							
Inhibidores de corrosión							
Antiespumantes							
Depresor de punto de fluidez							

**Fuente:** (Afton Chemical Corporation, 2018, pp. 1-87)

**Realizado por:** Quinteros W., & Ramos K. 2022.

### 2.2.7. Características de los aditivos

#### 2.2.7.1. Detergentes

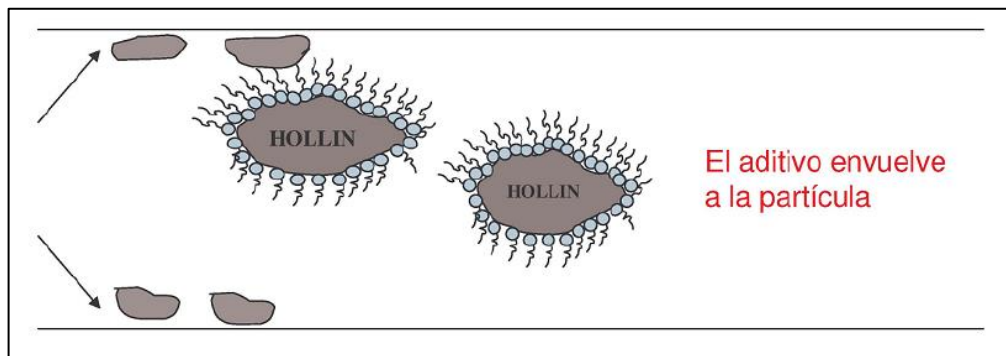
Tiene como función la limpieza de partes internas de motores, equipos o maquinarias que estén sucias con partículas de polvo, carbón, etc. Dispersa las partículas antes de limpiar la suciedad, estos tipos de materiales suelen ser moléculas con largas "colas" de hidrocarburos y extremos polares. La parte de la "cola" actúa como solvente en el fluido base, a su vez los grupos polares son atraídos por los contaminantes en los lubricantes. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).

a. *Sulfonatos de petróleo*

Es una sal metálica de un ácido sulfónico, principalmente un subproducto del tratamiento de destilados de petróleo con ácido sulfúrico. Hoy en día, cuando hay una gran demanda de aceites detergentes, los sulfonatos ya no son un subproducto y se están convirtiendo en el producto principal. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).

b. *Sulfonatos sintéticos*

Se trata de sales metálicas ácidas producidas dentro de un laboratorio y los sulfonatos solubles en aceite también poseen la ventaja de neutralizar las sustancias ácidas, así como la función de dispersar las partículas contaminantes. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).



**Ilustración 6-2:** Efecto detergente frente a partículas de contaminación (hollín).  
Fuente: (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).

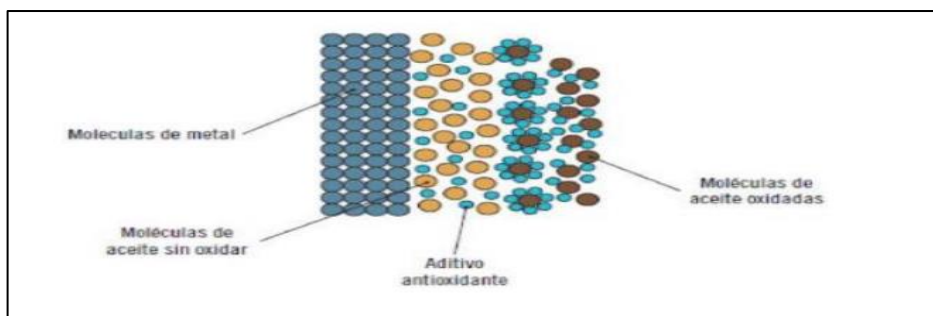
2.2.7.2. *Dispersantes sin Cenizas.*

Coloca en suspensión las partículas que el aditivo detergente limpio, y las particiona en millones de partes mucho más pequeñas, reduciendo de esta manera el impacto en la zona a lubricar. Son usados cuando no se requiere un cambio de viscosidad del lubricante, son más efectivos que los tipos metálicos para controlar la deposición de barniz causados por la operación intermitente a baja temperatura de los motores de gasolina. Los grupos polares suelen contener uno o más de los siguientes elementos: oxígeno, nitrógeno y fósforo. El peso molecular de las cadenas de solubilidad suele ser superior al utilizado en los aditivos detergentes, pero en algunos casos son muy similares. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).

### 2.2.7.3. *Aditivos antioxidantes y anticorrosivos.*

Protege los materiales sensibles contra la corrosión y evita daños por aceite recurrido al debido uso de cambios internos por envejecimiento y oxidación. (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).

La función de los antioxidantes es evitar la degradación del lubricante debido al ataque del oxígeno, los aceites expuestos a altas temperaturas y en contacto con el aire se oxidan fácilmente, es decir, forma compuestos que aumentan la viscosidad del aceite y provocan corrosión hacia los materiales, los antioxidantes aumentan la estabilidad de oxidación de los aceites de 10 a 150 veces. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).

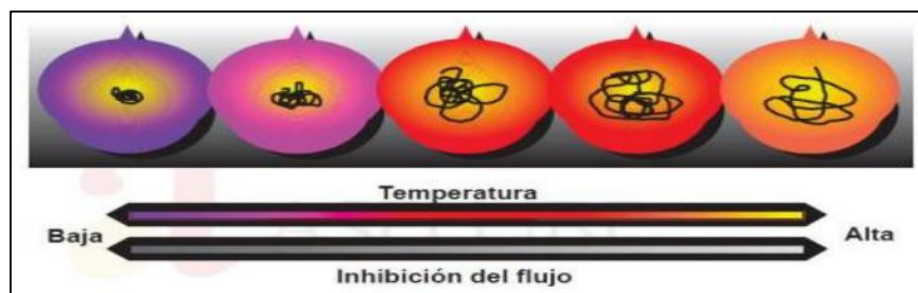


**Ilustración 7-2:** Función del antioxidante en el aceite lubricante.

**Fuente:** (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).

### 2.2.7.4. *Aditivo mejorador de viscosidad.*

Los modificadores de viscosidad son generalmente polímeros orgánicos solubles en aceite por su peso que oscila entre 10 000 y 1 000 000 moles. Las moléculas de polímero en solución pasan a través del lubricante por lo que el volumen molecular que se "hincha" determina cuánto el polímero aumentara la viscosidad. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor será el volumen y mayor será el efecto "espesante" del polímero. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).



**Ilustración 8-2:** Polímero mejorador del índice de viscosidad en función de la temperatura.

**Fuente:** (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).

### 2.2.7.5. Aditivo antidesgaste.

El desgaste es la pérdida de metal seguida de un cambio en la distancia entre las superficies en movimiento, si este fenómeno continuase, puede resultar en una falla de la máquina. (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).

Los aditivos antidesgaste hacen su trabajo formando una película dura en las superficies de piezas metálicas para evitar el contacto metal con metal y los aditivos son los encargados de evitar la soldadura de las dos superficies y evitar el gripado del motor. (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).



**Ilustración 9-2:** Actuación de las moléculas de aditivos anti-desgaste.

**Fuente:** (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).

### 2.2.7.6. Antiespumantes

En caso de que el aceite lubricante genere espuma, la capacidad de carga de la película se verá reducida. El efecto antiespumante, es decir, el efecto de espuma hidratante se consigue añadiendo una pequeña cantidad de silicona líquida al lubricante, los agentes antiespumantes hacen que las burbujas colapsen cuando alcanzan la superficie baño de aceite. (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).



**Ilustración 10-2:** Inhibidor de espuma frente a una burbuja en el lubricante.

**Fuente:** (Universidad de Santiago de Chile, 2020, pp. 1-2).

#### 2.2.7.7. *Depresores del punto de fluencia.*

Tiene como objetivo evitar la congelación del aceite (cristalización de parafina) a baja temperatura, para lograr una fluencia baja, se suprimen los componentes de parafina que se endurecen a temperaturas relativamente bajas a través de un proceso llamado "descerado". El descerado una vez completado puede reducir la producción de petróleo, este alcanzando niveles no favorables económicamente, por consiguiente, el descerado utiliza aditivos que reduzcan el punto de fluidez del aceite. (Universidad de Santiago de Chile, 2020, pp. 1-2).

#### 2.2.8. *Clasificación de los aceites lubricantes para motores*

Los aceites lubricantes usado en motores de combustión interna por lo general pueden clasificarse (Universidad de Santiago de Chile, 2020, pp. 1-2):

- API (Instituto Americano del Petróleo) (American Petroleum Institute)
- SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) (Society of Automotive Engineers)
- ASTM (Sociedad Americana de Prueba de Materiales) (American Society for Testing Material)

##### 2.2.8.1. *ASTM*

Especifica los procesos, parámetros, materiales a seguir en la producción de lubricantes derivados del petróleo e incluso especifica las características del envasado antes de la comercialización del lubricante. (Jaramillo Sari, Redrován Macas y Urgilés Contreras, 2011, pp. 1-284).

##### 2.2.8.2. *SAE*

Indica qué tan bien fluye el aceite a una temperatura determinada, es decir, su viscosidad. No depende de la calidad del aceite, el contenido de aditivos, el rendimiento o la aplicación de condiciones especiales de servicio. (Jaramillo Sari, Redrován Macas y Urgilés Contreras, 2011, pp. 1-284).

##### *a. Aceite Monógrado*

Se caracterizan por una sola viscosidad si tienen la letra W (invierno), significa que el aceite puede arrancar fácilmente el motor en tiempo frío (temperatura inferior a 0°C). Las categorías SAE con la letra W se seleccionan en base a temperaturas ambiente inferiores a 0°C, ya que cada una de

estas categorías es función de dicha temperatura, otras clasificaciones SAE sin la letra W son para clima cálido, pero para duras condiciones de funcionamiento. (Paez, 2008, pp. 1-7).

*b. Aceite Multigrado*

Este tipo de aceite de manera contraria al aceite monógrados se caracterizan por tener más de un grado de viscosidad, uno para aceite frío y otro para cuando el aceite se calienta, estos mismos poseen un alto índice de viscosidad lo cual les proporciona un comportamiento mucho más uniforme a distintas temperaturas, tanto en climas calientes o fríos. (Padilla Valdez, 2012, p. 214).

**Tabla 3-2:** Clasificación de los aceites lubricantes automotrices según el grado de viscosidad SAE.

<b>CLASIFICACIÓN DE LOS LUBRICANTES AUTOMOTRICES</b>			
<b>Grado SAE</b>	<b>Máxima temperatura para una viscosidad de 150000 cP (°C)</b>	<b>Viscosidad cinemática a 100 °C cSt mínimo</b>	<b>Viscosidad cinemática a 100 °C cSt máximo</b>
0W		3,80	
5W		3,80	
10W		4,10	
15W		5,60	
20W		5,60	
25W		9,30	
20		5,60	< 9,30
30		9,30	< 12,50
40		12,50	< 16,30
50		16,30	< 21,90
60		21,90	< 26,10
70W	-55,00	4,10	
75W	-40,00	4,10	
80W	-26,00	7,00	
85W	-12,00	11,00	
80		7,00	< 11,00
85		11,00	< 13,50
90		13,50	< 18,50
110		18,50	< 24,00
140		24,00	< 32,50
190		32,50	< 41,00
250		41,00	

**Fuente:** (Paez, 2008, pp. 1-7) & (Universidad Nacional de la Plata, 2022, pp. 146-171).

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.



### 2.2.8.3. API

La categoría de lubricantes regula, define y licencia las propiedades y beneficios de los lubricantes. La API es un sistema abierto al que se pueden añadir clasificaciones adicionales si es necesario. (Müller, 2010, pp. 1-13).

Los lubricantes que cumplan con los niveles de grado API de alta calidad, si se recomiendan, también que se pueden usar en grados más bajos (para motores más antiguos) con información provista en la etiqueta del contenedor (Müller, 2010, pp. 1-13) :

Motores MEP:

- SL
- SJ
- SH
- SG

Motores MEC:

- CI-4
- CH-4
- CG-4
- CF-4
- CE

Dentro del mercado automotriz también se pueden encontrar aceites lubricantes para las flotas mixtas, en las cuales se unirán las especificaciones de motores MEP y MEC, conforme a la especificación técnica que es recomendada por el fabricante, la cual se rotulara en el embace (Müller, 2010, pp. 1-13):

Motores MEP:

- SL/CF
- SJ
- SH/CD

Motores MEC:

- CI-A
- CH-4/SJ
- CF-4
- CG-4

- CF/SJ
- SH

#### 2.2.8.4. Clasificación ISO

La función del sistema de clasificación de viscosidad ISO es la definición de un método de medición de viscosidad para las organizaciones quienes distribuyen el aceite, los diseñadores de equipos y los usuarios tengan una base común para poder identificar y seleccionar lubricantes sintéticos líquidos. Dicha clasificación contiene 20 grados de viscosidad en un rango de 2 a 3200 milímetros cuadrados por segundo ( $1 \text{ mm}^2/\text{s}$  es igual a 1cSt) a  $40^\circ\text{C}$  ( $104^\circ\text{F}$ ). (Trujillo, 2001, pp. 1-6).

**Tabla 4-2:** Clasificación ISO de viscosidad cSt a  $40^\circ\text{C}$ .

Grado de viscosidad ISO VG	Viscosidad Cinemática cSt a $40^\circ\text{C}$	Límite inferior cSt a $40^\circ\text{C}$	Límite superior cSt a $40^\circ\text{C}$
2,00	2,20	1,98	2,42
3,00	3,20	2,88	3,52
5,00	4,60	4,14	5,06
7,00	6,80	6,12	7,48
10,00	10,00	9,00	11,00
15,00	15,00	13,50	16,50
22,00	22,00	19,80	24,20
32,00	32,00	28,80	35,20
46,00	46,00	41,40	50,60
68,00	68,00	61,20	74,80
100,00	100,00	90,00	110,00
150,00	150,00	135,00	165,00
220,00	220,00	198,00	242,00
320,00	320,00	288,00	352,00
460,00	460,00	414,00	506,00
680,00	680,00	612,00	748,00
1000,00	1000,00	900,00	1100,00
1500,00	1500,00	1350,00	1650,00
2200,00	2200,00	1980,00	2420,00
3200,00	3200,00	2880,00	3520,00

Fuente: (Trujillo, 2001, pp. 1-6)

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

### 2.2.8.5. Clasificación AGMA

El estándar de la norma 9005-D94 de AGMA (Asociación Estadounidense de Fabricantes de Engranajes) combina especificaciones para engranajes abiertos y cerrados. Esta especificación supera los estándares AGMA 250.04 y 251.02. Esta norma AGMA proporciona especificaciones para la resistencia a la herrumbre y también a la oxidación, con especificación de trabajo a presión extrema y lubricantes sintéticos para engranajes industriales. (Martins, 2012, pp. 3-6) & (Fariás Meza y Martínez L, 2020, pp. 1-15).

**Tabla 5-2:** Grado AGMA en comparación a grado SAE, para motor y engranajes.

Grado AGMA	Grado SAE			
	Motor		Engranajes	
	Monógrado	Multigrado	Monógrado	Multigrado
1	10, 15W			
2, 2EP	20W, 20	10W30, 20W20	80, 80W	
3, 3EP	25W, 30	5W50, 15W40		
4, 4EP	40	15W50, 20W40		
5, 5EP	50		90	85W-90
6, 6EP				85W-140
7, 7EP, 7C			140	
8, 8EP, 8C				
9, 9EP, 9C				
10, 10EP, 10C			250	

**Fuente:** (Fariás Meza y Martínez L, 2020, pp. 1-15)

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

### 2.2.9. Propiedades generales de los lubricantes.

La mayor parte de fabricantes de maquinaria u equipos que usan lubricantes, demandan que sus equipos deben cumplir con normas y reglamentos específicos relacionados al tipo de trabajo o ya sea a la capacidad de diseño que desempeñan, con el fin de unir criterios donde muchas corporaciones han desarrollado muchos procedimientos de normalización, que permitan medir las propiedades de los aceites lubricantes, ya sea en su identificación, calidad, contaminaciones u adulteraciones, así como la observación al momento de su comercialización (Riba et al., 2010, pp. 100-106).

### 2.2.9.1. Propiedades físicas.

#### a. Viscosidad.

La viscosidad puede entenderse como una medida de la resistencia al flujo de un fluido, a medida que aumenta la temperatura de un líquido, sus moléculas pueden unirse con mayor facilidad, por lo que el líquido se vuelve menos viscoso. (Riba et al., 2010, pp. 100-106).

El sistema internacional dice que la unidad física de la viscosidad dinámica es el pascal por segundo ( $Pa \cdot s$ ), en el sistema anglosajón (CGS) la unidad de medida es el poise y comúnmente se usa su submúltiplo ( $cP$ ), debido a que el agua posee una viscosidad de 1,0029cP a una temperatura de 20°C y que, además: 1 poise = 100 centipoise =  $1g/(cm \cdot s) = 0,1 Pa \cdot s$  (Riba et al., 2010, pp. 100-106).



**Ilustración 11-2:** Diferencia de viscosidades de un fluido.

**Fuente:** (Comercial@eyl.mx, [sin fecha])(Universidad de Santiago de Chile, 2020, pp. 1-2).

#### b. Color.

Se determina por comparación según la norma ASTM D-1500, que define una escala de 0 (claro) a 8 (negro); describe la tonalidad de los derivados del petróleo y primordialmente en los lubricantes sirve como indicador del su grado de purificación, ya que los cambios en su coloración indican una posible contaminación con otro producto. (Castellanos Armendáris y Zurita Díaz, 2012, pp. 9-15).

*c. Densidad.*

Esta propiedad de los lubricantes está relacionada con el crudo y su punto de destilación y fracción, en la cual los aceites parafínicos poseen una densidad menor y por otra parte los aceites aromáticos poseen una mayor densidad, mientras tanto los naftenicos pueden presentar densidades intermedias. (Tejada Tovar, Quiñones Bolaños y Fong Silva, 2017, pp. 135-144).

*d. Demulsibilidad.*

Se define como la facilidad con la que el aceite lubricante puede separarse del agua, esto es nuevamente lo opuesto a la emulsificación, lo que resulta en la confiabilidad de la concentración aditivos en aceites lubricantes durante su uso. (Tejada Tovar, Quiñones Bolaños y Fong Silva, 2017, pp. 135-144).

*e. Punto de inflamación.*

Se considera a la temperatura a la cual el aceite lubricante comienza a generar vapores inflamables, los cuales pueden provocar incendios o explosiones al momento de encontrarse cerca de una fuente de inflamación. (Tejada Tovar, Quiñones Bolaños y Fong Silva, 2017, pp. 135-144).

*f. Untuosidad.*

Se describe como la tensión superficial de cuerpos solidos a los cuales el aceite tiene la capacidad de adherencia hacia los mismos. (Tejada Tovar, Quiñones Bolaños y Fong Silva, 2017, pp. 135-144).

*g. Punto de congelación.*

Es la temperatura a la que el aceite lubricante pierde sus propiedades durante el uso y pasa de comportarse como un líquido y se comporta como un sólido además alcanza el punto de congelación hasta que alcanza una temperatura por debajo del punto de enturbiamiento, propiedades importantes de los aceites lubricantes que operan a temperaturas muy bajas ambiente. (Tejada Tovar, Quiñones Bolaños y Fong Silva, 2017, pp. 135-144).

*h. Rigidez Dieléctrica.*

Es la propiedad que tiene el aceite lubricante determinada por la tensión que produce un arco eléctrico entre dos electrodos sumergidos en el mismo, para determinar esto se usa un aparato

llamado punterometro expresado en KV/cm, el cual está orientado hacia las propiedades de aislamiento del lubricante, el mismo que disminuye cuando presenta contaminantes como: polvo, agua, suciedad, etc. (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).

#### 2.2.9.2. *Propiedades Químicas.*

##### *a. Acidez.*

El termino acidez es la proporción de hidróxido de potasio (KOH) en miligramos necesarios para neutralizar los ácidos de los lubricantes la existencia de los ácidos se debería a residuos ácidos provenientes de la refinación o generados por la oxidación o la mezcla con aditivos, el proceso de acidez es el resultado de la degradación del lubricante por su tiempo de uso. (Castellanos Armendáris y Zurita Díaz, 2012, pp. 9-15).

##### *b. Oxidación*

Es un proceso de degradación química de los materiales orgánicos presentes en los aceites lubricantes gracias a la contaminación como: exposición a la luz, agua y el trabajo a altas temperaturas generando una menor capacidad de lubricación y afectación de las zonas metálicas en los mecanismos.(Castellanos Armendáris y Zurita Díaz, 2012, pp. 9-15).

La oxidación es una reacción que se produce en cadena, el inicio ocurre cuando se somete a una fuente de energía como calor o esfuerzo de corte mecánico y son muchos los factores que pueden acelerar la oxidación, siendo los más relevantes los gases de combustión (en el caso de motores), la temperatura, presencia de burbujas de oxígeno atrapadas en el aceite, metales de desgaste y contaminantes. (Espinoza segarra, 2012)

##### *c. Tensión Superficial*

La tensión superficial en los líquidos tiene relación con la existencia de una lámina en forma de piel, presentes en su superficie, donde la resistencia de un fluido posibilita que un objeto rompa dicha piel.(Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).

##### *d. Residuo Carbonoso*

Es la cantidad de residuos que se acumulan de carbono producidos por la evaporación de los lubricantes, determinando con ello su composición, además los lubricantes que tienen bases

minerales de nafta tienen una mayor cantidad de residuos de grano fino pocos adherentes y las bases minerales parafínicos proporcionan dejando residuos en forma de grano grueso y adherente implicando un fallo cuando el aceite realiza su lubricación entre los mecanismos. (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30),

### 2.2.9.3. *Propiedades Físico-Químicas*

#### *a. Número ácido o total de bases (TBN)*

La alcalinidad de los lubricantes es debido a aditivos que neutralizan los ácidos generados por la oxidación y en el caso de los motores de combustión interna por el alto índice de azufre de los combustibles, la alcalinidad al igual que la acidez da a conocer el grado de degradación de un lubricante, es decir si un lubricante es nuevo posee un alto nivel de alcalinidad, cuando ha cumplido con su tiempo de trabajo su nivel de alcalinidad es bajo. (Castellanos Armendáris y Zurita Díaz, 2012, pp. 9-15).

#### *b. Número de ácidos totales (TAN).*

Los aceites generalmente tienen aditivos antioxidantes, y el TAN permite medir la degradación de estos aditivos y el deterioro de la reserva alcalina con el tiempo, en la cual poseen dos tipos de acidez en un aceite (Castellanos Armendáris y Zurita Díaz, 2012, pp. 9-15) :

- Acidez mineral, su origen es por la existencia de ácidos residuales del refino.
- Acidez orgánica, su origen es por productos de la oxidación y los aditivos.

Cuando se manifiestan altas temperaturas los esfuerzos mecánicos a los que está sometido el aceite lubricante genera una degradación y oxidación progresiva dentro de la composición del aceite y esto produce la formación de lodos, depósitos de carbono, reducción de la viscosidad y desgaste en las piezas metálicas en los componentes del motor, donde la medición de este parámetro es muy importante para llegar a determinar el nivel de protección del aceite, además un producto que presenta oxidación en los hidrocarburos de las bases lubricantes generalmente genera productos como cetoácidos corrosivos los cuales son perjudiciales en la vida útil del motor. (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).

c. *Viscosidad cinemática*

La viscosidad es por lo general independiente de la presión y dependiente únicamente de la temperatura a la que está sometido. La viscosidad cinemática de líquidos o ya sea de gases a una presión suministrada es sustancialmente función de la temperatura. La resistencia de un fluido a la tensión de cortadura va a ser dependiente de su cohesión y del grado de transferencia de la cantidad de movimiento de sus moléculas. Un líquido, que tiene moléculas mucho más cercanas que un gas, tiene unas fuerzas de cohesión mayores que éste. La cohesión, es una de las causas predominantes de la viscosidad en un líquido, y como la cohesión disminuye por ende la temperatura también, a la viscosidad le sucederá lo mismo. (Carmelo, 1989, pp. 4-375).

