

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES FÍSICO QUÍMICAS DEL
ACEITE LUBRICANTE QUEMADO DE LOS MOTORES A DIÉSEL
DE LOS BUSES DE TRANSPORTE URBANO EN LA CIUDAD DE
QUITO.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

MARÍA JOSÉ ARIAS ALBUJA

majo_fs@hotmail.com

DIRECTOR: ING. CARLOS EDUARDO POSSO JÁTIVA
possojativa@hotmail.com

Quito, Septiembre 2013

DECLARACIÓN

Yo, María José Arias Albuja, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos el derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

María José Arias Albuja

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María José Arias Albuja, bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Posso
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por darme las fuerzas suficientes para salir adelante y mantenerme junto a mi familia y seres queridos.

A mi profesor y director de tesis: Ing. Carlos Posso, por guiarme en este camino de la enseñanza, por ser mi ejemplo a seguir y por darme todo su apoyo en la culminación de este trabajo.

A mi padre: José Arias por ser un apoyo incondicional en mi vida, por compartir toda tu sabiduría en la formación de tus hijas.

A mis hermanas: Evelyn y Natalí, por estar a mi lado, brindándome su amor y dedicación en la alineación de mis estudios.

A mi novio: Franco Salazar, por finalizar esta meta junto a mí.

A mis amigos y compañeros de Mantenimiento Industrial: Por brindarme su amistad y acompañarme en la etapa más hermosas de la vida, el ser estudiante.

A toda la comunidad Politécnica: Por tener un personal capacitado en la dedicación y apoyo a los estudiantes. A mis maestros, que gracias a ellos he podido adquirir nuevos conocimientos.

DEDICATORIA

A mis mamitas: Lolita, Victoria y Mercedes, ejemplo de mujeres luchadoras y trabajadoras, como ellas ninguna, les dedico ésta felicidad, con mucho amor y dolor, al saber que ya no están a mi lado.

A José Arias, te dedico con mucho amor y respeto por ser mi amigo, compañero y padre, por darme todo tu cariño y confianza.

A Franco Salazar, por brindarme tu amor incondicional en la culminación de mi trabajo sin esperar nada a cambio.

A Natalí y Evelyn, por ser las mejores hermanas del mundo y uno en especial a Dios por dejarlas junto a mí.

A toda mi familia, porque cada día se sienten orgullosos de mis logros.

A Roberto Yajamín, porque eres más que un hermano.

A Elizabeth Pujota, porque te conocí desde los inicios de mis estudios y te has vuelto parte de mi familia.

A mis amigos, porque siempre creyeron en mí.

María José

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
RESUMEN.....	XII
PRESENTACIÓN	XIII
CAPÍTULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.1 COMPOSICIÓN DEL LUBRICANTE	1
1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL LUBRICANTE	3
1.2.1 VISCOSIDAD	3
1.2.2 LEY DE VISCOSIDAD DE NEWTON	4
1.2.3 REGÍMENES DE LUBRICACIÓN	8
1.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN	9
1.4 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	15
1.4.1 FUNCIONES DEL LUBRICANTE EN EL MOTOR	17
1.5 PROPIEDADES DEL LUBRICANTE	18
1.6 PRINCIPALES ESPECIFICACIONES.....	23
CAPITULO II.....	32
2.1 TIPOS Y MARCAS DE ACEITES.....	32
2.1.1 ACEITE MINERAL.....	33
2.1.2 ACEITE SINTÉTICO	36
2.1.3 ACEITES SEMISINTETICOS	40
2.1.4 LUBRICANTES EN EL ECUADOR PARA MOTORES A DIESEL.....	41
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS LUBRICANTES.....	42
2.2.1 VISCOSIDAD	43
2.2.1.1 Aceite Monogrado	44
2.2.1.2 Aceite Multigrado	45
2.2.2 RESIDUO CARBONOSO.....	47

2.2.3 PUNTO DE CONGELACIÓN	48
2.2.4 PUNTO DE INFLUENCIA.....	49
2.2.5 PUNTO DE INFLAMACIÓN	49
2.2.6 EMULSIFICACIÓN Y DEMULSIBILIDAD.....	49
2.2.7 ÍNDICE DE ACIDEZ O DE NEUTRALIZACIÓN	50
2.2.8 ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN	51
2.2.9 DENSIDAD	51
2.2.10 COLOR.....	51
2.3 ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO.....	52
2.3.1 ANÁLISIS DE LA VISCOSIDAD	54
2.3.2 ANÁLISIS ÍNDICE DE VISCOSIDAD.....	56
CAPITULO III	57
3.1 DETERMINACIÓN DE LAS MARCAS A ANALIZARSE.....	57
3.1.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LUBRICANTES.....	57
3.1.2 ESPECIFICACIONES DE LUBRICANTES SELECCIONADOS.....	60
3.2 DETERMINAR LOS VEHÍCULOS A PROBARSE.....	65
3.3 PRUEBA DE LOS ACEITES	71
CAPITULO IV.....	77
4.1 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	77
CAPITULO V	106
5.1 CONCLUSIONES.....	106
5.2 RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFÍA	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Ley de viscosidad de Newton.....	4
Figura 1. 2 El esfuerzo cortante en un fluido es proporcional a la deformación angular	5
Figura 1. 3 Curva de Stribeck.....	7
Figura 1. 4 Tipos de engrase: (a) Engrase perfecto (b) Engrase imperfecto (c) Rozamiento seco	8
Figura 1. 5 Tipos de lubricación (a) lubricación por película fluida, (b) lubricación de límites.....	10
Figura 1. 6 Variación de la viscosidad en función de la temperatura de aceite de motor.....	12
Figura 1. 7 Sistema de lubricación en el motor	15
Figura 1. 8 Aplicación de aceites según norma SAE.....	20
Figura 2. 1 Tipos de aceites y su composición.....	32
Figura 2. 2 Fabricación del aceite base.....	33
Figura 2. 3 Estructura típica de los aceites parafínicos	35
Figura 2. 4 Estructura típica de los aceites nafténicos	35
Figura 2. 5 Estructura típica de los aceites nafténicos	35
Figura 2. 6 Estructura de un aceite sintético y de un aceite mineral.	36
Figura 2. 7 Tipos de aceites y la variación de la viscosidad en función de la temperatura.....	43
Figura 2. 8 Viscosidad vs Temperatura en varios aceites	46
Figura 2. 9 Rango de trabajo de aceites multigrados	46
Figura 2. 10 Tipos de análisis de aceites	52
Figura 2. 11 Tipos básicos de análisis de lubricantes	53
Figura 2. 12 Viscosímetros de sitio	55
Figura 2. 13 Variaciones de la viscosidad con la temperatura	56
Figura 3. 1 Castrol Tecton Global.....	60
Figura 3. 2 Castrol RX VISCUS 25W60	63
Figura 3. 3 Bus Hino FG 18.....	67

