



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA EL ANÁLISIS DE ACEITE  
LUBRICANTE EN LA FLOTA DE TRANSPORTE DE LA EMAC**

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

**AUTORES: KEVIN SEBASTIÁN MARÍN NIVELÓ**

**EMMANUEL ENRIQUE PESÁNTEZ SÁNCHEZ**

**TUTOR: ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, PhD.**

Cuenca - Ecuador

2022

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Kevin Sebastián Marín Niveló con documento de identificación N° 0105889521 y Emmanuel Enrique Pesántez Sánchez con documento de identificación N° 0106081821; manifestamos que:

Somos autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 01 de julio del 2022

Atentamente,



---

Kevin Sebastián Marín Niveló

0105889521



---

Emmanuel Enrique Pesántez Sánchez

0106081821

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Kevin Sebastián Marín Niveló con documento de identificación N° 0105889521 y Emmanuel Enrique Pesántez Sánchez con documento de identificación N° 0106081821, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño de una herramienta informática para el análisis de aceite lubricante en la flota de transporte de la EMAC”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 01 de julio del 2022

Atentamente,



---

Kevin Sebastián Marín Niveló

0105889521



---

Emmanuel Enrique Pesántez Sánchez

0106081821

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Cristian Leonardo García García con documento de identificación N° 0103898318, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA EL ANÁLISIS DE ACEITE LUBRICANTE EN LA FLOTA DE TRANSPORTE DE LA EMAC, realizado por Kevin Sebastián Marín Niveló con documento de identificación N° 0105889521 y por Emmanuel Enrique Pesántez Sánchez con documento de identificación N° 0106081821, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 01 de julio del 2022

Atentamente,



---

Ing. Cristian Leonardo García García, PhD.

0103898318

## DEDICATORIA

*El presente proyecto, y todo el esfuerzo, tiempo y dedicación que este representa, se lo dedico a mis padres, Marcia y Vicente por ser pieza fundamental en mi formación como ser humano de bien, por su apoyo incondicional en cualquier decisión que tome en mi vida, por haber creído en mí y ser más que padres, amigos incondicionales.*

*De igual manera, a mi hermano Juan Esteban, que es mi alegría y mi orgullo y a sido un motor indispensable en mi crecimiento personal.*

*Finalmente, a toda mi familia, en especial a Aida, María, Alex, Patricia y Lucrecia, que, aunque algunos no estén presentes físicamente, he sentido siempre su amor y apoyo.*

***Kevin Sebastián Marín Niveló.***

## DEDICATORIA

*El presente proyecto y esfuerzo lo dedico a todas las personas de mi familia, primordialmente a mis padres, Diana Sánchez y Enrique Pesántez, agradeciéndoles por la confianza depositada en mí y por todo su esfuerzo, paciencia y tiempo para ayudarme a culminar con mi carrera y ser un profesional.*

*De igual forma, quiero dedicar todo mi esfuerzo y este nuevo logro a mis dos motores primordiales en mi vida, mi abuelo Vicente que sigue conmigo ayudándome a crecer personalmente con sus consejos y apoyo, y a mi Tío Manuel que, aunque no esté presente físicamente, sé que no me ha dejado rendir y me sigue apoyando y guiando como lo hacía siempre, siendo los dos mis grandes ejemplos a seguir y siendo los motivos fundamentales para seguir luchando en mi vida.*

*Por último, a todas las personas y amigos los cuales me acompañaron en esta etapa de mi vida universitaria brindándome su apoyo y su amistad.*

***Emmanuel Enrique Pesántez Sánchez***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a la vida, por permitirme culminar esta etapa, por presentarme circunstancias en el camino, las cuales me han llevado a tomar decisiones que me han llevado a este momento, a mis padres por nunca dejarme solo y darme la oportunidad del estudio y que ahora puedan ser testigos de los frutos de su esfuerzo. A mi hermano que a sido parte junto conmigo de este proceso en mi vida, a mis amigos, compañeros dentro de la carrera y de la vida que me han brindado su apoyo siempre.*

*A nuestro tutor Ing. Cristian García, por brindarnos siempre su apoyo, conocimiento y motivación para culminar cada una de las etapas de este proyecto.*

***Kevin Sebastián Marín Niveló***

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a mis Padres por el apoyo y paciencia en todo el transcurso de mi etapa Universitaria, por la educación que me brindaron y por los valores que lograron inculcarme siempre.*

*Agradezco a la vida, por permitirme culminar esta etapa importante, dejándome enseñanzas y experiencias buenas y malas que me hicieron aprender y mejorar como persona, formándome día a día para ser un buen ser humano ante con la sociedad*

*A las personas que conocí en todo este tiempo y han sido fuente de inspiración, de ejemplo y de apoyo.*

*A nuestro tutor el Ing. Cristian García por su apoyo, paciencia y conocimientos compartidos para guiarnos durante el proceso de este proyecto.*

***Emmanuel Enrique Pesántez Sánchez***



## **RESUMEN**

En el siguiente proyecto se desarrolla una herramienta de gestión de análisis de aceites en el cual se han analizado los parámetros característicos de los mismos como son: la viscosidad, TBN (Total Base Number), particulado metálico de desgaste, así como los límites permisibles y condenatorios de cada parámetro. Gracias a estos parámetros, los mismos que se obtuvieron en base al resultado de la digitalización de los reportes de análisis de aceite históricos dentro de la flota de vehículos de la EMAC EP, se pudo realizar el desarrollo y diseño de la herramienta informática como tal, en la cual, se gestionaron los parámetros antes mencionados para cada marca de vehículos existente en la flota en la actualidad, los resultados de dichos análisis se presentan en la herramienta de una manera dinámica en forma de dashboard para cada una de las marcas, en la cual, se podrá evaluar condiciones del lubricante y particulado metálico del mismo, filtrando información por medio de pulsantes como: sistema que se analizará, número de vehículo y año de análisis, de igual manera se podrá realizar comparaciones de dichos valores con respecto a los límites permisibles y condenatorios, calculados estadísticamente respecto al historial de muestras propio de la empresa, mismos que se encuentran también en el dashboard. Esta herramienta permitirá también al propietario de la empresa, jefe, técnico o encargado de mantenimiento ingresar datos de nuevas muestras mediante una interfaz dinámica para el registro de nuevos valores dentro de la base de datos general de la empresa, así como se podrá guiar al propietario de distintas formas para llevar un correcto mantenimiento de cada vehículo de la flota. Una vez realizada la herramienta, se aplicó un caso práctico de la empresa en donde se pudo verificar el correcto funcionamiento de la misma, obteniendo resultados fiables para validar la herramienta.

***Palabras Claves:*** *Dashboard, Análisis de aceite, mantenimiento predictivo.*

## **ABSTRACT**

In the following project, an oil analysis management tool is developed in which the characteristic parameters of the same have been analyzed, such as: viscosity, TBN (Total Base Number), metallic wear particulate, as well as the permissible limits and condemnations of each parameter. Thanks to these parameters, the same ones that were obtained based on the result of the digitization of historical oil analysis reports within the EMAC EP vehicle fleet, it was possible to carry out the development and design of the computer tool as such, in which the aforementioned parameters were managed for each brand of vehicle currently in the fleet, the results of these analyzes are presented in the tool in a dynamic way in the form of a dashboard for each of the brands, in the which, the conditions of the lubricant and metallic particulate of the same can be evaluated, filtering information through buttons such as: system to be analyzed, vehicle number and year of analysis, in the same way comparisons of said values can be made with respect to the limits permissible and condemnatory, calculated statistically with respect to the company's own sample history, which are also found in the dashboard. This tool will also allow the owner of the company, manager, technician or maintenance manager to enter data from new samples through a dynamic interface for the registration of new values within the general database of the company, as well as guiding the owner in different ways to properly maintain each vehicle in the fleet. Once the tool was made, a practical case of the company was applied where it was possible to verify its correct operation, obtaining reliable results to validate the tool.

***Keywords:*** *Dashboard, Oil analysis, Predictive Maintenance.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VII</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>2. PROBLEMA .....</b>	<b>17</b>
2.1 Antecedentes .....	17
2.2 Importancia y Alcances .....	17
2.3 Delimitación.....	17
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
3.1 Objetivo General .....	18
3.2 Objetivos Específicos .....	18
<b>4. CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>19</b>
4.1 Tribología.....	19
4.2 Función del aceite lubricante del motor .....	20
4.3 Estructura de los lubricantes .....	20
4.4 Propiedades principales de los aceites lubricantes.....	21
4.4.1 Densidad .....	21
4.4.2 Viscosidad.....	21
4.4.3 Viscosidad Dinámica.....	22
4.4.4 Viscosidad Cinemática.....	22
4.4.5 Viscosidad SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices).....	22
4.4.6 Índice de Viscosidad .....	22
4.4.7 Detergencia .....	23
4.4.8 Número de neutralización .....	23
4.4.9 Estabilidad Térmica .....	23
4.4.10 Antioxidantes .....	24
4.5 Clasificación y Normativa para lubricantes .....	24
4.5.1 Clasificación SAE.....	24

4.5.2	Clasificación API.....	25
4.6	Análisis de Aceite .....	26
4.7	Métodos de análisis de aceites+ .....	28
4.7.1	Análisis de degradación .....	28
4.7.2	Análisis de viscosidad .....	28
4.7.3	Análisis de contaminación .....	28
4.8	Viscosímetros principales de medición de aceite .....	29
4.8.1	Viscosímetros capilares.....	29
4.8.2	Viscosímetros Rotacionales .....	30
4.8.3	Viscosímetros dinámicos HTHS .....	30
4.9	Parámetros de desgaste del lubricante .....	31
4.9.1	Viscosidad.....	31
4.9.2	Oxidación.....	32
4.9.3	Sulfatación .....	32
4.9.4	Dilución .....	33
4.10	Materiales de desgaste.....	34
4.10.1	Hierro.....	34
4.10.2	Silicio.....	34
4.10.2	Cobre.....	35
4.10.4	Cromo .....	35
4.10.5	Plomo.....	35
4.11	Limites condenatorios de materiales de desgaste. ....	36
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LOS HISTORICOS DE LAS MUESTRAS DE ACEITE LUBRICANTE.....</b>	<b>37</b>
5.1	Lubricantes utilizados en la EMAC EP.....	37
5.2	Ubicación geográfica .....	37
5.3	Registro de la flota .....	38
5.4	Condiciones de trabajo.....	40
5.5	Procedimiento de toma de muestras .....	40
5.6	Análisis de resultados de laboratorio.....	42
5.7	Interpretación del reporte de laboratorio .....	43
<b>6.</b>	<b>CAPÍTULO 3: DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA A TRAVÉS DE HOJAS DE CÁLCULO.....</b>	<b>46</b>
6.1	Herramientas de gestión.....	46
6.2	Softwares utilizados para el diseño de la herramienta de gestión .....	49

6.3	Justificación del diseño de la herramienta de análisis de aceites lubricantes .....	50
6.4	Base de datos para la gestión de lubricantes .....	50
6.5	Diseño de la página de registro .....	53
6.6	Diseño de página de las marcas de vehículos de la flota .....	57
6.7	Diseño del dashboard para cada marca vehicular .....	60
6.8	Definir límites permisibles y límites condenatorios .....	63
<b>7.</b>	<b>CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMATICA .....</b>	<b>64</b>
7.1	Diseño final de la herramienta de gestión.....	64
7.2	Gráficas presentes en el dashboard para el análisis de aceite .....	68
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>77</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Figura 1</b> Funciones del lubricante del motor. ....	21
<b>Figura 2</b> Viscosidad del aceite. ....	22
<b>Figura 3</b> Funciones del lubricante del motor. ....	24
<b>Figura 4</b> Viscosímetros capilares. ....	30
<b>Figura 5</b> Viscosímetros rotacionales. ....	31
<b>Figura 6</b> Viscosímetro dinámico HTHS. ....	32
<b>Figura 7</b> Curva de viscosidad – temperatura de aceite SAE15W40. ....	33
<b>Figura 8</b> Desgaste en cojinete de bancada. ....	34
<b>Figura 9</b> Toma de muestras de aceite de vehículos EMAC EP. ....	42
<b>Figura 10</b> Muestras de aceite de vehículos EMAC EP. ....	43
<b>Figura 11</b> Organización de reporte de laboratorio. ....	44
<b>Figura 12</b> Ejemplo del reporte de laboratorio. ....	45
<b>Figura 13</b> Herramienta de gestión Fracttal. ....	48
<b>Figura 14</b> Herramienta de gestión Magma. ....	49
<b>Figura 15</b> Ciclo del programa de lubricación Proactive. ....	50
<b>Figura 16</b> Extracto de la base de datos de la herramienta de gestión. ....	53
<b>Figura 17</b> Diseño de la página de registro. ....	54
<b>Figura 18</b> Diagrama de flujo de los pulsadores de la página de registro. ....	55
<b>Figura 19</b> Esquema del proceso de información obligatoria del sistema. ....	56
<b>Figura 20</b> Esquema del proceso del calendario para la fecha de muestra. ....	57
<b>Figura 21</b> Diagrama de flujo de los campos de “Sistema”, “Marca” y “Número de vehículo” ....	58
<b>Figura 22</b> Esquema del pulsador “Ir al registro y Salir”. ....	59
<b>Figura 23</b> Esquema de los pulsadores de las marcas de vehículos. ....	60
<b>Figura 24</b> Diseño de la página de marcas de los vehículos. ....	60
<b>Figura 25</b> Esquema de parámetros. ....	61
<b>Figura 26</b> Esquema de procesos de las tablas dinámicas. ....	62
<b>Figura 27</b> Esquema de las gráficas generadas en el dashboard. ....	63
<b>Figura 28</b> Esquema final de la página de registro. ....	65
<b>Figura 29</b> Esquema final de la página de marcas. ....	66
<b>Figura 30</b> Esquema final de la página de la base de datos. ....	67

<b>Figura 31</b> Esquema final del dashboard.....	67
<b>Figura 32</b> Diseño final del dashboard utilizado para todas las marcas de vehículos..	68
<b>Figura 33</b> Gráfica de viscosidad, marca Kenworth, vehículo 61. ....	69
<b>Figura 34</b> Gráfica del TBN para la marca Kenworth, vehículo 59. ....	70
<b>Figura 35</b> Gráfica del TBN (Promedio) del vehículo 62 de la marca Kenworth..	70
<b>Figura 36</b> Gráfica de cantidad de hierro para el vehículo 72 de la marca Kenworth. ....	71
<b>Figura 37</b> Gráfica de cantidad de Silicio para el vehículo 72 de la marca Kenworth .....	72
<b>Figura 38</b> Gráfica de cantidad de cromo para el vehículo 61 de la marca Kenworth..	72
<b>Figura 39</b> Gráfica de cantidad de plomo para el vehículo 61 de la marca Kenworth..	73
<b>Figura 40</b> Gráfica de cantidad de cobre para el vehículo 61 de la marca Kenworth.....	74
<b>Figura 41</b> Gráfica general de condiciones del aceite .....	75
<b>Figura 42</b> Gráfica general del particulado metálico.. .....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Viscosidad SAE para motores.....	26
<b>Tabla 2</b> Viscosidad SAE para transmisiones. ....	26
<b>Tabla 3</b> Viscosidad API para motores diesel y a gasolina. ....	27
<b>Tabla 4</b> Elementos de desgaste.....	28
<b>Tabla 5</b> Límites condenatorios utilizados y validados por Volvo. ....	37
<b>Tabla 6</b> Aceites usados en la flota de vehículos de la EMAC EP.....	38
<b>Tabla 7</b> Listado de la flota de vehículos EMAC EP. ....	40
<b>Tabla 8</b> Límites condenatorios del tipo de aceite Golden Bear 10W30.....	46
<b>Tabla 9</b> Parámetros de control de la muestra. ....	52
<b>Tabla 10</b> Límites condenatorios calculados para la marca Kenworth.....	64

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto busca desarrollar una herramienta de gestión en la que se pueda dar soporte al análisis de aceite lubricante de una flota de vehículos, en este caso de la Empresa Pública de Aseo de Cuenca. Esto para obtener grandes beneficios y facilitar al propietario o encargado del área de mantenimiento, descubrir la condición del lubricante, proporcionando información sobre las condiciones de funcionamiento de los equipos, los niveles de contaminación, la degradación del aceite, así como el desgaste y la vida útil de los componentes.

Con la herramienta de gestión de análisis de aceite, las técnicas de cambio del lubricante se pueden aplicar de acuerdo con la condición en lugar del tiempo de uso, lo que compromete la vida útil del equipo y brinda ahorros significativos en costos de mantenimiento, lubricantes y tiempo de inactividad.



## **2. PROBLEMA**

### **2.1 Antecedentes**

Los aceites lubricantes tienen una gran importancia porque ayudan a que el rozamiento no origine desgaste entre los elementos mecánicos que interactúan entre sí, de esta forma ayudando también a que cumplan su función de manera correcta, por este motivo es necesario poder diagnosticar el estado de los aceites lubricantes de manera correcta y que mejor que tener una herramienta que garantice el estado correcto del mismo.

### **2.2 Importancia y Alcances**

El beneficio a la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, con el aporte al conocimiento acerca del diagnóstico de aceites lubricantes y a la empresa municipal de aseo de Cuenca (EMAC EP), la cual facilitó la información necesaria de la flota para así obtener una herramienta informática óptima la cual permita gestionar acerca del diagnóstico de los análisis aceites lubricantes.

### **2.3 Delimitación**

Este proyecto está dirigido a la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca y a la ciudadanía en general, debido a que esta herramienta informática facilitará la gestión del uso de los aceites lubricantes en una flota determinada.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

- Desarrollar una herramienta informática para el análisis de aceite lubricante en una flota de transporte.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Generar un análisis acerca de los antecedentes históricos de la investigación con los cuales se podrán establecer los procedimientos usados para dar paso al desarrollo del proyecto.
- Reconocer, establecer y analizar parámetros característicos de la degradación del aceite lubricante, para así evaluar su comportamiento respecto al tiempo de uso en operación de la flota.
- Diseñar una herramienta informática a través de hojas de cálculo para la interpretación de resultados.
- Validar la herramienta a través de la aplicación de un caso real en la empresa.

## **4. CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE**

### **4.1 Tribología**

La tribología posibilita el entendimiento de los procesos de desgaste de materiales y asegurar que las piezas se diseñen con el coeficiente de fricción óptimo. Por lo tanto, la tribología es la ciencia que estudia las superficies que interactúan en movimiento, tiene el objetivo el análisis de las propiedades de fricción y el comportamiento de desgaste de los materiales.