La viscosidad cinemática que está en un fluido es igual a su viscosidad dinámica dividida para su densidad, ambos diagnosticados a la misma temperatura, y expresada en unidades como son: centistokes (cSt) o stokes (St), donde  $1 \text{ cSt} = 0,01 \text{ (St)}$ , o en el sistema internacional va a estar expresada como milímetros cuadrados por segundo ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ), donde  $1 \text{ (mm}^2/\text{s}) = 1 \text{ (cSt)}$ , además la viscosidad dinámica se presenta expresada como centipoise por lo que se puede convertir en una viscosidad cinemática en unidades de centistokes dividiéndola por la densidad del fluido en gramos por centímetro cúbico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) con una misma temperatura y si la viscosidad cinemática del fluido está en milímetros cuadrados por segundo se puede transformar la viscosidad dinámica en pascal por segundos multiplicando por la densidad en gramos por centímetro cúbico y dividiendo el resultado por la cantidad de 1000. (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, pp. 11-30).

d. *Contaminación.*

Los contaminantes que están presentes en el aceite son materias extrañas que se pueden identificar en los siguientes grupos:

**Tabla 6-2:** Contaminantes presentes en el lubricante.

<b>GRUPO</b>	<b>CAUSA</b>
De contaminación externa	Cuando se produce un soplado y la ventilación del cárter.
Residuos del mecanizado	Partículas empleadas para la limpieza de las partes después de su fabricación y por acciones de mantenimiento

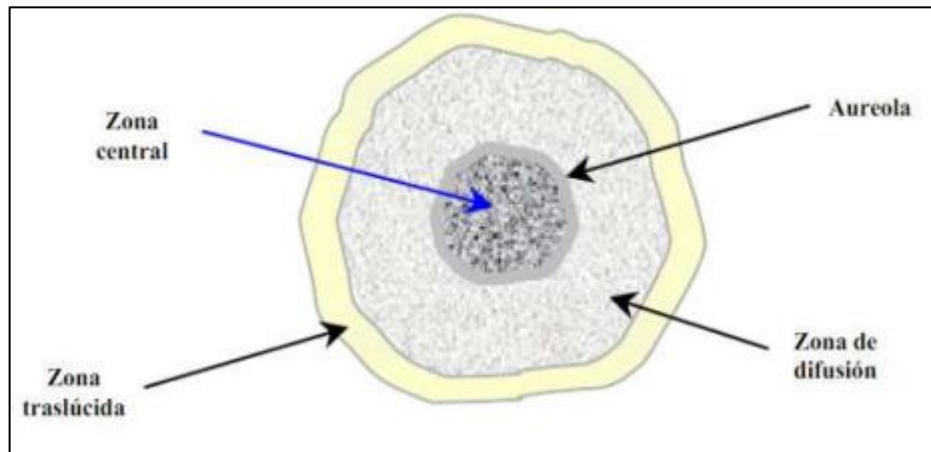
**Fuente:** (Afton Chemical Corporation, 2018, pp. 1-87) & (Vimos Patajalo y Coro Medina, 2015, p. 30).

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.



e. *Presencia de agua.*

Dentro de lo que es una contaminación interna la degradación del aceite lubricante también es producto de su contaminación por varias sustancias y del proceso de oxidación, esto conlleva al uso y funcionamiento del lubricante, y el proceso de oxidación se genera por el consumo de reservas alcalinas en el lubricante por aditivos antioxidantes o limpiadores dispersantes. En la Tabla 7-2, se aprecian los componentes contaminantes de los aceites de acuerdo con su origen.



**Ilustración 12-2:** Constitución de una mancha de aceite.

Fuente: Avila Heras, (2017).

**Tabla 7-2:** Contaminantes del lubricante en base a su origen.

COMPONENTE	ORIGEN
Bario	Aditivos detergentes
Calcio	Aditivos detergentes
Magnesio	Aditivos detergentes
Zinc	Aditivos detergentes
Fosforo	Aditivos detergentes
Agua	Combustión
Plomo	Desgaste de piezas
Hierro	Desgaste
Cromo	Desgaste
Níquel	Desgaste
Aluminio	Desgaste
Estaño	Desgaste
Cobre	Desgaste
Azufre	Producto de combustión

Fuente:(Barrera Yáñez, 2021, pp. 4-32)

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

### **2.2.10. Norma técnica ecuatoriana INEN 2027**

La norma dictamina los requisitos que deben cumplir los aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de Otto, esta norma se aplica a los aceites lubricantes utilizados para motores de ciclo de Otto, incluyendo los sistemas de carburación dual, pero no es aplicable para los aceites lubricantes para motores de dos tiempos como también para los aceites lubricantes para motores que usan como combustible el gas natural. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21).

#### **2.2.10.1. Definiciones de la Norma técnica ecuatoriana INEN 2027**

Para los efectos de esta norma, se acoplan las siguientes definiciones (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21):

- Aceites básicos minerales: Este producto viene directamente de la refinación del petróleo utilizado en la producción de lubricantes.
- Aceites básicos sintéticos: Son todos aquellos realizados gracias a los procedimientos petroquímicos.
- Aceites básicos semisintéticos: En base a la mezcla de aceites básicos minerales con aceites básicos sintéticos se obtiene los semisintéticos.
- Aceite Monógrado: Es todo aquello que tiene un solo grado de viscosidad SAE.
- Aceite Multigrado: Es todo aquello que tiene dos grados de viscosidad SAE.
- Aditivos: Compuesto que se añade a los aceites básicos con el objetivo de impartir nuevas propiedades o reforzar algunas ya existentes para obtener un mejor funcionamiento.
- API: Instituto Americano del Petróleo, organismo con base en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, instituye la categorización y nomenclatura de los aceites lubricantes, según el grado de desempeño.
- ASTM: Sociedad Americana de Ensayos y Materiales, establece como sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, instituye la categorización de calidad y métodos de ensayo de laboratorio.
- Clasificación API: Es un orden sistemático de las categorías conforme a los diferentes niveles de desempeño en ensayos patrón en los cuales resalta los motores de combustión interna de ciclo de Otto.
- Categoría API: Designación tal como SG, SH, SJ, SL, SM o superiores, los cuales resaltan un nivel de desempeño del lubricante, conforme a la clasificación API.
- Lote: Representa una cantidad específica de producción de aceite lubricante, que tiene características uniformes, que se somete a una revisión como una unidad.

- Muestra: Es una proporción representativa de aceite lubricante, obtenido de un lote, a la que se le somete a los análisis de laboratorio, cuyos resultados van a permitir evaluar una o más especificaciones de calidad de ese lote. Esto servirá para la toma de decisiones sobre dicho lote o sobre el proceso que lo produjo.
- SAE: Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices, este organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre varias actividades, establece o genera la clasificación de aceites lubricantes para los motores de combustión interna, según la viscosidad de este.

#### 2.2.10.2. Disposiciones generales de la norma INEN 2027

En los motores de ciclo Otto de combustión interna los aceites lubricantes utilizados no deben contener materiales en suspensión, sedimentos, agua y cualquier otra impureza extraña, además API da a conocer ensayos en los que se puede determinar cuál es el nivel grado de servicio que presentan los aceites lubricantes que ya son utilizados para motores de combustión interna de ciclo Otto la cual se indican en la siguiente Tabla 8-2. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21).

**Tabla 8-2:** Ensayos de aceite de motor clasificando el servicio API, basada en la norma SAE J183.

SERVICIO API	ENSAYOS
SG	CRC L-38
	Secuencia IID
	Secuencia IIIE
	Secuencia VE
	Caterpillar 1H2
SH	CRC L-38
	Secuencia IID
	Secuencia IIIE
	Secuencia VE
SJ	CRC L-38
	Secuencia IID
	Secuencia IIIE
	Secuencia VE
SL	Secuencia IIIF
	Secuencia IVA
	Secuencia VG
	Secuencia VIII
SM	Secuencia IVA
	Secuencia IIIG
	Secuencia VG
	Secuencia VIII

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

### 2.2.10.3. Requisitos específicos de la norma INEN 2027

Dictamina los requisitos de propiedades físico-químicas de los aceites lubricantes, los grados de viscosidad para aceites de motores de ciclo Otto, donde deben cumplir con lo establecido en las tablas proporcionadas según lo que estipula la norma, también el método de ensayo NTE INEN 810 sirve para la determinar de la viscosidad del aceite lubricante. Los requisitos de propiedades fisicoquímicas que cumplen los aceites para motores de ciclo Otto, que están enlistados en la siguiente Tabla 9-2, además los aceites lubricantes que son utilizados en los motores Otto deberían estar elaborados con bases lubricantes que cumplan con lo establecido según la NTE INEN 2029 y el mínimo nivel de calidad de aceites lubricantes que se utilizan en motores de ciclo Otto son comercializados en Ecuador bajo las normas establecidas por API SG. (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2011, p. 21).

**Tabla 9-2:** Clasificación y requisitos de propiedades fisicoquímicos de los aceites lubricantes para motores de ciclo Otto.

No.	REQUISITOS	UNIDAD	MÍN.	MÁX.	MÉTODOS DE ENSAYO
1	Índice de Viscosidad	-	-		ASTM D 2270
	Aceite Monógrado		93,0	-	
	Aceite Multigrado		120,0	-	
2	Punto de Ecurrimiento	°C	-		ASTM D 97
	Aceite Monógrado		-	-6,0	
	Aceite Multigrado		-	-15,0	
3	w Humedad	%		0	ASTM D 95
4	Punto de Inflamación	°C	190	-	ASTM D 92
5	Tendencia a la espuma	cm <sup>3</sup>	-		ASTM D 892
	Secuencia I		-	20,0	
	Secuencia II		-	50,0	
	Secuencia III		-	20,0	
6	Estabilidad a la espuma luego de 10 min de reposo Secuencias I, II y III	cm <sup>3</sup>	-	0,0	ASTM D 892
7	TBN	-	5,5	-	ASTM D 2896
8	W cenizas sulfatadas	%	0,5	-	ASTM D 874

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2011, p. 21)

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

#### 2.2.10.4. *Requisitos complementarios de la norma INEN 2027*

Establece el almacenamiento y manejo de aceites lubricantes utilizados en motores ciclo Otto se debe estipular bajo lo establecido por las autoridades que llevan el control, y la comercialización se realiza en: m<sup>3</sup>, múltiplos y submúltiplos (litros), de acuerdo con lo estipulado según la ley 2007-76 que está en el Sistema Ecuatoriano de la Calidad. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21).

#### 2.2.11. *Inspección de la norma INEN 2027*

##### 2.2.11.1. *Muestreo.*

Los lotes que establece están conformados por unidades de una misma clasificación para poder verificar la conformidad que existe en el lote con los requisitos ya establecidos según la norma y también se deberá tomar aleatoriamente dos muestras de la cantidad de un litro respectivamente la cual se llevará a ser analizada con los ensayos establecido en la norma, además el recipiente para la toma de muestras debe ser nuevo, limpio, seco y de cierre hermético y estar formado de un material que sea adecuado que no afecte a las características del producto. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21).

##### 2.2.11.2. *Identificación de las muestras.*

A las muestras se las identifica de la siguiente manera (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21):

- Número de la muestra
- Nombre del producto
- Identificación del lote
- Fecha, hora y lugar en la que se vaya a obtener la muestra del aceite
- Nombre y firma del encargado del muestreador

##### 2.2.11.3. *Aceptación o Rechazo de la norma INEN 2027*

Con la muestra obtenida se determinarán aquellos requisitos establecidos del producto, además si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos que establece la norma, se procederá a evaluar y diagnosticar la siguiente muestra., en donde si la muestra alterna no cumple

los requisitos establecidos según la norma, se tiene que rechazar el lote correspondiente al análisis realizado. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21).

#### 2.2.11.4. *Envasado y etiquetado de la norma INEN 2027*

Los aceites para motores de combustión interna en el proceso de envasado del lubricante deben, ser en recipientes con un material adecuado y que no vaya en detrimento de su calidad o que llegue a modificar las propiedades presentes en el aceite lubricante durante la transportación y almacenamiento de este. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21).

En la norma establece que para el etiquetado de cada envase tiene que contar con un rótulo perfectamente legible y si el aceite lubricante obtenido es de un proceso de reciclaje también se incluye en el rotulado, a continuación, se da a conocer los lineamientos que debe contener el etiquetado en el envase (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21):

- Nombre o denominación del producto.
- Marca comercial del producto.
- Número de lote del producto.
- Contenido neto en unidades del SI.
- nombre y Dirección de la empresa productora o comercializadora del aceite lubricante.
- País de fabricación del producto.
- Grado de viscosidad SAE.
- Clasificación del servicio API destacada en el envase.
- Aceite reciclado.
- Advertencia de riesgo que está presente por contacto del aceite lubricante con la piel.
- Advertencia de riesgo que genera en el ambiente por mal uso del aceite lubricante usado.
- Aplicación del producto para motores ciclo de Otto.
- Fecha máxima de uso.
- Condiciones de conservación.
- La información que debe contener en el envase debe estar en español sin perjuicio alguno que pueda afectar a otros idiomas adicionales como el inglés

#### 2.2.12. *Norma técnica ecuatoriana INEN 2029.*

Esta norma establece algunos requisitos fisicoquímicos y normas que deben cumplir las bases lubricantes provenientes del petróleo, además de seguir para los diferentes ensayos de bases

lubricantes parafínicas vírgenes y refinadas que deben cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 10-2. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010, p. 3).

**Tabla 10-2:** Clasificación de las bases lubricantes parafínicas vírgenes y re-refinadas.

Especificación	Unidad	Liviana		Media		Pesada		Cilindro parafínico		Método de ensayo
		Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	
Viscosidad cinemática 100 °C	cSt	2	6,1	>6,1	21,1	>21,1	40,1	>40,1	55	NTE INEN 810
Índice de viscosidad		92		95		95		70		ASTM D 2270
Punto de inflamación	°C	185		210		250		250		NTE INEN 808
Punto de escurrimiento	°C		-12		-8		-8			NTE INEN 1982
Color ASTM			2		3,5		6,5			ASTM D 1500
Acidez total	Mg KOH		0,06		0,06		0,06		0,1	ASTM D 974
Contenido d cenizas	% m/m		0,1		0,1		0,1		0,1	ASTM D 482
Contenido de Agua	% V		0,01		0,01		0,01		0,01	ASTM D 95
Policíclicos Aromáticos	%P		3		3		3		3	IP 346

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010, p. 3)

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

### 2.2.13. Ensayos realizados en la NTE INEN 2029 Determinación de la viscosidad.

#### 2.2.13.1. Determinación de la viscosidad.

Al realizar el ensayo de acuerdo con lo que establece la norma NTE INEN 810, donde manifiesta que el método para la determinación de la viscosidad cinemática de los productos líquidos que están relacionados con petróleo, tanto como su opacidad y transparencia, además la viscosidad dinámica,  $\eta$ , que presenta un aceite lubricante se puede obtener realizando la multiplicación de la viscosidad cinemática,  $\nu$ , y la densidad  $\rho$ , del líquido de la muestra analizada. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013b).

#### 2.2.13.2. Determinación del índice de viscosidad.

Al realizar el ensayo de acuerdo a lo que establece en la norma ASTM D 2270, donde muchas de las industrias por lo general utilizan las propiedades de viscosidad en sus procesos industriales y las introducen en sus normas de fabricación y cuando se conoce la viscosidad de un aceite, es necesario especificar a qué temperatura se ha medido ya que el índice de viscosidad se representa como una magnitud de referencia donde tiene como influencia la temperatura sobre la viscosidad cinemática,  $\nu$ , la cual se la mide a dos distintas temperaturas a 40 °C y 100 °C. (American Society for Testing and Materials, 2016, p. 147).

### 2.2.13.3. Determinación del punto de inflamación.

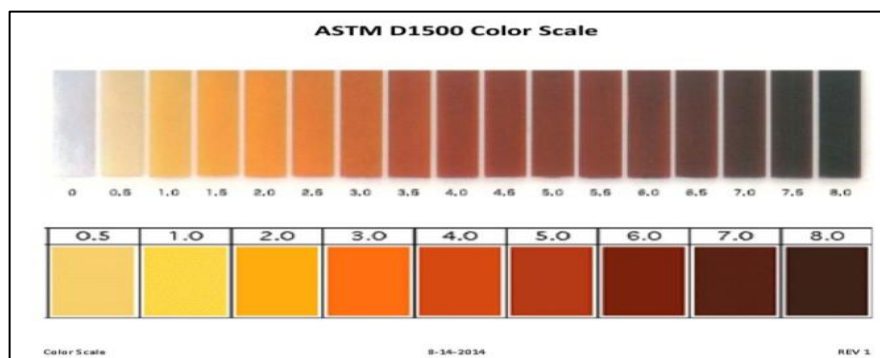
Al realizar el ensayo de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 808, esta norma establece el método para dictaminar los distintos puntos de inflamación y combustión de todos los productos que conlleven petróleo, con excepción de los aceites combustibles y todos aquellos productos que conlleven un punto de inflamación que sea inferior a una temperatura de 79 °C. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998, pp. 1-10).

### 2.2.13.4. Determinación del punto de escurrimiento.

Al realizar el ensayo de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 1982, donde se puede apreciar que esta norma establece que mediante el ensayo lograr determinar el punto de escurrimiento de productos de petróleo, además la base lubricante debe estar en su estado natural, sin ningún aditivo, el punto de escurrimiento de una muestra de petróleo es un indicativo de la temperatura más baja a la que esta se puede llegar a utilizar para ciertas aplicaciones. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013, pp. 1-3).

### 2.2.13.5. Determinación del color

Al realizar el ensayo de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D 1500, establece que este método de prueba abarca la determinación del tipo visual del color de una amplia variedad de productos que son derivados del petróleo tales como: aceites lubricantes, aceites de calefacción, fuelóleos diésel y ceras de petróleo, además este método de prueba permite informar sobre los resultados específicos del método de prueba realizada y lleva un registro con la denominación de color ASTM. (American Society for Testing and Materials, 2009, pp. 1-5).



**Ilustración 13-2:** Degradación del aceite en función de su coloración.

**Fuente:** (American Society for Testing and Materials, 2009, pp. 1-5).



#### 2.2.13.6. Determinación de la acidez total

Al realizar el ensayo de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D 974, el ensayo de número de neutralización también conocida como número de acidez, es un análisis químico que es capaz de medir el contenido de ácidos presentes en la oxidación del aceite, además en aceites nuevos los ácidos presentes encontrados son considerados como un residuo en el proceso de refinamiento del aceite lubricante, la cantidad máxima permisible que se puede encontrar en el aceite en base al ensayo es de 0.03 mg KOH/g. (Antillón Hernández y Magaña Canales, 2015, pp. 1-147).

**Tabla 11-2:** Valores de número de ácidos según el estándar de IEEE Std. 62-1995.

TIPO DE ACEITE	NIVEL DE TENSION (KV)	NÚMERO DE ACIDEZ (NN) (mg KOH/g, max)
Aceite nuevo		0.03
Aceite que está en condiciones satisfactorias para uso continuo	<69	0.20
	69-288	0.20
	>345	0.10
Aceite que requiere reacondicionamiento para servicio adicional		0.20
Aceite en condición pobre (debe ser regenerado o deshecho)		0.50

**Fuente:** (Antillón Hernández y Magaña Canales, 2015, pp. 1-147).

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

#### 2.2.13.7. Determinación del contenido de cenizas.

Al realizar el ensayo de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D 1492, este método tiene como objetivo describir los pasos a seguir para la determinación de las cenizas en los combustibles líquidos, siendo este método aplicable a todos los combustibles líquidos, o productos derivados del petróleo, que no contengan aditivos que puedan variar el contenido de cenizas. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

#### 2.2.13.8. Determinación del contenido de agua.

Al realizar el ensayo de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D 95, este método tiene como objetivo determinar el contenido de agua en productos petrolíferos, tales como aceite lubricantes, diésel entre otros, además este método es aplicable a los aceites y combustibles líquidos que se emplea en las centrales eléctricas y también se puede identificar cualquier

contenido de agua, estableciendo la medida de volumen correcto de la muestra para que el agua separada no llegue a exceder la capacidad que tiene el colector. (American Society for Testing and Materials, 2002, pp. 1-6).

#### *2.2.13.9. Determinación del contenido de policíclicos aromáticos*

Al realizar el ensayo de acuerdo con lo establecido en la norma IP 346, este documento especifica un método de prueba para poder determinar los aromáticos policíclicos (PCA) con el rango de concentración 1-15% (m / m) en aceites bases lubricantes que son libres de aditivos no utilizados que tienen un punto de ebullición atmosférico de 300 ° C de temperatura y con un mínimo del 5% de la muestra recuperada. (American Society for Testing and Materials, 2002, pp. 1-6).

#### **2.2.14. La Estadística.**

La estadística permite entablar recomendaciones a partir de datos representados en cuadros, tablas, figuras o gráficos, además se toma en cuenta los objetivos de la investigación, las mediciones de variables del estudio, las tendencias que se genera en las gráficas como histogramas, gráficos de líneas o dispersión, y a través de un análisis exhaustivo permite resumir y llegar a conclusiones de forma clara y precisa. (Rendón-Macías, et al, 2016, pp. 397-407).

##### *2.2.14.1. Obtención de datos.*

Existen diferentes metodologías mediante los cuales se pueden determinar y obtener datos necesarios para realizar cualquier tipo de investigación, podemos buscar datos que ya estén publicados por fuentes gubernamentales, industriales o individuales, además diseñar un experimento para adquirir los datos necesarios, conducir un estudio y hacer observaciones del comportamiento, de actitudes u opiniones de los individuos o cualquier otro tipo en los que se está investigando. (Levine M, Krehbiel C y Berenson L, 2006, pp. 15-40).

##### *2.2.14.2. Datos de fuentes gubernamentales.*

El GAD municipal de Guano es un importante compilador de datos con propósitos públicos y privados, es el mayor responsable de almacenar toda la información en la cual presentan datos de grupos industriales específicos como lavadoras y lubricadoras, número de maquinarias, talleres de servicio automotriz y centros de comercialización de aceites lubricantes que son datos de suma importancia para la recolección de estos. (Levine M, Krehbiel C y Berenson L, 2006, pp. 15-40).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

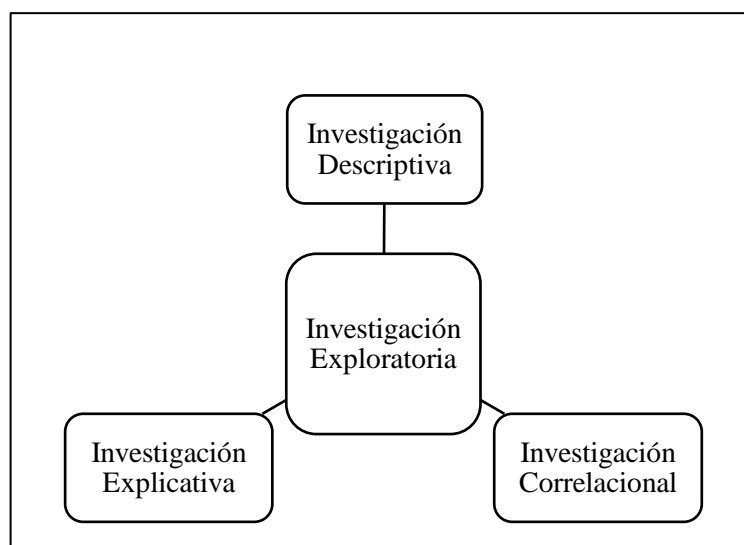
#### 3.1. Enfoque de la investigación.