Figura 3. 4 Bus Mercedes Benz 17-21	67
Figura 3. 5 Bus Volkswagen 17-21.....	68
Figura 3. 6 Bus Isuzu FTR.....	69
Figura 3. 7 Bus Volkswagen 17-21.....	70
Figura 4. 1 Prueba de viscosidad de la unidad 1.....	83
Figura 4. 2 Prueba TBN de la unidad 1	84
Figura 4. 3 Prueba de índice de viscosidad de la unidad 1	84
Figura 4. 4 Prueba de viscosidad de la unidad 2.....	86
Figura 4. 5 Prueba TBN de la unidad 2	87
Figura 4. 6 Prueba índice de viscosidad de la unidad 2	87
Figura 4. 7 Prueba de viscosidad de la unidad 3.....	89
Figura 4. 8 Prueba TBN de la unidad 3	90
Figura 4. 9 Prueba índice de viscosidad de la unidad 3	90
Figura 4. 10 Prueba de viscosidad de la unidad 5.....	93
Figura 4. 11 Prueba TBN de la unidad 5	94
Figura 4. 12 Prueba índice de viscosidad de la unidad 5	94
Figura 4. 13 Prueba de viscosidad de la unidad 6.....	96
Figura 4. 14 Prueba TBN de la unidad 6	97
Figura 4. 15 Prueba índice de viscosidad de la unidad 6	97
Figura 4. 16 Prueba de viscosidad de la unidad 7.....	99
Figura 4. 17 Prueba TBN de la unidad 7	100
Figura 4. 18 Prueba índice de viscosidad de la unidad 7	100
Figura 4. 19 Prueba de viscosidad de la unidad 8.....	102
Figura 4. 20 Prueba TBN de la unidad 8	103
Figura 4. 21 Prueba de índice de viscosidad de la unidad 8.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Clasificación API para motores Diésel.....	31
Tabla 2. 1 Aplicaciones industriales de aceites sintéticos	38
Tabla 2. 2 Aplicaciones industriales de aceites sintéticos	39
Tabla 2. 3 Estudio cualitativo entre aceite mineral y aceite sintético.....	40
Tabla 2. 4 Lubricantes para motor Diésel en el Ecuador.....	41
Tabla 2. 5 Características de los aceites de motor.....	42
Tabla 2. 6 Grados de viscosidad SAE	44
Tabla 2. 7 Rango de trabajo de aceites multigrados	47
Tabla 2. 8 Análisis de la viscosidad del aceite	55
Tabla 2. 9 Límites permisibles de viscosidad	56
Tabla 3. 1 Lubricantes para motores diésel y las equivalencias.....	58
Tabla 3. 2 Ficha de presentación del lubricante Tection	60
Tabla 3. 3 Especificaciones técnicas del lubricante Tection.....	62
Tabla 3. 4 Características típicas lubricante Tection	62
Tabla 3. 5 Ficha de presentación del lubricante RX VISCUS.....	63
Tabla 3. 6 Especificaciones técnicas del lubricante RX VISCUS	64
Tabla 3. 7 Características típicas lubricante RX VISCUS	65
Tabla 3. 8 Unidades de Transporte de Pasajeros por Marca	66
Tabla 3. 9 Descripción de la unidad 1	66
Tabla 3. 10 Descripción de la unidad 2	67
Tabla 3. 11 Descripción de la unidad 3	68
Tabla 3. 12 Descripción de la unidad 4	68
Tabla 3. 13 Descripción de la unidad 5	69
Tabla 3. 14 Descripción de la unidad 6	69
Tabla 3. 15 Descripción de la unidad 7	70
Tabla 3. 16 Descripción de la unidad 8	70
Tabla 3. 17 Análisis del lubricante de la unidad 1	71
Tabla 3. 18 Análisis del lubricante de la unidad 2	72
Tabla 3. 19 Análisis del lubricante de la unidad 3	73
Tabla 3. 20 Análisis del lubricante de la unidad 4	73

Tabla 3. 21 Análisis del lubricante de la unidad 5	74
Tabla 3. 22 Análisis del lubricante de la unidad 6	75
Tabla 3. 23 Análisis del lubricante de la unidad 7	76
Tabla 3. 24 Análisis del lubricante de la unidad 8	76
Tabla 4. 1 Componentes y su incidencia en el consumo de aceite.....	79
Tabla 4. 2 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 1.....	82
Tabla 4. 3 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 2.....	85
Tabla 4. 4 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 3.....	88
Tabla 4. 5 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 4.....	91
Tabla 4. 6 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 5.....	92
Tabla 4. 7 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 6.....	95
Tabla 4. 8 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 7.....	98
Tabla 4. 9 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 8.....	101

RESUMEN

En el capítulo I, se presenta el marco teórico respecto a los lubricantes, las principales propiedades que intervienen en el sistema de lubricación de los vehículos. Se realiza un estudio desde el punto de vista de la mecánica de fluidos acerca de la viscosidad y de los regímenes de lubricación.

En el capítulo II, se establecen los diferentes tipos de aceites lubricantes y se revisan las principales propiedades de los lubricantes realizando un análisis más profundo sobre su incidencia en el sistema de lubricación. Se realiza el análisis de funcionamiento óptimo en el cual se indica las características que debe poseer para un funcionamiento adecuado a los requerimientos del vehículo.