Por lo general, la tribología se aplica a componentes deslizantes más comunes, como rodamientos, engranajes, frenos, levas, juntas, entre otros. Esta ciencia es una rama de la ingeniería que parecería ser nuevo, pero desde mucho tiempo atrás se estudiaban los efectos causados por la fricción entre piezas y materiales. La fricción se define como fuerza de rozamiento entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra (cinética), o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (estática), por lo tanto, la fricción puede variar en función de algunos factores como los siguientes:

La calidad del acabado superficial.

La forma de los elementos que se encuentran sometidos a fricción.

Las características de lubricación.

El tipo de fabricación de los elementos y piezas.

La carga que influye en las fuerzas que generan la fricción.

Por lo tanto, se puede concluir que la tribología se centra en el estudio de tres puntos fundamentales; la fricción entre cuerpos en movimiento, el desgaste de los mismos y la lubricación como agente antidesgaste. (Castillo, 2007)

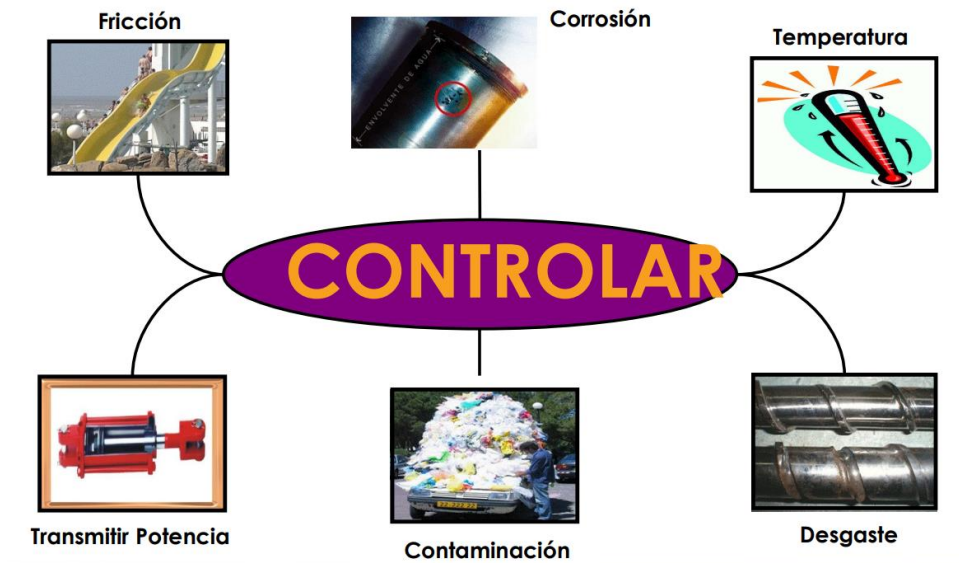
## 4.2 Función del aceite lubricante del motor

El aceite lubricante cumple con varias funciones, las más importantes y principales son; reducir el desgaste de los componentes del motor, enfriar las áreas calientes y las partes móviles del motor, proteger las piezas contra el ataque corrosivo de los ácidos generados durante la combustión, reducir la fricción entre las superficies que se encuentran en movimiento para así reducir también el consumo de combustible. (Villafuerte, 2020)

A continuación, en la figura 1 se presenta las variables que controla un aceite lubricante.

### Figura 1

*Funciones del lubricante del motor. Fuente (Villafuerte, 2020)*



## 4.3 Estructura de los lubricantes

El aceite lubricante está formado por una composición de fluido base que proviene del crudo del petróleo en un 85% a 95%, siendo el compuesto que permite lubricar las piezas móviles del motor del automóvil, evitando así que acumulen calor. (Widman, 2013)

## 4.4 Propiedades principales de los aceites lubricantes

### 4.4.1 Densidad

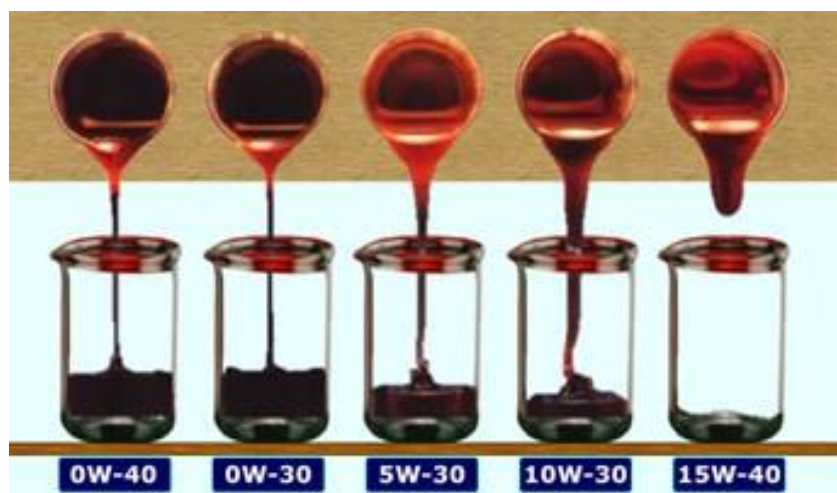
La densidad es la masa de un objeto con relación al volumen que este ocupa. La densidad de la mayoría de los aceites fluctúa entre 700 y 950 kg por metro cúbico. (Araoz, 2019)

### 4.4.2 Viscosidad

La viscosidad es una de las propiedades más importantes de los lubricantes, ya que se define como la resistencia de un líquido a fluir. Los aceites que tienen mayor viscosidad suelen ser más livianos, entre mayor sea la viscosidad de un aceite más espesa será su forma. Si la viscosidad de un aceite es muy alta para su aplicación, el consumo de energía es mayor y el desgaste puede ser excesivo. Solo la viscosidad correcta maximizará la vida útil y la eficiencia del motor, sistema hidráulico, transmisión o cualquier mecanismo en el que se aplique. En la figura 2 se puede observar el grado de viscosidad de algunas muestras de aceites. (Castellanos, 2014)

### Figura 2

*Viscosidad del aceite. Fuente (Castellanos, 2014)*



#### ***4.4.3 Viscosidad Dinámica***

La viscosidad dinámica hace referencia únicamente a la fricción interna del fluido que es producida cuando está sometido a movimiento, se lo define como el cociente de tensión de corte y el gradiente de velocidad. (Saldivia, 2013)

#### ***4.4.4 Viscosidad Cinemática***

La viscosidad cinemática se define como el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido. (Saldivia, 2013)

#### ***4.4.5 Viscosidad SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices)***

La SAE tiene la clasificación de los lubricantes según su viscosidad, ya que permite conocer si el aceite es monogrado o multigrado. Existen once grados SAE de viscosidad utilizados comúnmente que se clasifican en dos grupos, la designación W (Winter) que indica que la viscosidad fue medida a baja temperatura y los que no incluyen ninguna denominación, los cuales especifican viscosidad a 100 grados Celsius. Los Aceites monogrado son los que tienen un solo grado de viscosidad y es útil en un rango bajo de temperatura, y los multigrado son los que tienen dos grados de viscosidad y pueden ser utilizados a un amplio rango de temperaturas. (Castellanos, 2014)

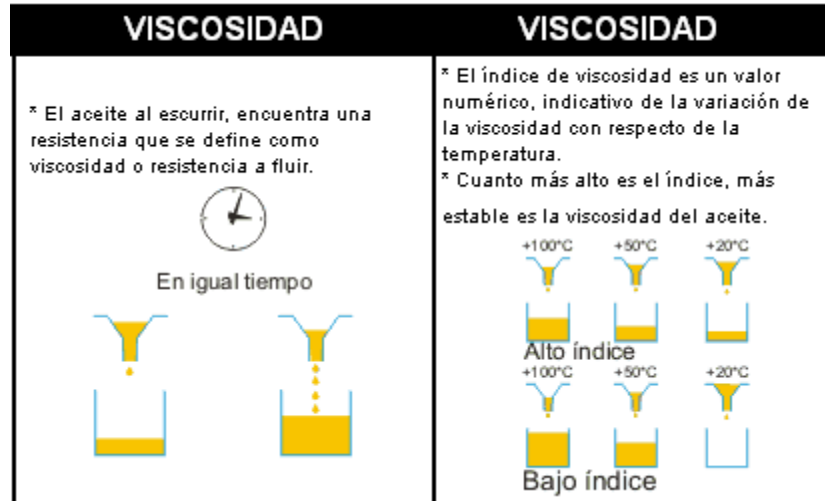
#### ***4.4.6 Índice de Viscosidad***

El índice de viscosidad es la razón de cambio de la viscosidad de un lubricante con la temperatura, mientras más alto sea el índice de viscosidad, menos cambiará el lubricante con la temperatura.

En la figura 3 se puede observar la función del índice de viscosidad. (Araoz, 2019)

### Figura 3

Funciones del lubricante del motor. Fuente (Araoz, 2019)



#### 4.4.7 Detergencia

Se define como detergencia a la capacidad del aceite para eliminar los residuos acumulados en las zonas de alta temperatura del motor. Esto va a depender de las características del aceite y del uso de aditivos, los aceites menos viscosos y con menos residuos carbonosos son mejores detergentes. (Aselube, 2014)

#### 4.4.8 Número de neutralización

En un aceite, su grado de acidez puede venir expresado por su número de neutralización, al cual se le define como la cantidad de ácido que se necesita para neutralizar el contenido de un gramo de muestra. (Segarra, 2012)

#### 4.4.9 Estabilidad Térmica

La estabilidad térmica es una propiedad del aceite para resistir a altas temperaturas, una mala estabilidad térmica puede llegar a formar lodos, depósitos dañinos y aumento de la viscosidad del mismo. (Castellanos, 2014)

#### ***4.4.10 Antioxidantes***

La oxidación está influenciada por los siguientes parámetros; Temperatura, oxígeno, tiempo, impurezas y catalizadores. En consecuencia, el aceite atraviesa por una serie compleja de reacciones de oxidación. (Jaya et al., 2012)

### **4.5 Clasificación y Normativa para lubricantes**

Existen varios tipos de clasificación de aceites lubricantes que se agrupan con el fin de unificar el lenguaje y facilitar la comprensión de las características de los mismos. La SAE (Society of Automotive Engineers) y la API (American Petroleum Institute), son las entidades internacionales responsables de la elaboración de normas basadas en pruebas específicas, de acuerdo a las propiedades y usos de cada tipo de lubricante, en caso de nuestro País el organismo regulador es el INEN. Todo esto facilita a los consumidores para evitar los posibles problemas debido al uso inapropiado de los lubricantes. (Segarra, 2012)

#### ***4.5.1 Clasificación SAE***

La SAE es la primera organización aceptada internacionalmente, tienen como objetivo clasificar los rangos de viscosidad de los aceites lubricantes. Esta sociedad tiene una clasificación para aceites del motor y para los aceites de transmisión, es importante saber que esta sociedad no considera la calidad, composición química, ni aditivos. Los valores son indicados por dos números, el primero indica la viscosidad más baja y va acompañado de la letra W (Winter), cuanto mayor sea el segundo número, mayor será la viscosidad y la resistencia a altas temperaturas. Los aceites monogrado cumplen solamente con la designación SAE indicada. Por lo tanto, la SAE divide en doce grados de viscosidad los aceites para motores, los cuales se muestran en la tabla 1 y en la tabla 2 las viscosidades SAE para transmisión. (Marcano, 2013)



**Tabla 1**

Viscosidad SAE para motores. Fuente (Marcano, 2013)

Grado de Viscosidad SAE	Viscosidad a Baja Temperatura (°C), cP		Viscosidades en alta temperatura (°C)		
	Máx. Arranque	Máx. de Bombeo (Sin esfuerzo)	Cinemática (cSt) a 100°C min.	Cinemática (cSt) a 100°C máx.	Alta tasa de Corte (cP) a 150°C D4683, D4741 y D5481.
0W	6200 a -35	60000 a -40	3,8	-	-
5W	6600 a -30	60000 a -35	3,8	-	-
10W	7000 a -25	60000 a -30	4,1	-	-
15W	7000 a -20	60000 a -25	5,6	-	-
20W	9500 a -15	60000 a -20	5,6	-	-
25W	13000 a -10	60000 a -15	9,3	-	-
20	-		5,6	< 9,3	2,6
30	-		9,3	< 12,5	2,9
40	-		12,5	< 16,3	3,5 (0W-40, 5W-40, 25W-40, 40)
40	-		12,5	< 16,3	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	-		16,3	< 21,9	3,7
60	-		21,9	< 26,1	3,7

**Tabla 2**

Viscosidad SAE para transmisiones. Fuente (Aselube, 2014)

CLASIFICACIÓN DE VISCOSIDADES EN ACEITES DE TRANSMISIÓN			
GRADO SAE	75 W	80w - 90	85w - 140
<b>REQUERIMIENTOS</b>			
<b>VISCOSIDAD CINEMATICA A 100° C</b>			
cSt mínimo	4.1	13.5	24
cSt máximo		<24	<41
Máxima Temperatura °C para una viscosidad de 150000 cP	40	26	12
Punto de acanalado, temperatura máxima °C	-45	-35	-20
Punto de inflamación, temperatura mínima °C	150	165	180

#### 4.5.2 Clasificación API

El Instituto Americano de Petróleo, es una organización técnica y comercial que representa a los elaboradores de productos de petróleo en los EEUU, trabaja en conjunto con la SAE y la ASTM. Este instituto desarrolló un sistema para seleccionar y recomendar aceites basándose en las condiciones de servicio. Existen dos clases, para motores a gasolina (S) y para motores Diesel (C).

En ambos casos, la segunda letra indica la exigencia de servicio del aceite. En la tabla 3 se puede observar algunos tipos de viscosidad según la clasificación API. (Villafuerte, 2020)

**Tabla 3**

*Viscosidad API para motores diesel y a gasolina. Fuente (Villafuerte, 2020)*

Motores a Gasolina				Motores a Diesel			
Categoría	Año lanzado	Duración	Vigencia	Categoría	Año lanzado	Duración	Vigencia
SA	1900	30 años	Obsoleto	Categoría	1900	30 años	Obsoleto
SB	1930	34 años	Obsoleto	CB	1930	25 años	Obsoleto
SC	1964	4 años	Obsoleto	CC	1955	24 años	Obsoleto
SD	1968	4 años	Obsoleto	CD	1979	9 años	Obsoleto
SE	1972	8 años	Obsoleto	CE	1988	3 años	Obsoleto
SF	1980	9 años	Obsoleto	CF	1991	2 años	Obsoleto
SG	1989	6 años	Obsoleto	CF-4	1993	2 años	Obsoleto
SH	1992	2 años	Obsoleto	CG-4	1995	4 años	Obsoleto
SJ	1997	4 años	Obsoleto	CH-4	1999	Actual	Vigente
SL	2001	Actual	Vigente	CI-4	2002	Actual	Vigente
SM	2005	Actual	Vigente	CJ-4*	2005	Actual	Vigente
SN	2010	Actual	Vigente				

#### 4.6 Análisis de Aceite

El análisis de aceite es un estudio en el que se revela la cantidad de partículas y elementos que hay en el lubricante, que son analizados por expertos para determinar el estado del lubricante. Se espera que todos los análisis del aceite motor indiquen la presencia de abrasivos, ya que el motor libera partículas durante su funcionamiento. Por lo tanto, un análisis de aceite es definir la vida útil del aceite usado en el motor para después reducir y predecir el origen del particulado y su procedencia. Existen diferentes técnicas para el monitoreo periódico de los aceites usados como el análisis físico-químico, la espectrofotometría por emisión atómica, el conteo de partículas y la ferrografía, todos estos métodos permiten evaluar y analizar el estado del aceite para saber los intervalos oportunos del cambio del mismo en la máquina y el grado de desgaste.

Un análisis de aceite se basa en realizar varias pruebas de laboratorio, con la finalidad de evaluar sus propiedades, y a su vez, para diagnosticar los tipos de contaminación inmersos en él. Por lo tanto, conocer el estado del aceite es importante ya que permite variar el intervalo de cambio del mismo con los que especifica el fabricante, también trae consigo beneficios como; contribuir en el ahorro económico y de materia prima al no hacer cambios indebidos, identificar si el equipo opera adecuadamente, eludir los riesgos de uso de filtros y aceites en malas condiciones, y también evitar los peligros que pueden darse en su etapa inicial, ayudando a programar un mantenimiento idóneo para disminuir los periodos de inactividad de la máquina.

El aceite acumula partículas de desgaste por medio del arrastre que se genera en la actividad que realice el mecanismo lo cual, permite determinar una evaluación del estado del motor, transmisión, diferencial, etc. En la tabla 4 se puede observar los elementos de desgaste y el lugar en donde se puede originar el mismo. (Pineda & Jaramillo, 2018)

**Tabla 4**

*Elementos de desgaste. Fuente (Pineda & Jaramillo, 2018)*

<b>Elemento de desgaste</b>	<b>Lugar donde se puede originar</b>
Hierro	Bloque motor, guías de válvulas, árbol de levas.
Cobre	Chapa o cojinetes de biela y de bancada.
Plomo	Cojinetes.
Níquel	Árbol de levas, Cigüeñal.
Plata	Rodamientos.
Vanadio	Válvulas, alabes de la turbina.
Aluminio	Rodamientos.
Zinc	Sellos de neopreno.
Cobre	Cojinetes, cañerías de refrigeración del aceite.
Silicio	Líquido refrigerante.
Sodio	Líquido refrigerante.
Potasio	Líquido refrigerante.

## **4.7 Métodos de análisis de aceites+**

Existen varios tipos de análisis de aceite, pero a continuación se detallan los tres más importantes.