En el presente trabajo de investigación posee un enfoque cuantitativo, dado que es necesaria la recopilación de datos para poder probar la hipótesis, tomando en cuenta la medición numérica y un análisis estadístico, con el fin de determinar pautas y comportamientos para probar dicha hipótesis.

En la obra de (Hernández Sampieri et al., 2014: pp. 4-6) se menciona que el enfoque cuantitativo sigue el orden secuencial y probatorio, inicia de una idea y va reduciéndose, una vez está delimitada, se subdivide en objetivos a cumplir y surgen preguntas de investigación, de las mismas que surgen hipótesis y se determina variables, se establece un plan para probarlas, se mide dichas variables bajo ciertos criterios, se procede con el análisis estadístico de estas mediciones y se finaliza obteniendo una serie de conclusiones.

#### 3.2. Nivel de Investigación.

Una vez realizada la revisión bibliográfica de fuentes confiables, y se decide que la investigación vale la pena realizarla, el siguiente paso a seguir es verificar el nivel que tendrá la investigación. (Hernández Sampieri et al., 2014, pp 90-100).



**Ilustración 1-3:** Niveles de investigación aplicados en el proyecto.

Fuente: (Hernández Sampieri et al., 2014, pp. 90-100).

### **3.2.1. Investigación Exploratoria.**

El presente trabajo presenta una investigación exploratoria ya que ayuda a comprender fenómenos relativos como la degradación del aceite lubricante, centrada específicamente en la flota vehicular de volquetas del GAD de Guano, formulando afirmaciones e hipótesis.(Hernández Sampieri et al., 2014, pp 90-100).

### **3.2.2. Investigación Descriptiva.**

Esta investigación proporciona información sobre las variables (Viscosidad, densidad, dieléctrico, etc.) y los datos que vamos a obtener de la muestra de aceite del GAD de Guano (Hernández Sampieri et al., 2014, pp 90-100).

### **3.2.3. Investigación Correlacional.**

El uso principal de la investigación correlacional es comprender la relación sobre las variables al comprender el comportamiento de otras variables relacionadas. Es decir, tratar de predecir una aproximación de grupos o instancias de individuos en una variable a partir de un valor o varios asociados. (Hernández Sampieri et al., 2014, pp 90-100).

### **3.2.4. Investigación Explicativa.**

La investigación explicativa está más estructurada que la investigación en otros campos y en realidad establece su propósito (investigar, describir y relacionar o correlacionar); además de facilitar el entendimiento de los fenómenos a los que se refieren. (Hernández Sampieri et al., 2014, pp 90-100).

## **3.3. Diseño de investigación.**

En relación con la hipótesis planteada anteriormente se obtiene el manejo de las variables dependientes e independientes generales del trabajo de investigación.

### **3.3.1. Según la manipulación de la variable independiente.**

- **Variable independiente:** Análisis tribológico.
- **Variable dependiente:** Programa de lubricación óptimo en función de sus propiedades físico-químicas y su degradación.

La manipulación de dichas variables es de carácter no experimental, dado que los análisis que se realizan sobre aceite lubricante ayudaran a proponer un nuevo plan para dicho aceite, mas no el análisis sobre que aceite es el adecuado para esta marca de la flota vehicular de volquetas del GAD municipal del cantón Guano.

### 3.3.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo

**Tabla 1-3:** Variables dependientes e independientes y su intervención en el trabajo.

Tipo de variable	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable independiente:</b>	Análisis tribológico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</li> <li>• Dieléctrico: Comparar con dieléctrico de aceite limpio para determinar la degradación del lubricante</li> <li>Índice ferroso: Partículas ferrosas &gt; 5 micras Ferroso grande</li> <li>Indicación: Partículas ferrosas &gt;&gt; 60 micras No ferrosos grandes</li> <li>Indicación: Partículas no ferrosas &gt;&gt; 60 micras</li> <li>Indicación de gotas: gotas de agua libres Agua: Estimación de agua.</li> <li>• TAN (mgKOH/g), TBN (mgKOH/g); Oxidación (abs/0,1 mm); Nitración (abs/cm); Sulfatación</li> </ul>

		(abs/0,1 mm); Agua, ppm (disuelta, disuelta + agua libre con la opción Solución integral de agua); glicol (% en peso); hollín (% en peso); Fluido incorrecto (% en peso); agotamiento de antioxidantes (% restante); Agotamiento anti-desgaste (% en peso).
<b>Variable dependiente:</b>	Programa de lubricación óptimo en función de sus propiedades físico-químicas y su degradación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intervalos de lubricación.</li> <li>• Costos</li> </ul>

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

### 3.4. Tipo de estudio (documental y de campo)

Para este trabajo de investigación presenta una modalidad de estudio del tipo documental y de campo, dado que la recolección de muestras de las diferentes volquetas se realiza en el GAD municipal del cantón Guano, el cual tiene una duración de 250 horas de trabajo y de esta manera poder realizar el estudio de degradación del aceite y posteriormente sugerir un plan de lubricación con los resultados del mismo.

Adicional se considera una investigación documental, ya que en primera instancia se aplica el conocimiento teórico, en base a fuentes confiables de investigación, como son libros, paper, revistas, artículos, entre otros, los cuales son referentes al tema de estudio, para así poder corroborar y relacionar las variables de estudio.

### 3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de muestra.

#### 3.5.1. Población y muestra

El crecimiento urbanístico del cantón y sus alrededores demanda de la construcción de avenidas, escenarios deportivos, calles y la dotación de servicios básicos como son los alcantarillados, agua entre otros.

La constitución de la república y la ley de régimen municipal establecen que los gobiernos municipales tienen la obligación de fomentar el desarrollo urbano de las ciudades con el objetivo de buscar el buen vivir de los habitantes.

Por ello el Gad municipal de Guano dispone de un importante equipo de 35 unidades de vehículos y maquinas en las cuales cuenta con camionetas, vehículos utilitarios, volquetas, camión, tanquero, unidad de carga y remolque, mini cargadora, motoniveladora, tractor oruga, retroexcavadoras, rodillo, vehículo especial, barredora mecánica, ómnibus, motocicleta, y mini cargadora de orugas.



**Ilustración 2-3:** Lugar donde se sitúa la población de estudio.  
Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

Para este trabajo se consideró las 6 volquetas que están operando para su respectivo análisis de aceite, adicional se consideró como parte de la población el número total de aceite lubricante usado en los motores de las volquetas, alrededor de 3.5 galones o 13.25 litros de aceite por cada volqueta.

En la muestra utilizada para este estudio no se tomó en cuenta una ecuación ni la gran cantidad de vehículos, se disponía de seis volquetas de diferente tipo y marca, lo cual permitirá la recolección de muestras en un lapso de tiempo y kilometraje, la cantidad de muestra recolectada

esta dictaminada por la cantidad de aceite lubricante que usa cada equipo de laboratorio, se consideró una cantidad de 100 ml de aceite.

### 3.5.2. Selección de los volquetes para el estudio.

De acuerdo con las consideraciones planteadas dentro del capítulo de población se definió el análisis de las 6 volquetas operando, en las cuales se tomará muestras para el análisis de aceite en base a tiempo y disponibilidad de las unidades.



**Ilustración 3-3:** Selección de volquetes para estudio.  
Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

**Tabla 2-3:** Características generales de las volquetas del GAD municipal de Guano y su estado de operación.

CODIGO	MAQUINARIA	ESTADO ACTUAL
V-8	TIPO: VOLQUETA PLACA: HMA-1132 MARCA: UD TRUCKS AÑO: 2015 No. MOTOR: FE6005027H MODELO: PKC212EHLB 6.9 2P 4X2 TM DIESEL PAIS ORIGEN: JAPON COLOR: AMARILLO No.CHASIS: JNBPKC212FAE01683	Operando
V-13	TIPO: VOLQUETA PLACA: HMA-1008 MARCA: NISSAN DIESEL AÑO: 2009 No. MOTOR: FE6004488H MODELO: PKC212EHLB PAIS ORIGEN: JAPON COLOR: AMARILLO No. CHASIS: JNBPKC2129AE01403	Operando
V-14	TIPO: VOLQUETA PLACA: HMA-1009 MARCA: NISSAN DIESEL	Operando



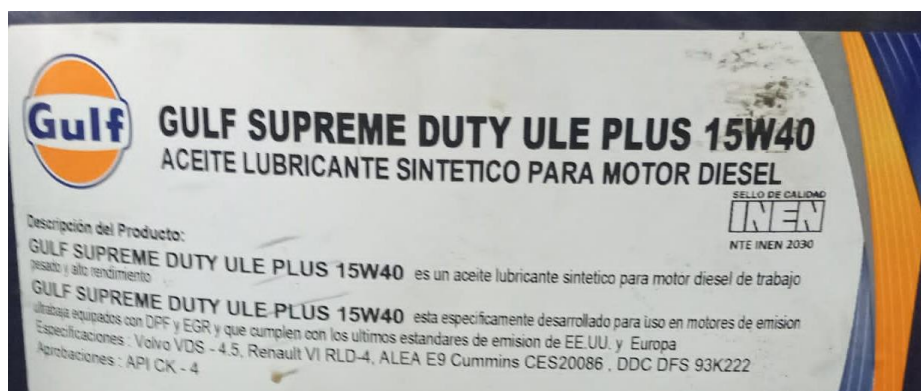
	<p>AÑO: 2009  No. MOTOR: FE6004486H  MODELO: PKC212EHLB  PAIS ORIGEN: JAPON  COLOR: AMARILLO  No. CHASIS: JNBPKC2129AE01404</p>	
V-15	<p>TIPO: VOLQUETA  PLACA: HMA-1007  MARCA: NISSAN DIESEL  AÑO: 2009  No. MOTOR: FE6004487H  MODELO: PKC212EHLB  PAIS ORIGEN: JAPON  COLOR: AMARILLO  No. CHASIS: JNBPKC2129AE01405</p>	No Operando
V-16	<p>TIPO: VOLQUETA  PLACA: HMA-1131  MARCA: UD TRUCKS  AÑO: 2014  No. MOTOR: GH13604119  MODELO: CWB6BLLDL3 AC 12.8 2P 6X4 TM DIESEL  PAIS ORIGEN: JAPON  COLOR: AMARILLO  No. CHASIS: JNBCWB6BLEAL00978</p>	Operando
V-17	<p>TIPO: VOLQUETA  PLACA: HMA-1069  MARCA: HINO  AÑO: 2010  No. MOTOR: J08CTT40445  MODELO: GH1JGUD  PAIS ORIGEN: COLOMBIA  COLOR: AMARILLO  No. CHASIS: 9F3GH1JGUAXX13159</p>	Operando
V-20	<p>TIPO: VOLQUETA  PLACA: HMA-1133  MARCA: UD TRUCKS  AÑO: 2015  No. MOTOR: GH13604629  MODELO: CWB6BLLDL3 AC 12.8 2P 6X4 TM  PAIS ORIGEN: JAPON  COLOR: AMARILLO  No. CHASIS: JNBCWB6BLFAL01055</p>	Operando

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

### 3.5.3. Planificación para la toma de muestras.

Las muestras del aceite lubricante en estado nuevo y de uso en el GAD municipal del cantón Guano, para la maquinaria y volquetas de motor Diesel poseen las características: GULF SUPREME DUTY ULE PLUS 15W40, aceite lubricante sintético para motor Diesel, se

analizaran dichas muestras en el laboratorio de tribología de la facultad de mecánica, por medio de técnicas físico-químicas, que se componen de un escaneo de fluido, medición de densidad, medición de viscosidad, equipo espectrómetro basado en la norma (ASTM D7889 para dilución de biodiésel (%), ASTM D664 para TAN y ASTM D4739 para TBN.), de carácter internacional, comprobaciones rápidas de aceite lubricante.



**Ilustración 4-3:** Aceite nuevo guardado en bodegas del GAD municipal del cantón Guano.

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

### 3.5.4. Especificación del lubricante empleado para este estudio.

En la Tabla 3-3, se muestran las especificaciones necesarias del aceite lubricante Gulf Supreme 15W40, las cuales son necesarias para obtener valores iniciales y poder empezar con los análisis tribológicos del aceite, aquí también se muestran los valores referenciales sobre concentraciones metálicas y agua, así como la diferencia que debe existir entre un aceite nuevo y uno usado.

**Tabla 3-3:** Especificaciones, aprobaciones, propiedades físicas del lubricante GULF SUPREME 15W40.

Cumple las siguientes especificaciones	15W40
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.	
<b>Posee las siguientes Aprobaciones</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volvo VDS-4, Volvo VDS-4.5; Mack EOS-4.5; MB-Approval 228.31, MTU Oil Category 2.1. <ul style="list-style-type: none"> <li>• API CK-4/SN, CJ-4/SN.</li> </ul> </li> <li>• API CK-4, Volvo VDS-4/ Mack EO-O PP/ Renault VI RLD-3 approval, Cummins CS 20081, DDC PGOS 93K218.</li> </ul>	X

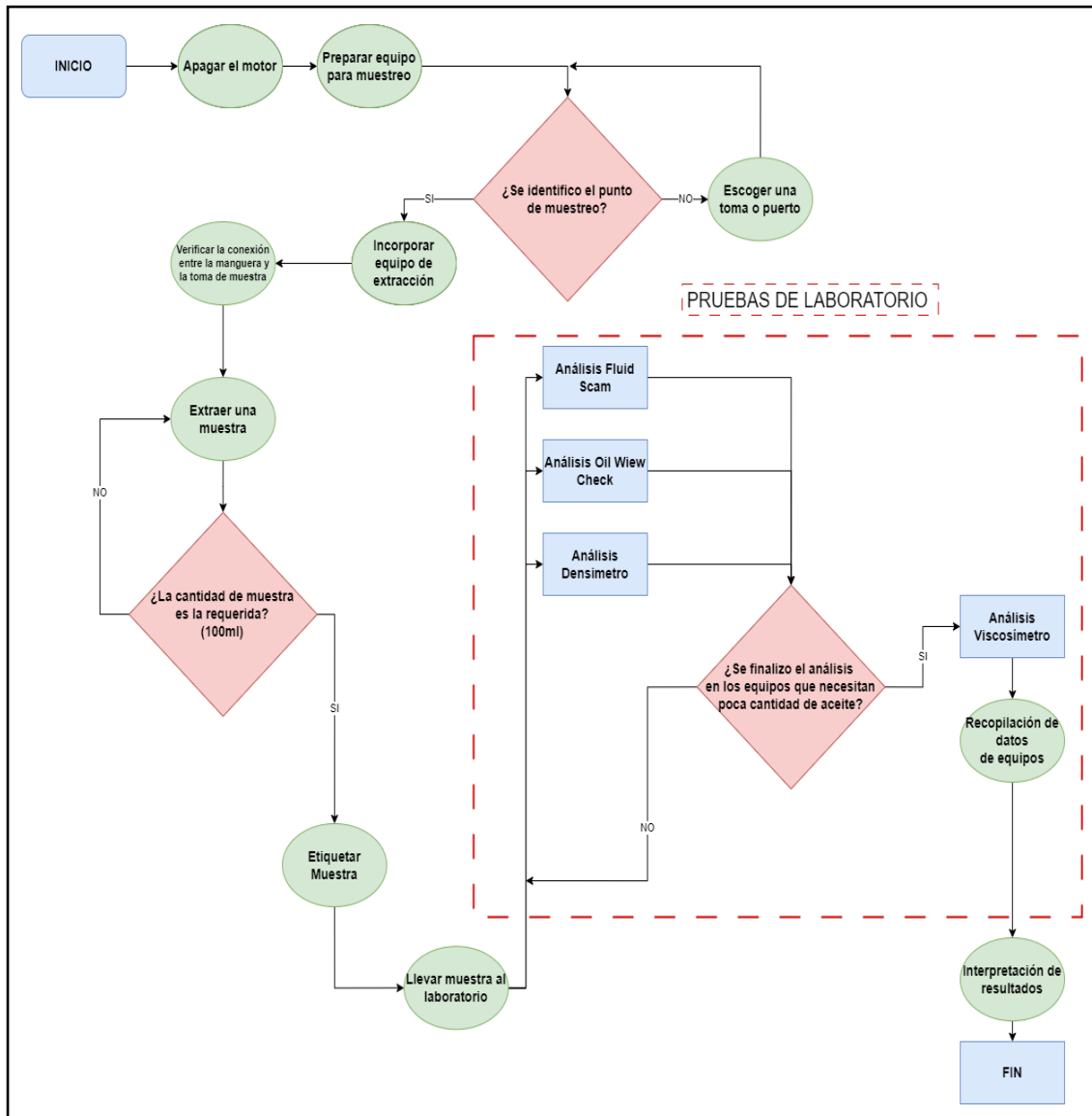
<b>Propiedades Físicas</b>	
<b>Parámetros</b>	<b>Valores Típicos</b>
Viscosidad @ 100 °C, cSt	14.2
Viscosidad @ 40 °C, cSt	103
Punto de inflamación, °C	225
Punto de fluidez, °C	-21
TBN, mg KOH/g	9 – 9.8
Hollín (% wt)	1.5
Cenizas sulfatadas, % wt	0,96
Densidad @ 15°C, Kg/l (g/cm <sup>3</sup> )	0,861
Cenizas sulfatadas Ash, % w	0,97
Flash point °C (COC)	Min. 190
Flash point °C (PM)	Min. 140
TBN, mg KOH/g	Min. 50% del aceite nuevo
Water content (ppm)	Max. 1000
Oxidation (A/cm <sup>1</sup> )	Max. 20
Nitración (abs/cm)	Max. 20
Glycol (ppm)	Mayor a 200
Ethylene glycol (mg/kg)	Máxima diferencia entre aceite nuevo y usado valor de 100
Additive element contents	Para confirmar que el aceite nuevo es idéntico con el grado de aceite de los aceites usados.

**Fuente:** (Friedrichshafen GmbH, 2012, pp. 15-16) & (Gulf Oil International, 2022, pp. 4-5).

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

### **3.6. Diagrama de flujo de la toma de muestras y análisis en laboratorio.**

En este apartado se muestra un diagrama de flujo sobre el proceso de realización de toma de muestras y análisis en el laboratorio, basado en cómo se debe realizar el envasado y etiquetado de la muestra y el orden de cómo se sugiere realizar el análisis en los equipos de laboratorio.



**Ilustración 5-3:** Procedimiento para la extracción, envasado, etiquetado y traslado para pruebas de laboratorio de las muestras de aceite.

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

### 3.6.1. Procedimiento para toma de muestras.

Para realizar el muestreo se tomó en cuenta en la norma nacional INEN 2027 la cual permite la identificación de la muestra como lo es:

- Número de la muestra
- Nombre del producto
- Identificación del lote
- Fecha, hora y lugar en la que se vaya a obtener la muestra del aceite
- Nombre y firma del encargado del muestreador

Si la muestra no cumple con lo establecido anteriormente, entonces se considera como muestra rechazada.

Se realizará la toma de muestras, para posteriormente ser enviadas al laboratorio, hay que tener muy en cuenta aspectos para poder evitar en gran medida errores o lecturas incorrectas en los resultados, y de esta manera evitar diagnósticos y análisis inexactos del estado del aceite lubricante.

Recolección de muestras de aceite:

- El vehículo debe encontrarse en una zona plana para que el aceite una vez se apague el motor descienda por completo al cárter y se deposite lo más uniformemente posible como se muestra en la Ilustración 6-3.



**Ilustración 6-3:** Posición del vehículo para proceder con la toma de muestra.

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

- El motor del vehículo debe encontrarse a una temperatura ideal, como la temperatura de funcionamiento o al instante en la que se apaga el motor, esto con el fin de que el aceite lubricante se encuentre menos viscoso y se pueda realizar la recolección de la muestra de manera más rápida.
- Evitar la toma de muestras de manera invasiva al motor, ya sea por el Cárter y filtros de lubricante, ya que en estos elementos es muy común que se acumule contaminantes externos como polvo, lodo, agua, etc.
- Para poder sacar las muestras de aceite del motor, se usa un dispositivo conformado por una jeringa de 60 ml y una manguera de caucho, como la que se muestra en la Ilustración 7-3, entrando por la parte superior del motor, donde está posicionada la bayoneta para revisar el nivel de aceite.



**Ilustración 7-3:** Dispositivo jeringuilla manguera usado para extraer aceite del motor.

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

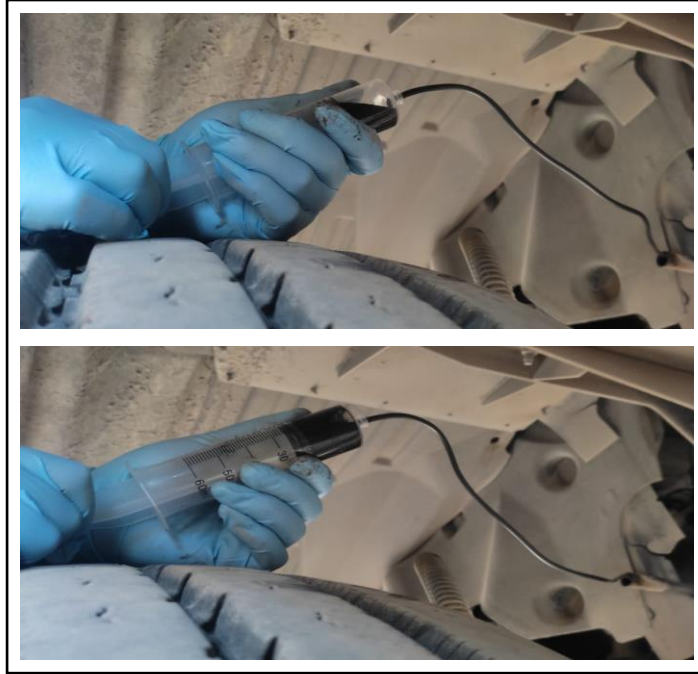
- Se procede a retirar la bayoneta de medición de aceite del vehículo y posteriormente con ayuda del dispositivo jeringuilla manguera se ingresa por el orificio como se muestra en la Ilustración 8-3.



**Ilustración 8-3:** Procedimiento poco invasivo para la extracción de aceite lubricante del motor.

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

- Una vez ya se concluya el paso anterior, se procede a la succión del aceite con la ayuda del dispositivo jeringuilla manguera, hasta la medida máxima de la misma, que es alrededor de 60 ml, esto se realizara alrededor de 2 veces para obtener el nivel de la muestra deseada, alrededor de 100 ml, como se muestra en la Ilustración 9-3.



**Ilustración 9-3:** Succión de aceite lubricante con ayuda del dispositivo Jeringa manguera.  
**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

Como se puede observar en la Ilustración 10-3, la muestra del vehículo a analizar se embasa en frascos estériles para evitar contaminación, se procede a llenar la ficha de identificación del aceite como lo estipula la norma INEN 2027 referente a etiquetado de muestras. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21).