En el capítulo III, se determina la marca de lubricante de que se utilizara en los vehículos a lo largo del proyecto de investigación, esta selección se la realiza a partir de determinados criterios que aseguran la fiabilidad de funcionamiento del lubricante en el motor, las especificaciones son provistas por el fabricante del aceite. Se indica los vehículos que se han escogido para ser sometidos a los controles para las pruebas de aceite. Se presentan las diferentes pruebas de laboratorio realizadas.

En el capítulo IV, se realiza el análisis comparativo a partir de los análisis de laboratorio que se ha realizado, se verifica si los lubricantes cumplen con los estándares establecidos por el proveedor, y se indican las respectivas indicaciones respecto a las gráficas.

En el capítulo V, se indica las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido a partir del proyecto de investigación.

PRESENTACIÓN

En la ciudad de Quito existen varias cooperativas de buses de transporte urbano, que operan más de doce horas al día, implicando una actividad de forzamiento de los motores en función del tiempo y del kilometraje de recorrido, para mantener una vida útil de éstas máquinas realizan diferentes tipos de mantenimientos y entre ellos es el sistema de lubricación que se realiza de forma empírica sin tener un sustento de datos reales, en qué condiciones físico-químicas sale el aceite al momento de ser cambiado.

La impericia del cambio del lubricante hace que los accionistas de dichas cooperativas se vean inmersos en el desperdicio económico, la contaminación de nuestro planeta y en el deterioro de las piezas del motor de sus vehículos.

Para mantener todos éstos parámetros en equilibrio, existen varias marcas de lubricantes que especifican hasta que kilometraje de recorrido puede mantenerse el aceite dentro del sistema de lubricación, pero eso no es suficiente para establecer el tiempo real de cambio, ya que no se tiene presente el factor de temperatura al que está involucrado el motor de combustión interna de los buses de transporte urbano de la ciudad de Quito.

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Se define a los lubricantes como; las sustancias sólidas, semisólidas o líquidas de origen animal, vegetal o sintético, que puede utilizarse para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos entre movimiento¹.

Los lubricantes se interponen entre las dos superficies en movimiento. De ésta manera forman una película separadora que evita el contacto directo entre ellas y el consiguiente desgaste.

Es conveniente señalar que el lubricante no disminuye totalmente el rozamiento, pero si lo reduce notablemente, a lo que llamaremos a esta definición lubricación.²

Las funciones principales son:

- Refrigerante
- Eliminador de impurezas
- Sellante
- Anticorrosivo y antidesgaste
- Transmisor de energía

1.1.1 COMPOSICIÓN DEL LUBRICANTE

Los lubricantes se componen de aceites base y una serie de aditivos modificadores de las propiedades de estos aceites.

Los aceites bases pueden provenir del refino del petróleo ó bien de reacciones petroquímicas. Los primeros son los denominados aceites minerales y los segundos son conocidos como aceites sintéticos³.

¹ GULFOIL (2011). *Manual técnico*. Argentina: Gulfoil

² GULFOIL. (2011, marzo 25). *Manual técnico*. http://www.gulfoil.com.ar/faq/manual_tecnico.pdf

³ Chávez, F. (2002). *La Tribología: Ciencia y Técnica para el mantenimiento*. México: Limusa

Los aceites tipo mineral están constituidos por tres tipos de compuestos: parafínicos, nafténicos y aromáticos, siendo los primeros en los que se encuentran en mayor proporción (60-70%), por tener las mejores propiedades lubricantes, pero siempre hay compuestos nafténicos y aromáticos que aportan propiedades que no tienen las parafinas (comportamiento a bajas temperaturas, poder disolver, entre otros)

Las bases sintéticas son sustancias prácticamente puras que poseen ciertas características especiales que las diferencian de las bases minerales, como son:

- Mejores propiedades lubricantes
- Mayor índice de viscosidad
- Mayor fluidez a baja temperatura
- Mayor estabilidad térmica y a la oxidación
- Menor volatilidad

Aunque actualmente su importancia es creciente, su consumo se ve limitado por su alto coste de obtención. Su principal utilización es la fabricación de aceite de automoción de alta calidad, especialmente para motores de gasolina.

El aceite base no puede cumplir, por sí solo, todas las funciones descritas con anterioridad. Tampoco podría soportar las condiciones a veces críticas de funcionamiento de los equipos. Por esta razón, es necesario poner aditivos los aceites con ciertas sustancias que varían según:

La aplicación del lubricante:

- Motor
- Engranajes
- Sistemas Hidráulicos

1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL LUBRICANTE

Los lubricantes son sustancias que se compone de aceites base y de una serie de aditivos que potencian o confieren las propiedades del aceite base por sí solo no es posible alcanzar. A continuación vamos a ver algunas de esas propiedades.

1.2.1 VISCOSIDAD

La viscosidad es una de las propiedades más importante de un lubricante. De hecho buena parte de los sistemas de clasificación de los aceites están basados en ésta propiedad por lo tanto la viscosidad es una especificación de primer orden en los aceites lubricantes, ya que condiciona las cualidades requeridas para la lubricación. Se puede definir como su resistencia a fluir ó lo que es lo mismo, la medida del rozamiento interno de sus moléculas⁴.

No hay que confundir términos con untuosidad ó densidad con viscosidad. La untuosidad es la adherencia de las partículas a las superficies metálicas, incluso en posición vertical. Debido a la untuosidad, las superficies metálicas permanecen con una capa fina de lubricantes incluso tras largo tiempo después de haber sido aportado el lubricante. La densidad es el peso de una materia en relación al volumen que ocupa. No aporta ninguna propiedad a los lubricantes.

La viscosidad en un fluido depende de la presión y de la temperatura:

- Al aumentar la temperatura disminuye la viscosidad.
- Al aumentar la presión aumenta la viscosidad.

La medida de la variación de la viscosidad con la temperatura es el índice de viscosidad. A mayor índice de viscosidad, mayor resistencia de fluido a variar su viscosidad con la temperatura. El índice de viscosidad se mejora con los aditivos mejoradores del índice de viscosidad.