### ***4.7.1 Análisis de degradación***

Es el proceso en el cual el aceite va perdiendo la capacidad de cumplir con las funciones para la cual fue diseñado. Esto se debe a las alteraciones físicas y químicas debido a las condiciones a las que se somete el lubricante, como temperaturas elevadas, altas presiones, entorno corrosivo, etc. (Castillo, 2007)

### ***4.7.2 Análisis de viscosidad***

Es un análisis para determinar si la viscosidad del aceite es adecuada, esto se realiza mediante distintos métodos, la prueba básica consiste en colocar la muestra del aceite dentro de un viscosímetro calibrado, se introduce el viscosímetro en un baño termostático de aceite a una temperatura de 100 grados centígrados y se lo deja durante 15 minutos para que todo el aceite adquiera la misma temperatura. Después se deja fluir el aceite a través del tubo y se mide el tiempo en segundos que demora en trasladarse. Este procedimiento se lo realiza dos veces y así se obtiene el promedio de los dos tiempos para calcular la viscosidad en centistokes, para ello se multiplica el tiempo obtenido en segundos por la constante del equipo de análisis (cSt/sg). (Segarra, 2012)

### ***4.7.3 Análisis de contaminación***

En este tipo de análisis, se determina la contaminación del aceite al ver la presencia de materias extrañas en él, las cuales pueden ser generadas o adicionadas al lubricante, la presencia de contaminantes dentro del aceite afecta el desempeño del mismo. (Carrión, 2007)

## 4.8 Viscosímetros principales de medición de aceite

Un viscosímetro (denominado también viscosímetro) es un instrumento empleado para medir la viscosidad y algunos otros parámetros de flujo de un fluido. Los tipos de viscosímetros más utilizados son los siguientes:

### 4.8.1 Viscosímetros capilares

Un viscosímetro sirve para medir la viscosidad de un fluido haciéndolo pasar a un gradiente de presión o velocidad conocidos a través de un tramo de tubería de diámetro conocido. Este tipo de viscosímetro es muy utilizado para la medida de viscosidades de fluidos newtonianos. La fuerza impulsora es normalmente la presión hidrostática del líquido del que se va a medir la viscosidad. En la figura 4 se puede observar diferentes tipos de viscosímetros capilares.

#### *Figura 4*

*Viscosímetros capilares. Fuente (Gómez, 2016)*



### **4.8.2 Viscosímetros Rotacionales**

Este aparato es idóneo para realizar mediciones dinámicas, permitiendo controlar los procesos aun en presencia de fenómenos transitorios o perturbaciones rápidas. Aunque el fluido pierda sus propiedades se puede medir a tiempo real ese cambio y todas sus fases. En la figura 5 se indica un viscosímetro rotacional que suele ser el más usado en este tipo de viscosímetros. (Mardones & Juanto, 2016)

#### **Figura 5**

*Viscosímetros rotacionales. Fuente (Gómez, 2016)*



### **4.8.3 Viscosímetros dinámicos HTHS**

La viscosidad HTHS simula el comportamiento del aceite en condiciones de alta presión y temperatura (150 o C), a su vez, determina la formación de película de aceite en los cojinetes a temperatura de servicio del motor. En la figura 6 se indica un viscosímetro dinámico.

## **Figura 6**

*Viscosímetro dinámico HTHS. Fuente (Autores)*



### **4.9 Parámetros de desgaste del lubricante**

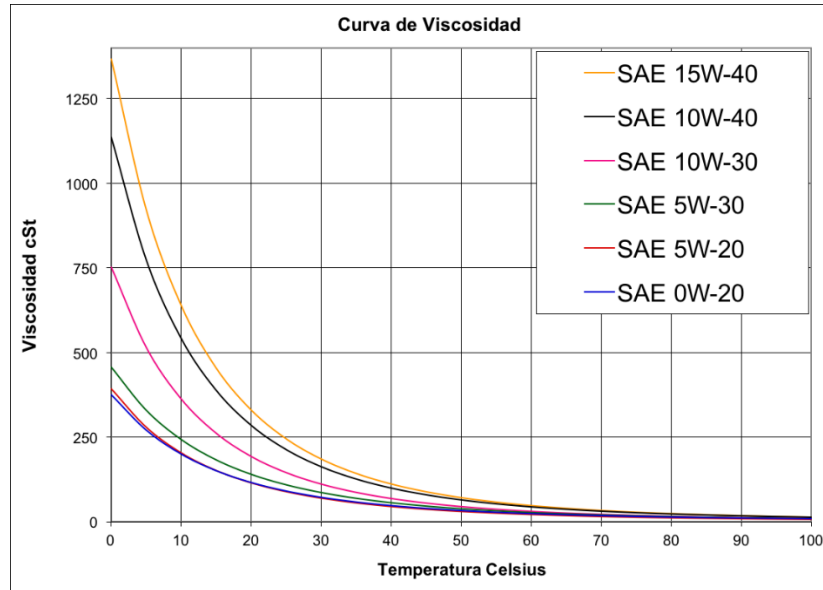
Para poder conocer cómo se está comportando el aceite lubricante de acuerdo con el uso de la máquina, se debe comprender cuales son los parámetros característicos del mismo, como se comportan y de donde podrían provenir para que pueda ser analizados.

#### **4.9.1 Viscosidad**

La viscosidad es la característica, sobre la cual, recae la mayor parte de la variación, producto de la degradación que se produce por el uso normal del aceite. Hay muchos factores, los cuales, varían el valor de la viscosidad dependiendo de un factor externo, ya sea: temperaturas, presiones o ataques químicos que pudiese sufrir el lubricante en cualquier mecanismo que esté trabajando, como se muestra en la figura 7 el comportamiento de la viscosidad del aceite SAE 15W40 respecto a la temperatura en grados Celsius. (Segarra, 2012)

## Figura 7

Curva de viscosidad – temperatura de aceite SAE15W40. Fuente (Widman, 2013)



### 4.9.2 Oxidación

Es una reacción química que se da entre el aceite y el oxígeno, la cual genera una reacción en tipo de cadena, la cual empieza por la aplicación de una fuente externa de energía como el calor o un esfuerzo de corte, posteriormente se presentan agentes externos que podrían acelerar la oxidación en los mecanismos, como la temperatura o la existencia de partículas de oxígenos, metales de desgaste y factores contaminantes.

### 4.9.3 Sulfatación

La sulfatación es el efecto químico que se produce en el aceite, de cualquier mecanismo, cuando el azufre contenido en el mismo se oxida y se combina con agua. El producto de esta composición reacciona con otros aditivos presentes en el lubricante, lo que va a ocasionar que el aceite pierda sus propiedades aditivas.



#### **4.9.4 Dilución**

Dentro de los mecanismos en los que se trabaja con un combustible, ya que el combustible se relaciona directamente con el lubricante localizado en mecanismos como motores, se puede dar el caso en el que este se mezcla con el aceite formando, como tal, una dilución por combustible. Lo cual podría generar una dilución de aditivos debido a baja concentración de estos, así como, se genera un descenso en el punto de inflamación, prematura oxidación del aceite e incrementa el riesgo de corrosión. Las causas más probables de que se presente este fenómeno podrían ser: Daño en la bomba de combustible, daño en las líneas de combustible, inyectores defectuosos, periodos de uso de aceite demasiado extendidos. En la figura 8 se puede observar como ejemplo el desgaste en un cojinete de bancada. (Tormos, 2013)

#### **Figura 8**

*Desgaste en cojinete de bancada. Fuente (Mardones & Juanto, 2016)*



## **4.10 Materiales de desgaste**

Todos los análisis de aceite reportarán elementos de materiales de desgaste, lo importante es minimizar el desgaste a través de un programa de mantenimiento proactivo. Para reducirlos tenemos que entender cada material de desgaste y sus características.

### **4.10.1 Hierro**

El Hierro está presente, como tal, en la mayoría de los componentes mecánicos automotrices, el mismo se podría elevar aceleradamente producto de la herrumbre, la cual se ocasiona por la presencia de agua en el aceite.

Al encontrar particulado de este metal en muestras de análisis, según (Segarra, 2012) se podrían haber desprendido de los siguientes elementos en los distintos mecanismos, como son:

- Motor: Cilindros, pistones, rines, árbol de levas, cigüeñal, bomba de aceite, válvulas, guías de válvulas, tren de balancines.
- Caja de cambios: Engranajes de transmisión, rodamientos, bomba de aceite y conjunto sincronizador.
- Conjunto diferencial: Piñón de ataque, corona, satélites, planetarios, crucetas, arandelas y rodamientos.

### **4.10.2 Silicio**

El silicio es un elemento que tiene directa relación con el desgaste general que sufre el mecanismo en el que se esté trabajando como el motor. La principal razón por la cual ingresa el silicio en el sistema es por medio del polvo atmosférico que penetra en los mecanismos en funcionamiento, en el motor principalmente por el sistema de admisión, falla o averías en uno de sus elementos, varillas de nivel de aceite o juntas de colectores mal ensambladas. (Tormos, 2013)

#### **4.10.2 Cobre**

El cobre es un elemento, que, como tal, no está presente en su forma básica, sino que en la mayoría de los casos está presente en una aleación no predominante, el cual se pudo haber originado desde:

- Motor: Bujes de biela, guías de válvula, cojinetes y bujes.
- Caja de cambios: Conjunto de sincronizadores, bujes.
- Conjunto diferencial: Bujes.

#### **4.10.4 Cromo**

El cromo es un material que se encuentra presente generalmente haciendo una aleación con el hierro principalmente, y se lo encuentra en:

- Motor: Cilindros, rines, válvulas de escape.
- Caja de cambios: Cojinetes.
- Conjunto diferencial: Cojinetes.

#### **4.10.5 Plomo**

El plomo, de igual manera, se encuentra en aleaciones, presente en pequeñas cantidades. Es común que se encuentre plomo cuando un motor entra en reposo por largos periodos de tiempo, se puede encontrar partículas de plomo en la estructura del lubricante. (Tormos, 2013)

Se podría desprender de:

- Motor: Bujes, cojinetes.
- Caja de cambios: Cojinetes.
- Conjunto diferencial: Cojinetes.

#### 4.11 Límites condenatorios de materiales de desgaste.

Los límites condenatorios de materiales de desgaste son los límites publicados por los fabricantes que indica una situación crítica que requiere un cambio de aceite con las revisiones recomendadas en sus catálogos. En la tabla 5 se puede observar los límites condenatorios utilizados y validados por Volvo.

**Tabla 5**

*Límites condenatorios utilizados y validados por Volvo. Fuente (Volvo Cars)*

Hierro	Fe	Cigüeñal, camisa, árbol de levas, taqués, guías de válvulas	Menos de 100
Plomo	Pb	Cojinetes de biela y del cigüeñal	Menos de 20
Cobre	Cu	Cojinetes de biela y del cigüeñal, metales de biela, enfriador de aceite	Menos de 15 <sup>(1)</sup>
Estaño	Sn	Capa superficial de metales de fricción	Menos de 10 <sup>(1)</sup>
Cromo	Cr	Anillos de pistón, vástagos de válvulas	Menos de 10
Aluminio	Al	Pistones, intercooler, suciedad	Menos de 10 <sup>(1)</sup>
Niquel	Ni	Capa intermedia de los cojinetes de fricción, metales de balancines	Menos de 10 <sup>(1)</sup>
Molibdeno	Mo	Anillos de pistón	Menos de 15 <sup>(2)</sup>
Silicio	Si	Arena, polvo atmosférico	Menos de 20
Viscosidad		Reducción: Dilución con combustible. Aumento: Oxidación, contaminación con hollín	Disminución: 2 cSt; Aumento: 8 cSt A 100 °C
Hollín		Combustión incompleta	Menos de 2% en peso <sup>(3)</sup>
Agua		Agua de refrigeración, condensaciones	Menos de 0,1%
Combustible		Combustión incompleta, inyectores defectuosos	Menos de 3% <sup>(4)</sup>
Refrigerante		Elevados niveles de sodio (Na), potasio (K) y boro (B)	No debe existir <sup>(5)</sup>
TBN		Alcalinidad restante para la neutralización del ácido	>4 (ASTM D2896) >2 (ASTM D4739)

## 5. CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LOS HISTORICOS DE LAS MUESTRAS DE ACEITE LUBRICANTE

### 5.1 Lubricantes utilizados en la EMAC EP

Los lubricantes que han sido utilizados en la EMAC EP, por mérito de concurso, corresponden a los productos de viscosidad SAE, la cual es distribuida por Lubrival S.A. con ubicación en la ciudad de Guayaquil y cuenta con centro investigativo y laboratorio para aprobar aceites básicos importados de refinerías de la región. La planta también cumple con normas de calidad y protección ambiental bajo certificación de la ISO 9002. En la tabla 6 se puede observar los tipos de aceites que utiliza la flota de vehículos de la EMAC EP. (Segarra, 2012)

**Tabla 6**

*Aceites usados en la flota de vehículos de la EMAC EP. Fuente (Autores)*

SAE	API	Producto	Sistema
15W40	CI-4	Premiun Blue 7800	Motor
15W40	CI-4	Valvodiesel	Motor
80W90	GL-4	High Performance Gear Oil	Transmisión
80W90	GL-5	High Performance Gear Oil	Transmisión
85W140	GL-5	High Performance Gear Oil	Diferencial
85W90	GL-5	High Performance Gear Oil	Diferencial
ISO:68		A. W. Hydraulic Oil	Sistema Hidráulico

### 5.2 Ubicación geográfica

La flota de vehículos de la EMAC EP. Analizados, operan en la ciudad de Cuenca, capital de la provincia del Azuay, ubicada en la parte sur del país Ecuador, la cual, lleva las siguientes características:

- Se encuentra geográficamente localizada en el callejón interandino, a una altura de 2530 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

- Presión atmosférica promedio de 550 mmHg o 10.63 libras por pulgada cuadrada (PSI).
- La temperatura ambiental esta entre 7 grados Celsius y 15 grados Celsius, en temporada de invierno, y entre 12 y 25 grados Celsius en temporada de verano.
- Los valores promedio de lluvia anual, corresponden al de una ciudad con un clima parcialmente seco. (Pineda & Jaramillo, 2018)

Es importante conocer estas características climáticas de la Ciudad en donde trabaja la flota de vehículos, ya que el comportamiento de los mismos varía dependiendo la zona geográfica donde realice sus labores por variables de presión atmosférica, temperatura, entre otros. El clima en Cuenca es cálido y templado y existen precipitaciones durante todo el año, hasta el mes más seco aún tiene mucha lluvia. Esta ubicación está clasificada como Cfb por Köppen y Geiger. La temperatura media anual es 12.4 °C en Cuenca. La precipitación aproximada es de 1612 mm. El mes más seco es agosto, con 63 mm de lluvia. 190 mm, mientras que la caída media es en marzo, el mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año, noviembre es el mes más cálido del año con una temperatura promedio de 13.5 °C. El mes más frío del año es de 10.9 °C en el medio de julio. En septiembre hay una media de 5.63 horas de sol al día y un total de 168.84 horas de sol a lo largo de septiembre. En enero hay una media de 4.77 horas de sol al día y un total de 147.88 horas de sol.

### **5.3 Registro de la flota**

La EMAC EP, realiza actividades de: limpieza, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos sólidos. Para lo cual, cuenta con la siguiente flota de vehículos para realizar las distintas actividades. En la tabla 7 se indica el registro de la flota de vehículos existentes en la EMAC EP.

**Tabla 7**

*Listado de la flota de vehículos EMAC EP. Fuente (Autores)*

<b>Código del vehículo</b>	<b>Modelo/Marca</b>	<b>Código del vehículo</b>	<b>Modelo/Marca</b>
3	Campbell Hausfeld	64	Kenworth
3	Chevrolet	65	Kenworth
34	Chevrolet	66	Kenworth
82	Chevrolet	67	Kenworth
83	Chevrolet	68	Kenworth
86	Chevrolet	69	Kenworth
87	Chevrolet	72	Kenworth
88	Chevrolet	73	Kenworth
4	DAF	74	Kenworth
5	DAF	75	Kenworth
6	DAF	80	Kenworth
7	DAF	47	Mack
8	DAF	52	Mazda
50	HINO	CANTER	Mitsubishi
77	HINO	MSV40	Schulz
78	HINO	36	Sterling
79	HINO	37	Sterling
32	International	38	Sterling
81	International	39	Sterling
59	Kenworth	40	Sterling
60	Kenworth	41	Sterling
61	Kenworth	42	Sterling
62	Kenworth	43	Sterling
63	Kenworth	44	Sterling
51	Volkswagen	45	Sterling
76	Volkswagen	23	Volkswagen
CR1	Volkswagen	31	Volkswagen
CR2	Volkswagen		

Según la normativa NTE INEN 2656 de clasificación vehicular, los recolectores de basura pertenecen a los vehículos de subcategoría N3 diseñado para la recolección y transporte de residuos domésticos o materiales reciclables, de dos o tres ejes.

## **5.4 Condiciones de trabajo**

La flota de vehículos de la EMAC EP, labora en jornadas de trabajo comprendidas de entre 10 a 12 horas diarias, 6 días a la semana. Los recorridos son realizados por zonas urbanas de la ciudad con terrenos muy variados; empedrado, calles de tierra, asfalto, grava, entre otros.

Los choferes cumplen con turnos rotativos, lo cual quiere decir, que no siempre el vehículo estará manejado por el mismo operario. (Segarra, 2012)

El desalojo de los desechos se lo realiza en un sector apartado de la ciudad, 25 Km aproximadamente. En el relleno sanitario de Pichacay, es importante especificar esto, ya que no es terreno plano, se presenta una variación en las rpm del vehículo para poder vencer pendientes, terrenos irregulares, entre otros obstáculos. En promedio, un vehículo recorre aproximadamente 160 kms diarios. Con toda esta información expuesta, se iniciaría la formación de una técnica de mantenimiento preventivo, el análisis de aceites, de toda la flota de la EMAC EP. Con el cual se obtiene grandes beneficios.

## **5.5 Procedimiento de toma de muestras**

Para realizar el proceso de toma de muestras, se debe tener en consideración los siguientes puntos:

- Tomar muestras de todos los vehículos, de acuerdo con la disponibilidad de estos, ya que cumplen todos con distintos turnos, se prevé la imposibilidad de ubicarlos todos al mismo tiempo.
- Tener claro conocimiento del kilometraje u horas de operación de los vehículos.
- Conocer el procedimiento a realizar para obtener una muestra.



## **Figura 9**

*Toma de muestras de aceite de vehículos EMAC EP. Fuente (Autores)*



El procedimiento, como tal, de toma de muestras usado para los vehículos de la EMAC EP, se los realiza previo al cambio de aceite nuevo, siguiendo los siguientes pasos:

- 1) Determinar el sistema del cual se tomará la muestra.
- 2) Colocar el vehículo en el foso de inspección vehicular y asegurarse de que el mismo se encuentre apagado en posición neutral con el sistema de frenos accionado.
- 3) Retirar el tapón de drenado, del sistema del cual se toma la muestra.
- 4) Colocar la bandeja para recolección de aceite usado.
- 5) Tener a disposición el envase para la toma de muestra de aceite.
- 6) Retirar el tapón de drenado del sistema y proceder a tomar la muestra hasta un cuarto antes del nivel superior de la tapa del cierre hermético del envase de toma de muestras, evitando que la misma se contamine con partículas contaminantes externas.