**Ilustración 10-3:** Envasado y etiquetado de la muestra según la norma INEN 2027.  
**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

### 3.7. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación.

#### 3.7.1. Pruebas tribológicas

El análisis tribológico para este estudio consta de cinco equipos que ayudan a medir distintos parámetros en el cual se encuentra funcionando el aceite lubricante al momento de extraer la muestra.

#### 3.7.2. Medidor de densidad DMA 35



**Ilustración 11-3:** Medidor de densidad portátil DMA 35 basic.  
Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

En la Ilustración 11-3, se puede apreciar el equipo DMA 35 basic el cual es un medidor de densidad portátil que extrae la muestra directamente del recipiente en el cual está almacenado el aceite con ayuda de la bomba incorporada y muestra resultados al instante.

El método para el respectivo análisis de este equipo en las muestras de aceite tiene como primera instancia encender y verificar las unidades de medición en  $\text{g/cm}^3$ , seguido a tomar directamente la muestra del recipiente utilizando la bomba incorporada con la ventaja de que solo se requiere 2 ml de la muestra al ser un instrumento digital muestra los resultados instantáneamente y almacena los datos para luego transferir de una forma sencilla para evitar errores y tener de una forma ordenada los resultados.



**Tabla 4-3:** Especificaciones técnicas del medidor de densidad portátil DMA 35 basic.

Especificaciones técnicas	
Rango de medición	Densidad: De 0 g/cm <sup>3</sup> a 3 g/cm <sup>3</sup> Temperatura: 0 °C a 40 °C (32 °F a 104 °F)*
Precisión	Densidad: 0.001 g/cm <sup>3</sup> ** Temperatura: 0,2 °C (0,4 °F) Rango: 10% de densidad inicial.
Repetibilidad, desviación estándar	Densidad: 0.0005 g/cm <sup>3</sup> Temperatura: 0.1 °C (0.2 °F)
Reproducibilidad, desviación estándar	Densidad: 0.0007 g/cm <sup>3</sup>
Resolución angular	Densidad: 0.0015 g/cm <sup>3</sup> Temperatura: 0,1 °C (0,1 °F)
Temperatura ambiente	-10 °C a +50 °C (14 °F a 122 °F)
Unidades de medición admitidas	Gravedad específica Tablas para alcohol Tablas para azúcar/extracto Funciones API Tablas para H2SO4 10 funciones programables (por ej., H2O2, HCl, CH2O)
Volumen de la muestra	2 ml
Dimensiones (largo x ancho x alto)	140 x 138 x 27 mm (5.5 x 5.4 x 1.0 pulgadas)
Memoria de datos	1024 resultados medidos, 20 métodos de medición, 100 ID de muestras
Suministro eléctrico	Dos pilas alcalinas AA de 1.5 V LR06
Peso	345 g (12.2 onzas)
Interfaces	IrDA OBEX/LPT
Clase de protección	IP54
Seguridad intrínseca	No
Opciones disponibles	Tubo de llenado alargado Impresora térmica portátil con interfaz IrDA Adaptador USB IrDA Pulsera Calibración ISO
Industrias	Bebidas Industria química Cosméticos, cuidado personal Educación, investigación Electrónica Medio ambiente Industria alimentaria Farmacia, medicina, biotecnología

Fuente: (Anton Paar, 2022)

Realizado por: Quinteros William &amp; Ramos Kevin. 2022.

### 3.7.3. Oil View Quick-Check



**Ilustración 12-3:** Equipo Oil View Quick-Check compatible con IBM PC a través de la interfaz RS-232C.  
**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

El equipo Oil View Quick-Check como se puede apreciar en Ilustración 12-3, es muy fácil de utilizarlo ya que brinda resultados útiles y rápidos para ayudar a identificar problemas relacionados con los lubricantes, los resultados de las pruebas arrojan en 1 minuto y son de fácil interpretación.

El método para el respectivo análisis en este equipo se necesita una computadora que sea compatible con IBM PC a través de la interfaz RS-232C (cable provisto por la unidad).

Seguido se debe realizar la calibración del instrumento donde se va a seguir los siguientes pasos:

- Encender la alimentación.
- Seguir las instrucciones en la pantalla del dispositivo, enchufe la rejilla de prueba limpia en el dispositivo.
- Desconecte la rejilla y llenarla hasta el primer desplazamiento con Calibration Fluid 220.
- Conecte la rejilla al dispositivo.
- Desconecte la rejilla.
- Seguir las instrucciones en la pantalla del dispositivo, enchufe la rejilla de prueba limpia en el dispositivo.
- Desconecte la rejilla y llenarla hasta el primer desplazamiento con Calibration Fluid 300.
- Conecte la rejilla al dispositivo. El dispositivo ya se encuentra calibrado.

Una vez realizado la calibración del equipo se puede realizar las pruebas en las respectivas muestras de aceite de las volquetas del Gad Municipal de Guano, seguido de los siguientes pasos para el respectivo análisis:

- A continuación de las instrucciones en la pantalla del dispositivo, enchufe la rejilla de prueba limpia en el equipo.
- Desconecte la rejilla y colocar la muestra de aceite de las volquetas sin diluir.
- Enchufe la rejilla en el dispositivo y observe la lectura dieléctrica de la muestra.
- Desenchufe la rejilla
- Diluir la muestra con Diesel a la misma proporción de la cantidad de la muestra de aceite.
- Conectar la rejilla al equipo.
- Al finalizar la prueba, analizar y registrar los resultados
- Desconectar la rejilla

Al momento de realizar los respectivos análisis tener las siguientes precauciones:

- La rejilla de detección nunca debe exponerse directamente al agua.
- Debido a que el analizador Oil View Quick-Check es extremadamente sensible a la humedad, debe usarse donde la humedad y la temperatura sean relativamente constantes. Para mejores resultados, la humedad debe ser baja y la temperatura debe ser casi constante.
- El analizador Oil View Quick-Check debe encenderse antes de su uso, dejar que se caliente durante unos minutos y no debe apagarse hasta que se hayan completado todas las pruebas. Antes de analizar aceites, el analizador Oil View Quick-Check debe operarse durante una secuencia de prueba completa para precalentar el electroimán.

**Tabla 5-3:** Modos de operación del equipo Oil View Quick-Check.

Operación	Características
Volumen de muestra	30ml mínimo
Tiempo de prueba	1 minuto (se requiere dilución)
Viscosidad	Todos los aceites
Tipos de lubricantes	Todos los aceites minerales y sintéticos
Limpieza	Limpiar con pañuelos absorbentes
Calibración	Realizada por el usuario cada día de uso
Temperatura	32-120° F (0-50° C)
Temperatura en funcionamiento:	Temperatura constante dentro de +/- 5° F (3° C)

**Fuente:** (MJR Technologies, 2013, pp. 1-2).

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

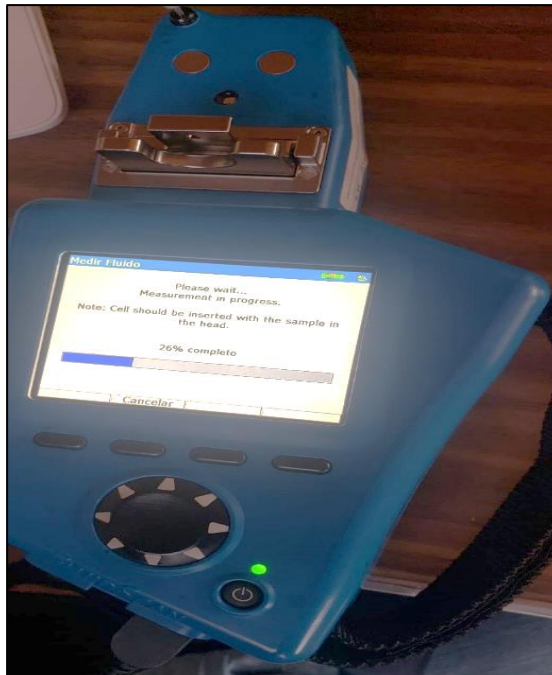
**Tabla 6-3:** Especificaciones técnicas del equipo Oil View Quick-Check

Especificaciones técnicas	
dimensiones físicas	Profundidad: 8,3 pulg. (212 cm) Altura: 2,6 pulg. (65 cm) Ancho: 12,75 pulg. (325 cm) Peso: 6,10 libras (2,87 kg)
Fuente de alimentación	Entrada IEC universal de 110 a 240 VCA 50 o 60 Hz.
Interfaz	LCD de 2 x 16 caracteres Cable sub-D de 9 pines a computadoras compatibles con IBM PC a través de la interfaz RS-232C (cable provisto con la unidad)
Mediciones:	Dieléctrico: Comparar con dieléctrico de aceite limpio para determinar la degradación del lubricante Índice ferroso: Partículas ferrosas > 5 micras Ferroso grande Indicación: Partículas ferrosas >> 60 micras No ferrosos grandes Indicación: Partículas no ferrosas >> 60 micras Indicación de gotas: gotas de agua libres Agua: Estimación de agua

Fuente: (MJR Technologies, 2013, pp. 1-2).

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

### 3.7.4. FluidScan



**Ilustración 13-3:** FluidScan (spectro scientific).

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

El equipo FluidScan como se muestra en la Ilustración 13-3, según lo indica (Spectro Scientific, 2019, pp. 1-4), proporciona una medición cuantitativa de la condición de un lubricante y juega un papel importante en el mantenimiento predictivo. Es un dispositivo de espectro científico de análisis infrarrojo portátiles para el control de la contaminación en lubricantes y aceites que proporcionan mediciones más precisas, incluyendo parámetros importantes como son el contenido de agua, nivel de ácido, origen( TAN y TBN), la cantidad de glicerina y glicoles, oxidación, nitrificación y sulfuración son algunos de los parámetros a analizar con solo unos minutos de extracción de aceite, este dispositivo hace que el aprendizaje sea más fácil, rápido y flexible para los usuarios.

Para la metodología de análisis en este equipo se toma en cuenta la norma ASTM D7889 donde menciona que el Método de prueba estándar para la determinación de campo de las propiedades de los fluidos en servicio mediante espectroscopia IR.

Describe una metodología para tomar muestras, realizar análisis y proporcionar propiedades clave de fluidos en servicio con una unidad autónoma diseñada para uso en campo. Proporciona análisis de fluidos en servicio en cualquier etapa de su vida útil, incluido el fluido recién utilizado.

Los parámetros como agua, TAN o TBN se calibrarán de acuerdo con los estándares de acuerdo con los métodos ASTM, utilizados en los laboratorios de análisis de aceite con una correlación excelente, utilizando métodos de calibración multivariable.

En el equipo los aceites nuevos que no se encuentran en la biblioteca se pueden combinar y agregar como fluidos del usuario, y la calibración existente se puede aplicar al fluido del usuario personalizando los ajustes de pendiente y compensación si es necesario.

Para el respectivo análisis en las muestras de aceite de las volquetas se debe considerar los siguientes puntos.

- Las propiedades en servicio incluyen oxidación, nitración, sulfatación, hollín y aditivos anti-desgaste. Se puede aplicar para fluidos de tipo hidrocarburo (API Grupo I-IV) de lubricantes de maquinaria, incluidos aceites de tipo motores alternativos, aceites de turbinas, aceites hidráulicos y aceites de engranajes.
- Para utilizar este equipo solo se necesita una gota de la muestra de aceite y un minuto para tener resultados.
- No se requiere de solventes externos para la limpieza del equipo.
- Los resultados son de fácil apreciación con límites de alarma codificados por colores y ajustable para el usuario.

- Para la correlación de datos obtenidos se tomará en cuenta la norma a ASTM D7889, ASTM E2412 y ASTM E1655.

**Tabla 7-3:** Información técnica del equipo FluidScan.

Información del producto	
Biblioteca de aplicaciones	Lubricantes minerales y sintéticos, incluidos engranajes, motores, transmisiones, sistemas hidráulicos, turbinas y biodiésel
Salida (varía según el tipo de fluido y la aplicación)	TAN (mgKOH/g), TBN (mgKOH/g); Oxidación (abs/0,1 mm); Nitración (abs/cm); Sulfatación (abs/0,1 mm); Agua, ppm (disuelta, disuelta + agua libre con la opción Solución integral de agua); glicol (% en peso); hollín (% en peso); Fluido incorrecto (% en peso); agotamiento de antioxidantes (% restante); Agotamiento anti-desgaste (% en peso).
Metodología	ASTM D7889, Dilución de biodiésel (%)
Análítica estándar, Rango	Rango infrarrojo medio 950-3850 cm-1
Precisión	$\dot{y} \pm 3\%$ del valor medido, típico
Repetibilidad	$\dot{y} \pm 6\%$ del valor medido, típico
Calibración	Calibrado en fábrica según los métodos de química húmeda ASTM D664 para TAN y ASTM D4739 para TBN. Utilice Check Fluid para la validación del instrumento.

Fuente: (Spectro Scientific, 2019, pp. 1-4).

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

**Tabla 8-3** Especificaciones de operación del equipo FluidScan

ESPECIFICACIONES OPERACIONALES	
Volumen de la muestra	<100 $\dot{y}$ L (1 gota)
Disolventes/Reactivos	Ninguna
Ambiente Operativo La temperatura	10 °C a 50 °C (14 °F a 122 °F)
Humedad relativa	0 a 100%, sin condensación
Altitud ambiental	hasta 5.000 metros (16.404 pies)

Fuente: (Spectro Scientific, 2019, pp. 1-4).

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

**Tabla 9-3:** Accesorios consumibles al momento de realizar una prueba de aceite en el equipo FluidScan.

ACCESORIOS Y CONSUMIBLES	
FL310	Líquido de comprobación de infrarrojos 5 ml
PV1011	Almohadillas de limpieza desechables no abrasivas; paquete de 500
P-11052	Pipetas desechables de 60 $\mu$ L, paquete de 500
PV1012	Pipetas desechables de 60 $\mu$ L y limpieza no abrasiva, juego de almohadillas; paquete de 100 cada uno
FL360	Biblioteca de aplicaciones de fluidos de referencia: todas las categorías
P-11178	Puntas de pipeta para pipeta de desplazamiento positivo, (usadas con MiniVisc 3050), paquete de 192

Fuente: (Spectro Scientific, 2019, pp. 1-4).

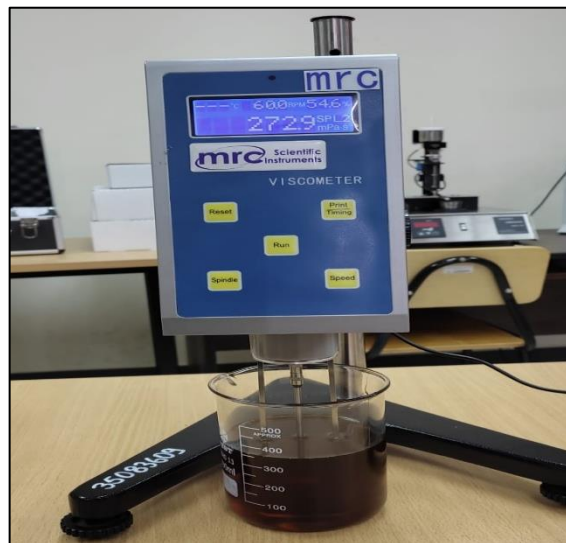
Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

### 3.7.5. Viscosímetro centrifugo.

Este viscosímetro trabaja al utilizar la resistencia mecánica de cualquier líquido que actúa en dirección opuesta al movimiento de rotación, así dando como resultado el par del viscosímetro y lo transforma en un valor de viscosidad.

El viscosímetro es un instrumento de medida directa dado a que tiene un rango de medida de 1 a 2.000.000 mPa·s y tiene una precisión de  $\pm 1,0\%$ .

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

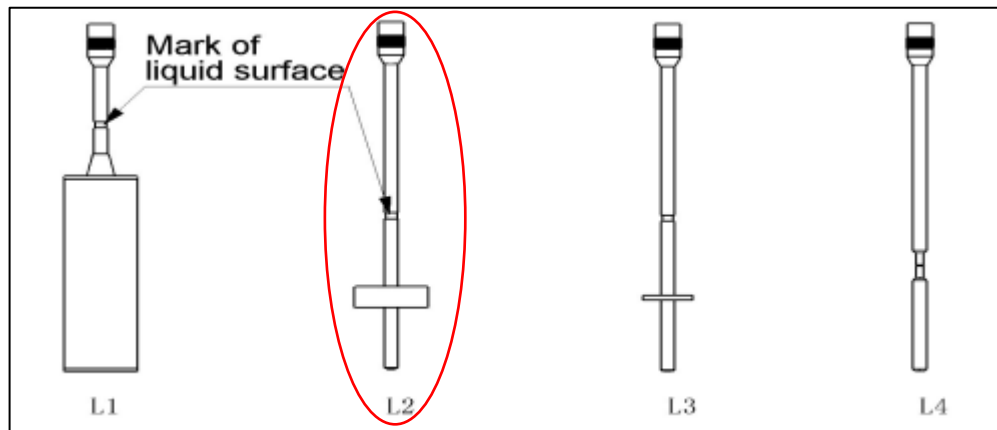


**Ilustración 14-3:** Viscosímetro centrifugo mrc.  
Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

Los viscosímetros se usan para probar la resistencia a la viscosidad y la viscosidad dinámica de un líquido ampliamente utilizado para medir varios líquidos como aceites, grasa, pintura, alimentos, viscosidad, productos farmacéuticos, fabricación de papel, cosméticos, productos químicos, adhesivos para cápsulas y productos farmacéuticos. (mrc, 2022, pp. 1-14).

El viscosímetro es un instrumento digital con un motor paso a paso, un procesador de control de microordenador de 16 bits de alta precisión, pantalla de cristal líquido nocturna. El movimiento del reloj es estable y preciso, y la demostración del botón es clara, presenta un diseño programable, fácil de operar. La pantalla muestra directamente la viscosidad y la velocidad. RPM, número de

husillo y viscosidad máxima medida para el husillo seleccionado velocidad de rotación actual.(mrc, 2022, pp. 1-14).



**Ilustración 15-3:** Spindles de usados para la medición del aceite lubricante con el viscosímetro.

Fuente: (mrc, 2022, pp. 1-14).

**Tabla 10-3:** Modelos y principales parámetros técnicos.

Modelo	VIS-5	VIS-8	VIS-S1	VIS-S2	VIS-S3	
<b>Rango de medición (mPa·s)</b>	1-100K	1-2M	1-600K	0.6-6M	6-80M	
<b>Velocidad e rotación (rpm)</b>	6, 12, 30, 60	0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12, 30, 60	1-60 continuo.	0.1-99.9 Engranaje continuo		
<b>Número de husillos (spindles)</b>	Los husillos (código 1, 2, 3, 4) están equipados con el producto, el husillo (código 0) es una opción					
<b>Precisión</b>	±1% rango de escala completa en uso					
<b>Capacidad de retorno</b>	±0.5% rango de escala completa en uso					

Fuente: (mrc, 2022, pp. 1-14).

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

### 3.7.6. Pirómetro EXTECH.

Este instrumento es ocupado para tomar mediciones de temperaturas, sin contacto (infrarrojo) y de contacto (termopar) de temperatura, su cámara incorporada permite realizar capturas inmediatas de fotos y video para documentar los sitios o elemento en la que se ejecuta su medición, además su puntero láser integrado aumenta la precisión de medida en el objeto al que se está analizado, la pantalla LCD retro iluminada y teclado se combinan ergonómicamente para facilitar su operación. (EXTECH, 2009, p. 1).





**Ilustración 16-3:** Pirómetro EXTECH dual laser.  
**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022

**Tabla 11-3:** Especificaciones técnicas del equipo pirómetro EXTECH.

Especificaciones técnicas	
Memoria	Flash interno: 49 Mbyte, Micro SD card: Max 8Gbytes
Humedad de funcionamiento	Max. 90% RH (no- condensación)
Fuente de alimentación	3.7V Batería recargable de iones de litio
Duración de la batería	4 horas (continuas) aproximadamente
Tiempo de carga de la batería	2 horas con AC adaptador o conexión USB
Apagado automático	Programable: OFF,3,15, y 60 minutos
Dimensiones	8.1 x 2.4 x 6.1” (205 x 62 x 155 mm)

**Fuente:** (EXTECH, 2009, p. 1).

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Por medio del análisis del aceite lubricante GULF SUPREME DUTY ULE PLUS 15W40 en los distintos equipos, se obtuvieron una serie de propiedades, las cuales se interpretarán para observar su injerencia en la degradación durante el rango de funcionamiento del aceite. Cabe indicar que después de la toma de cada muestra era necesario realizar el análisis de manera cuasi inmediata para evitar la degradación del aceite en el ambiente.

Se tomó en consideración un numero de siete muestras, recolectadas cada semana, en un rango de tiempo de siete semanas hasta el cambio de aceite lubricante, alrededor de 5000 Km o 250 horas de trabajo. Para realizar el marco de análisis de los siguientes datos, se tomó en cuenta una volqueta que se encuentre dentro de los límites de rango aceptable de degradación y se realizara un contraste comparándola con una volqueta que se encuentre superando los límites de degradación. Esto ayudará a una mejor comprensión de los datos presentados del grupo de seis volquetas en las que se realizó el análisis.

#### 4.1. Análisis con FluidScan.

A continuación, en la Tabla 1-4, muestra los resultados obtenidos de la medición de aceite con ayuda del equipo FluidScan de la volqueta V-17, los cuales fueron de gran ayuda para observar el desgaste del aceite lubricante usado en la flota vehicular de volquetas del GAD municipal de Guano.

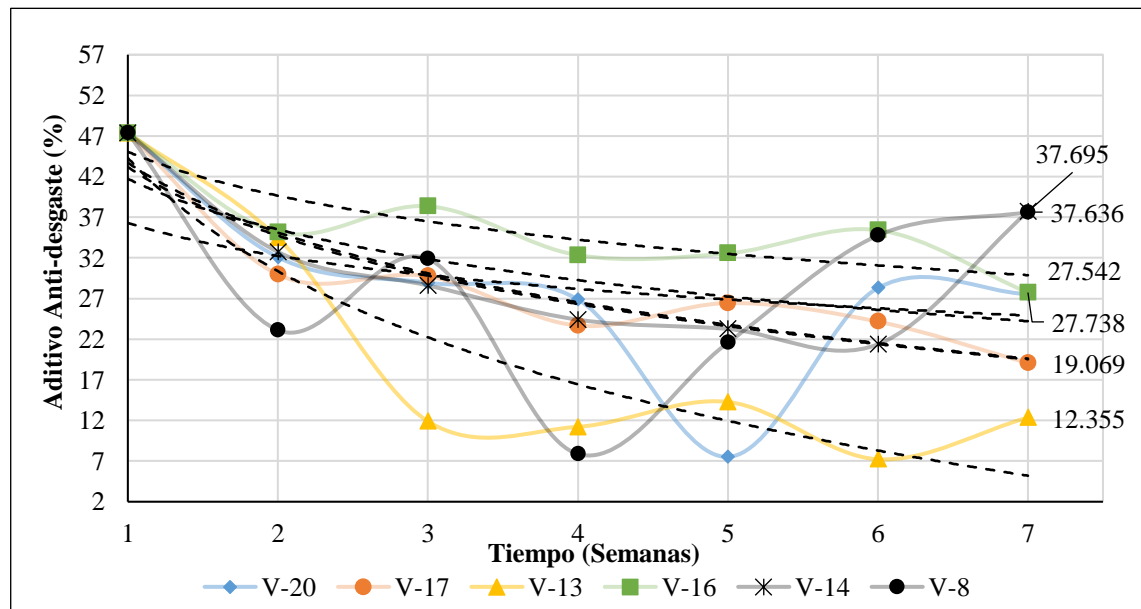
**Tabla 1-4:** Valores del aceite lubricante Gulf 15W40 mediante equipo FluidScan de la volqueta número 17.