⁴ Avallone, E., Baumeister, T. (1995). *Manual del Ingeniero Mecánico*. México: McGraw Hill

1.2.2 LEY DE VISCOSIDAD DE NEWTON

El primero en formular una hipótesis sobre la fuerza necesaria para vencer la resistencia viscosa de un fluido fue Sir Isaac Newton (1642-1727). Este trabajo fue publicado en 1668, no obstante, fueron tan exactas las relaciones establecidas por el científico inglés, aún hoy constituyen el principio básico del movimiento viscoso laminar⁵.

Considérense dos placas paralelas de gran tamaño, separadas por una pequeña distancia (t) y con el espacio entre ellas lleno de un fluido. Se supone que la placa superior se mueve a una velocidad constante (U) al actuar sobre ella una fuerza (F), también constante.

El fluido en contacto con la placa móvil se adhiere a ella moviéndose a la misma velocidad (U) mientras que el fluido en contacto con la placa fija permanecerá en reposo.

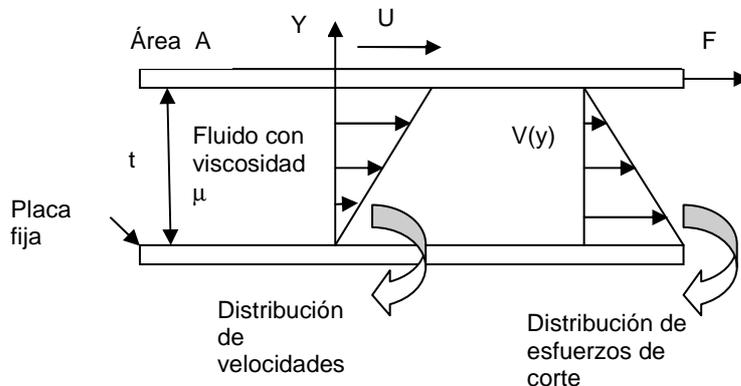


Figura 1. 1 Ley de viscosidad de Newton

Fuente: Propia

Si la separación t y la velocidad U no son muy grandes, la variación de las velocidades (gradiente) vendrá dada por una línea recta. La experiencia ha demostrado que la fuerza F varía con el área de la placa A , con la velocidad U e inversamente con la separación t .

$$F \propto \frac{(AU)}{t}$$

⁵ Duarte, C., Niño, J. (1998). *Introducción a la Mecánica de Fluidos*. Colombia: Univ. Nacional de Colombia

o más exactamente

$$F \propto \frac{Adu}{dy}$$

$$\frac{F}{A} = \tau \propto \frac{du}{dy}$$

donde

$$\tau = \frac{F}{A} = \text{Esfuerzo Cortante}$$

$$\frac{U}{t} = \frac{du}{dy}$$

El término du/dy se conoce como "gradiente de velocidad ó gradiente de deformación angular".

Al introducir la constante de proporcionalidad μ , llamada viscosidad absoluta o dinámica, se tendrá que:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}}$$

Esta ecuación es conocida como Ley de viscosidad de Newton, la cual es válida exclusivamente para flujos laminares.

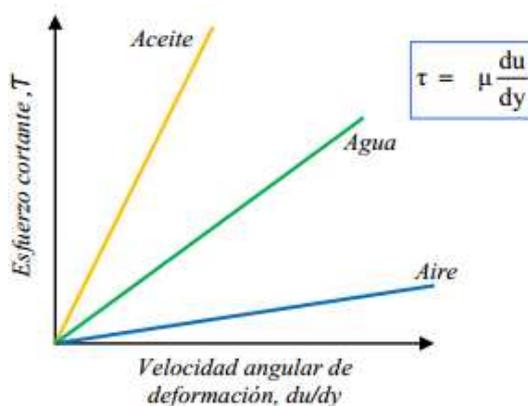


Figura 1. 2 El esfuerzo cortante en un fluido es proporcional a la deformación angular

Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co>

En la práctica se observa que la resistencia al deslizamiento para este ejemplo es:

- Independiente de los esfuerzos normales.
- Aumenta con la velocidad.
- Aumenta con la superficie.
- No depende del estado o naturaleza de las superficies.

Si buscamos la expresión para el coeficiente de rozamiento fluido de la forma que lo definimos para el rozamiento seco se tiene

$$F = \mu N = \eta A \frac{du}{dy}$$

con lo que μ valdrá:

$$\mu = \eta \frac{A}{N} \frac{du}{dy}$$

Experimentalmente, se comprueba que el valor de μ depende de $\eta \cdot V \cdot \frac{A}{N}$

Donde:

- V es la velocidad
- N es la carga normal
- A es la superficie de contacto

Si $N/S=P$, presión que actúa sobre la superficie en contacto obtenemos:

$$\mu = f\left(\eta \frac{V}{P}\right)$$

Esta función en la práctica tiene el aspecto de la curva siguiente, llamada curva Stribeck.

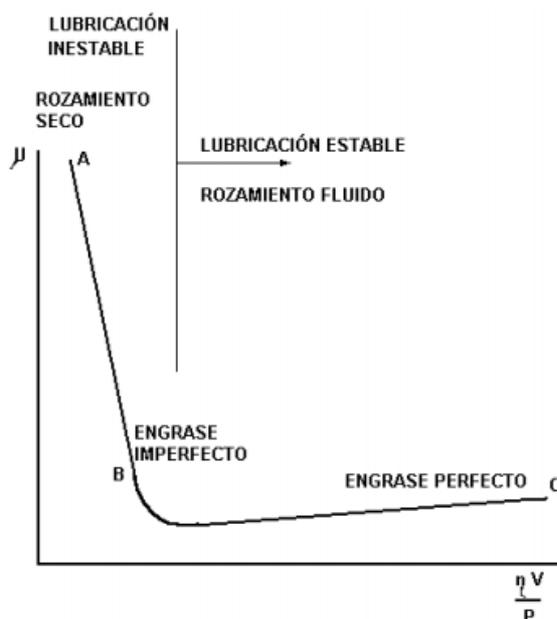


Figura 1. 3 Curva de Stribeck

Fuente: <http://www.nebrija.es/~alopezro/Lubricacion.pdf>

La zona BC se denomina de lubricación estable porque si por cualquier motivo se produce un aumento de la temperatura del lubricante, ello provoca una disminución de la viscosidad con lo que μ y el rozamiento disminuyen. Entonces la temperatura vuelve a bajar equilibrando la subida inicial. En esta zona BC tendremos rozamiento fluido.