7) Cerrar el envase de toma de muestras e identificar de donde es la muestra, a que vehículo pertenece, kilometraje y horas.

8) Entregar al encargado de mantenimiento.

### **Figura 10**

*Muestras de aceite de vehículos EMAC EP. Fuente (Autores)*



### **5.6 Análisis de resultados de laboratorio**

Las muestras se dirigen al laboratorio especializado para que, de esa manera, se genera un reporte ferrográfico de la muestra, los cuales no son correctamente usados hasta que estos resultados sean implementados para reducir el desgaste de los mecanismos que se analizaran o elaborar un plan, en donde se reduzcan los costos de mantenimiento.

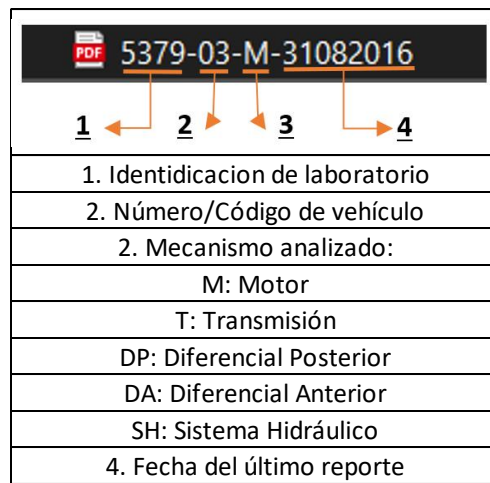
Los laboratorios que han intervenido a lo largo de todas las muestras de aceite que se han realizado, hasta la fecha de este informe son:

- Valvoline POST (progressive oil sample testing); Guayaquil – Ecuador; P.B.X: +59342052100.
- Lab-Lubrisa; Duran-Ecuador; Telf: 042153277 ext.103.

Con los reportes de los diferentes vehículos, se procede a organizar y tabular los distintos datos históricos de acuerdo con el código de vehículo, marca, y sistema en el que se está realizando el análisis. A continuación, en la figura 11 se indica la explicación de organización de archivos del reporte del laboratorio.

**Figura 11**

*Organización de reporte de laboratorio. Fuente (Autores)*



**5.7 Interpretación del reporte de laboratorio**

Tras realizar la organización de todos los reportes progresivos de análisis de aceite, de los distintos laboratorios especificados anteriormente, se procede a realizar un análisis estadístico de todos los valores representativos del desgaste, en donde: Se agrupa los reportes del análisis del laboratorio, de tal manera, que se pueda observar claramente a que marca pertenecen y a que sistema se está analizando. Se genera la digitalización de datos, de los reportes de laboratorio, se agrupa en conjunto todos los análisis por vehículo y de los sistemas analizados. En la figura 12 se indica el ejemplo del reporte de laboratorio de una prueba de análisis de aceite.

Figura 12

Ejemplo del reporte de laboratorio. Fuente (Laboratorio Valvoline POST)



## Prueba Progresiva de Muestra de Aceite



NORMAL

Cod. Cliente: 130657  
 Equipo: 87  
 Modelo: DMAX  
 Fecha Proceso: 17/08/2020

Nombre Cliente: EMAC  
 Compartimiento: MOTOR  
 Marca: CHEVROLET

### RECOMENDACIONES

NO SE ENCUENTRA PRESENCIA DE AGUA NI DE COMBUSTIBLE EN EL ACEITE. LOS VALORES DE DESGASTE DE METALES SE ENCUENTRAN DENTRO DE RANGOS ACEPTABLES. VISCOSIDAD Y TBN DEL ACEITE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. ACEITE EN BUENAS CONDICIONES.

### RESULTADOS

Marca (T. aceite)	PREMIUM BLUE 7800	PREMIUM BLUE 7800
No Laboratorio	16653	15395
Fecha muestra	27/05/2020	13/05/2019
Fecha proceso	17/08/2020	03/10/2019
Hr/KM Equipo	135250	106397
Hr/km Aceite	5602	10137
<b>Desgastes/Metales en p.p.m.</b>		
CR	0	1
CU	1	1
FE	3	6
PB	0	2
SI	0	15
<b>Condiciones de Aceite</b>		
AZU (%)	0	0
H (%)	0	7.00
OX (%)	0	3.00
TBN (mgKOH/g)	10.40	10.00
VISC (cSt Centistokes)	13.85	14.49
<b>Contaminantes</b>		
CMB	NEGATIVO	NEGATIVO
H2O	NEGATIVO	NEGATIVO

- Se selecciona los valores significativos que se van a analizar, en este caso: Hr/Km del aceite, Hierro, Silicio, Cromo, Plomo, Cobre, número de muestras que se tengan registradas de ese vehículo en particular. En caso de motores el: TBN. En el caso de transmisiones y diferenciales: la viscosidad.
- Una vez que se tienen los valores de las variables que seleccionamos para analizar, gracias al estudio estadístico, se procede a generar una nueva tabulación por marca de vehículo y sistema analizado como: motor Diesel, transmisión, diferenciales, sistemas hidráulicos, y tipo de aceite analizado.
- Se procede a definir los límites condenatorios para cada tipo de aceite, los cuales nos van a dar un punto de partida para comprender como está comportándose el aceite.

**Tabla 8**

*Límites condenatorios del tipo de aceite Golden Bear 10W30. Fuente (Autores)*

<b>Límites condenatorios: Golden Bear 10W30</b>		
<b>Propiedades Típicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Viscosidad @100 C	cSt	15
TBN	mg KOH/g	6.9
<b>Fuente:</b>	Manual tecnico aceites GOLDEN BEAR	

- Una vez obtenidas las variables y sus datos tabulados, se realiza un barrido o filtración de todos los comentarios que ha realizado el laboratorio, se los analiza y compara con los límites condenatorios del aceite que se esté analizando.
- Finalmente, se procede a hacer comentarios en cada uno de los intervalos de cada vehículo analizado, siendo el objetivo de estos comentarios la validación del intervalo propuesto por la EMAC EP (300 ± 50 Hr), si se observa que el intervalo se puede aumentar o disminuir.

## **6. CAPÍTULO 3: DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA A TRAVÉS DE HOJAS DE CÁLCULO**

### **6.1 Herramientas de gestión**

En un sentido amplio, una herramienta de gestión es esencialmente una aplicación, solución, método, sistema que permite y facilita la gestión y organización profesional dentro de una empresa. Muchas personas buscan herramientas de gestión y todo tipo de aplicaciones para mejorar sus procedimientos. Este tipo de herramientas de gestión se las conoce también como GMAO (Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador), que es un software que tiene como función principal facilitar la gestión del mantenimiento de activos de una organización, principalmente activos físicos, esta herramienta permite al departamento de mantenimiento realizar una correcta gestión de sus activos como las tareas y actividades de mantenimiento, costes, inventario de repuestos, etc.

#### **6.1.1 Fracttal**

Fracttal es una herramienta de gestión de mantenimiento asistido por ordenador, que brinda una solución para la gestión de activos físicos y mantenimiento. Esta herramienta simplifica la gestión de activos permitiendo registrar toda la información en un solo lugar, también gestiona el mantenimiento correctivo, predictivo y de oportunidad. Otra función importante de esta herramienta de gestión es llevar el control total de recursos humanos, proveedores, contratistas y clientes de la empresa. Fracttal cuenta con una aplicación móvil en la cual el personal pueda completar sus órdenes de trabajo y reportar solicitudes desde cualquier dispositivo, inclusive cuenta con un modo off-line. (Jenssen et al., 2021) En la figura 13 se puede observar fragmentos de la herramienta de gestión Fracttal en sus diferentes aplicaciones y usos.

### Figura 13

Herramienta de gestión Fractal. Fuente (Jenssen et al., 2021)

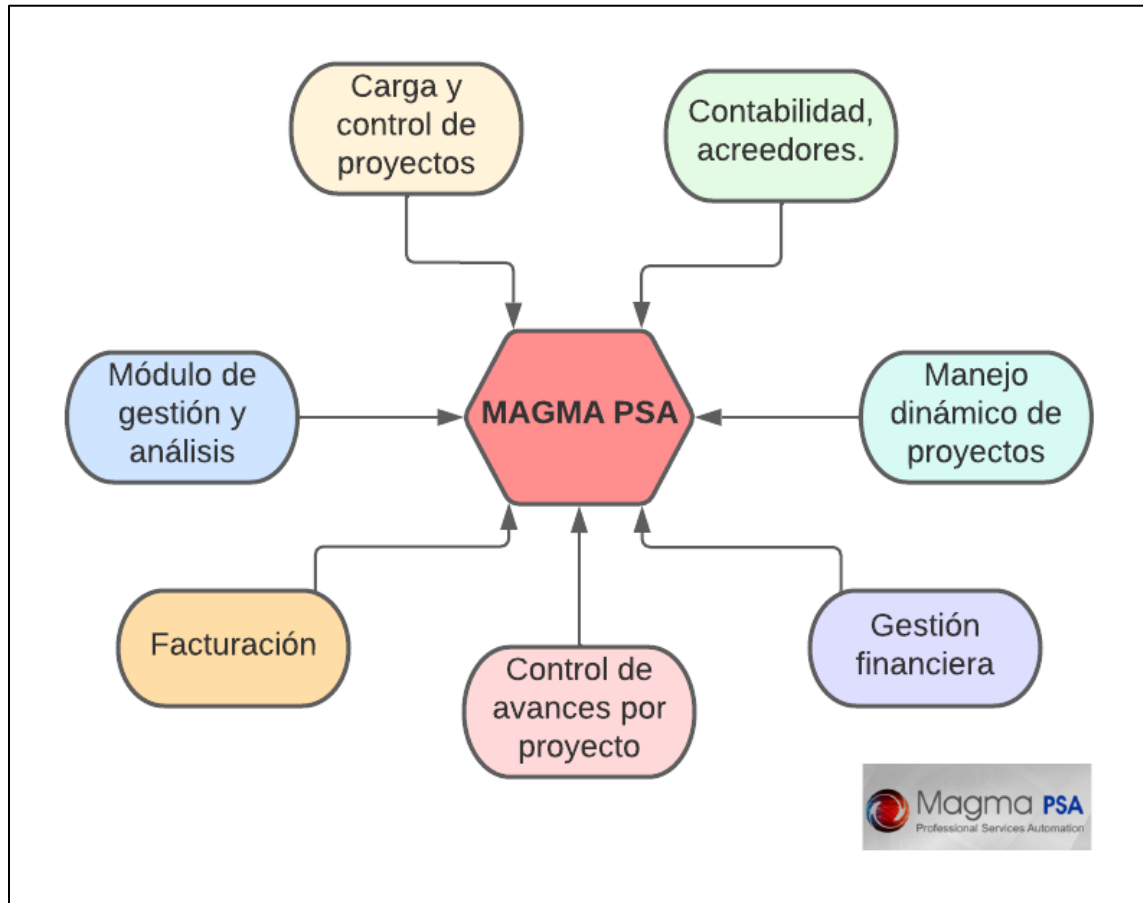


#### 6.1.2 Magma PSA

Magma PSA (Professional Services Automation) es una herramienta de gestión que provee un conjunto de módulos interrelacionados para la automatización y el control de procesos de gestión de una empresa. Su concepción y diseño ha evolucionado permitiendo a este programa trabajar en diferentes plataformas y bases de datos. Está preparado para adaptarse con autómatas, sensores, sistemas de radiofrecuencias y lectores de códigos de barras. Esta herramienta permite, además del mantenimiento habitual y el control de flotas, el seguimiento de la norma de seguridad de los protocolos de limpieza y reparación. (Magma, 2009). En la figura 14 se indica un fragmento del programa Magma PSA en donde se puede observar las funciones principales para la cual está diseñada esta herramienta de gestión.

**Figura 14**

Herramienta de gestión Magma. Fuente (Magma, 2009)



### 6.1.3 Proactive (Gestión de Lubricación)

Proactive cuenta con las bases de un programa de gestión de lubricación de excelencia, esta herramienta ayuda al análisis especializado de lubricantes como el cálculo de la frecuencia de relubricación de rodamientos, el cálculo de la cantidad de grasa para rodamientos, así también el cálculo de viscosidad de aceite o grasa de rodamientos. (Rodríguez, 2021) En la figura 15 se puede observar el ciclo de este programa de lubricación.



**Figura 15**

*Ciclo del programa de lubricación Proactive. Fuente (Rodríguez, 2021)*



## 6.2 Softwares utilizados para el diseño de la herramienta de gestión

Para el diseño de la herramienta de gestión de aceites lubricantes, se optó por utilizar tres softwares de programación fundamentales que serán descritas a continuación. “*Microsoft Excel*” es el programa primordial utilizado para la creación de esta herramienta de gestión, ya que cuenta con varias funciones esenciales para mejorar la productividad y facilitar la manipulación de datos con funciones como la ordenación, los filtros, la búsqueda, etc. Además, ayuda a la optimización del tiempo de manipulación y procesamiento de datos, facilitando la presentación de los mismos en tablas y gráficos utilizando todo tipo de funciones y fórmulas que garanticen resultados óptimos y confiables en la herramienta de gestión de análisis de aceites.

### **6.2.1 Excel**

Excel es un programa informático desarrollado y distribuido por Microsoft Corp. Se trata de un software que permite realizar tareas contables y financieras gracias a sus funciones, desarrolladas específicamente para ayudar a crear y trabajar con hojas de cálculo.

### **6.2.2 Power Pivot**

Power Pivot es un Excel de datos que puede usar para realizar análisis de datos eficaces y crear modelos de datos sofisticados. Con Power Pivot puede combinar grandes volúmenes de datos de diversos orígenes, realizar análisis de la información rápidamente y compartir datos con facilidad.

### **6.2.3 Visual Basic**

Visual Basic es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft. El uso de Visual Basic agiliza y simplifica la creación de aplicaciones NET.

## **6.3 Justificación del diseño de la herramienta de análisis de aceites lubricantes**

Existen varias herramientas de gestión dentro del campo automotriz, las cuales van enfocadas a la gestión de los sistemas mecánicos en general por ello, surge la necesidad de contar con una herramienta de gestión enfocada al diagnóstico e interpretación de pruebas y resultados de análisis de aceites dentro de una flota de transporte. Con la herramienta que se propone se desea apoyar el proceso de toma de decisiones a nivel estratégico; facilitando a las empresas información que permita monitorizar la condición del lubricante.

## **6.4 Base de datos para la gestión de lubricantes**

Como se mencionó en apartados anteriores, se necesita una herramienta que se adapte al contacto operacional y naturaleza de los datos, por ello es necesario el diseño de una herramienta

informática, es fundamental dividir los parámetros de control de la muestra con sus respectivos datos que se encuentran en los reportes de pruebas de laboratorio.

Parte importante del trabajo elaborado está relacionado con la creación de la base de datos, misma que se construyó con un análisis previo de los historiales de reportes de laboratorio. A continuación, en la tabla 9 se indican los parámetros de control de la muestra que se consideraron para la creación de la base de datos.

**Tabla 9**

*Parámetros de control de la muestra. Fuente (Autores)*

Fecha en la que se realizó la muestra.	Horas de trabajo del aceite	Cr (Cromo)
Tipo de aceite.	Viscosidad	Pb (Plomo)
Sistema al cual pertenece el aceite analizado.	TBN (Number Base Total)	Cu (Cobre)
Marca del vehículo.	Fe (Hierro)	CMB (Combustible)
Número de vehículo.	Si (Silicio)	H2O (Humedad)

En la figura número 16 se indica un extracto de la información que se evidencia en la base de datos y que es común para todos los equipos mencionados en el apartado 5.3 en donde se especifica la flota de vehículos de la EMAC EP, a la cual va enfocado esta herramienta de gestión. Cabe mencionar que la base de datos se contribuye con información de los seis años de reporte, dicha información se fue organizando en diferentes de tablas de Excel para cada marca y número de vehículo de la flota, tal y como se explicó en el capítulo anterior. Cabe recalcar que se utilizó el programador básico de Excel “*Power Pivot*” para facilitar la organización de los datos.

**Figura 16**

Extracto de la base de datos de la herramienta de gestión. Fuente (Autores).