Número de muestra	Nombre de la sustancia	Aditivo Anti-desgaste (%)	Glicol (%)	Oxidación abs/0.1mm	Hollín (%wt)	Sulfatación abs/0.1mm	TBN mgKOH/g
0	Gulf 15W40	47.358	0.251	9.981	0.270	16.218	9.999
1	Gulf 15W40	29.959	0.270	11.241	0.287	17.157	8.410
2	Gulf 15W40	29.739	0.354	11.282	0.338	17.319	8.315
3	Gulf 15W40	23.669	0.255	12.150	0.596	18.468	7.256
4	Gulf 15W40	26.443	0.104	12.496	0.724	19.010	6.733
5	Gulf 15W40	24.163	0.152	12.912	0.876	19.792	5.939
6	Gulf 15W40	19.069	0.150	13.296	0.976	20.223	5.566

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

#### 4.1.1. Aditivo anti-desgaste.

A continuación, en la Ilustración 1-4, se muestra una gráfica basada en el comportamiento del aditivo anti-desgaste y el tiempo de uso del aceite lubricante en semanas de cada una de las volquetas del GAD municipal de Guano, el cual es un indicativo para comprobar si el desgaste del lubricante se está produciendo de la manera esperada.



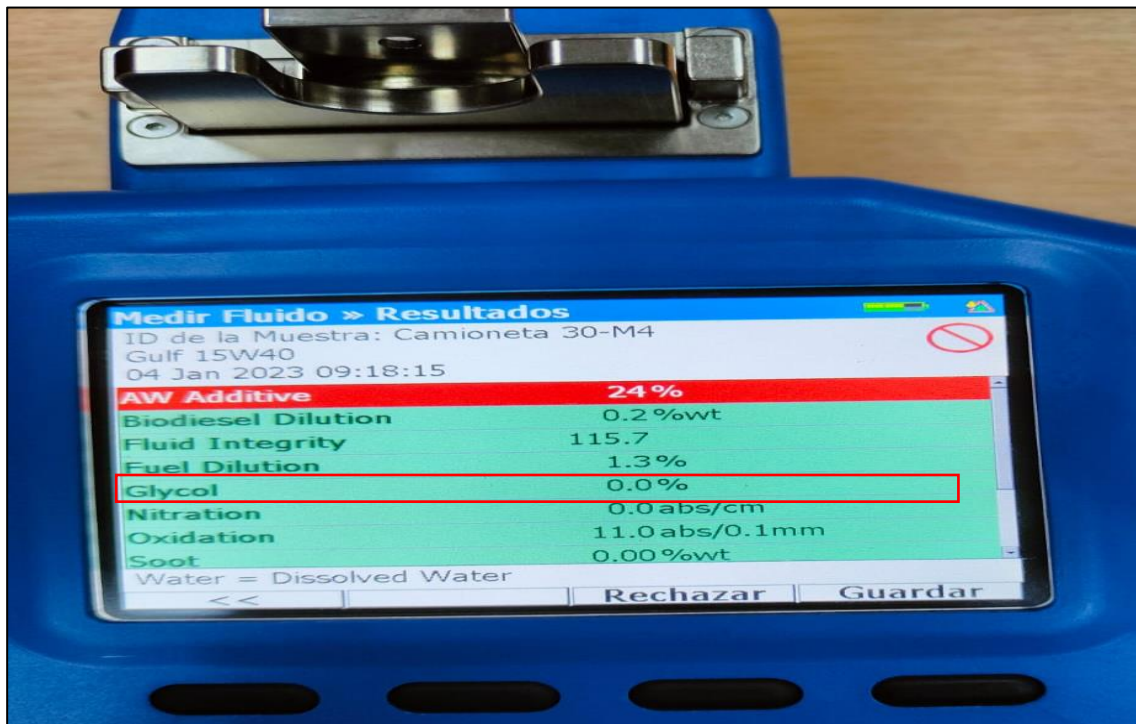
**Ilustración 1-4:** Porcentaje de aglomeración de aditivo vs Tiempo en semanas del aceite de la flota vehicular de Guano.

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin, 2022.

Como se aprecia en la Ilustración 1-4, las muestras de aceite tomadas de la flota vehicular de volquetas del GAD de Guano en un periodo de 7 semanas de funcionamiento, existe curvas descendentes que tratan de estabilizarse, de aditivo anti-desgaste, menos de las volquetas V-14 Y V-8, las cuales una vez desciende su valor de porcentaje de aditivo anti-desgaste, y al transcurrir el tiempo de uso vuelven a subir su valor hasta llegar a valores de 37.6% de aditivo, lo que indica que el aceite ya presenta degradación, en el caso de las curvas que presentan picos, es debido a la cantidad de datos y a la composición del aditivo, como son los fósforos y los ZPPD (ditiofosfato alquílico de zinc), explicado en (Tormos Martínez, 2015, pp. 179-241.), el cual entran en acción en distinto orden, debido a eso las curvas tienden a subir y bajar su valor, esto también puede deberse a burbujas existentes en el equipo de medición o una mala calibración, aplicando una curva de tendencia para visualizar los datos obtenidos, todas las curvas de aditivo anti-desgaste empiezan a descender, dando a entender que el aditivo se está consumiendo.

#### 4.1.2. Glicol.

A continuación, en la Ilustración 2-4, se muestra una foto de los resultados proporcionados por el equipo de medición (Glicol), obtenido por contaminación del refrigerante del motor y el tiempo de uso del mismo en semanas de cada una de las volquetas del GAD municipal de Guano, el cual es un indicativo para comprobar si el desgaste del lubricante se está produciendo de la manera esperada.



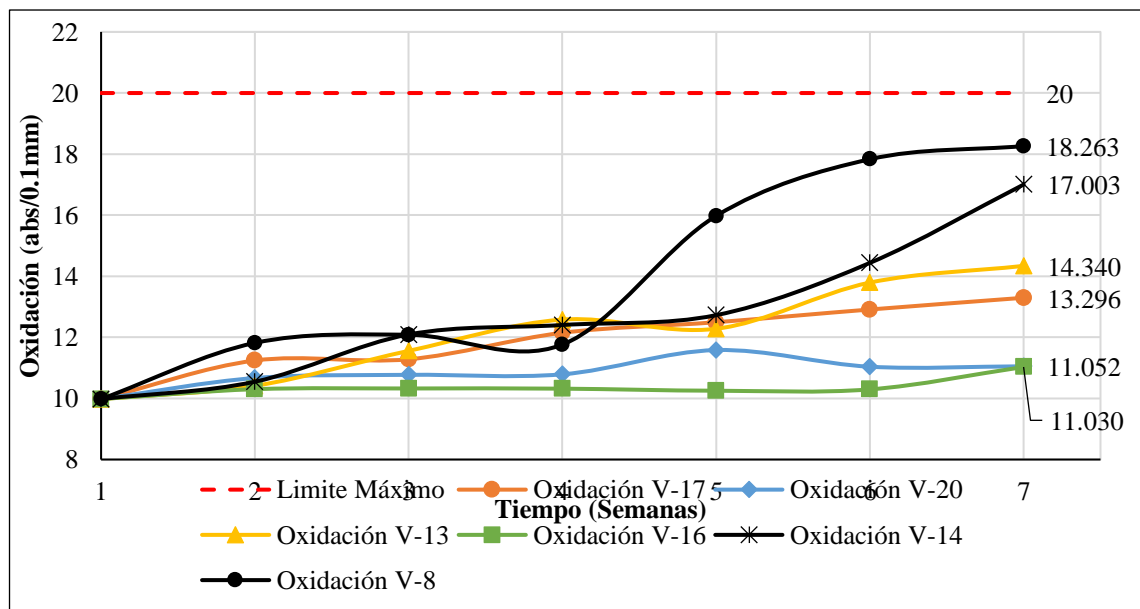
**Ilustración 2-4:** Porcentaje de Glicol mostrado por el equipo del aceite de la flota vehicular de Guano.

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

Como se puede apreciar en la Ilustración 2-4, el fabricante del aceite utilizado en este estudio proporciona un límite máximo de 0.02% expresado en la obra de (Tormos Martinez, 2015, pp. 179-241.), al cual se pueden acercar los porcentajes de glicol del aceite, la contaminación por glicoles es debido a particular de glicoles del refrigerante del motor que se mezclan con el aceite, además que es un indicativo para poder determinar una contaminación cruzada entre el aceite lubricante y el refrigerante usado en las volquetas, en los análisis de laboratorio realizados, de todas las muestras por separado se muestra que la presencia de glicol es del 0.0%, es indica no solo que el aceite lubricante se encuentra dentro de los límites de alarma proporcionados por el fabricante, si no también que la presencia de glicol en el aceite lubricante es relativamente nula ya que al momento de tener un velo de 0% no existe la contaminación cruzada.

#### 4.1.3. Oxidación.

A continuación, en la Ilustración 3-4, se muestra una gráfica basada en el comportamiento de la oxidación del aceite lubricante y el tiempo de uso del mismo en semanas de cada una de las volquetas del GAD municipal de Guano, el cual es un indicativo para comprobar si el desgaste del lubricante se está produciendo de la manera esperada.



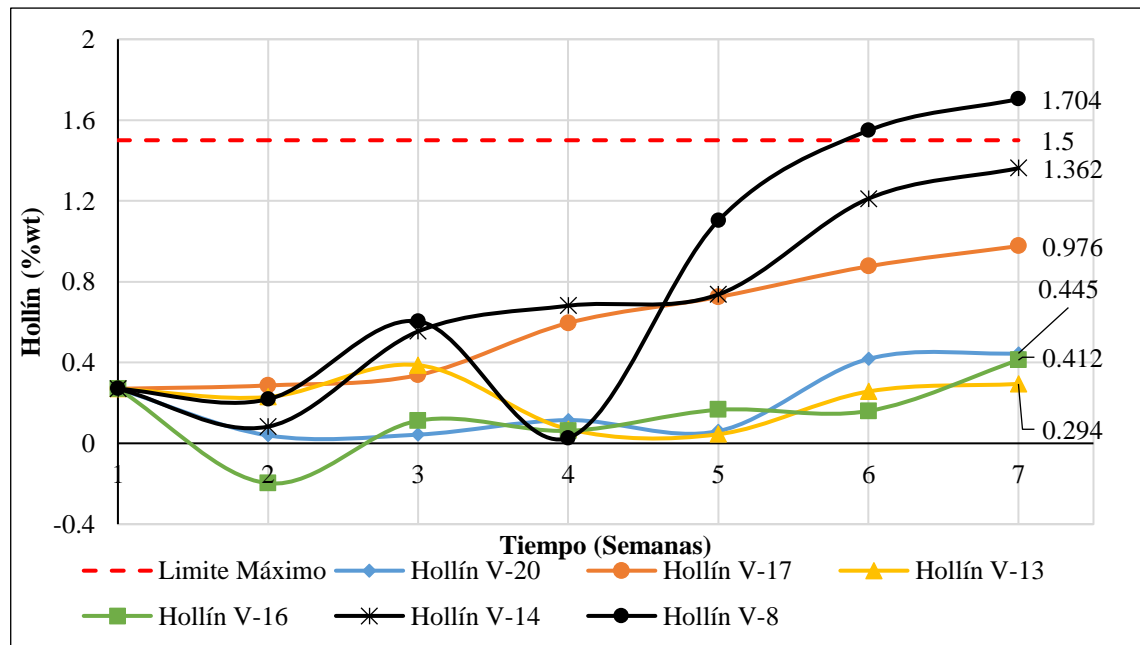
**Ilustración 3-4:** Abs/0.1mm de Oxidación vs Tiempo en semanas del aceite de la flota vehicular de Guano.

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

En la Ilustración 3-4, se muestra la oxidación del aceite lubricante medido en (abs/0.1mm), además el fabricante proporciona un límite máximo de oxidación tolerado para el aceite degradado de 20 abs/0.1mm, conforme el aceite va culminando su vida útil o etapa de funcionamiento, el aceite empieza a oxidarse, lo que causa menos fluides y que el aditivo tienda a consumirse, lo que no permite que se distribuya en todo el volumen de aceite lubricante, las volquetas V-17, V-13, V-16, V-20, presentan niveles de oxidación muy alejados del límite máximo recomendado, el nivel más bajo de oxidación pertenece a la volqueta V-16 con un valor de 11.030 abs/0.1mm, lo que indica que la degradación del aceite fue correcta y no afecta a los demás componentes del mismo, por el contrario las volquetas V-14 y V-8, presentan los niveles más altos de oxidación, 17.003 abs/0.1mm y 18.263 abs/0.1mm respectivamente, por lo cual la degradación del aceite se dio de una manera muy acelerada debido a factores de esfuerzo o contaminación del aceite en funcionamiento, esto se ve reflejado en el aumento de hollín presentado en la Ilustración 4-4, ya que son las mismas volquetas las que presentan el nivel más alto de hollín.

#### 4.1.4. Hollín.

A continuación, en la Ilustración 4-4, se muestra una gráfica basada en el comportamiento del hollín presente en el aceite lubricante, obtenido por contaminación de combustión en el motor y el tiempo de uso del mismo en semanas de cada una de las volquetas del GAD municipal de Guano, el cual es un indicativo para comprobar si el desgaste del lubricante se está produciendo de la manera esperada.



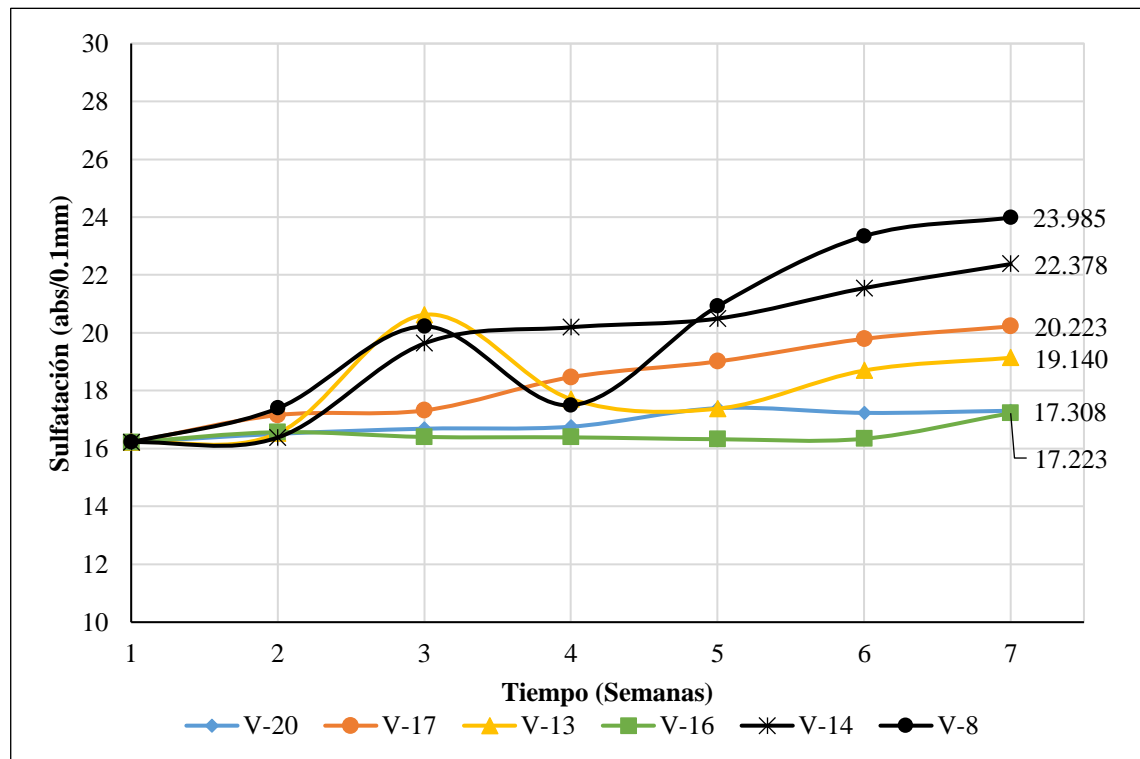
**Ilustración 4-4:** Porcentaje wt de hollín vs Tiempo en semanas del aceite de la flota vehicular de Guano.

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

Como se observa en la Ilustración 4-4, el límite máximo de hollín dado por el fabricante para este aceite lubricante es de 1.5 %wt, cada una de las ilustraciones tiene un inicio de 0.270 %wt, cada una presenta una curva ascendente conforme pasa el tiempo de funcionamiento del aceite, las volquetas V-17, V-13, V-16, V-20, presentan niveles muy por debajo y alejados del límite propuesto por el fabricante, el nivel más bajo de hollín se presenta en la volqueta V-13, que corresponde a un 0.294 %wt, de manera contraria las volquetas V-14 y V-8 presentan niveles de hollín mucho más altos rondando valores de 1.362%wt y 1.704%wt respectivamente, para la volqueta V-14 en nivel de hollín aún está por debajo del límite, donde va a afectar a otras propiedades, como a la capacidad de oxidación del aceite mostrado en la Ilustración 4-4, además la volqueta V-8, ya sobrepasa el límite propuesto por el fabricante, lo cual demuestra que la degradación de este aceite lubricante, fue muy rápido y sobrepasado de lo recomendado, el nivel aceptable de hollín producido por el motor y trasladado al aceite es muy alto, lo cual impide su correcto funcionamiento.

#### 4.1.5. Sulfatación.

A continuación, en la Ilustración 5-4, se muestra una gráfica basada en el comportamiento de los sulfatos presente en el aceite lubricante, y el tiempo de uso del mismo en semanas de cada una de las volquetas del GAD municipal de Guano, el cual es un indicativo para comprobar si el desgaste del lubricante se está produciendo de la manera esperada.



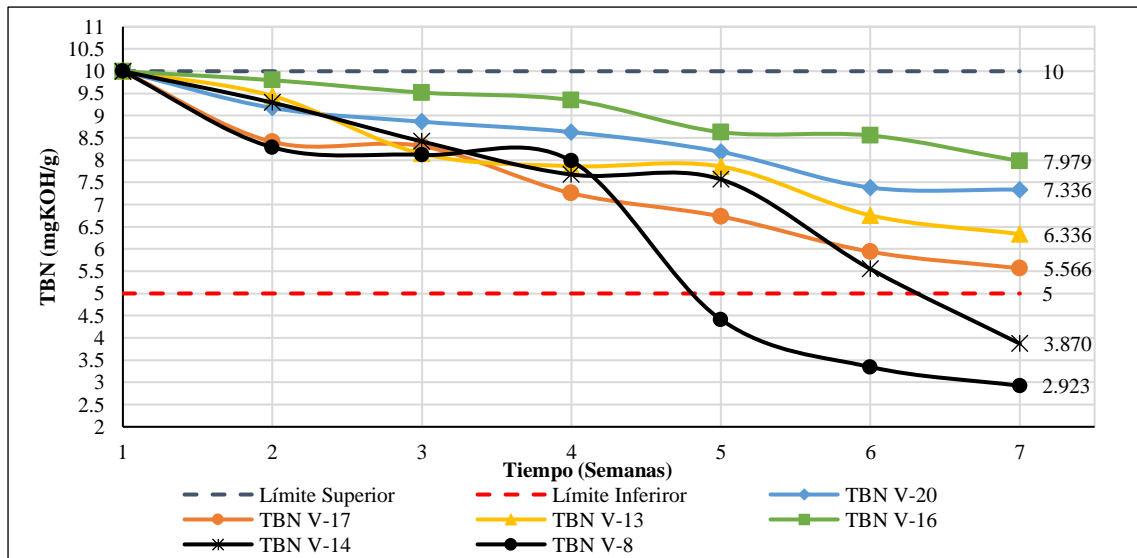
**Ilustración 5-4:** Abs/0.1mm de Sulfatación vs Tiempo en semanas del aceite de la flota vehicular de Guano.

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

El grado de abs/0.1mm de sulfatación mostrada en la Ilustración 5-4, debería tratar de mantenerse constante, o crecer de manera controlada sin variar sus valores de manera abrupta, lo cual se refleja en las volquetas V-16 y V-20, las cuales su curva trata de mantenerse constante, presentando valores de 17.223 abs/0.1mm y 17.308 abs/0.1mm respectivamente, el cual es un valor que no se aleja demasiado del inicio el cual es un valor de 16.218 abs/0.1mm, por otro lado, las volquetas V-17, V-13, V-14, V-8, presentan un comportamiento ascendente mayor, lo cual indica que existe contaminación por parte de sulfatos los cuales harán que el número ácido del aceite (TBN) bajen, el nivel más alto de sulfatación está presente en el aceite de la volqueta V-8, que posee un valor de 23.985abs/0.1mm.

#### 4.1.6. TBN.

A continuación, en la Ilustración 6-4, se muestra una gráfica basada en el comportamiento del número ácido del aceite lubricante (TBN), indicativo de aditivos y contaminación del aceite, y el tiempo de uso del mismo en semanas de cada una de las volquetas del GAD municipal de Guano, el cual es un indicativo para comprobar si el desgaste del lubricante se está produciendo de la manera esperada.



**Ilustración 6-4:** TBN medido en mgKOH/g vs Tiempo en semanas del aceite de la flota vehicular de Guano.

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

El TBN para este estudio fue crucial, ya que este es el indicativo que ayuda a ver muy claramente la degradación del aceite lubricante de cada una de las volquetas de la flota vehicular de Guano, como se aprecia en la Ilustración 6-4, el fabricante propone dos límites, el primero corresponde al límite superior de TBN del aceite el cual está alrededor de los 10 mgKOH/g, y dice que hay que considerar un aceite de cambio el 50% del aceite nuevo es decir 5 mgKOH/g, una vez definidos estos límites se realizó el análisis del aceite de todas las volquetas y se puede observar que las volquetas V-17, V-20, V-13, V-16, están dentro de los límites permitidos por el fabricante, siendo el más cercano al límite inferior de 5.566 mgKOH/g correspondiente a la volqueta V-17, pero del mismo modo las volquetas V-14 y V-8 ya pasan los límites permitidos por el fabricante, es decir este aceite ya es considerado como un aceite de cambio, para la volqueta V-14 el límite de TBN se sobrepasó entre la semana 6 y 7, y de la volqueta V-8, el límite se sobrepasó entre la semana 4 y 5, teniendo valores de 3.870 mgKOH/g y 2.923 mgKOH/g, respectivamente, lo cual ya es un gran indicativo de degradación y que además en los análisis anteriores se ve reflejado en la degradación o disminución del número ácido del aceite, esto es debido al aumento de sulfatos y a la caída de aditivos.



#### 4.2. Análisis con Oil View Quick Check.

Para el análisis en este equipo se especificó en base a la datasheet del lubricante GULF SUPREME DUTY ULE PLUS 15W40 utilizado en la flota de volquetas en el GAD municipal de Guano, ingresando en el equipo valores a comparar como es el dieléctrico del lubricante nuevo que es de 2.340 kV y una viscosidad a 40 °C de 103 cSt , para con ello el equipo pueda analizar la degradación del lubricante en base a la contaminación química e índice químico, número dieléctrico y índice ferroso, tomando en cuenta que para analizar los valores arrojados por el equipo se debe considerar las siguientes alarmas que se muestra en la Ilustración 7-4, que permiten identificar en qué grado o alerta está el lubricante sabiendo que el color verde está en buen estado, el color celeste indica que es una alerta baja, el color amarillo una alerta alta, el color violeta una falla baja y el color rojo una falla alta.