En la zona AB, la lubricación será inestable porque si aumenta la temperatura, la viscosidad disminuye y μ aumenta con lo que aumenta el rozamiento, la generación de calor y la temperatura con lo que el proceso se hace inestable⁶.

Según lo observado en la curva anterior, dependiendo del espesor de película de lubricante, se pueden encontrar los siguientes tipos de engrase:

- Engrase perfecto
- Engrase imperfecto
- Engrase seco

⁶ NEBRIJA. (2002, noviembre 26). Lubricación. <http://www.nebrija.es/~alopezro/Lubricacion.pdf>

El engrase perfecto es aquel en el que las dos superficies en contacto se separan por la interposición permanente de una película de lubricante, de forma que no se da el contacto de los cuerpos con movimiento relativo en ningún punto.

Si, por el contrario, en las superficies existen zonas en que se efectúa el contacto sólido y en otras el fluido, se dirá que el engrase es de tipo imperfecto.

Si la película de lubricante desaparece por completo, el engrase se considerará seco o de rozamiento sólido.

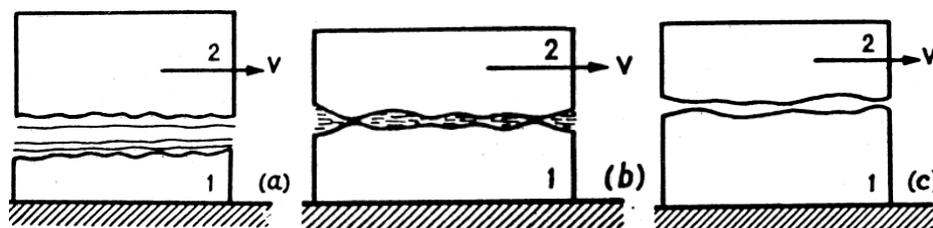


Figura 1. 4 Tipos de engrase: (a) Engrase perfecto (b) Engrase imperfecto (c) Rozamiento seco

Fuente: <http://www.nebrija.es/~alopezro/Lubricacion.pdf>

1.2.3 REGÍMENES DE LUBRICACIÓN

Lubricación hidrostática

El lubricante se ve garantizada por el suministro de un fluido a presión en la zona de contacto. Dicha presión exterior es la encargada de mantener la separación de los dos cuerpos. Es muy apropiada para velocidades relativas de deslizamiento bajas o, incluso, para los momentos de arranque en las diferentes máquinas o mecanismos. El nivel de rozamiento es muy bajo en este régimen de lubricación⁷.

Este tipo de lubricación se encuentra frecuentemente, en el arranque de varias máquinas. Cuando se arranca la máquina se aplica la lubricación hidrostática hasta que se alcance la velocidad mínima para que inicie la lubricación de régimen hidrodinámico. Una vez alcanzada la velocidad necesaria, se genera la cuña hidrodinámica que es capaz por sí misma de mantener la película de aceite.

⁷ Díaz, F. (2007 junio 19). Tribología: Fricción, Desgaste y Lubricación <http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>

Lubricación hidrodinámica

Las superficies están separadas por una película de lubricante que proporciona estabilidad. No se basa en introducir lubricante a presión aunque puede realizarse, exige un caudal de aceite, la presión se genera por movimiento relativo. La formación de la película hidrodinámica depende de la geometría, velocidad de la máquina, la carga que lleva y la viscosidad del aceite

Se habla también de lubricación de película gruesa, fluida, completa o perfecta.

Lubricación Elastohidrodinámica

La lubricación elastohidrodinámica se genera en los contactos altamente cargados, que pueden ser:

- Lineales (engranajes).
- Puntuales (rodamientos de bolas).

Como consecuencia de las cargas elevadas en los contactos se tienen:

- Aumento de viscosidad en el aceite.
- Deformaciones elásticas en los cuerpos.

Dado que la viscosidad aumenta debido a la alta presión, la distribución de presión aumenta, con lo que también lo hace la capacidad de carga. Para cuantificar la teoría de la lubricación elastohidrodinámica, es necesario conjugar las siguientes ecuaciones:

- Ecuación de la viscosidad en función de la presión
- Ecuación diferencial de Reynolds.
- Ecuaciones de la deformación elástica de los cuerpos.

1.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

A la hora de elegir un lubricante hay que considerar una serie de factores, sin embargo los más importantes son: la aplicación específica (el tipo de máquina), las condiciones de operación y el costo. Por lo general los fabricantes de los equipos especifican las características y/o propiedades del lubricante a emplear,

de modo que la selección debería basarse preferentemente en dichas recomendaciones. De no contar con esta información o bien en caso de desarrollo de productos alternativos puede emplearse la siguiente guía:

a) ¿Cuál es la viscosidad adecuada?

La viscosidad es la propiedad del aceite que gobierna el tipo de la capa lubricante que estará presente: si la de límite o la de película. La resistencia de la película de aceite que se interpone entre las superficies rozantes varía con la viscosidad. Según el caso, esta se podrá calcular o bien determinar en base a la experiencia.

En la lubricación límite se pierde el sentido de la aplicación de todas las leyes de la fricción fluida. Las capas finas límites se comportan como cuerpos plásticos, y tienen una determinada resistencia al cortante. Este efecto se debe a que en las capas límites muy finas surgen presiones que no sólo evitan el acercamiento y contacto entre las superficies, sino una tendencia a separarlas. La presión aumenta con la disminución de la holgura⁸.