Fecha de muestra	Tipo de aceite	Sistemas	Marca	# Vehiculo	Horas Aceite	VISC (cSt)	TBN	FE (ppm)	SI (ppm)	CR (ppm)	PB (ppm)	CU (ppm)	CMB	H2O
7/27/2016	Golden Bear 10W30	Motor Diesel	Campell Hausfeld	3	100	7.39	5.5	187	26	12	2	2	Positivo	Negativo
7/7/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	36	340	16.51	11.3	16	0	0	0	0	Negativo	Negativo
3/23/2020	Premium blue 7800	Motor Diesel	Sterling	36	361	15.75	11.4	19	3	1	1	1	Negativo	Negativo
10/19/2019	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	36	337	15.32	11.9	0	0	0	0	0	Negativo	Negativo
6/27/2019	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	36	326	15.97	11.3	13	11	1	1	0	Negativo	Negativo
1/8/2019	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	36	296	14.41	12	7	3	1	1	0	Negativo	Negativo
11/26/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	36	240	15.23	11.5	21	3	1	1	0	Negativo	Negativo
10/20/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	36	278	15.13	10.1	20	3	1	1	1	Negativo	Negativo
10/20/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	36	287	15.57	10.5	13	1	0	1	0	Negativo	Negativo
7/12/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	36	276	15.89	10.9	12	5	1	0	1	Negativo	Negativo
11/26/2018	H.P. SAE 85W140 GL-5	Dif. Posterior	Sterling	36	41233	26.28		157	102	1	0	1	Negativo	Negativo
3/5/2021	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	37	380	15.79	11.8	16	5	0	2	0	Negativo	Negativo
11/16/2020	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	37	315	15.55	11.5	13	2	0	0	0	Negativo	Negativo
3/10/2020	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	37	373	15.98	11.6	12	0	1	0	1	Negativo	Negativo
2/12/2019	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	37	272	14.74	10.3	16	8	2	2	0	Negativo	Negativo
10/4/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	37	259	14.07	11.3	17	11	1	0	0	Negativo	Negativo
8/22/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	37	252	14.68	11.2	8	1	1	0	0	Negativo	Negativo
7/25/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	37	268	14.89	11.8	14	2	1	0	0	Negativo	Negativo
6/27/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	37	352	14.51	10.2	20	2	1	0	0	Negativo	Negativo
7/16/2011	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	37	428	15.33	0	8	4	1	2	0	Negativo	Negativo
6/11/2011	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	37	175	13.57	0	3	0	0	0	3	Negativo	Negativo
11/15/2011	Valvoline 80W90	Transmision	Sterling	37	22594	14.68		29	34	1	0	2	Negativo	Negativo
10/12/2011	Valvoline 80W90	Transmision	Sterling	37	19377	15.33		42	19	0	0	3	Negativo	Negativo
8/22/2011	Valvoline 80W90	Transmision	Sterling	37	14150	14.64		34	21	0	1	3	Negativo	Negativo
11/15/2011	Valvoline 85W140	Dif. Anterior	Sterling	37	22594	26.68		107	77	1	0	7	Negativo	Negativo
10/12/2011	Valvoline 85W140	Dif. Anterior	Sterling	37	19377	28.07		127	72	1	0	1	Negativo	Negativo
8/22/2011	Valvoline 85W140	Dif. Anterior	Sterling	37	14150	29.23		135	125	0	1	1	Negativo	Negativo
11/20/2020	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	38	367	15.45	10.9	15	10	0	0	0	Negativo	Negativo
7/14/2020	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	38	423	16.37	10.7	14	0	0	0	1	Negativo	Negativo
5/1/2020	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	38	477	15.86	11.2	56	0	4	0	4	Negativo	Negativo
12/27/2019	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	38	339	15.26	11.2	13	0	0	0	1	Negativo	Negativo
11/11/2019	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	38	319	14.81	11.5	20	2	0	0	1	Negativo	Negativo
9/12/2019	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	38	319	15.11	11.6	21	22	0	0	0	Negativo	Negativo
1/30/2019	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	38	337	13.99	10.6	8	3	1	1	0	Negativo	Negativo
9/19/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	38	249	15.65	9.1	14	2	0	1	1	Negativo	Negativo
7/20/2018	Premium Blue 7800	Motor Diesel	Sterling	38	347	14.17	11.8	23	4	0	0	0	Negativo	Negativo
8/22/2011	Valvodiesel SAE 15W40	Motor Diesel	Sterling	38	430	15.12	0	12	0	0	0	0	Negativo	Negativo
8/16/2011	Valvodiesel SAE 15W40	Motor Diesel	Sterling	38	314	14.94	0	10	0	0	0	0	Negativo	Negativo
6/25/2011	Valvodiesel SAE 15W40	Motor Diesel	Sterling	38	316	15.64	0	3	0	0	0	0	Negativo	Negativo
6/18/2011	Valvodiesel SAE 15W40	Motor Diesel	Sterling	38	203	15.69	0	7	0	0	0	0	Negativo	Negativo
8/17/2020	H.P. SAE 80W90 GL-4	Transmision	Sterling	38	30340	14.51		73	0	1	0	3	Negativo	Negativo

## 6.5 Diseño de la página de registro

En la página de registro, el propietario de la flota o persona encargada de la información (Registro, reportes) de los análisis de aceites que se realizan dentro de la flota, será la persona delegada de completar la información solicitada en esta página principal de la herramienta. Para el funcionamiento correcto de la página de registro se utilizó macros y tablas dinámicas de Excel, y el diseño de los pulsadores mediante Visual Basic. En esta hoja de registro existen cinco pulsadores, el pulsador “*Consulta*” que nos lleva a la página de la base de datos, el pulsador “*Guardar*” agrega la nueva información ingresada en los diferentes campos de la página de registro, guardándola en la base de datos, el pulsador “*Nuevo*” que elimina la información que se agrega en la página de registro, el pulsador “*Siguiente*” que al ser oprimido dirige a la siguiente página de la herramienta, y por último el pulsador “*Salir*” que cierra el programa guardando todo avance de forma automática. En la figura 17 se muestra el diseño inicial de la página de registro.

**Figura 17**

*Diseño de la página de registro. Fuente (Autores).*

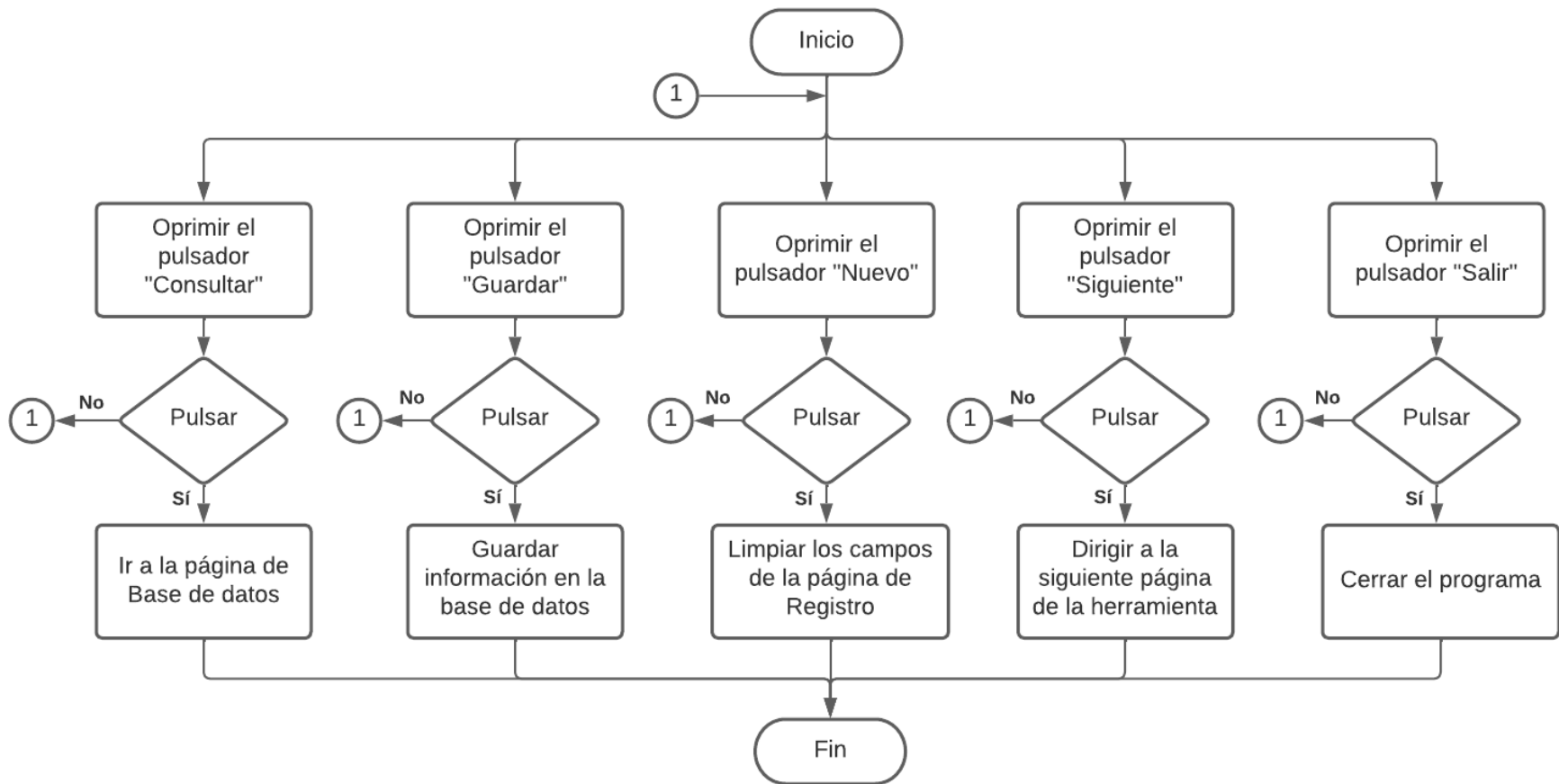
INFORMACIÓN DEL SISTEMA	DETALLE DE COMPORTAMIENTO DEL LUBRICANTE
FECHA DE MUESTRA: <input type="text"/>	TBN: <input type="text"/> CU: <input type="text"/>
TIPO DE ACEITE: <input type="text"/>	VISC (CST): <input type="text"/> CMB: <input type="text"/>
SISTEMA: <input type="text"/>	FE: <input type="text"/> H2O: <input type="text"/>
MARCA: <input type="text"/>	SI: <input type="text"/>
NÚMERO DE VEHÍCULO: <input type="text"/>	CR: <input type="text"/>
HR./KM. ACEITE: <input type="text"/>	PB: <input type="text"/>

GUARDAR NUEVO CONSULTAR SIGUIENTE SALIR

En la figura 18, se indica el esquema de los procesos que siguen los pulsadores existentes en esta página de registro.

**Figura 18**

Diagrama de flujo de los pulsadores de la página de registro. Fuente (Autores).

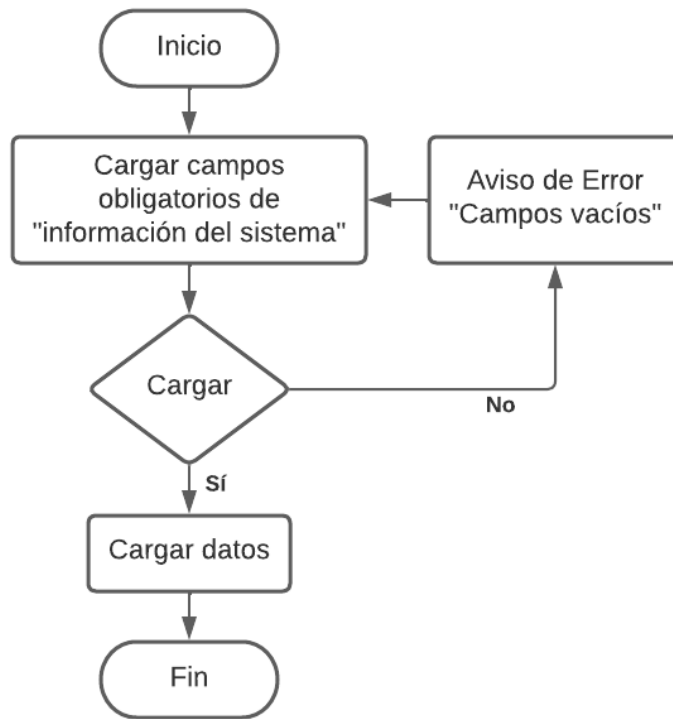


Los campos contenidos dentro de “*información del sistema*” son obligatorios para el ingreso de los detalles del comportamiento del lubricante, es necesario que estos datos sean cargados previamente para que la herramienta de gestión continúe con su correcto procedimiento.

A continuación, en la figura 19 se indica el esquema que se sigue para cargar la información, siendo relevante considerar que, si los campos obligatorios de fecha, tipo de aceite y sistema no se encuentran ingresados, el programa no permitirá avanzar en el procedimiento establecido.

**Figura 19**

*Esquema del proceso de información obligatoria del sistema. Fuente (Autores).*

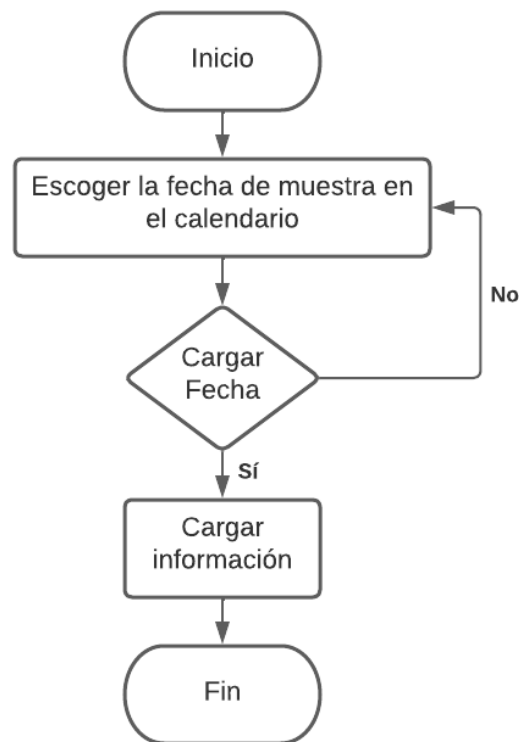


Al pulsar en el campo “*Fecha de muestra*” el programa expone un calendario en el cual se deberá escoger la fecha en la que se tomó la muestra de aceite para el análisis de laboratorio, una vez completado este proceso, la herramienta guarda automáticamente la información en este campo.

En la figura 20 se muestra el esquema que sigue este programa para completar la información en el campo “*fecha de muestra*”.

**Figura 20**

*Esquema del proceso del calendario para la fecha de muestra. Fuente (Autores).*

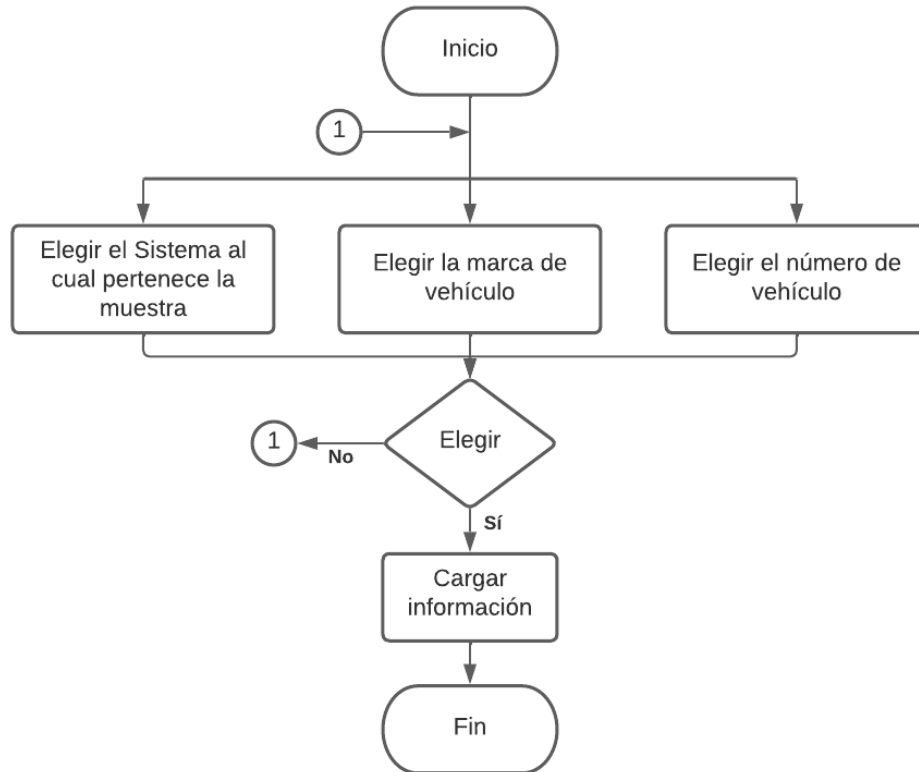


Los campos de “*Sistema*”, “*Marca*” y “*Número de vehículo*” tienen información limitada por el programa, por lo tanto, al pulsar en estos campos se despliegan los ítems a elegir en cada uno, cabe recalcar que para este proceso se creó una página llamada “*Tablas*” en la cual se encuentran los datos e información de estos campos que están vinculados respectivamente en la página de registro. En la figura 21 se muestra el esquema de estos tres campos obligatorios para continuar con el procedimiento de la herramienta de gestión.



**Figura 21**

*Diagrama de flujo de los campos de “Sistema”, “Marca” y “Número de vehículo”. Fuente (Autores).*



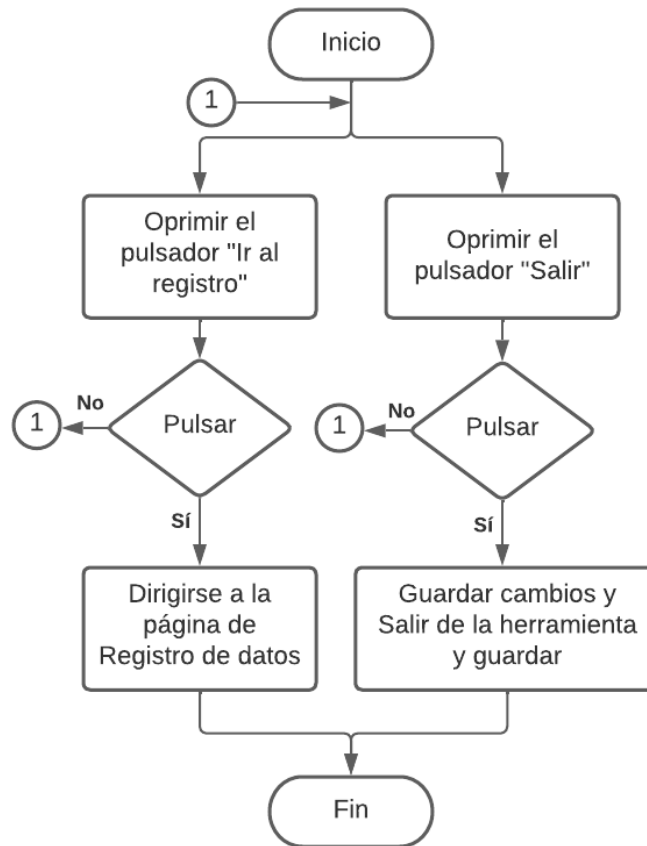
## 6.6 Diseño de página de las marcas de vehículos de la flota

Esta página es fundamental para la herramienta ya que permite al propietario dirigirse a los dashboard de cada marca de vehículo de manera sencilla y rápida, para esta página se realizó la misma metodología de la página de registro de datos, esta vez haciendo uso de dos pulsadores, el pulsador “*Ir al registro*” que simplemente nos dirige a la página de registro de datos, mientras que el pulsador “*Salir*” cierra la herramienta guardando automáticamente toda la información adicionada, así como los nuevos procedimientos y resultados. En esta página, también se encuentran varios pulsadores con las diferentes marcas existentes en la flota de vehículos, al pulsar

en una de las diferentes marcas, la herramienta nos dirige directamente al dashboard de la marca elegida en donde se encuentra la gestión de los análisis de aceites lubricantes. Los dos pulsadores “Ir al registro y Salir” se realizaron mediante macros y los pulsadores de las marcas de los vehículos en esta página se realizaron mediante hipervínculos. En la figura 22 se indica el diagrama de flujo de los dos pulsadores secundarios de esta página.