Equipment Alarm Limit Set	Parameter	Low Alert	High Alert	Low Fault	High Fault
Engine/Unknown	Chemical Idx	5	8	12	24
Compressor/Unknown	Ferrous Idx	2	4	6	13
Gear/Simple/Other	% Water	0	0	0	0
Pump/Unknown	Visc %Chng	5	10	15	20
Unkown/Other					
Engine/Gasoline					
Engine/Diesel					
Engine/Natural Gas					
Engine/Marine					
Pump/Reciprocating					
Pump/Rotary					
Air Handler (Fan)					
Compressor/Reciprocating					
Compressor/Centrifugal					
Hydraulic/High Perf					
Hydraulic/Low Pef					

**Ilustración 7-4:** Parámetros y alertas para el índice de degradación del lubricante para un motor a Diesel.

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

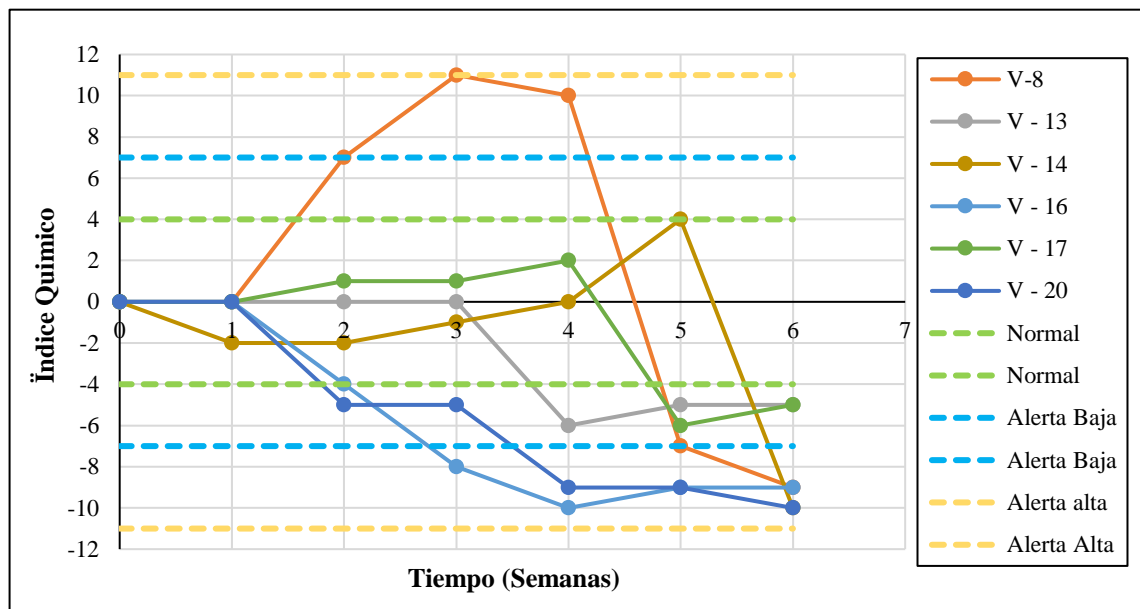
**Tabla 2-4:** Valores del aceite lubricante Gulf 15W40 mediante equipo Oil view Check de la volqueta número 17.

Número de muestras	Semanas	Número dieléctrico	índice químico	Severidad Química	índice Feroso
Nueva	0	2,34	0	0	1
Muestra 1	1	2,32	0	0	0
Muestra 2	2	2,35	1	0	0
Muestra 3	3	2,35	1	0	0
Muestra 4	4	2,36	2	0	0
Muestra 5	5	2,28	-6	10	0
Muestra 6	6	2,29	-5	0	2

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

#### 4.2.1. Índice químico.

A continuación, en la Ilustración 8-4, se muestra una gráfica basada en el comportamiento del índice químico, y el tiempo de uso del mismo en semanas de cada una de las volquetas del GAD municipal de Guano, el cual es un indicativo para comprobar si el desgaste del lubricante se está produciendo de la manera esperada.



**Ilustración 8-4:** Índice químico vs tiempo en semanas de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano.

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

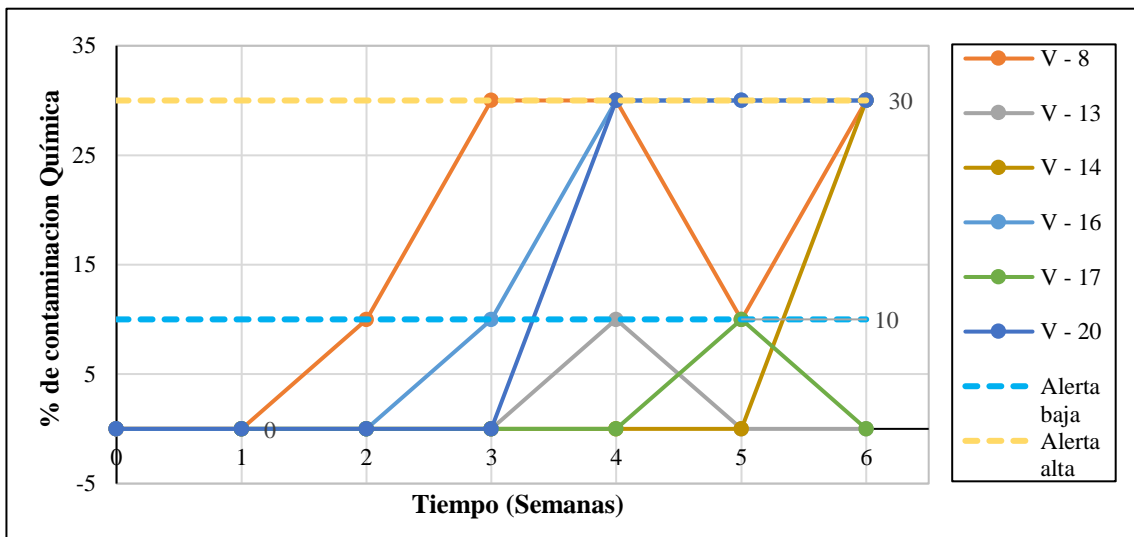
Al identificar el índice químico de cada una de las volquetas ya que es una medida referente a la constante dieléctrica, la variación del índice como se puede observar en la semana 3 de la volqueta V-8, esta variación del índice indica la probabilidad que exista acidez o desgaste del lubricante, por ende, los aditivos se están agotando. Se identifica que los valores del índice químico cambian tan considerablemente en especial la volqueta V-8 es debido a la velocidad de desgaste con las semanas de servicio del aceite ya que va degradándose y señal de ello es el cambio de las propiedades físicas y químicas, además de la disminución del número ácido presentado anteriormente.

De acuerdo a las demás medidas que intervienen en el análisis final que sería en las muestras de la semana 7 se puede observar que el índice químico que en cada una de ellas llegan hasta una alerta alta excepto las volquetas V-13 y V-17 pero cabe mencionar que esta alerta nos indica que el aceite está perdiendo sus propiedades aditivas y cualidades para poder neutralizar los ácidos que se forman en los procesos de combustión dentro del motor especialmente por la concentración de azufre en el combustible Diesel, pero no obstante esto no significa que el aceite ya no pueda

continuar en uso, más bien representa la disminución o reducción de algunas cualidades del aceite para neutralizar, ácidos corrosivos o agentes insolubles que puede formar lodo o barnices. Estas condiciones también están relacionadas con las propiedades anticorrosivas, antioxidantes y detergentes del aceite que puede ocasionar un daño posterior al motor.

#### 4.2.2. Severidad química.

A continuación, en la Ilustración 9-4, se muestra una gráfica basada en el comportamiento de la severidad química, y el tiempo de uso del mismo en semanas de cada una de las volquetas del GAD municipal de Guano, el cual es un indicativo para comprobar si el desgaste del lubricante se está produciendo de la manera esperada.



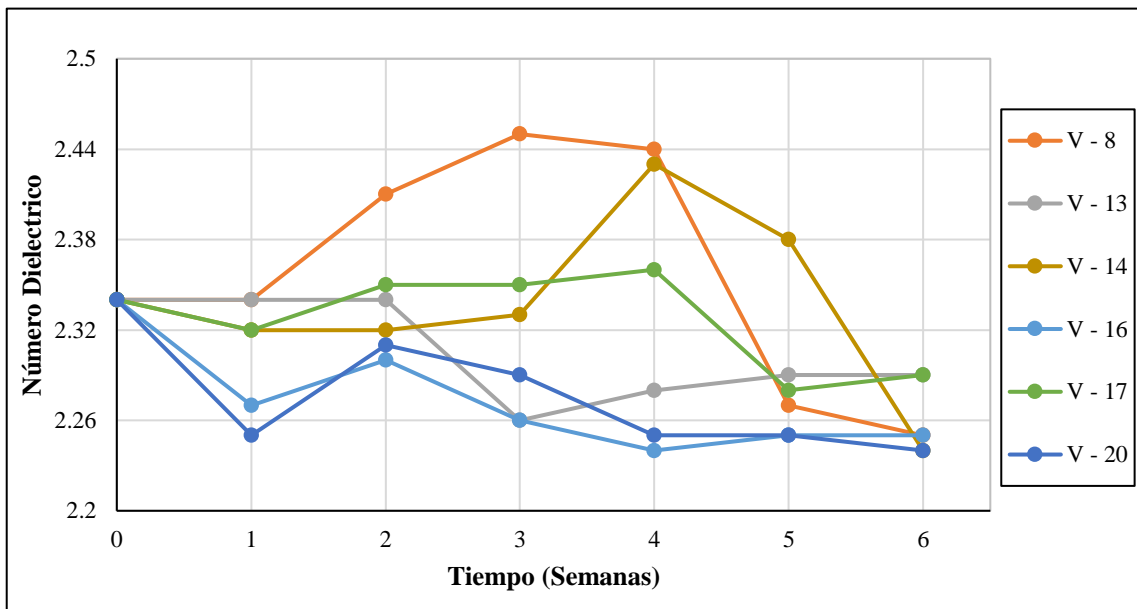
**Ilustración 9-4:** Severidad química vs tiempo en semanas de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano.

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

Se identifica un cambio considerable del valor del índice químico a partir de la semana 3 de haber estado funcionando y de acuerdo a este estudio complementario la severidad de contaminación química tomando valores de hasta un 30 % es el caso de la volqueta V-8, que a partir de la semana 3 tiene una alerta alta de contaminación química, según estos resultados se puede asumir que los porcentajes altos obtenidos en el índice químico se relacionan a los contaminantes presentes en el lubricante como: el hollín materias insolubles, productos de la nitración u oxidación, la presencia de agua emulsionada, ácido sulfúrico subproducto del combustible en los motores Diesel o bien ya sea partículas de desgaste etc.

### 4.2.3. Número dieléctrico.

A continuación, en la Ilustración 10-4, se muestra una gráfica basada en el comportamiento del número dieléctrico del aceite lubricante, y el tiempo de uso del mismo en semanas de cada una de las volquetas del GAD municipal de Guano, el cual es un indicativo para comprobar si el desgaste del lubricante se está produciendo de la manera esperada.



**Ilustración 10-4:** Número dieléctrico vs tiempo en semanas de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano.

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

Sobre las bases de medidas expuestas se puede identificar la degradación del lubricante al comparar la constante dieléctrica de la muestra con la medida de referencia que es de 2,34 teniendo una variación de 0,10 siendo esta variación un cambio grande en la variación del lubricante, las causas que producen esta variación son el TBN, hollín, oxidación, materias insolubles o agua, dilución de combustible Diesel.

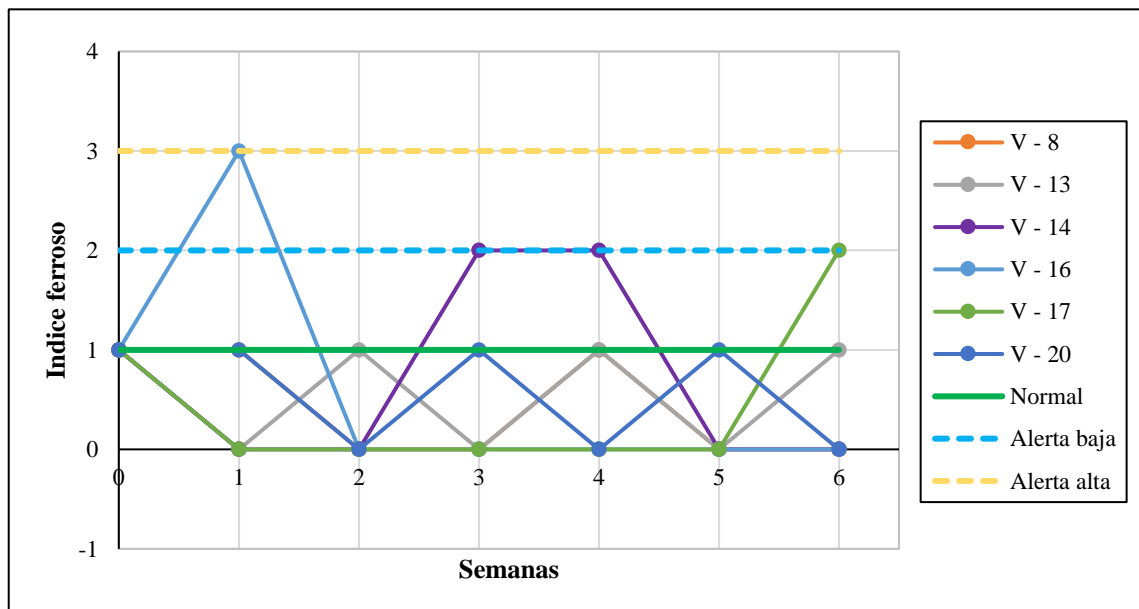
En virtud de los resultados e investigación realizada se puede observar en la Ilustración , que las volquetas V-14 y V-8 presenta un valor más alto en el índice dieléctrico hasta la semana 4 debido a que presentan un TBN, hollín y oxidación fuera llegando a los límites y sobrepasando el mismo analizado en el equipo FluidScan.

Por otro lado, las volquetas V-13, V-16, V-17 y V-20 presentan en el índice dieléctrico una degradación del lubricante proporcional a las semanas de trabajo, con esto se identifica que el aceite se está degradando de manera normal por su uso ya que no se diferencian cambios tan notables, lo que nos hace entender en el momento que el lubricante se pone en funcionamiento,

sus propiedades físicas y químicas al igual que su componente base y aditivos sufren una transformación.

#### 4.2.4. Índice ferroso.

A continuación, en la Ilustración 11-4, se muestra una gráfica basada en el comportamiento del índice ferroso, y el tiempo de uso de este en semanas de cada una de las volquetas del GAD municipal de Guano, el cual es un indicativo para comprobar si el desgaste del lubricante se está produciendo de la manera esperada.



**Ilustración 11-4:** Índice ferroso vs tiempo en semanas de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano.

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

En virtud de los resultados obtenidos como se observa en la Ilustración , la volqueta número V-16 presenta un pico en la semana 1 generando una alerta alta pero a partir de la semana 2 se mantiene el índice en 0 lo cual se asume que este pico se dio por alguna contaminación de la muestra al momento de la extracción o quizá causado por las cargas cíclicas y fatiga de materiales, en elementos donde la lubricación es inadecuada, también se considera estos factores debido al trabajo que realiza la volqueta donde presenta exigencia de torque y potencia, altas temperaturas del motor y ambientes contaminantes por silicio (polvo atmosférico). En cambio, el resto de las volquetas presentan un estado de desgaste normal durante las 6 semanas de trabajo, cabe mencionar que las alarmas preventivas por defecto aplicada para poder identificar la gravedad o el impacto que tiene la concentración de partículas ferromagnéticas en el lubricante donde el valor de 1 y 2 se establece una alerta baja y mas no representa un daño severo en el lubricante.

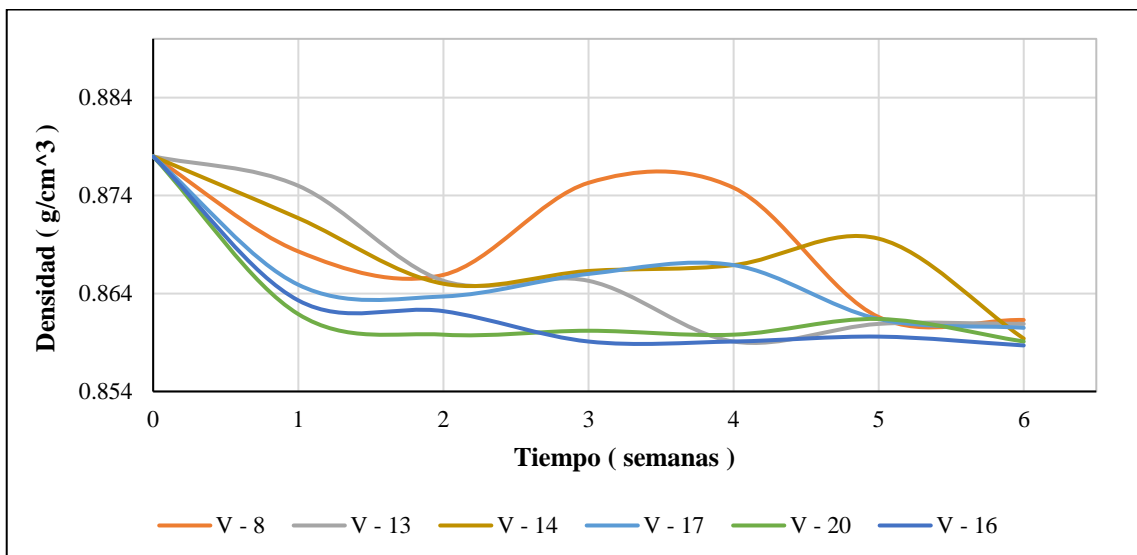
### 4.3. Densímetro.

Los resultados obtenidos mediante el uso del equipo DMA 35 se muestran en la Tabla 3-4, donde se han obtenido los parámetros de densidad en  $g/cm^3$ , tomadas a temperatura ambiente, las muestras tomas en función del tiempo (semanas).

**Tabla 3-4:** Densidades registradas de todas las muestras a una temperatura ambiente.

Número de Muestras	SEMANAS	DENSIDAD ( $g/cm^3$ )	DENSIDAD ( $g/cm^3$ )	DENSIDAD ( $g/cm^3$ )	DENSIDAD ( $g/cm^3$ )	DENSIDAD ( $g/cm^3$ )	DENSIDAD ( $g/cm^3$ )
MUESTRA NUEVA	0	0,878	0,878	0,878	0,878	0,878	0,878
MUESTRA 1	1	0,8683	0,875	0,8717	0,8633	0,8649	0,8619
MUESTRA 2	2	0,8659	0,8653	0,865	0,8622	0,8637	0,8598
MUESTRA 3	3	0,8753	0,8653	0,8663	0,8591	0,866	0,8602
MUESTRA 4	4	0,8748	0,8591	0,8669	0,8591	0,8669	0,8598
MUESTRA 5	5	0,8616	0,8609	0,8696	0,8596	0,8614	0,8614
MUESTRA 6	6	0,8613	0,8609	0,8594	0,8587	0,8605	0,8591

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.



**Ilustración 12-4:** Densidad vs tiempo en semanas de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano.

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

En base a los resultados obtenidos como se puede apreciar en la Tabla 3-4, reflejando estos valores en la Ilustración 12-4, donde como punto inicial tiene una densidad del lubricante nuevo de  $0,878 \text{ g/cm}^3$  decreciendo progresivamente casi de forma lineal durante las 7 semanas de trabajo, se puede apreciar que estos valores de densidad se mantienen dentro del rango normal de desgaste del lubricante, además se tiene una tolerancia de  $\pm 10\%$  del valor inicial según (Anton Paar, 2022, pp. 1-57), dando un máximo de  $0,9658 \text{ g/cm}^3$  y mínimo de  $0,7902 \text{ g/cm}^3$ .

Debido a que los valores de densidad sufren una mínima degradación esto es producto de contaminantes como hollín u otras partículas, cabe mencionar que no genera desgaste interno en el motor pues debido a que se encuentra en los límites permisibles.

#### 4.4. Viscosímetro

Para el análisis de viscosidad se realizó dos análisis, uno a  $40^\circ\text{C}$  y otro a  $100^\circ\text{C}$  como lo indica la ficha técnica del aceite lubricantes GULF SUPREME DUTY ULE PLUS 15W40, usando el husillo marcado como L2, a una velocidad de 60 rpm.

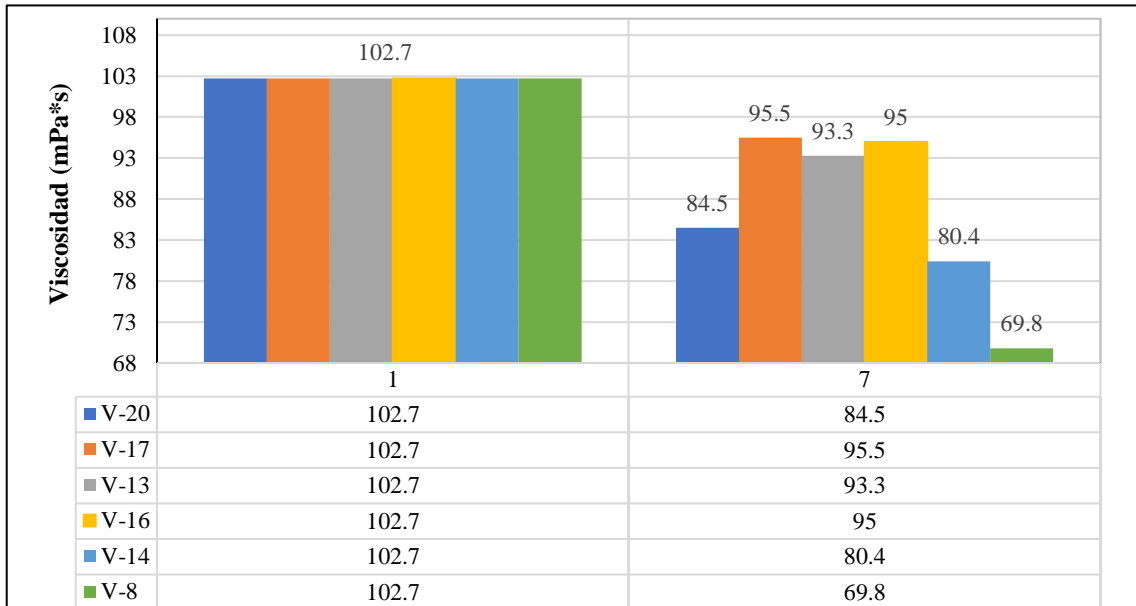
**Tabla 4-4:** Temperatura y viscosidad registrada de la medición del aceite GULF SUPREME DUTY ULE PLUS 15W40.

Temperatura		Viscosidad		Muestra	
40 °C	100 °C	Viscosidad 40	Viscosidad 100		
42	102.1	102.7	13	1	Nuevo
43.8	97.2	84.5	10.3	7	V-20
39.6	97.4	95.5	7.56	7	V-17
40.7	101.3	93.3	8.23	7	V-13
39	98.2	95	9.22	7	V-16
39.3	98.1	80.4	7.25	7	V-14
40.8	99	69.8	6.96	7	V-8

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

#### 4.4.1. Viscosidad a 40°C.

En la Ilustración , realizada por medio de un gráfico de barras se puede apreciar de manera clara la degradación del aceite lubricante, cuando se realizó la prueba de viscosidad a una temperatura de 40°C considerado como temperatura de arranque.