La lubricación de película es el estado ideal en el que la película de lubricante permanece gruesa en todo momento, previniendo el contacto entre las superficies. Cuando se logra este tipo de lubricación, lo que únicamente es necesario que el material resista las tensiones provocadas por el movimiento relativo y las fuerzas de compresión⁹.

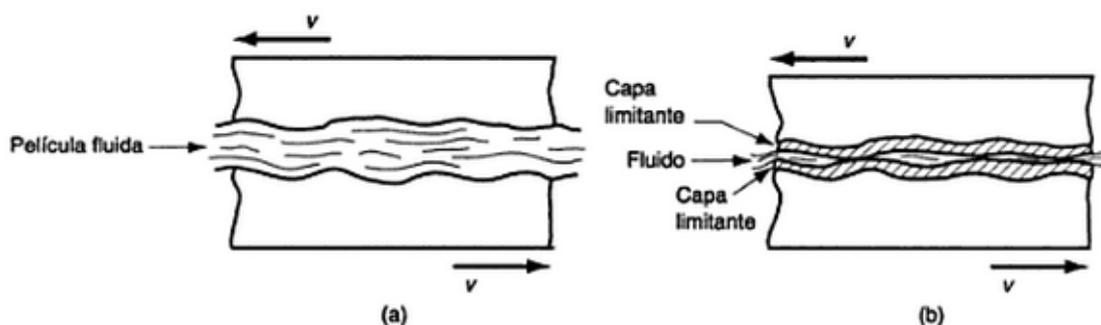


Figura 1. 5 Tipos de lubricación (a) lubricación por película fluida, (b) lubricación de límites

Fuente: GROOVER M; "Fundamentos de Manufactura Moderna" Pág. 105

⁸ Chávez, F. (2002). *La Tribología: Ciencia y Técnica para el mantenimiento*. México: Limusa

⁹ González, A., Rodríguez, P. (2007) *Mantenimiento mecánico de máquinas*. España :Universidad Jaume

La selección de la viscosidad depende del campo de aplicaciones del lubricante. En principio baja viscosidad para cargas pequeñas y altas velocidades; alta viscosidad para altas cargas, velocidades bajas y altas temperaturas.

Un aceite con una alta viscosidad formará una capa lubricante capaz de soportar elevadas presiones sin ser desplazado impidiendo el contacto directo de las piezas, sin embargo circulará con dificultad hasta los puntos de engrase. Este tipo de aceite tiene el inconveniente de que circula mal por los conductos de engrase, y la bomba consume una mayor cantidad de energía mecánica para llevar el aceite hasta los lugares a lubricar. El motor tendrá mayor dificultad para arrancar y el aceite tardará más tiempo en llegar a las zonas de engrase.

Por el contrario, un aceite con baja viscosidad (fluido) circulará bien por los conductos de engrase, de tal manera que presenta un menor consumo de energía mecánica de la bomba de aceite, pero la película lubricante es menos resistente y será fácilmente desplazada cuando se someta a las cargas y esfuerzos a los que está sometido el mecanismo.

En este caso puede producirse el efecto de lubricación límite. El motor arrancará con mayor facilidad, y el aceite llegará a los lugares de engrase en un tiempo muy corto, garantizando el engrase de las piezas en este instante en el que se producen mayor desgaste. Si el aceite es demasiado fluido, podría entrar al interior de la cámara de combustión y quemarse¹⁰

En general hay muchos parámetros de diseño que pueden influir en la decisión final, se debe llegar a un equilibrio en la viscosidad del aceite que permita obtener las ventajas de un aceite fluido de circular por los conductos de engrase y consumir poca energía y ser lo suficientemente espeso para soportar las cargas a las que está sometido en el motor y mantener las superficies separadas.

Hay que destacar que lo que importa determinar en esta etapa es la viscosidad a la temperatura de operación. Los cambios de temperatura afectan notablemente al estado de fluidez del aceite. Así un aceite presenta una viscosidad alta con bajas temperaturas y se vuelve fluido cuando se calienta. Por ejemplo, si para

¹⁰ Pérez, J.(2008). *Los aceites lubricantes*. España:Reverte.

lubricar un cojinete es necesario una viscosidad de 10 cSt, la selección será totalmente distinta si la temperatura de operación es 100°C (o sea el aceite debe tener 10 cSt a 100°C), que si la temperatura de operación es -30°C (o sea el aceite debe tener 10 cSt a -30°C).

b) ¿Cuál es el Índice de viscosidad requerido?

Si bien la viscosidad a la temperatura de operación es importante, el lubricante deberá cumplir su función en un cierto rango de temperaturas. Esto implica que no podrá tener una viscosidad muy elevada para las temperaturas mínimas (por ejemplo, arranque en frío) ni una viscosidad muy baja para las temperaturas máximas. Cuanto mayor es el índice de viscosidad, menor es la influencia de la temperatura sobre la viscosidad.