**Figura 22**

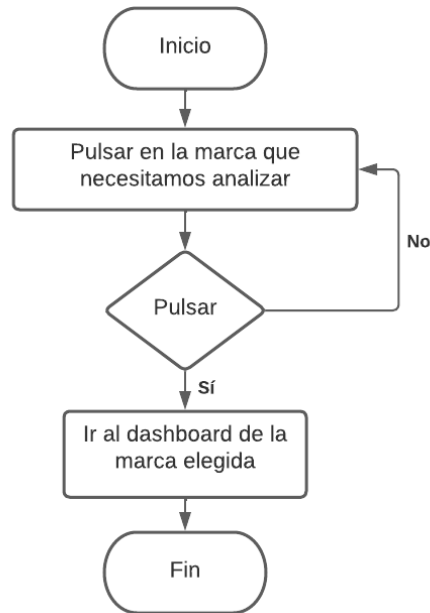
*Esquema del pulsador “Ir al registro y Salir”. Fuente (Autores).*



En la figura 23 se indica el diagrama de flujo de los pulsadores de las marcas vehiculares y el proceso que sigue el programa al oprimirlos.

**Figura 23**

*Esquema de los pulsadores de las marcas de vehículos. Fuente (Autores).*



En la figura 24 se indica el diseño final de la página de marcas, la cual es fundamental en la herramienta de gestión.

**Figura 24**

*Diseño de la página de marcas de los vehículos. Fuente (Autores).*

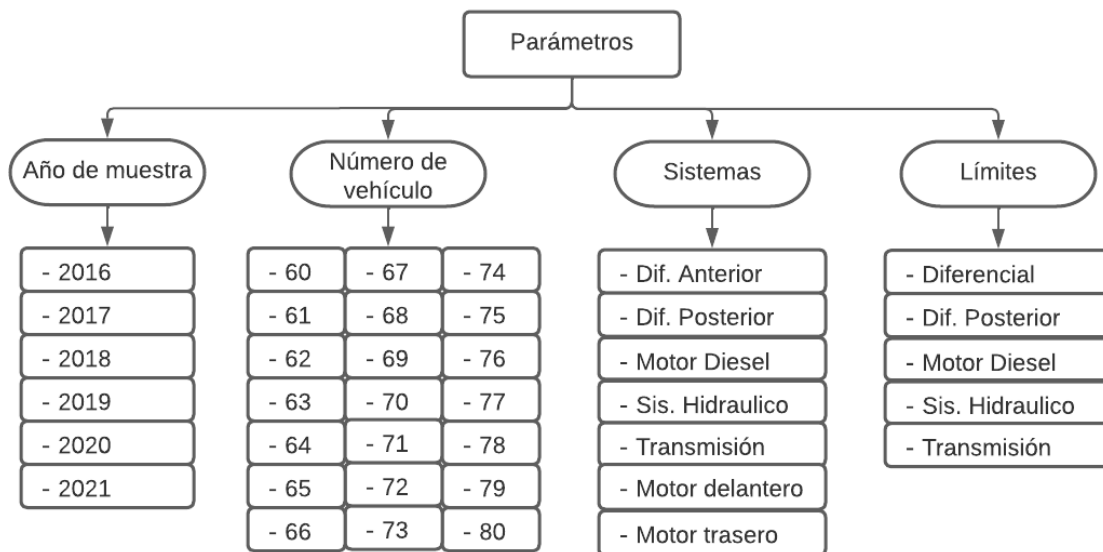


## 6.7 Diseño del dashboard para cada marca vehicular

Esta página es la más importante de la herramienta de gestión de lubricantes, ya que en ella se encuentran los resultados y gráficas para interpretar el estado de cada prueba de análisis de aceites. Por lo tanto, el dashboard consta con cuatro tablas dinámicas en las cuales el propietario podrá escoger y dirigirse a los datos y resultados del lubricante a analizar, de una manera organizada y rápida. En la tabla “*Año de muestra*” se encuentra una lista desplegable de los años en que se realizaron las pruebas de laboratorio de los aceites de la flota, la tabla “*Número de vehículo*” permite al propietario o encargado de la herramienta elegir el número de vehículo a ser analizado en cada marca. La tabla “*Sistemas*” tiene consigo una lista de todos los mecanismos a los cuales pertenece el análisis de lubricante, y por último la tabla “*Límites*” en la cual se encuentra una lista desplegable con los sistemas a los cuales pertenece el lubricante, y así generar la gráfica de los límites de particulado. A continuación, en la figura 25 se indica un mapa conceptual de los parámetros existentes en el dashboard de la herramienta de gestión.

**Figura 25**

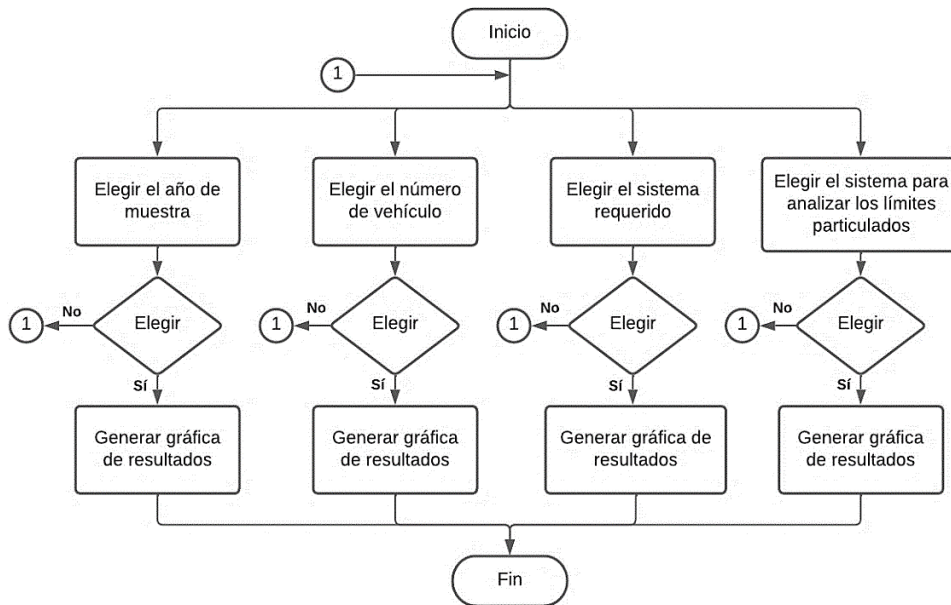
*Esquema de parámetros. Fuente (Autores).*



En la figura 26 se muestra el esquema de cada tabla dinámica, que es esencial entender para que el programa continúe con el proceso para el cual está diseñado.

**Figura 26**

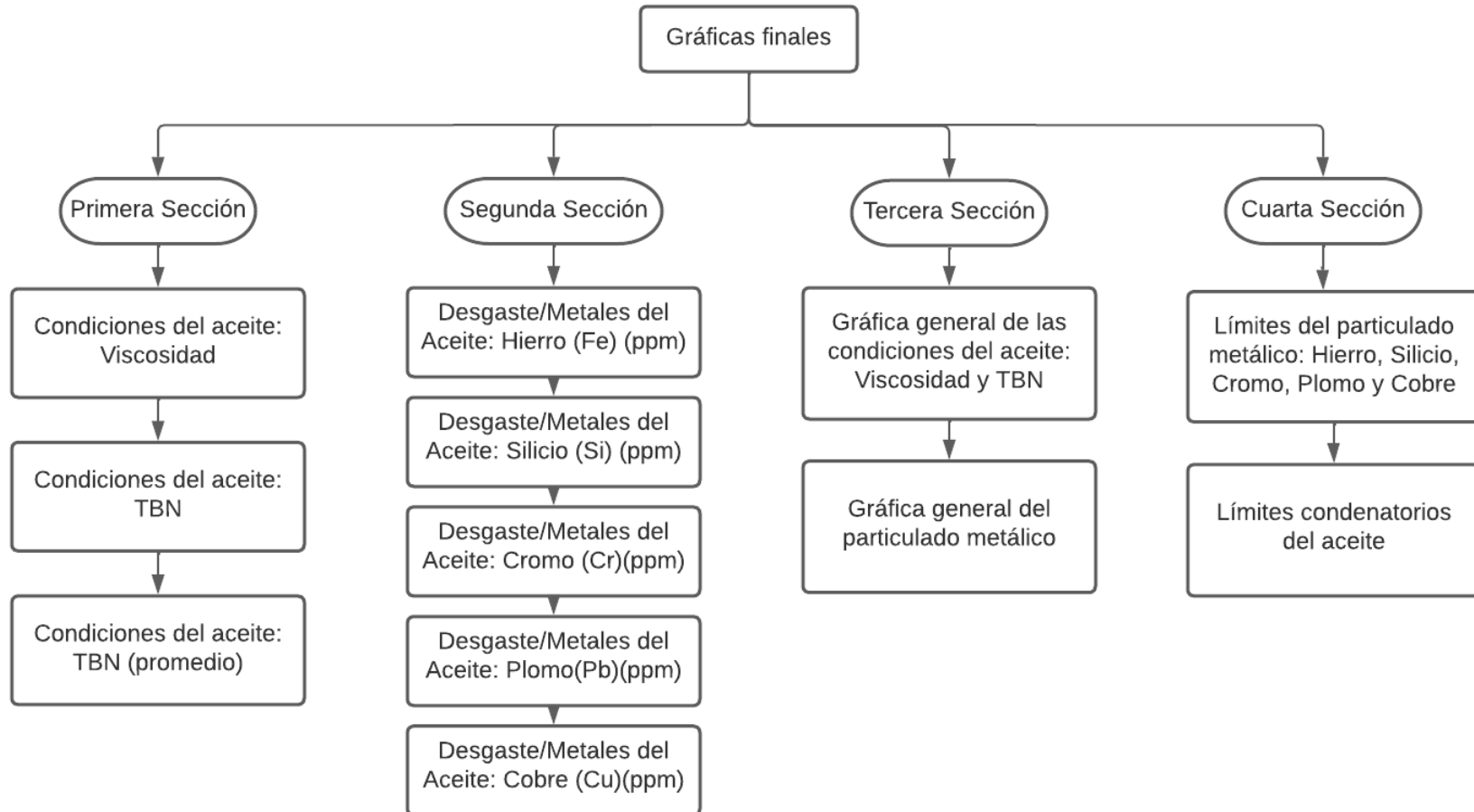
*Esquema de procesos de las tablas dinámicas. Fuente (Autores).*



Las gráficas que se generan en el dashboard para el análisis de aceites de cada una de las marcas de los vehículos, se dividen en cuatro secciones, cabe recalcar que cada gráfica variará dependiendo los parámetros seleccionados. En la sección superior se encuentran tres gráficas, en las cuales se podrá observar las condiciones en las que se encuentra el lubricante para la viscosidad, TBN y el TBN promedio. En la segunda sección se encuentra la variación de los materiales de desgaste para cada sistema seleccionado, en el apartado tres estarán disponibles dos gráficas generales que hacen alusión a la condición general del aceite y la gráfica general del particulado metálico. Por último, en la parte inferior del dashboard se encontrarán las gráficas de los límites de particulado metálico, así como los límites de condiciones del aceite. En la figura 27, se indica el esquema de las gráficas que se podrán visualizar y analizar en el dashboard de cada marca.

**Figura 27**

*Esquema de las gráficas generadas en el dashboard. Fuente (Autores).*



## 6.8 Definir límites permisibles y límites condenatorios

Los límites se establecieron en función a los datos históricos de cada uno de los elementos contaminantes, el TBN y la viscosidad, siendo la técnica estadística utilizada la media acotada y desviación típica. La suma entre la media acotada y la desviación típica es utilizada para definir los límites permisibles y los límites condenatorios mediante la suma de la media acotada más dos desviaciones estándar. En la tabla 10 indicada a continuación, se muestra los límites permisibles y límites condenatorios para los vehículos de la marca Kenworth, los mismos que fueron calculados con la técnica estadística indicada en la tabla.

**Tabla 10**

*Límites condenatorios calculados para la marca Kenworth. Fuente (Autores)*

Límites Permisibles							
Técnica Estadística	Parámetro	Máx. de Lim. Permisibles	Mín. de Lim. Permisibles	Máx. de Lim. Permisibles 2	Mín. de Lim. Permisibles 2	Máx. de Lim. Permisibles 3	Mín. de Lim. Permisibles 3
Media Acotada + Desviación Estandar (M+σ)	CR	1.963081935	1.927734071	1.913391753	1.87784372	1.846967259	1.811371005
	CU	27.27688613	26.29097274	26.86303022	25.93002154	26.75549403	25.83217485
	FE	81.90586031	80.49782435	76.71385334	75.37796415	72.42497598	71.17851295
	PB	25.76362899	2.332372326	25.6602847	2.226890181	25.83217485	2.157179058
	SI	33.44692514	33.10195417	31.64182646	31.38017738	30.84461672	30.58908011
	TBN	13.68967711	13.6527192	14.12465818	14.06330584	14.6883881	14.62558041
	VISC	23.89634134	23.65881142	23.30308306	23.07049693	22.86039206	22.66166406
Límites Condenatorios							
Técnica Estadística	Parámetro	Máx. de Lim. Condenatorios	Mín. de Lim. Condenatorios	Máx. de Lim. Condenatorios 2	Mín. de Lim. Condenatorios 2	Máx. de Lim. Condenatorios 3	Mín. de Lim. Condenatorios 3
Media Acotada + 2 Desviaciones Estandar (M+2σ)	CR	12	0	12	0	12	0
	CU	95	2	95	2	95	2
	FE	187	94	187	94	187	94
	PB	50.76163299	2	50.65828869	2	50.83017884	2
	SI	58.12822528	26	56.3231266	26	55.52591686	26
	TBN	18.02350108	5.5	18.43408772	5.5	18.99636229	5.5
	VISC	31.98207215	7.39	31.38881387	7.39	30.94612287	7.39

## 7. CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA

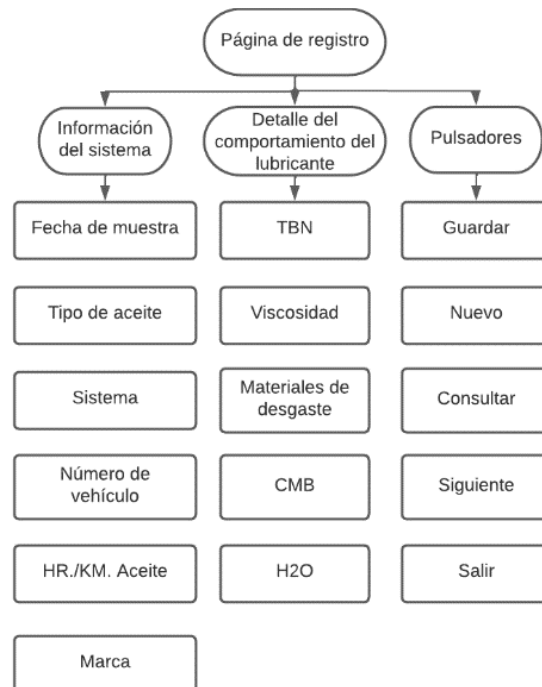
Una vez finalizadas las pruebas necesarias para corroborar el funcionamiento adecuado de la herramienta de gestión de lubricantes, se realizó la validación final de la misma, para ello se indica en los apartados siguientes los esquemas y diseños finales de las páginas del programa junto a los parámetros y funciones de cada uno.

### 7.1 Diseño final de la herramienta de gestión

A continuación, en la figura 28 se indica el esquema final de la página de registro, junto con los parámetros correspondientes finales que están divididos en dos secciones, en la sección “*Información del sistema*” en donde se encuentran los parámetros a ser completados obligatoriamente, en la sección “*Detalle del comportamiento del lubricante*” los respectivos campos a ser completados de forma liberal, y por último los pulsadores existentes en esta página.

**Figura 28**

*Esquema final de la página de registro. Fuente (Autores).*

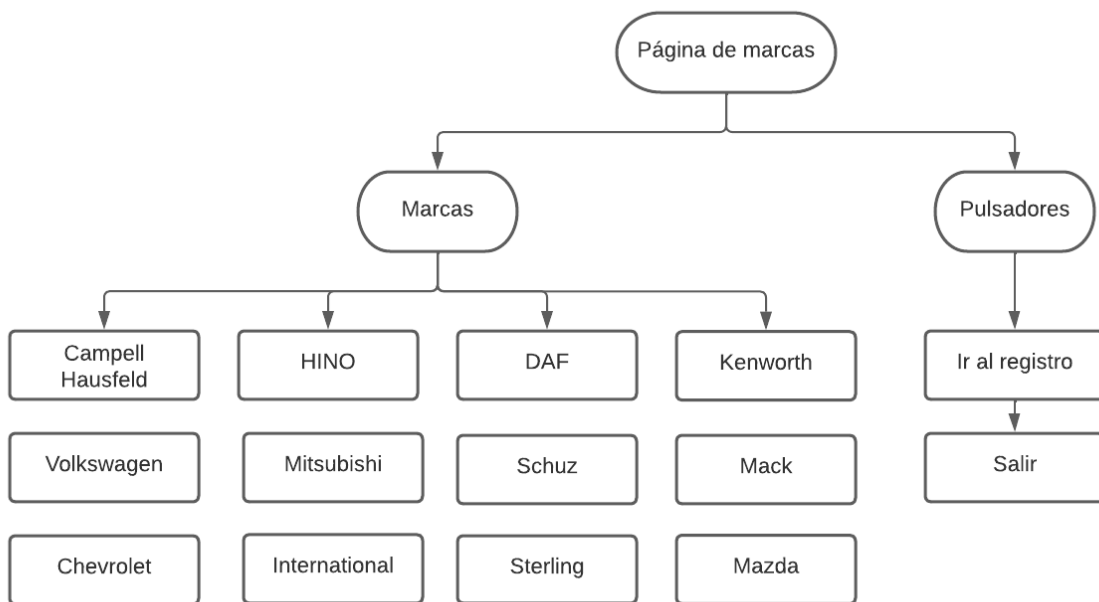




En la figura 29 se indica el esquema final de la página de marcas vehiculares existentes en la flota, en este esquema se encuentra detallado el total de marcas que existen para dirigir al propietario al dashboard de la marca de vehículo que desee analizar, así también se encuentran los dos pulsadores disponibles en el diseño final de la página de marcas.