**Ilustración 13-4:** Viscosidad medido en mPa\*s vs tiempo en semanas a 40°C de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano.

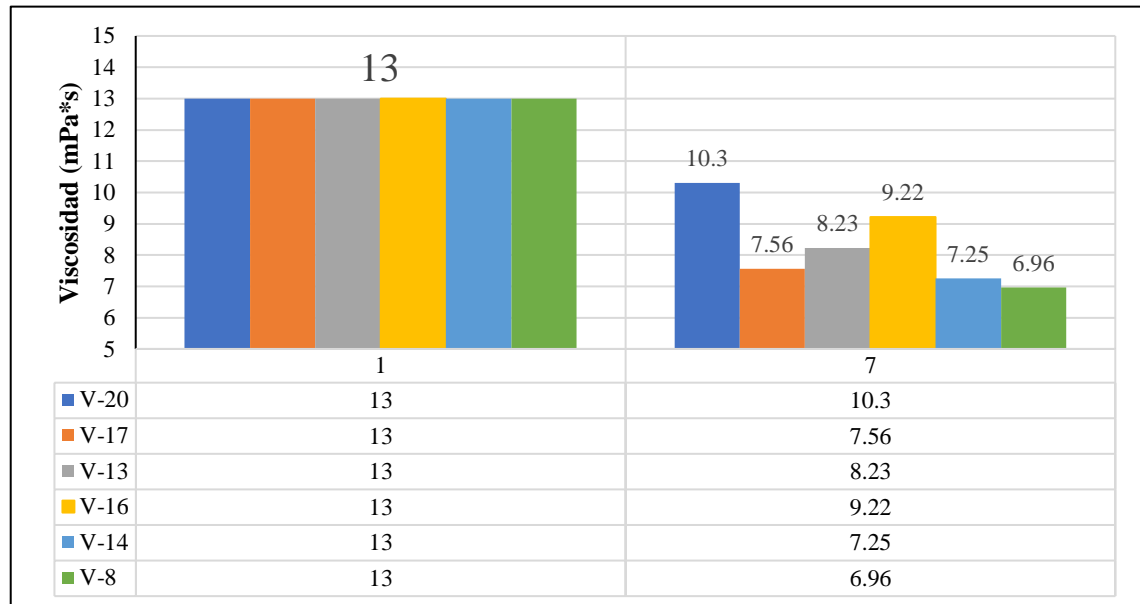
**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

Uno de los parámetros usados en esta medición fue calentar el aceite lubricante a una temperatura de alrededor de 40°C que es la temperatura en arranque que nos proporciona el fabricante, la medida de viscosidad del fabricante es de 103 cSt, y una vez calentando el aceite lubricante a 40°C la medición de viscosidad fue de 102.7 mPa\*s que en una relación uno a uno equivale a 102.7 cSt, valor muy similar al proporcionado por el fabricante, posteriormente se realizó el mismo análisis de cada una de las muestras finales de cada volqueta del GAD municipal del cantón Guano, teniendo como resultados más bajos de viscosidad los correspondientes a las volquetas V-14 y V-8, con valores de 80,4 mPa\*s y 69.8 mPa\*s equivalentes a un valor 80.4 cSt y 69.8 cSt respectivamente, lo que hace relación los las gráficas anteriormente mostradas de TBN, hollín, oxidación, sulfatación, en donde las mismas unidades presentaban mayor degradación en cuento a sus componentes.



#### 4.4.2. Viscosidad a 100°C.

En la siguiente Ilustración 14-4, realizada por medio de un gráfico de barras se puede apreciar de manera clara la degradación del aceite lubricante, cuando se realizó la prueba de viscosidad a una temperatura de 100°C considerado como temperatura de funcionamiento.



**Ilustración 14-4:** Viscosidad medido en mPa\*s vs tiempo en semanas a 100°C de la flota de volquetas del GAD municipal de Guano.

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

Uno de los parámetros usados en esta medición fue calentar el aceite lubricante a una temperatura de alrededor de 100°C que es la temperatura de funcionamiento que nos proporciona el fabricante, la medida de viscosidad del fabricante es de 14.2 cSt, y una vez calentando el aceite lubricante a 100°C la medición de viscosidad fue de 13 mPa\*s que en una relación uno a uno equivale a 13 cSt, posteriormente se realizó el mismo análisis de cada una de las muestras finales de cada volqueta del GAD municipal del cantón Guano, teniendo como resultados más bajos de viscosidad los correspondientes a las volquetas V-17, V-14 y V-8, con valores de 7.56 mPa\*s, 80,4 mPa\*s y 69.8 mPa\*s equivalentes a un valor 7.56 cSt, 80.4 cSt y 69.8 cSt respectivamente, lo que hace relación los las gráficas anteriormente mostradas de TBN, hollín, oxidación, sulfatación, en donde las mismas unidades presentaban mayor degradación en cuento a sus componentes, la volqueta V-17, al culmino de la semana 7 de recolección de muestras, su valor de TBN ya se encuentra al límite, así como su valor de oxidación y hollín, lo que es un indicativo de por qué su densidad en estado de funcionamiento es igual de baja que las unidades V-14 y V-8 que en valores de TBN ya sobrepasaron el límite proporcionado por el fabricante.

#### 4.5. Conglomeración de contaminantes y degradación del aceite lubricante.

**Tabla 5-4:** Conglomeración de contaminantes y degradación del aceite lubricante de la flota vehicular de volquetas del GAD de Guano.

COD	Principales							Secundarios							Requiere ajuste en tiempo de cambio de aceite		Tiempo sugerido	
	Aditivo anti-desgaste.	Glicol.	Oxidación.	Hollín.	TBN.	Viscosidad a 40°C.	Viscosidad a 100°C.	Sulfatación.	Índice químico.	Severidad química.	Número dieléctrico.	Índice ferroso.	Densidad.	SI	NO	Horas	Semanas	
V-8	Muestran degradación y disminución de bases aditivas	No muestran contaminación por glicoles del refrigerante	Muy cercano al límite máximo de oxidación	Sobrepasa el límite permitido por el fabricante	Fuera del rango aceptable en la semana 4 - 5	Existe menor viscosidad a 40°C	Existe menor viscosidad a 100°C	Aumento considerable de partículas de sulfatos	Presenta una alerta alta	Presenta una alerta alta	Cambio de índice dieléctrico mayor al 0.10 permitido	No presentan contaminación por residuos ferrosos	No existe un gran cambio en la densidad de las muestras de aceite	X		180	5	
V-14	Muestran degradación y disminución de bases aditivas	No muestran contaminación por glicoles del refrigerante	Muy cercano al límite máximo de oxidación	Dentro del rango permitido por el fabricante	Fuera del rango aceptable en la semana 6 - 7	Existe menor viscosidad a 40°C	Existe menor viscosidad a 100°C	Aumento considerable de partículas de sulfatos	Dentro de los límites presentan una alarma baja y normal	Dentro de los límites presentan una alarma baja y normal	Dentro de los límites permitidos, no presentan cambios superiores al 0.10	No presentan contaminación por residuos ferrosos	No existe un gran cambio en la densidad de las muestras de aceite	X		215	6	

V-17	No muestran degradación y disminución de bases aditivas	No muestran contaminación por glicoles del refrigerante	Dentro del rango permitido por el fabricante	Dentro del rango permitido por el fabricante	Cercano al, el cambio de aceites optimo	La viscosidad baja pero no de manera considerable	La viscosidad baja pero no de manera considerable	Aumento mínimo de partículas de sulfatos	Dentro de los límites presentan una alarma baja y normal	Dentro de los límites presentan una alarma baja y normal	Dentro de los límites permitidos, no presentan cambios superiores al 0.10	No presentan contaminación por residuos ferrosos	No existe un gran cambio en la densidad de las muestras de aceite	X	250	7
V-13	No muestran degradación y disminución de bases aditivas	No muestran contaminación por glicoles del refrigerante	Dentro del rango permitido por el fabricante	Dentro del rango permitido por el fabricante	Se podría extender el cambio de aceite	La viscosidad baja pero no de manera considerable	La viscosidad baja pero no de manera considerable	Aumento considerable de partículas de sulfatos	Dentro de los límites presentan una alarma baja y normal	Dentro de los límites presentan una alarma baja y normal	Dentro de los límites permitidos, no presentan cambios superiores al 0.10	No presentan contaminación por residuos ferrosos	No existe un gran cambio en la densidad de las muestras de aceite	X	265	7.5
V-16	No muestran degradación y disminución de bases aditivas	No muestran contaminación por glicoles del refrigerante	Dentro del rango permitido por el fabricante	Dentro del rango permitido por el fabricante	Se podría extender el cambio de aceite	La viscosidad baja pero no de manera considerable	La viscosidad baja pero no de manera considerable	Aumento mínimo de partículas de sulfatos	Dentro de los límites presentan una alarma baja y normal	Dentro de los límites presentan una alarma baja y normal	Dentro de los límites permitidos, no presentan cambios superiores al 0.10	No presentan contaminación por residuos ferrosos	No existe un gran cambio en la densidad de las muestras de aceite	X	280	8
V-20	No muestran degradación y disminución de bases aditivas	No muestran contaminación por glicoles del refrigerante	Dentro del rango permitido por el fabricante	Dentro del rango permitido por el fabricante	Se podría extender el cambio de aceite	La viscosidad baja pero no de manera considerable	La viscosidad baja pero no de manera considerable	Aumento mínimo de partículas de sulfatos	Dentro de los límites presentan una alarma baja y normal	Dentro de los límites presentan una alarma baja y normal	Dentro de los límites permitidos, no presentan cambios superiores al 0.10	No presentan contaminación por residuos ferrosos	No existe un gran cambio en la densidad de las muestras de aceite	X	280	8

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO PROPOSITIVO.

#### 5.1. Propuesta.

Una vez realizado el análisis del aceite lubricante en los distintos equipos de laboratorio, y pudiendo determinar en esta instancia, que contaminación existe y que unidades de volquetas del GAD municipal del cantón Guano son las que presentan mayor afección por estos parámetros se procede a presentar una propuesta de un nuevo programa de lubricación, basado en el tiempo en semanas, kilometraje, número de horas de trabajo de cada unidad analizada.

Para el caso de la volqueta 8 siendo la más afectada por contaminantes de oxidación, hollín, sulfatos, TBN, Contaminación Química, viscosidad baja, en el lapso de 7 semanas con 250 horas trabajadas, con un recorrido aproximado de 5000 km, se sugiere en base a las gráficas obtenidas en los diferentes equipos, analizando cada una de las variables se sugiere que el cambio de aceite sea a la quinta semana con un recorrido de 3600 km con 180 horas de trabajo con el tipo de aceite GULF 15W40.

Para el caso de la volqueta 14 el cambio que se sugiere es reducir una semana para el cambio de aceite con 4300 km de recorrido con 215 horas de trabajo esto en base a que el nivel de sulfatos es muy alto, viscosidad baja y un TBN pasado de los límites del fabricante.

En base a las variables analizadas en el capítulo de resultados la volqueta 17 presenta una degradación de lubricante proporcional a las semanas trabajadas llegando a los límites permitidos para que cumpla su función por ende se recomienda mantener el cambio actual de aceite. Para el análisis de resultados de la volqueta 13 en base a las variables estudiadas se sugiere alargar el cambio de aceite a 7.5 semanas con un recorrido de 5300 km, con 265 horas trabajadas debido a que todas las variables se encuentran dentro de los límites de degradación del aceite.

Para el caso de las volquetas 16 y 20 se sugiere alargar a 8 semanas con un recorrido de 5500 km o trabajado 280 horas para el cambio de aceite debido a que todas las variables se encuentran muy aun alejado de los límites de degradación.

**Tabla 1-5:** Plan de lubricación sugerido en base al análisis de aceite lubricante en cuanto a degradación y contaminación.

Código	Contaminación	Aceite	Cambio actual			Cambio sugerido		
			Semana.	Km	Horas	Semana.	Km	Horas
V-8	Oxidación muy cercana al límite permitido-Hollín pasado del límite permitido. Nivel de sulfatos alto-TBN pasado del límite inferior. Presenta contaminación química-Nivel muy bajo de viscosidad a 40°C y 100°C.	GULF 15W40	7	5000	250	5	3600	180
V-14	Oxidación muy cercana al límite permitido-Hollín muy cercano al límite permitido. Nivel de sulfatos alto-TBN pasado del límite inferior. No hay contaminación química ni ferrosa-Nivel muy bajo de viscosidad a 40°C y 100°C.	GULF 15W40	7	5000	250	6	4300	215
V-17	Oxidación dentro del límite permitido-Hollín dentro límite permitido. Nivel de sulfatos normal-TBN justo al límite permitido. No hay contaminación química ni ferrosa-Nivel normal de viscosidad a 40°C y 100°C.	GULF 15W40	7	5000	250	7	5000	250
V-13	Oxidación dentro del límite permitido (bajo)-Hollín dentro límite permitido (bajo). Nivel de sulfatos normal-TBN se puede extender. No hay contaminación química ni ferrosa-Nivel normal de viscosidad a 40°C y 100°C.	GULF 15W40	7	5000	250	7.5	5300	265
V-16	Oxidación dentro del límite permitido (bajo)-Hollín dentro límite permitido (bajo). Nivel de sulfatos normal-TBN se puede extender. No hay contaminación química ni ferrosa-Nivel normal de viscosidad a 40°C y 100°C.	GULF 15W40	7	5000	250	8	5500	280
V-20	Oxidación dentro del límite permitido (bajo)-Hollín dentro límite permitido (bajo). Nivel de sulfatos normal-TBN se puede extender. No hay contaminación química ni ferrosa-Nivel normal de viscosidad a 40°C y 100°C.	GULF 15W40	7	5000	250	8	5500	280

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

Además, se realizó un análisis del costo que tendría la implementación del nuevo plan de lubricación referente a los cambios de aceite en horómetro para la flota vehicular de volquetas del GAD municipal de Guano.

**Tabla 2-5:** Costo de implementación del nuevo plan de lubricación para las volquetas del GAD municipal del cantón Guano.

<b>Cambio de aceite actual</b>		<b>Cambio de aceite sugerido</b>	
Total de cambios al año	42	Total de cambios al año	41
Precio por galón	\$ 19,75	Precio por galón	\$ 19,75
Precio por cambio	\$ 69,13	Precio por cambio	\$ 69,13
Precio por cambio anual	\$ 2903,25	Precio por cambio anual	\$ 2834,13

**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

Como se puede observar en la Tabla 2-5, el nuevo plan de lubricación reduce en un cambio de aceite al año, ya que se aplazan los tiempos de cambio de aceite en horómetro correspondiente a 250 horas, lo cual realizando un análisis únicamente del aceite lubricante adquirido, se tiene una diferencia de \$ 69.13 dólares anuales al realizar el cambio de aceite en las volquetas, llegando a tener un precio anual de \$ 2834.13 dólares anuales de aceite adquirido para realizar los respectivos cambios.

De manera adicional para tener una mejor comprensión de cómo se encuentran las volquetas con respecto a los mantenimientos como es el aceite de caja y corona y los fluidos del motor se propone como trabajo futuro realizar los análisis pertinentes para conocer la degradación de estos aceites y fluidos, pudiendo obtener de esta manera un programa de lubricación completo y único para cada unidad de volquetas del Gad municipal de Guano.

El análisis del aceite lubricante de otros componentes del vehículo ayudara a obtener planes de lubricación más completos para las flotas vehiculares, los mismo que aplicando un análisis de costo de implementación, se podrá tener una idea sobre el costo total de insumos que se debería tener para cada maquinaria, ya que los nuevos planes de lubricación serian únicos y exclusivos para cada vehículo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de las diversas propiedades del aceite lubricante GULF SUPREME DUTY ULE PLUS 15W40, se pudo encontrar una serie de parámetros de medición y alarmas necesarios para realizar el diagnóstico del aceite lubricante usado su patrón de comportamiento. Por tanto, se puede concluir que, para poder realizar el diagnóstico del aceite lubricante usado, no solo depende de los componentes que lo conforman, ni de los parámetros básicos del mismo, sino también de contaminantes externos y producidos por el propio motor.

En base a la recolección de muestras de aceite lubricante GULF SUPREME DUTY ULE PLUS 15W40, en las diferentes unidades de volquetas del GAD municipal del cantón Guano, se llegó a la conclusión que la norma INEN 2027 es necesaria para el etiquetado e identificación de las distintas muestras, llevando una buena organización para evitar confusiones y contaminaciones externas severas, además la buena organización ayuda en gran medida a la hora de realizar las pruebas de laboratorio, ya que al tratarse de análisis individuales hay que evitar de esta manera la contaminación cruzada.

La caracterización de aceite nuevo es necesaria para poder obtener los parámetros iniciales pudiendo proceder con los análisis tribológicos, entonces se puede concluir que el aceite en estado nuevo, usado en las unidades de volquetas del GAD municipal del cantón Guano, debe ser preservado en un ambiente seguro y adecuado, ya que de esto dependerá si el aceite lubricante mantenga sus propiedades aditivas y baja presencia de contaminantes externos.

La alta concentración de ácidos y contaminantes tales como: sulfatos, hollín, degradación del aditivo, oxidación, glicol, contaminación química, índice químico. Afectan directamente al TBN (número total de bases), haciendo que baje de manera considerable en un corto tiempo de funcionamiento, y el mismo influye directamente en la viscosidad de funcionamiento del aceite lubricante, por lo que se llega a la conclusión de que el aceite lubricante funciona como una unidad, que mientras se afecten ciertos parámetros de funcionamiento este repercutirá en gran medida en otras propiedades del mismo.

El nuevo plan de lubricación propuesto, está estructurado en base al desgaste propio del lubricante de cada unidad de volquetas del GAD municipal del cantón Guano, ya que la degradación del mismo, se presenta de manera distinta, esto puede ser por el régimen de trabajo, el año de fabricación de los motores, la conducción, por lo cual se concluye que es necesario realizar un análisis individual de cada unidad que conforme la flota vehicular, para determinar parámetros

únicos de funcionamiento del aceite lubricante, los mismos que ayudaron a estructurar el plan de lubricación único para cada volqueta.

El nuevo plan de lubricación propuesto, está basado en el desgaste del aceite lubricante de cada volqueta, por lo cual las volquetas V-8 y V-14 muestra más desgaste en los parámetros de oxidación, hollín, sulfatación, TBN, viscosidad a 40°C y 100°C por lo cual se presenta un cambio de aceite al menor tiempo de funcionamiento en horas de trabajo de la maquinaria, dado que con el tiempo de cambio reducido, se reduce el índice de contaminación producida en el aceite lubricante, por otra parte para las volquetas V-13, V-16, V-20, muestra menos desgaste en los parámetros de oxidación, hollín, sulfatación, TBN, viscosidad a 40°C y 100°C, por lo cual se presenta un cambio de aceite ampliando el tiempo de funcionamiento en horas de trabajo de la maquinaria, dado que con el tiempo de cambio amplio, se aprovechara las propiedades que aún posee el aceite lubricante, reduciendo de esta manera la cantidad de aceite usada durante todo un año de trabajo, se llega a la conclusión de que el nuevo plan de lubricación esta aplicado a las características de cada una de las volquetas y las propiedades del aceite lubricante encontradas durante un cambio de aceite lubricante.



## **RECOMENDACIONES**

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de integración curricular, se recomienda realizar el cambio de aceite GULF SUPREME DUTY ULE PLUS 15W40, en distintos tiempos de trabajo para cada unidad, para evitar la degradación excesiva y para que el aceite lubricante mantenga sus propiedades de funcionamiento dentro de los límites propuestos por el fabricante, si bien las unidades no presentan contaminación ferrosa, ya se presenta una gran cantidad de contaminación química.

Para realizar la toma de muestras de aceite lubricante se recomienda hacerlo en un ambiente cerrado para de esta manera reducir al máximo la influencia del entorno en el aceite, ya que la contaminación ambiental puede causar variaciones en los resultados de análisis de laboratorio, por la presencia de polvo, humedad u otros factores ambientales.

En base a el análisis de laboratorio realizado con los distintos equipos de diagnóstico de lubricante, se recomienda llevar una buena limpieza de los accesorios que conforman los equipos de medición, revisar la correcta calibración de estos para obtener datos correctos de medición, evitar la mezcla o contaminación cruzada de las muestras de aceite lubricante para obtener datos propios y únicos de cada muestra.

Para poder llevar un registro completo de parámetros de recorrido de cada volqueta, se recomienda la revisión de equipos de medición como cuenta kilómetros, sensores de nivel de aceite lubricante, que son de gran utilidad al momento de obtener parámetros de inicio y finalización de ciclo de cambio de aceite concretos, además registrar de cantidad de muestra extraída, evitando que el nivel de aceite lubricante llega a estar por debajo de lo recomendado.

## **GLOSARIO**

**Aceite:** Son sustancias sólidas, semisólidas o líquidas de origen animal, vegetal, mineral o sintético, donde se utiliza para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento. (Domingo, 2018, pp. 1-95)

**API:** Instituto Americano del Petróleo, (American Petroleum Institute). (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21)

**ASTM:** Sociedad Americana de Ensayos y Materiales. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, p. 21)

**Aditivo:** Sustancia que se añade a otra para aumentar o mejorar sus propiedades. (Domingo, 2018, pp. 1-95)

**Contaminación:** La contaminación en el aceite sea cual sea su procedencia, va a generar problemas, tanto sobre las superficies lubricadas que se desea proteger, como efectos nocivos sobre el propio lubricante. (Domingo, 2018, pp. 1-95)

**Densidad:** Se define como la relación entre el peso (masa) de una sustancia y el volumen que ocupa (esa misma sustancia). (Domingo, 2018, pp. 1-95)

**Fluido:** Que es de consistencia blanda, como el agua o el aceite, y fluye, corre o se adapta con facilidad. (Pérez y Neira, 2016, pp. 41-54)

**Muestra:** Es una proporción representativa de aceite lubricante, obtenido de un lote, a la que se le somete a los análisis de laboratorio, cuyos resultados van a permitir evaluar una o más especificaciones de calidad de ese lote. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, pp. 21)

**Temperatura:** Grado o nivel térmico de algún cuerpo o de la atmósfera. (Pérez y Neira, 2016, pp. 41-54)

**Viscosidad:** Es la propiedad fundamental y más importante de un lubricante líquido. Se puede definir como su resistencia a fluir o a la medida del rozamiento interno de sus moléculas. (Domingo, 2018, pp. 1-95).

## BIBLIOGRAFÍA

**AFTON CHEMICAL CORPORATION.** *Aceites Lubricantes* [en línea], vol. 1, 2018, pp. 1-87. [Consulta: 10 de octubre de 2022.] Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/395704/2.\\_Lubricantes.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/395704/2._Lubricantes.pdf).

g

**AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.** *Standard Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation* [en línea], 2002, pp. 1-6. [Consulta: 15 de octubre de 2022.] Disponible en: [www.astm.org](http://www.astm.org).

**AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.** *ASTM Color of Petroleum Products* [en línea], vol. 5, 2009, pp. 1-5. [Consulta: 15 de octubre de 2022.] Disponible en: [www.astm.org](http://www.astm.org).

**AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS..** *Calculating Viscosity Index from Kinematic Viscosity at 40 °C and 100 °C* [en línea], vol. 14, 2016, no. 2, p. 147. ISSN 08903344. [Consulta: 15 de octubre de 2022.] Disponible en: [www.astm.org](http://www.astm.org).