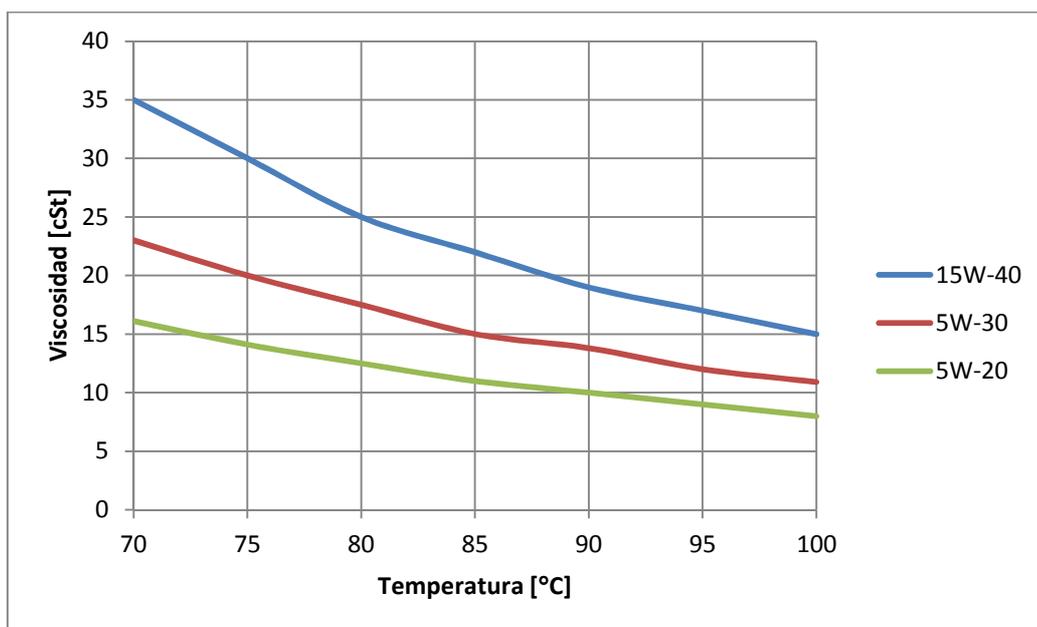


Figura 1. 6 Variación de la viscosidad en función de la temperatura de aceite de motor

Fuente: GROOVER M; "Fundamentos de Manufactura Moderna" Pág. 110

c) ¿Cuál es el grado SAE o ISO requerido?

Elegida la viscosidad más adecuada y el índice de viscosidad hay que determinar el grado correspondiente. Esto implica convertir la viscosidad a la temperatura de operación, en la viscosidad a la temperatura de referencia (40°C para los grados

industriales y 100°C para los automotrices), utilizando ya sea tablas o gráficos que indican la variación de la viscosidad de los aceites con la temperatura.

d) ¿Qué otras propiedades son necesarias?

Dependiendo del tipo de máquina y de las condiciones de operación, el aceite puede tener una serie de requerimientos adicionales. En la mayoría de los casos esto implica el empleo de aditivos ya sea para reforzar las propiedades naturales de las bases o para impartirles propiedades nuevas o bien para combatir el deterioro prematuro que sufriría el aceite con el uso.

Un aditivo es un compuesto químico que es añadido al lubricante en pequeñas cantidades con el fin de mejorar alguna de sus características o añadir otras nuevas. Con el uso de aditivos es posible producir lubricantes especializados para aplicaciones concretas. Existe una variedad muy extensa de aditivos que mejoran una o varias propiedades del lubricante. Algunos de ellos son los siguientes¹¹:

- Aditivos para mejorar la viscosidad. Combaten la disminución de la viscosidad con el aumento de temperatura. Suelen ser aceites ligeros espesantes con sustancias poliméricas.
- Aditivos antioxidantes. Evitan o retardan la oxidación del lubricante causada por la exposición al oxígeno atmosférico en condiciones desfavorables tales como alta presión y alta temperatura.
- Aditivos inhibidores de corrosión. Estos inhibidores colocan una barrera entre la superficie metálica y los ácidos que se generan en el funcionamiento habitual. Es de especial importancia en motores de combustión.
- Aditivos anti-desgaste y reductores de fricción. Se utilizan en condiciones extremas en las que la temperatura y la presión son elevadas. En estas condiciones un lubricante normal no realiza su función debido a su baja viscosidad, llegando a producirse una lubricación límite o escasa.
- Aditivos de presión extrema. Mediante su uso se incrementa la presión que el lubricante puede soportar antes de que se produzca la rotura de la película de lubricante, que conlleva el contacto entre las piezas. Los

¹¹ González, A., Rodríguez, P. (2007). *Mantenimiento mecánico de máquinas*. España :Universidad Jaume

aditivos (habitualmente azufre y cloro) reaccionan químicamente con la superficie del metal a la temperatura de trabajo generando películas de sulfuro y cloruro que poseen resistencia a la penetración.

- Dispersantes. Son aditivos que se utilizan para suspender los productos de la oxidación y otros contaminantes. Minimizan la formación de desechos de refino, el desgaste abrasivo, el incremento de viscosidad y la formación de depósitos de desechos de la oxidación.
- Detergentes. Su inclusión en lubricantes proporciona a éstos la capacidad de mantener limpias las piezas que bañan. Sus funciones son similares a las de los dispersantes, pero además neutralizan los productos de la combustión ácida, controlando la oxidación y la corrosión en la máquina. Se utilizan especialmente en motores de combustión interna, que generan partículas y sustancias que pueden adherirse a las superficies.
- Aditivos anti-espuma y liberadores de aire. Estos aditivos previenen la formación de espuma y facilitan la liberación de burbujas de aire mediante la alteración de la tensión superficial del lubricante. Generalmente poseen una solubilidad limitada en el aceite, por lo que se añaden en cantidades pequeñas.
- Aditivos emulsores y desmulsionantes. Los aditivos emulsores son compuestos químicos que hacen posible que dos fluidos inmiscibles se mezclen formando una emulsión. Son muchas las aplicaciones en las que se mezcla agua (u otros fluidos) y aceite lubricante, requiriendo para ello el uso de aditivos emulsores. Por otro lado, los aditivos desmulsionantes son compuestos que facilitan la separación en dos fases de una emulsión fina. Son útiles en situaciones en las que los aceites se mezclan con agua durante el funcionamiento de la máquina, ya que permiten eliminar el agua del aceite en el depósito de recirculación.
- Aditivos para disminuir el punto de fluencia. Mejoran el comportamiento de los lubricantes a bajas temperaturas, asegurando una correcta lubricación en esas condiciones térmicas.

e) ¿Cuáles son los costos?

El precio de un lubricante es un factor importante, pero no es determinante en sí mismo. Por lo general tiene sólo una incidencia mínima en los costos generales de operación y de mantenimiento de una máquina. Así por ejemplo la lubricación con un aceite de bajo costo que se cambia con una alta frecuencia, puede fácilmente ser más cara que con un aceite de mayor precio y de mayor durabilidad. Peor aún, podría ocasionar una falla mecánica o una parada del equipo muchísimo más costosa que la diferencia de precios en cuestión.

1.4 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los motores de combustión interna son máquinas que permiten transformar la energía almacenada en un combustible en trabajo mecánico (fuerza y movimiento).