### Figura 29

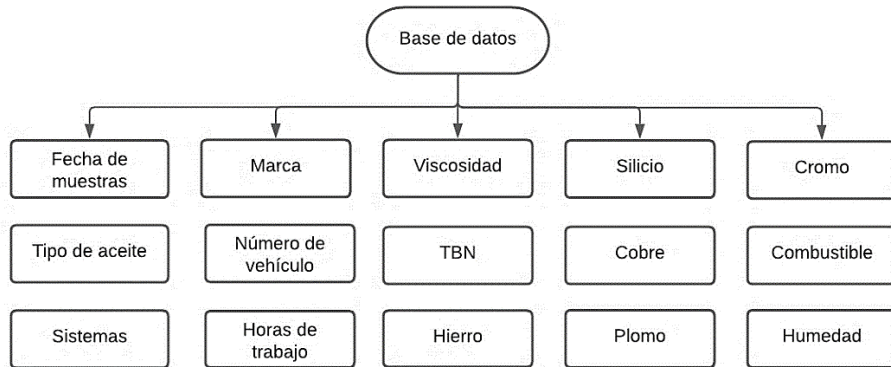
Esquema final de la página de marcas. Fuente (Autores).



En la figura 30 se muestra el esquema final de la página de la base de datos, en este esquema se detallan todos los campos de información existentes, en donde organizan los datos ingresados en la página de registro de forma ordenada, facilitando al propietario o encargado tener la información completa para proceder a realizar el análisis de aceite. En el diseño final de la base de datos existe únicamente el pulsador “*Ir al registro*”, para redirigir al propietario a la página principal y volver a iniciar con el proceso de carga de nuevos datos.

**Figura 30**

*Esquema final de la página de la base de datos. Fuente (Autores).*



En la figura 31 se muestra el esquema final del dashboard, aquí se especifican los parámetros y pulsadores presentes en los dashboard de cada marca vehicular, y por último las gráficas finales para el análisis que se generan en función a los parámetros que seleccione el propietario. En la figura 32 se indica el diseño final del dashboard que pertenece a la marca Kenworth.

**Figura 31**

*Esquema final del dashboard. Fuente (Autores).*

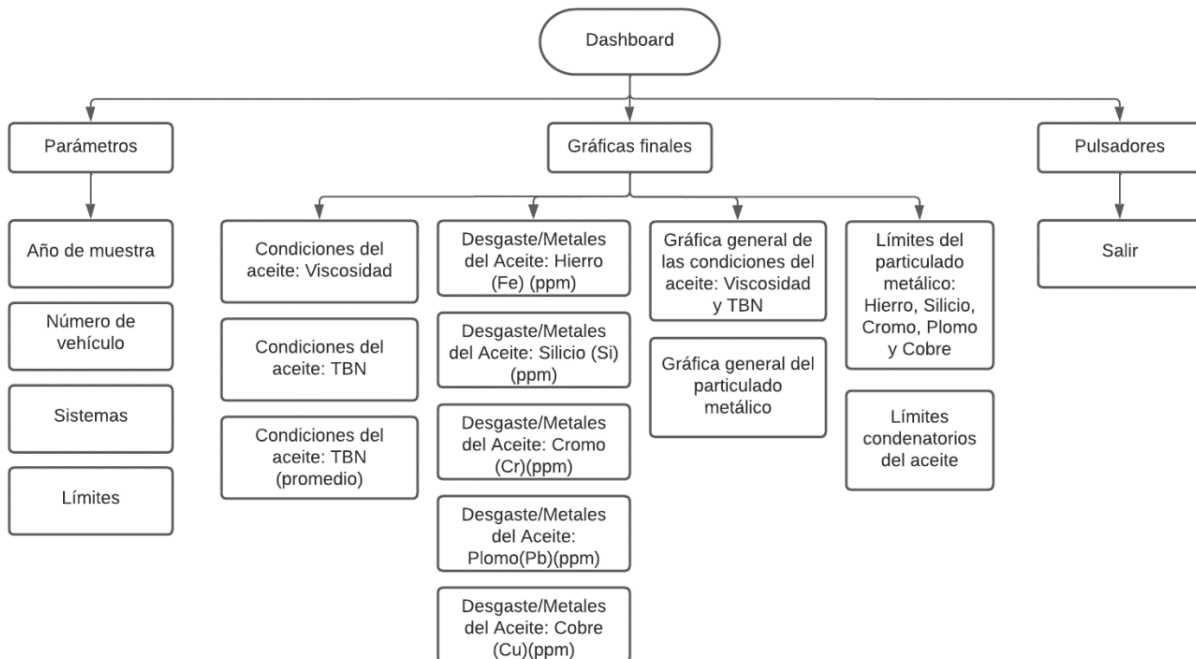
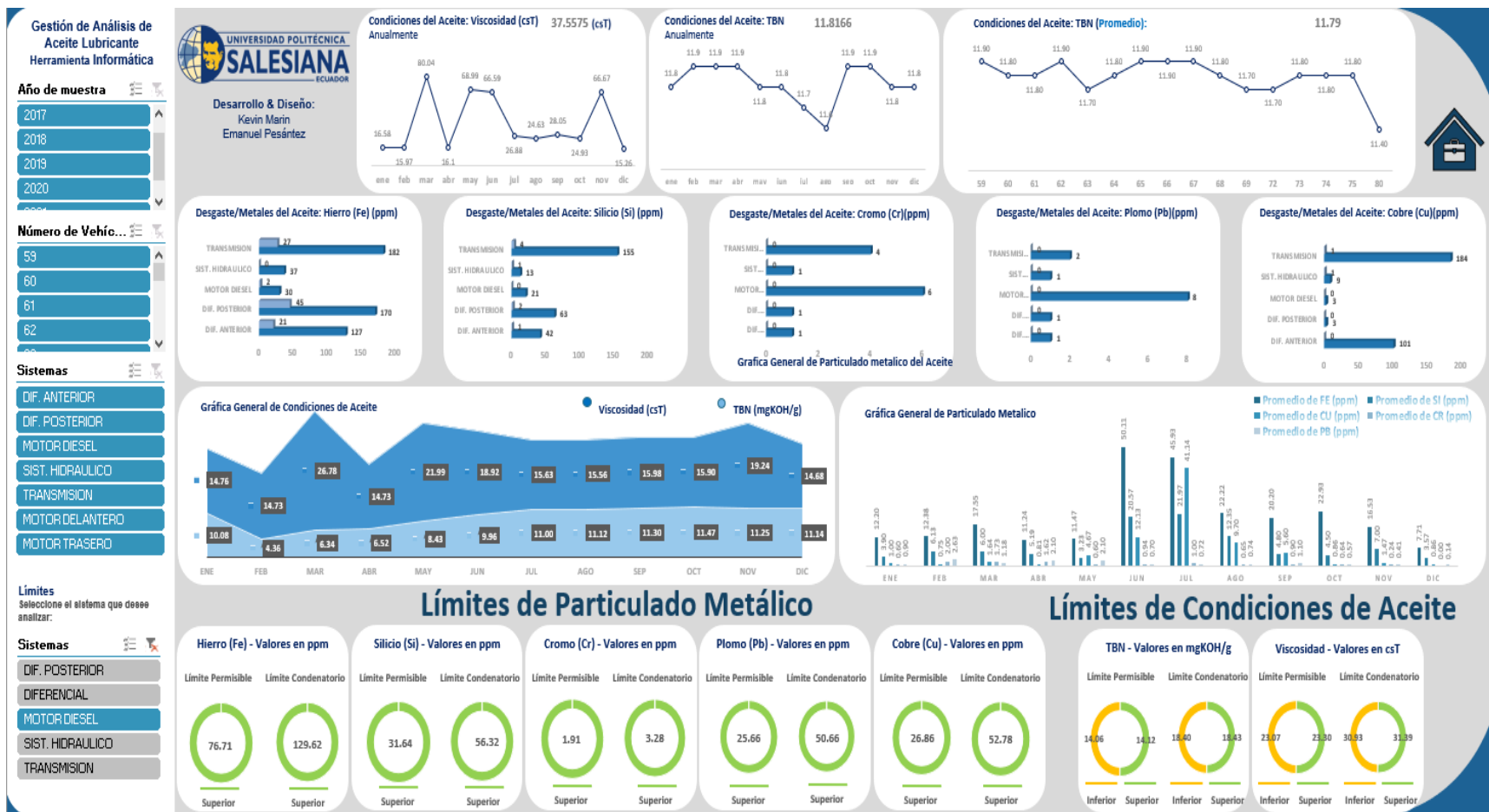


Figura 32

Diseño final del dashboard utilizado para todas las marcas de vehículos. Fuente (Autores).

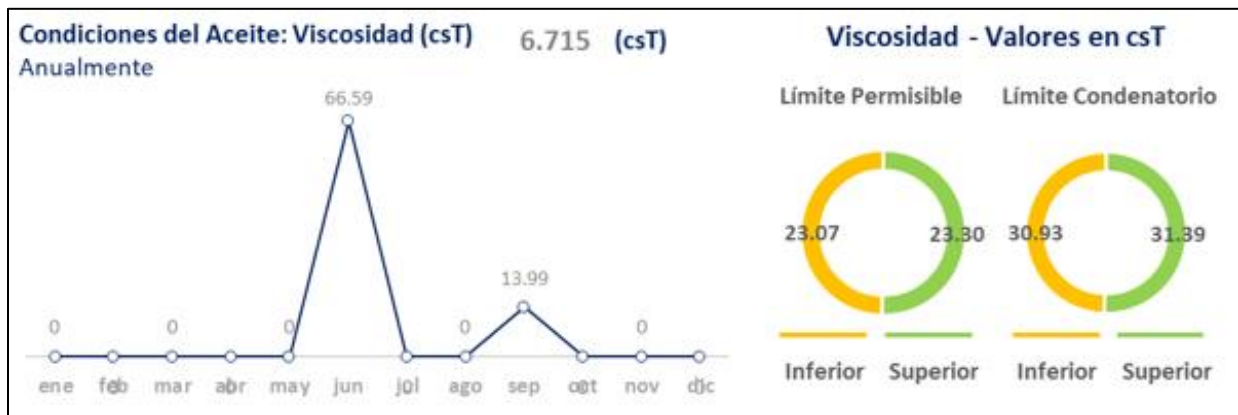


## 7.2 Gráficas presentes en el dashboard para el análisis de aceite

A continuación, se indica un ejemplo de cada una de las gráficas que se generan para analizar los resultados de las pruebas de laboratorio tomando como ejemplo la marca Kenworth, eligiendo los parámetros indicados en apartados anteriores. En la figura 33 se indica la gráfica de las condiciones de viscosidad del aceite del vehículo número 61 en el año 2018, en este caso, la viscosidad del aceite es superior a los límites permisibles del motor, por lo que indicaría la degradación del paquete de aditivos, contaminación por agua o por partículas metálicas.

**Figura 33**

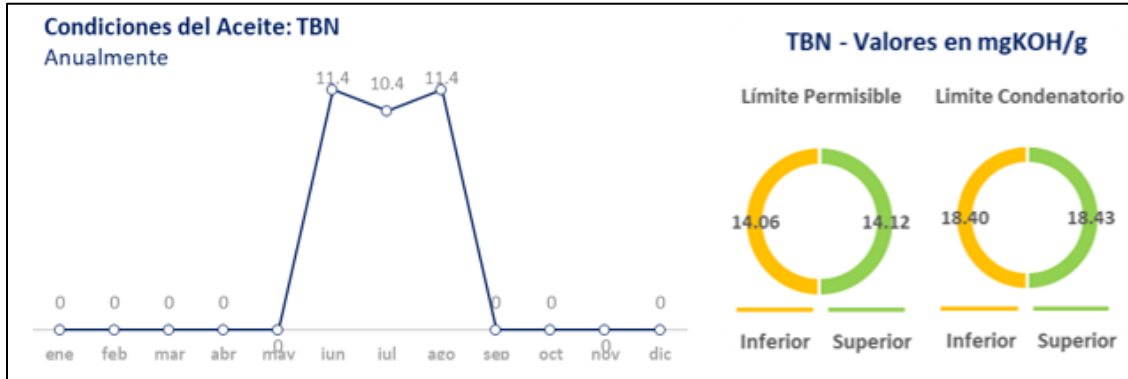
*Gráfica de viscosidad, marca Kenworth, vehículo 61. Fuente (Autores).*



En la figura 34 se indica la gráfica del TBN del aceite tomando como ejemplo la marca Kenworth para el vehículo número 59 en el año 2018, en esta gráfica se puede observar que el TBN no se encuentra dentro de los rangos de límites permisibles y condenatorios, lo que puede ser una señal de aumento en el índice de acidez total y un aumento en los metales de desgaste de plomo y cobre, indicando corrosión en los cojinetes.

### Figura 34

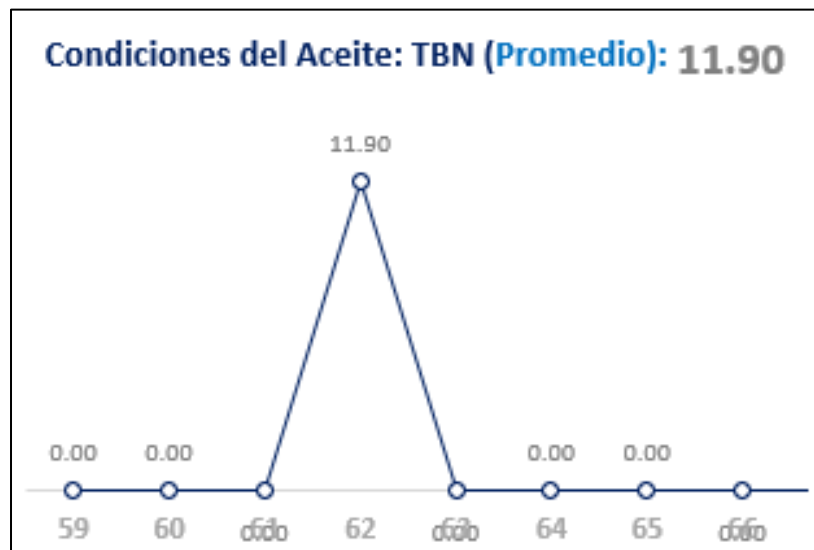
Gráfica del TBN para la marca Kenworth, vehículo 59. Fuente (Autores).



En la figura 35 se indica la gráfica del TBN promedio del aceite tomando como ejemplo la marca Kenworth para el vehículo número 62, en esta gráfica se puede analizar que el valor promedio de TBN es de 11.90, indicando un resultado aceptable del mismo, ya que un valor de TBN para un aceite nuevo de motor puede variar entre 6,0 y 13,0 mg de KOH/g.

### Figura 35

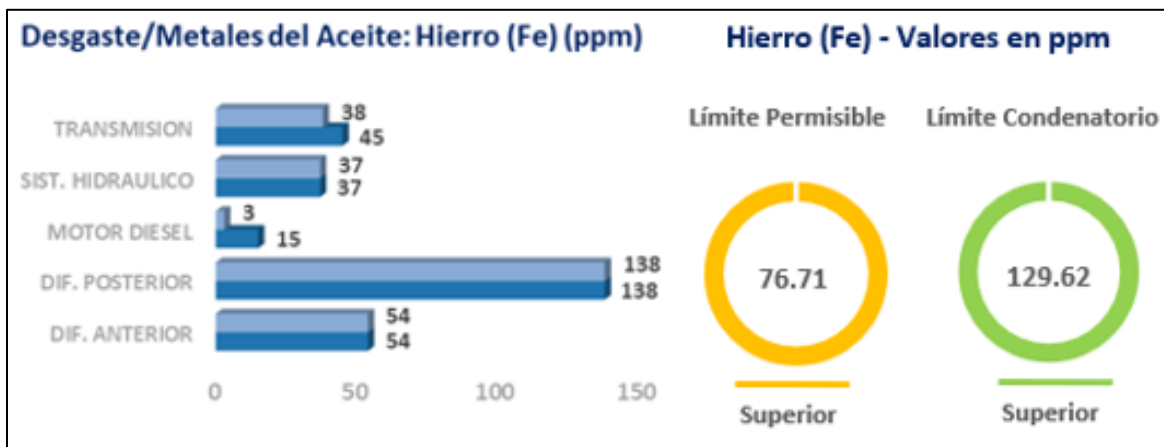
Gráfica del TBN (Promedio) del vehículo 62 de la marca Kenworth. Fuente (Autores).



En la figura 36 se indica la gráfica de la cantidad de material de desgaste de Hierro que se encuentra en el aceite para el vehículo número 72 de la marca Kenworth, en donde se encuentran todos los sistemas y la cantidad de hierro existente en cada uno. Como se puede observar, la cantidad de desgaste de hierro existente en el motor se encuentra dentro del rango de los límites permisibles y condensatorios del motor, lo que indica la ausencia de fallos en el mismo. También se puede observar que en el sistema que existe mayor desgaste en hierro es en el diferencial posterior, por lo tanto, el encargado de mantenimiento debe tener en cuenta posibles fallos en los cojinetes o engranajes.

**Figura 36**

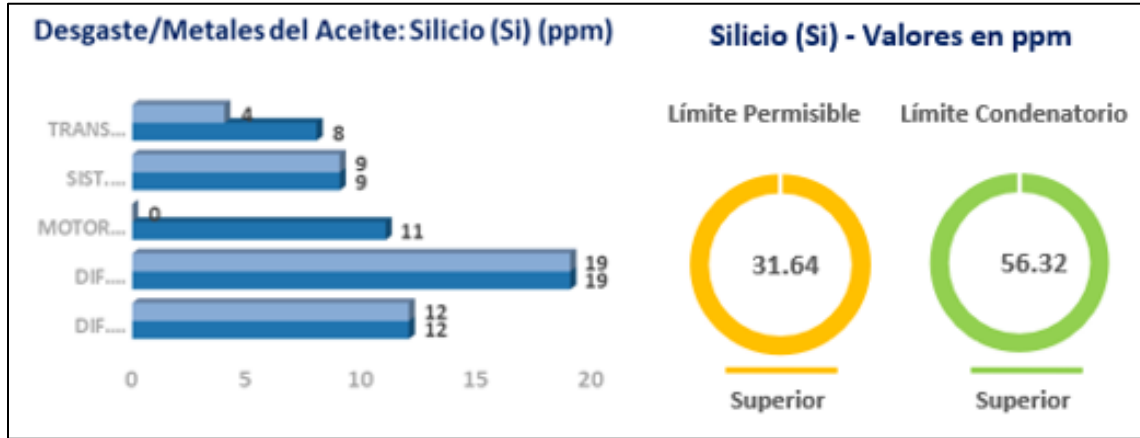
Gráfica de cantidad de hierro para el vehículo 72 de la marca Kenworth. Fuente (Autores).



En la figura 37 se indica la gráfica de la cantidad de material de desgaste de Silicio que se encuentra en el aceite para el vehículo 72 de la marca Kenworth. Se puede observar que la cantidad de desgaste de Silicio en el motor es inferior al límite permisible, lo que puede servir como señal indicativa al encargado de mantenimiento de que no existe fallos graves en el motor, pero existe exceso particulado de Silicio en el diferencial posterior, el cual puede originarse por presencia de particulado provocado por contaminación externa (polvo) o problemas con el aditivo del aceite.