**ANTILLÓN HERNÁNDEZ, Francisco. & MAGAÑA CANALES, Osmín.,** *Propuesta de diseño para el laboratorio de pruebas para transformadores de distribución y potencia, para la Escuela de Ingeniería Eléctrica.* [en línea], (Tesis Ingeniería) Universidad de el Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Eléctrica. 2012 [Consulta: 15 de octubre de 2022.] Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/9011/>.

**ANTON PAAR,** *Densímetro portátil,* [en línea], vol. 1, 2022, pp. 1-57. [Consulta: 15 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://www.anton-paar.com/mx-es/productos/detalles/densimetro-portatil-dmatm-35-basic/>.

**APOLO ORDÓÑEZ, Cristhian., & MATOVELLE BUSTOS, Carlos.** *Propuesta de un plan de mantenimiento automotriz para la flota vehicular del Gobierno Autónomo de la ciudad de Azogues.* [en línea], (Tesis Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería, Carrera Ingeniería Automotriz, 2012: p. 151. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1936>.

**ARRIETA, Jesús., MCNISH, Fredy. & YEPES, Carolina.,** *Implementación de una planta para la recuperación de aceites usados en la ciudad de cartagena.* [en línea], (Trabajo Integrador)

Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería Industrial, 2009, pp. 16-82. [Consulta: 16 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/3465>.

**BARRERA YÁNEZ, Ricardo.**, *Estudio del desgaste del motor en función del análisis de la composición del aceite lubricante* [en línea] (Trabajo Integración Curricular) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera Ingeniería Automotriz: 2021, p. 6. [Consulta: 16 de octubre de 2022.] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16041>.

**CARRIÓN LLAÑA, C.**, *Implementación del Sistema de Análisis de lubricantes utilizando Software Oilview y laboratorio de análisis Minilab*. [en línea], Universidad del Bío-Bío Facultad de Ingeniería Depto. Ingeniería Mecánica: 2007, pp. 13-114. [Consulta: 16 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://docplayer.es/30067651-Implementacion-del-sistema-de-analisis-de-lubricantes-utilizando-software-oilview-y-laboratorio-de-analisis-minilab.html>.

**CASTELLANOS ARMENDÁRIS, Pablo., & ZURITA DÍAZ, Cesar.** *Estudio para la construcción de un Banco de Pruebas de Lubricantes y Grasa* [en línea], (Plan de Investigación) Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería Automotriz: 2012, pp. 9-15. [Consulta: 16 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/760>.

**DOMINGO, Agustín.**, “*Apuntes de Mecánica de Fluidos Revista de Ciência Elementar* [en línea], vol. 6, 2018, no. 4, pp. 1-95. ISSN 2183-1270. [Consulta: 20 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://oa.upm.es/6934/1/amd-apuntes-fluidos.pdf>.

**ESPINOZA SEGARRA, Víctor.** *Estudio de la degradación de los lubricantes utilizados en motor y transmisión de los vehículos recolectores a diesel de la EMAC EP* [en línea], (Tesis Ingeniería) Universidad del Azuay, Facultad de Ciencias y tecnologías, Escuela de Ingeniería Automotriz: 2012. [Consulta: 20 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/1428>.

**EXTECH.** *Termómetro infrarrojo de doble láser Termómetro IR de amplio rango con entrada tipo K e interfaz USB*. [en línea] 2009, p. 1. [Consulta: 20 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://www.finaltest.com.mx/Extech-42570-Term-metro-infrarrojo-de-doble-l-se-p/42570.htm>.

**FRIEDRICHSHAFEN GMBH, M.**, *Fluids and Lubricants Specifications* [en línea], vol. 1800,

2012, pp. 15-16. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: [https://www.mtu-solutions.com/content/dam/mtu/download/technical-info/betriebsstoffvorschrift\\_en/A001061\\_40E.pdf/\\_jcr\\_content/renditions/original./A001061\\_40E.pdf](https://www.mtu-solutions.com/content/dam/mtu/download/technical-info/betriebsstoffvorschrift_en/A001061_40E.pdf/_jcr_content/renditions/original./A001061_40E.pdf).

**GULF OIL INTERNATIONAL**, *Gulf Supreme Duty ULE Plus Aceite lubricante premium full sintético para motor diésel de alta resistencia y emisiones ultra bajas* [en línea], 2022, pp. 4-5. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://lubrisa.com/media/hoja/GULF SUPREME DUTY ULE PLUS 15W40 CK-4 SN.pdf.pdf>.

**HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. & BAPTISTA LUCIO, P.**, *Metodología de la investigación* [en línea] 2014, pp. 1-100. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION**. *DERIVADOS DEL PETRÓLEO. BASES LUBRICANTES PARA USO AUTOMOTOR REQUISITOS* [en línea], 2010, p. 3. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2029.pdf>.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION**. *Determinación Del Punto De Ecurrimiento Productos De Petróleo*. [en línea], vol. 1, 2013, pp. 7-12. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1982-1.pdf>.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION**. *Productos de petróleo. determinación de los puntos de inflamación y combustion en vaso abierto CLEVELAND*. [en línea], 1998, pp. 1-10. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: [www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec).

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION**. *PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. ACEITES LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE CICLO DE OTTO. REQUISITOS*. [en línea], vol. 2, 2011, p. 21. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2017/Indicadores ODS Agua, Saneamiento e Higiene/Presentacion\\_Agua\\_2017\\_05.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2017/Indicadores_ODS_Agua_Saneamiento_e_Higiene/Presentacion_Agua_2017_05.pdf).

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION**. *Productos de petróleo Determinación de cenizas* [en línea], vol. 1, 2013, pp. 1-3. Disponible en: [www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec).

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION**. *PRODUCTOS DE PETRÓLEO DETERMINACIÓN DE LA VISCOCIDAD CINEMÁTICA Y DINÁMICA EN LÍQUIDOS TRANSPARENTES Y OPACOS* [en línea], 2013, pp. 1-5. Disponible en: [www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec).

**JARAMILLO SARI, DIEGO., REDROVÁN MACAS, LUIS., & URGILÉS CONTRERAS, DIEGO.** *Análisis técnico de la vida útil de un lubricante de aceite mineral, para motores de combustión interna a gasolina de los vehículos de servicios de taxis en la ciudad de Cuenca.* [en línea] (Tesis Ingeniería) Universidad politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería, Carrera de mecánica Automotriz: 2011, pp. 1-284. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1500>.

**LOZADA, ERICSON.** *Funciones de un SIG* [en línea], vol. 1, 2017, pp. 4-7. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://geopaisa.blog/2017/12/06/funciones-de-un-sig/>.

**MARTINS, MARCELO,** *Lineamientos AGMA para Lubricación de Engranajes. ExxonMobil Lubricants & Specialties* [en línea], vol. 1, 2012, pp. 3-6. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/409026783/Lineamientos-AGMA-para-Lubricacion-de-Engranajes-pdf>.

**MÉNDOZA, JOSÉ.,** *Misión del sistema de lubricación. Academia* [en línea], vol. 1, 2016, pp. 1-17. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: [https://www.academia.edu/18888916/Mision\\_del\\_sistema\\_de\\_lubricacion](https://www.academia.edu/18888916/Mision_del_sistema_de_lubricacion).

**MJR TECHNOLOGIES.,** *OilView Quick-Check Analyzer Product Data Sheet* [en línea], 2013, no. March, pp. 1-2. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://www.jjstech.com/oilview-quick-check-analyzer.html>.

**MRC,** *VIS-5/8 and VIS-S1/S2/S3 Series Digital Viscometer USER MANUAL* [en línea], 2022, pp. 1-14. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: [https://www.mrclab.co.il/Media/Uploads/VIS-8\\_OPR.pdf](https://www.mrclab.co.il/Media/Uploads/VIS-8_OPR.pdf).

**PADILLA VALDEZ, C.L.,** *Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del Gobierno Autónomo Intercultural de la ciudad de Cañar.* [en línea], (Tesis Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012, pp. 214. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3268>.

**PAEZ, F.,** *Machinery Lubrication* [en línea], vol. 6, 2008, pp. 1-7. Disponible en: [https://www.swissoil.com.ec/boletines/SO\\_BOLETIN\\_6\\_grados\\_viscosidad.pdf](https://www.swissoil.com.ec/boletines/SO_BOLETIN_6_grados_viscosidad.pdf).

**PÉREZ, E., & NEIRA, L.,** *ARJÉ. Revista de Postgrado FaCE-UC* [en línea], vol. 10, 2016, pp. 41-54. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/arje/arj19/art03.pdf>.

**RENDÓN-MACÍAS, MARIO., VILLASÍS-KEEVER, MIGUEL., & MIRANDA-NOVALES, MARIA.** *Estadística descriptiva. Revista Alergia México* [en línea], vol. 63, 2016, pp. 397-407. ISSN 0002-5151. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755026009%0ACómo>.

**SALDIVIA, FRANCISCO.,** *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* [en línea], 2013, pp. 2-7. [Consulta: 21 de Noviembre de 2022.] Disponible en: <https://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP264.pdf>.

**SPECTRO SCIENTIFIC.,** *FluidScan 1000 Series* [en línea], 2019, pp. 1-4. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://www.spectrosci.com/product/fluidscan-1100>.

**TEJADA TOVAR, CANDELARIA., QUIÑONES BOLAÑOS, EDGAR., & FONG SILVA, WALDYR.** *Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. Prospectiva* [en línea], vol. 15, 2017, no. 2, pp. 135-144. ISSN 16928261. [Consulta: 15 de octubre de 2022.] Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-82612017000200135](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-82612017000200135).

**TORMOS MARTINEZ, BERNARDO.** *Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado* [en línea]. 2015, pp. 179- 241. [Consulta: 15 de octubre de 2022.] Disponible en: [https://www.reverte.com/libro/diagnostico-de-motores-diesel-mediante-el-analisis-del-aceite-usado\\_89274/](https://www.reverte.com/libro/diagnostico-de-motores-diesel-mediante-el-analisis-del-aceite-usado_89274/).

**TRUJILLO, R.,** Grados de Viscosidad ISO. *Machinery Lubrication* [en línea], vol. 5, 2001, pp. 1-6. [Consulta: 22 de octubre de 2022.] Disponible en: [https://www.swissoil.com.ec/boletines/SO\\_Boletin05\\_viscosidad ISO.pdf](https://www.swissoil.com.ec/boletines/SO_Boletin05_viscosidad ISO.pdf).

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE,** *Tipos y clasificacion de los aceites lubricantes. Liceos* [en línea], 2020, pp. 1-2. [Consulta: 22 de octubre de 2022.] Disponible en: [http://industrialangol.cl/wp-content/uploads/recursos/Tipos\\_y\\_clasificación\\_de\\_los\\_aceites\\_lubricantes.pdf](http://industrialangol.cl/wp-content/uploads/recursos/Tipos_y_clasificación_de_los_aceites_lubricantes.pdf).

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**, *Universidad Nacional de la Plata* [en línea], 2022, pp. 146-171. [Consulta: 22 de octubre de 2022.] Disponible en: [https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/A0098/descargar.php?secc=0&id=A0098&id\\_inc=58950](https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/A0098/descargar.php?secc=0&id=A0098&id_inc=58950).

**VIMOS PATAJALO, LUIS. & CORO MEDINA, OSCAR.** *Estudio comparativo de la composición y propiedades fisicoquímicas de aceites lubricantes automotrices comercializados en Riobamba* [en línea] (Trabajo de Integración Curricular) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Mecánica Carrera Ingeniería Automotriz: 2015, pp. 11-30. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16017>.



## ANEXOS

### ANEXO A: PROCESO DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS Y ETIQUETADO.

a)



b)



c)



#### NOTAS:

- a) Selección de vehículos
- b) Elección de acceso
- c) Embazado y etiquetado

#### CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

Aprobado

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

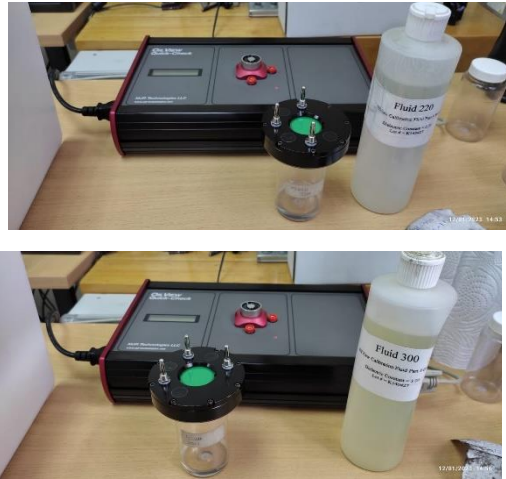
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

ELABORADO POR:

Quinteros William & Ramos Kevin

**ANEXO B: ANÁLISIS DEL ACEITE LUBRICANTE EN LOS DIFERENTES EQUIPOS DE LABORATORIO.**

a)



b)



c)



d)



**NOTAS:**

- a) Calibración de Oil View QC según manual.
- b) Análisis con densímetro.
- c) Análisis con FluidScan
- d) Análisis con Viscosímetro y pirómetro

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA:**

Aprobado

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

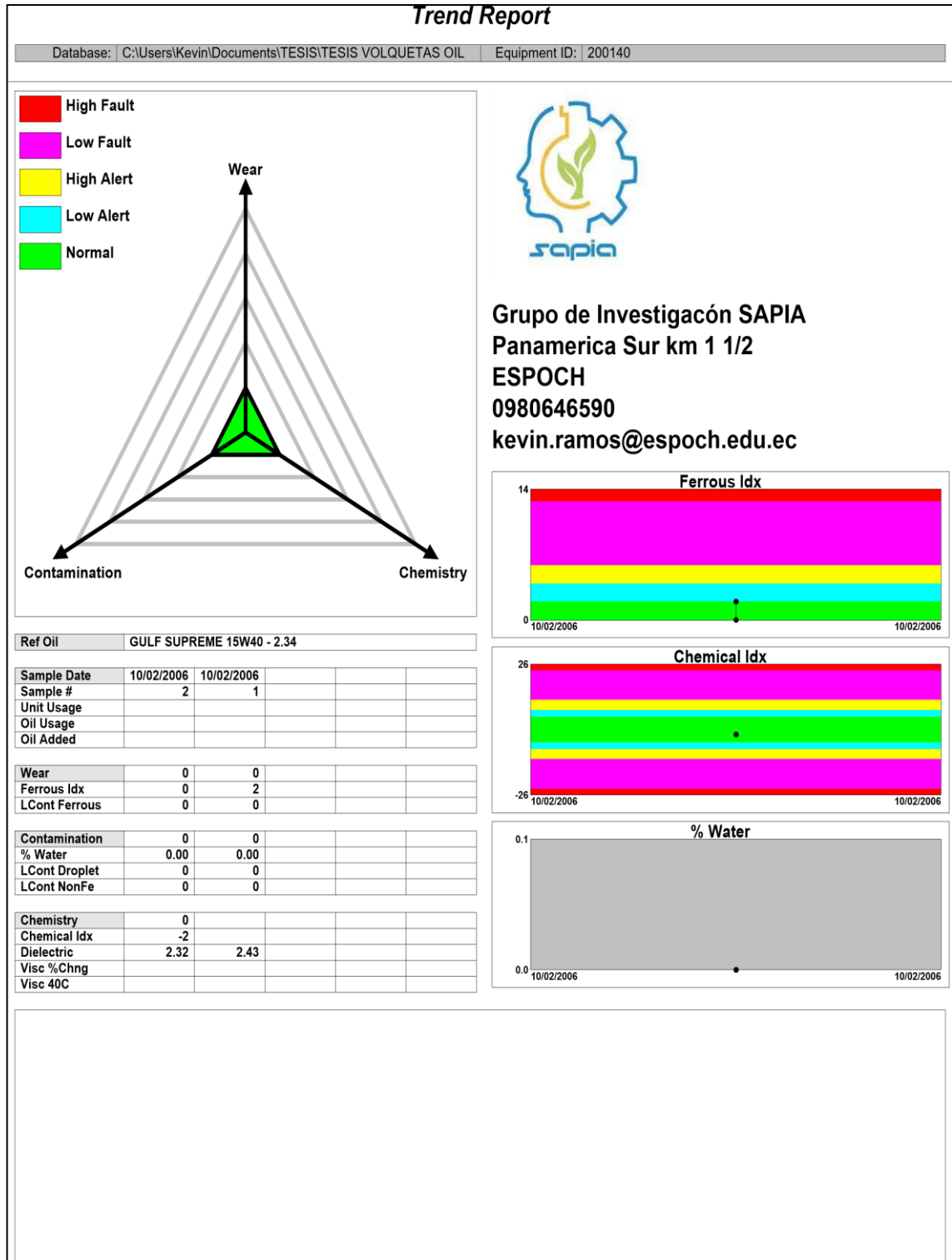
**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ELABORADO POR:**

**Quinteros William & Ramos Kevin**

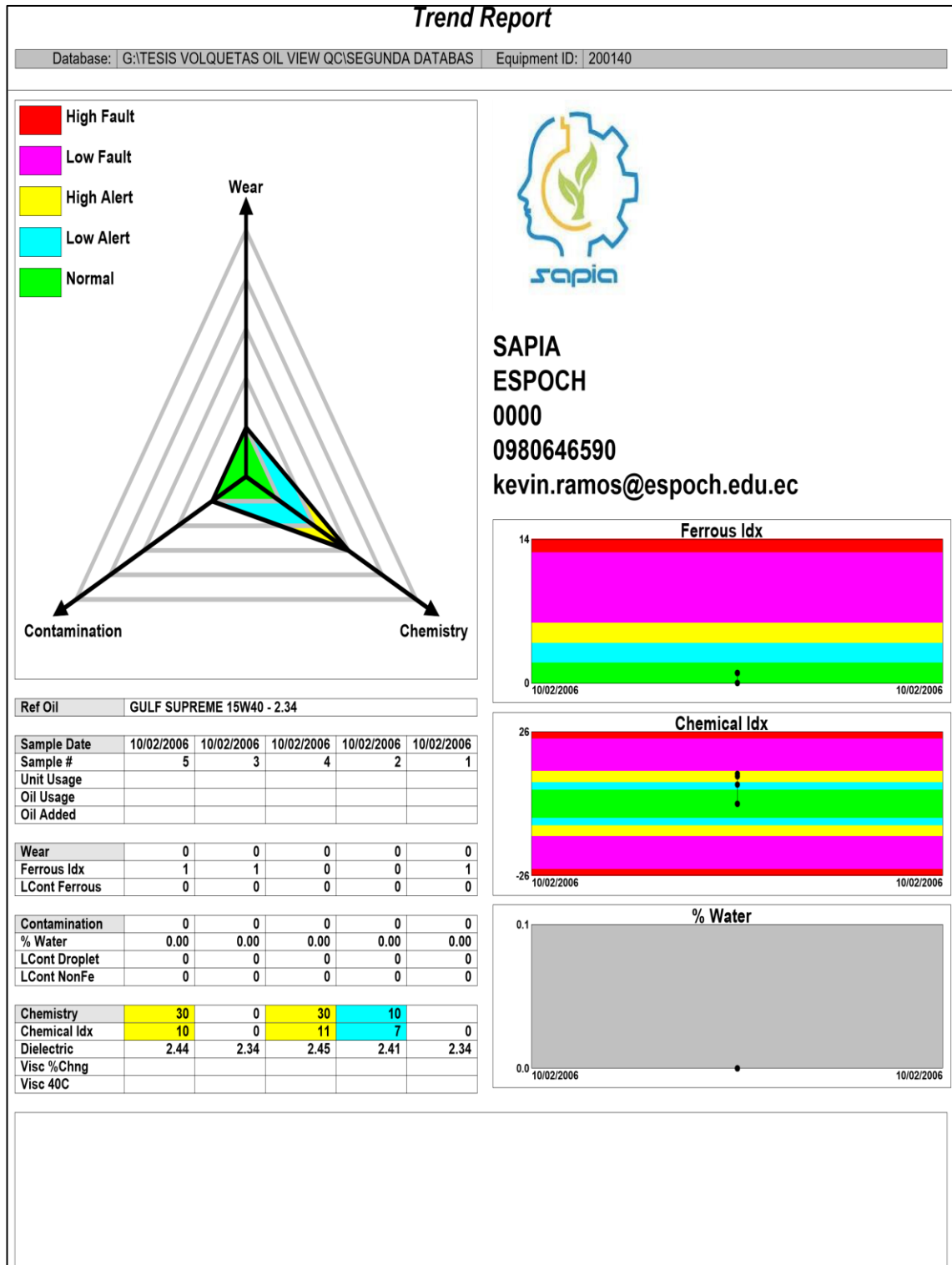
**Realizado por:** Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

**ANEXO C: REPORTE GENERADO POR EL EQUIPO OIL VIEW QUICK CHECK DE LA VOLQUETA V-8 EN ESTADO INICIAL.**



Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

**ANEXO D: REPORTE GENERADO POR EL EQUIPO OIL VIEW QUICK CHECK DE LA VOLQUETA V-8 LUEGO DE 250 HORAS DE USO.**



Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin. 2022.

**ANEXO E: ANÁLISIS DE CAMBIOS DE ACEITE REALIZADOS EN UN AÑO Y CAMBIOS DE ACEITES REALIZADOS POR CADA VOLQUETA CON EL NUEVO PLAN DE LUBRICACIÓN.**

Cambio Actual																									
40	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		
	Días	H	Días	H	Días	H	Días	H	Días	H	Días	H	Días	H	Días	H	Días	H	Días	H	Días	H	Días	H	
Excedente			19	160	0	70	0	230	0	140	0	50	0	210	0	120	0	30	0	190	0	100	0	0	0
Semana 1 / 30 horas		40		200		110		270		180		90		250		160		70		230		140		40	
Semana 2 / 30 horas		80		240		150		40		220		130		40		200		110		270		180		80	
Semana 3 / 30 horas		120		40		190		80		260		170		80		240		150		40		220		120	
Semana 4 / 30 horas		160		80		230		120		40		210		120		40		190		80		260		160	
Sobrante		160		70		230		140		50		210		120		30		190		100		0			
Número de cambios				1				1		1				1		1				1		1			
V-8																									
40	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		
Excedente		40	19	0	0	160	0	140	0	120	0	30	0	10	0	170	0	150	0	130	0	110	0	90	
Semana 1 / 30 horas		80		40		200		180		160		70		50		210		190		170		150		130	
Semana 2 / 30 horas		120		80		40		40		200		110		90		40		40		210		190		170	
Semana 3 / 30 horas		160		120		80		80		40		150		130		80		80		40		40		210	
Semana 4 / 30 horas		200		160		120		120		80		190		170		120		120		80		80		250	
Sobrante		0		160		140		120		30		10		170		150		130		110		90			
Número de cambios		1				1		1		1		1				1		1		1		1		1	
V-14																									
40	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		
Excedente			19	160	0	105	0	50	0	0	0	160	0	105	0	15	0	175	0	120	0	65	0	10	
Semana 1 / 30 horas		40		200		145		90		40		200		145		55		215		160		105		50	
Semana 2 / 30 horas		80		40		185		130		80		40		185		95		40		200		145		90	
Semana 3 / 30 horas		120		80		225		170		120		80		225		135		80		40		185		130	
Semana 4 / 30 horas		160		120		40		210		160		120		40		175		120		80		225		170	
Sobrante		160		105		50		0		160		105		15		175		120		65		10			
Número de cambios				1		1		1				1		1				1		1		1			

Realizado por: Quinteros William & Ramos Kevin, 2022.