**Figura 37**

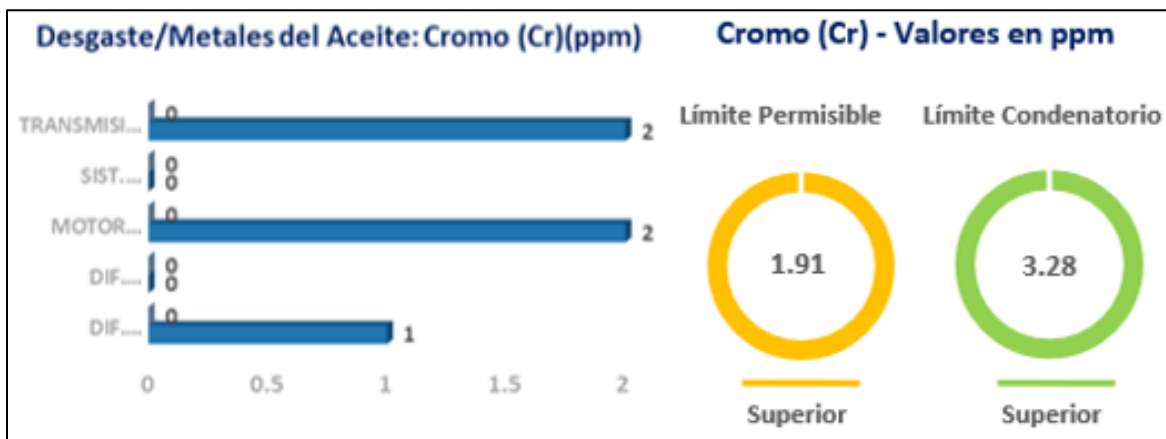
Gráfica de cantidad de Silicio para el vehículo 72 de la marca Kenworth. Fuente (Autores).



En la figura 38 se indica la gráfica de la cantidad de material de desgaste de Cromo que se encuentra en el aceite para el vehículo 61 de la marca Kenworth. En la gráfica se puede observar que la cantidad de Cromo existente en el motor es superior al límite permisible, lo que puede significar fallas en los cojinetes, válvula de escape, camisa, anillos o en el líquido refrigerante.

**Figura 38**

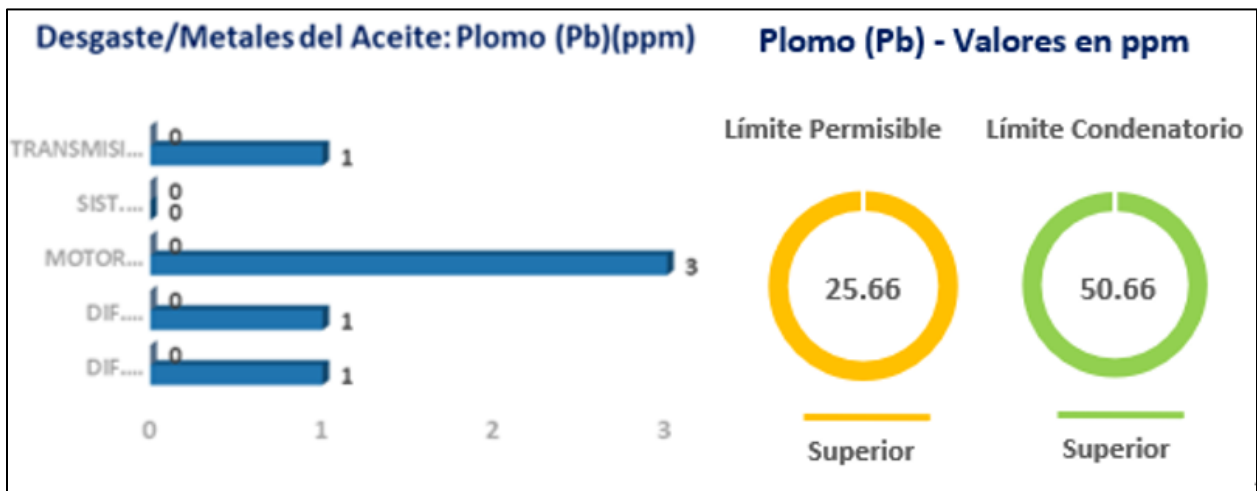
Gráfica de cantidad de cromo para el vehículo 61 de la marca Kenworth. Fuente (Autores).



En la figura 39 se indica la gráfica de la cantidad de material de desgaste de Plomo que se encuentra en el aceite para el número de vehículo 61 de la marca Kenworth. La cantidad de partículas de plomo en el motor es inferior al límite permisible, por lo que se puede concluir que no existe problemas ni fallos en el motor ni en los diferentes sistemas correspondientes.

**Figura 39**

*Gráfica de cantidad de plomo para el vehículo 61 de la marca Kenworth. Fuente (Autores).*

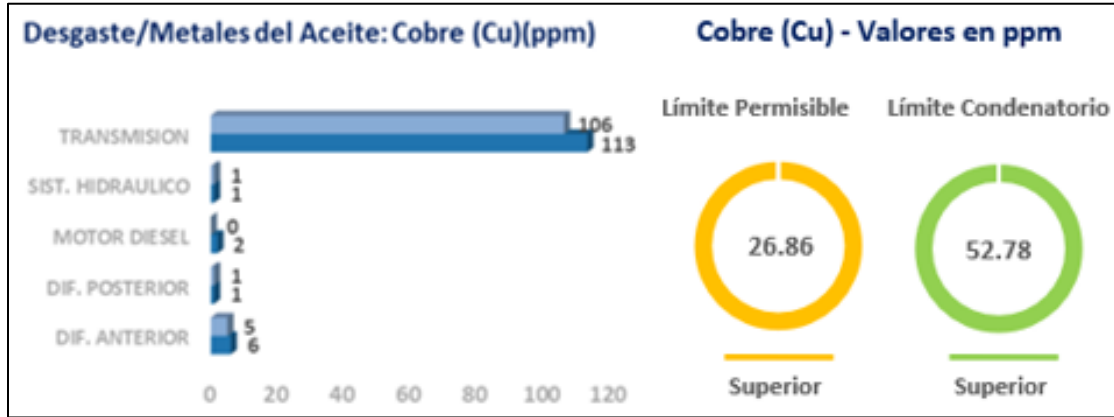


En la figura 40 se indica la gráfica de la cantidad de material de desgaste de Cobre que se encuentra en el aceite para el número de vehículo 61 de la marca Kenworth. Como se puede observar, el valor de particulado de Cobre en el motor es inferior con respecto a los límites permisibles y condenatorios del mismo, pero se encuentra una elevada cantidad de Cobre en el sistema de transmisión, por lo que puede existir fallos en los cojinetes o en el aditivo del refrigerante, esto sirviendo al propietario tomar las correspondientes medidas preventivas o correctivas para disminuir los posibles fallos.



**Figura 40**

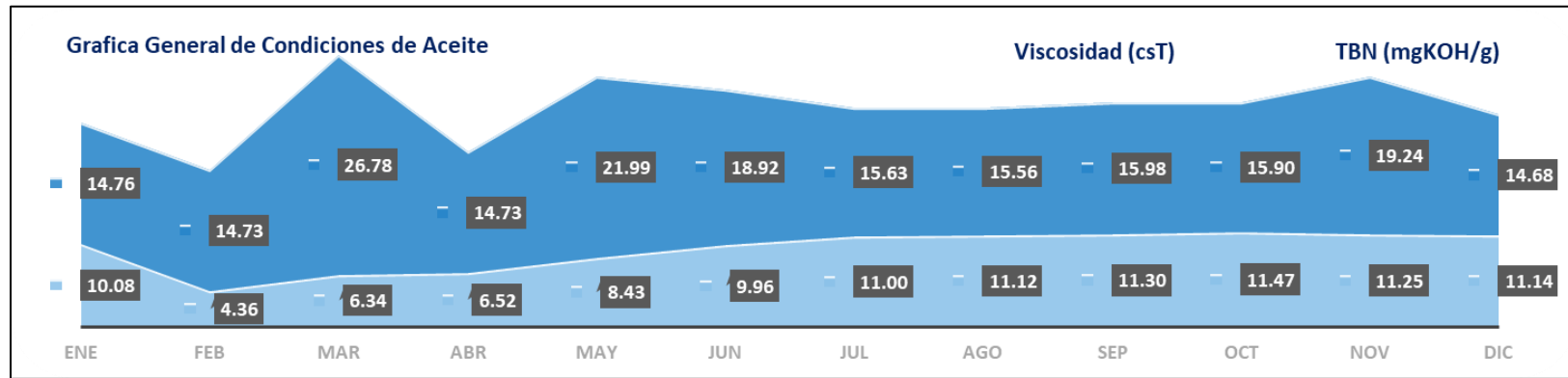
Gráfica de cantidad de cobre para el vehículo 61 de la marca Kenworth. Fuente (Autores).



Como se menciona en apartados anteriores, al seleccionar los parámetros que se requieren analizar en las gráficas, el programa generará dos gráficas importantes las cuales indican el comportamiento del aceite en ciertos rangos de tiempo para su análisis. A continuación, en la figura 41 y 42 se indican las gráficas finales en donde se observan las condiciones generales del aceite en viscosidad y TBN, y la gráfica general del particulado metálico, estas gráficas son importantes ya que se asocian al ámbito operacional, técnico y estratégico de la empresa, permitiendo a la gerencia tener decisión sobre el proceso de mantenimiento dentro de la flota de vehículos anualmente, así cargar información y denominar el tipo de mantenimiento adecuado en función al diagnóstico de análisis de aceites para cada sistema y vehículo de la flota.

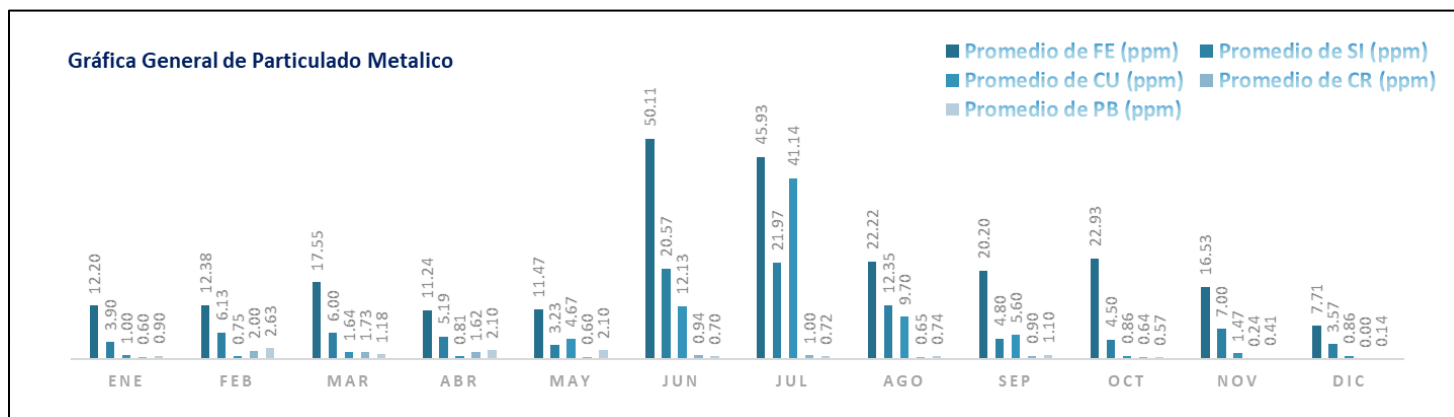
**Figura 41**

Gráfica general de condiciones del aceite. Fuente (Autores).



**Figura 42**

Gráfica general del particulado metálico. Fuente (Autores).



## 8. CONCLUSIONES

Tras realizar la revisión bibliográfica, se determinaron que los parámetros característicos de los aceites lubricantes son la viscosidad, TBN, materiales de desgaste y límites condenatorios, los cuales son fundamentales para realizar un análisis del funcionamiento y comportamiento del aceite lubricante de la flota de vehículos de la EMAC EP.

Los parámetros característicos mencionados anteriormente se evidenciaron dentro de la flota de vehículos de la empresa, la cual cuenta con 55 vehículos de diferentes categorías, marcas y tipos de aceites, los cuales se usan en los diferentes sistemas analizados como el motor, diferencial, transmisión y el sistema hidráulico.

Previo al diseño de la herramienta informática se realizó un estudio de varias herramientas de gestión o aplicaciones GMAO, los cuales no cumplen con las condiciones para una herramienta informática dedicada exclusivamente para el análisis e interpretación de resultados de las muestras de aceite. Por lo cual la herramienta diseñada permite identificar en un dashboard por cada marca, las gráficas de viscosidad, TBN, y la cantidad de particulado metálico mediante los límites condenatorios y permisibles, además identificar las condiciones generales del aceite.

Finalmente, en el caso práctico se pudo validar la herramienta y el funcionamiento para el cual fue diseñada, analizando las distintas muestras, siendo así que para el caso de estudio de los vehículos Kenworth se encuentran valores de viscosidad, TBN y materiales de desgaste que están fuera del rango y dentro del rango de los límites condenatorios y permisibles, permitiendo diagnosticar los posibles fallos en cada uno de los sistemas. En el caso de los vehículos Kenworth, en el historial de datos se obtuvo una viscosidad de 37.5 csT y un TBN de 11,90 mg KOH/g, en el caso de los materiales de desgaste los valores varían dependiendo el sistema que se desee analizar, por ejemplo

en el motor, se tiene una cantidad de particulado metálico de hierro de 30 ppm, de silicio un total de 21 ppm, de cromo un total de 6 ppm, en el caso del plomo se obtuvo un total de 8 ppm y finalmente 3 ppm de particulado total de cobre, valores que al ser comparados y analizados con los límites se puede dictar acciones posteriores para el correcto mantenimiento de la máquina y mejor manejo de un plan de mantenimiento dentro de la flota.

## **9. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar una toma de muestra de aceite constante para saber las condiciones del aceite en los periodos de tiempos de uso.
- Capacitar al personal en el manejo de la herramienta de gestión.
- Estandarizar los procesos de toma de muestras de aceites lubricantes.
- Optimizar el periodo de cambio de aceites en función al contexto operacional de la empresa, para poder llevar un control más completo y confiable.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Araoz. (2019). Selección de lubricantes según la función de componentes mecánicos. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7195/3/IV\\_FIN\\_TI\\_111\\_Villa\\_fuerte\\_Araoz\\_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7195/3/IV_FIN_TI_111_Villa_fuerte_Araoz_2019.pdf)
- Aselube. (2014). Lubricación y lubricantes. [http://aselube.net/wp-content/uploads/m\\_dulo\\_1\\_lubricaci\\_n\\_y\\_lubricantes\\_revisada\\_mas.pdf](http://aselube.net/wp-content/uploads/m_dulo_1_lubricaci_n_y_lubricantes_revisada_mas.pdf)
- Carrión. (2007). Implementación del sistema de análisis lubricantes utilizando software oilview y laboratorio de análisis minilab [Universidad del Bío-Bío]. [http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/548/1/Carrion\\_Lla%C3%B1a\\_Cristian\\_Raul.pdf](http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/548/1/Carrion_Lla%C3%B1a_Cristian_Raul.pdf)
- Castellanos. (2014). Análisis de aceite como propuesta para la implementación de mantenimiento predictivo en el departamento de taller agrícola y automotriz de la compañía agrícola industrial Ingenio Palo Gordo S.A. [Universidad de San Carlos de Guatemala]. [https://www.academia.edu/38199548/Tesis\\_Analisis\\_de\\_aceite](https://www.academia.edu/38199548/Tesis_Analisis_de_aceite)
- Castillo. (2007). Tribología: Fricción, desgaste y lubricación [Facultad de estudios superiores Cautitlán]. <http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>
- Gómez. (2016). Rediseño de un viscosímetro de flujo de Couette [Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/12139/TESIS.pdf?sequence=1>
- Jaya, Salvador, & Lloret. (2012). Implementación de un laboratorio portátil de lubricantes [Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/732/1/T-UIDE-0668.pdf>
- Jensen, Valencia, & Vargas. (2021). Implementación de Fracttal One en la industria de Facility Management. Fracttal. <https://www.fracttal.com/hubfs/Fracttal%20Website%202021/documentos/Estudio-ROI-Fracttal-One-2021-FM.pdf>
- Magma. (2009). Asistente básico de uso (Magma) (Pdf). Magma. <https://www.acimut.com/magma/asistenteenpdf/asistentebasico.pdf>
- Marcano. (2013). Viscosidad. <https://marcanord.files.wordpress.com/2013/01/viscosidad-rdmc.pdf>
- Mardones, & Juanto. (2016). Medida de viscosidad. <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/iec/LABviscosidad.pdf>
- Pineda, & Jaramillo. (2018). Diagnóstico del aceite usado de motor de la empresa de transporte urbano LANCOMTRI S.A [Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16816>

- Rodríguez. (2021). Proactive gestión de lubricantes. file:///C:/Users/emape/Downloads/BROCHURE%20DE%20SERVICIO%20-%20AN%C3%81LISIS%20DE%20LUBRICANTES.pdf
- Saldivia. (2013). Análisis de aceite usado en un motor de combustión interna [UNEXPO]. <https://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP264.pdf>
- Segarra. (2012). Estudio de la degradación de los lubricantes utilizados en motor y transmisión de los vehículos recolectores a diesel de la EMAC EP [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/1428>
- Tormos. (2013). Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado (Reverté, Ed.; 1st ed.). 2005. [https://www.academia.edu/40036712/DIAGN%C3%93STICO\\_DE\\_MOTORES\\_DIESEL\\_MEDIANTE\\_EL\\_AN%C3%81LISIS\\_DEL\\_ACEITE\\_USADO](https://www.academia.edu/40036712/DIAGN%C3%93STICO_DE_MOTORES_DIESEL_MEDIANTE_EL_AN%C3%81LISIS_DEL_ACEITE_USADO)
- Villafuerte. (2020). Lubricantes. [https://lacbal.epn.edu.ec/images/Recursos/Aceite\\_lubricante.pdf](https://lacbal.epn.edu.ec/images/Recursos/Aceite_lubricante.pdf)
- Widman. (2013). Interpretando el reporte de Análisis de Aceite. <http://www.mantenimientomundial.com/notas/w46.pdf>