Usualmente los motores están constituidos por un block en el cual se han practicado una cierta cantidad de cavidades (cilindros). Cada cilindro aloja un pistón o émbolo que se desplaza en forma alternativa y que está conectado a un cigüeñal o eje motor mediante una biela, de modo tal que al desplazarse el pistón en el cilindro, imprime al cigüeñal o un movimiento de rotación¹².

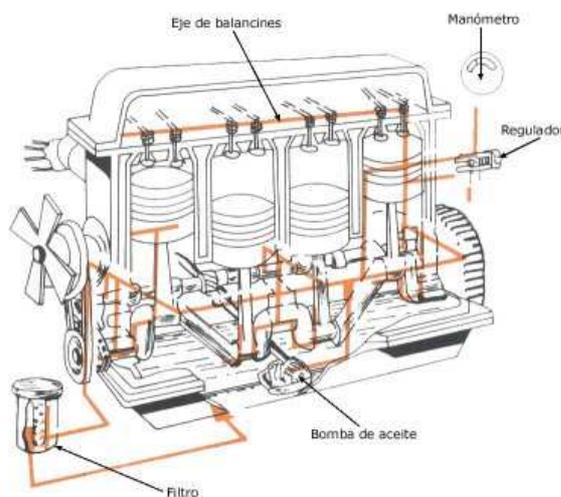


Figura 1. 7 Sistema de lubricación en el motor

¹² Oleksuk, G.(2006). *Lubricación y lubricantes*. Uruguay

El combustible se quema en el cilindro junto con una cantidad determinada de aire, produciendo una gran cantidad de gases que son los que impulsan al pistón.

En los motores Diésel, en cambio, los cilindros aspiran únicamente aire, el cual alcanza muy altas temperaturas por efecto de la compresión. Cuando se inyecta cantidad necesaria de combustible en la cámara de combustión, la mezcla resultante se inflama por sí misma.

De acuerdo al ciclo de trabajo los motores pueden ser de dos o de cuatro tiempos. El motor de cuatro tiempos necesita dos vueltas completas del cigüeñal, o sea cuatro carreras del pistón (admisión, compresión, expansión y barrido) para llevar a cabo la combustión y evacuar los gases de escape del cilindro. En el motor de dos tiempos en cambio el ciclo tiene lugar durante una vuelta completa del cigüeñal, o sea dos carreras del émbolo.

En los motores de aspiración natural el ingreso de aire a la cámara de combustión y por lo tanto la cantidad de combustible que puede ser quemado en el ciclo están limitados por la capacidad de succión del pistón. La sobrealimentación mediante un compresor o turbo permite incrementar la cantidad de aire y combustible que ingresa a la cámara desarrollándose así mayor potencia por ciclo.

El motor es uno de los componentes más integrales de un vehículo. Este hecho de muchas partes que deben trabajar juntas para que el motor funcione como debe. En el caso de los motores de combustión interna, la fricción entre los elementos genera desgaste, además las pérdidas del orden de hasta el 6% de la potencia del motor

A simple vista las piezas metálicas parecen lisas, pero si las observamos a nivel microscópico percibiríamos que las superficies no son regulares provocando así un rozamiento que lleva al desgaste y sobrecalentamiento de las piezas.

Como se mencionó anteriormente el rozamiento es el responsable muchas veces de una menor potencia del motor debido a las fuerza adhesión de las superficies en movimiento entre sí e irregularidades de éstas, es por eso que una buena y

adecuada lubricación es fundamental para el buen funcionamiento del motor y la prolongación de su vida útil¹³.

Cuando no se presenta una protección adecuada entre los elementos del motor, se puede producir daños severos e irreversibles en el motor, ocasionando grandes gastos en la posterior reparación.

El fenómeno del desgaste es el responsable de una serie de nefastas consecuencias sobre el motor, tales como: pérdida de prestaciones, reducción de la vida útil de sus partes, acortamiento del periodo de cambio de aceite y disminución de su eficiencia; por todo ello es necesario un buen conocimiento de cómo se presenta, cómo se controla y las condiciones que influyen sobre el mismo en las diferentes piezas del motor, de cara a poder minimizarlo y poder diagnosticarlo de forma adecuada¹⁴.

Las principales zonas de desgaste en el pistón son: las caras superior e inferior de las ranuras del alojamiento de los segmentos, la falda y el asiento del bulón; en los segmentos: la superficie exterior y las caras superior e inferior y en la camisa sus paredes en toda la longitud de la carrera del pistón.

1.4.1 FUNCIONES DEL LUBRICANTE EN EL MOTOR

Los motores de combustión interna trabajan en las más variadas condiciones y requieren lubricantes que proporcionen la máxima protección y eficiencia operativa con el mínimo mantenimiento posible. Para ello es preciso que puedan cumplir con las siguientes funciones:

a) Lubricar: Aún en los motores correctamente lubricados un porcentaje considerable de la potencia desarrollada se pierde en vencer la fricción entre las partes en movimiento. El lubricante por lo tanto debe reducir la fricción al mínimo, es decir proveer una película eficiente especialmente entre los aros y el cilindro, tren de válvulas, cojinetes, etc.

¹³ Mecánica Fácil.(2009, febrero 15). Lubricación.
<http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=lubricacion>

¹⁴ Tormos, B., (2005). *Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado*. España: Reverte

b) Refrigerar: Debido al calor generado en la combustión algunas partes internas del motor (pistones, bielas, válvulas, etc.) pueden alcanzar temperaturas muy altas. Estas piezas no pueden ser enfriadas por un agente externo como ser aire o agua, sólo pueden ser refrigeradas por el lubricante.

c) Sellar: La película lubricante que se forma en algunas zonas como ser la de los aros debe ser capaz de contribuir al efecto de sellado y así evitar el pasaje de gases producidos en la combustión al cárter.

d) Mantener limpieza: Durante su funcionamiento el motor aspira y genera una gran cantidad de sustancias contaminantes que son agresivas tanto para el motor como para el propio aceite. Los productos de la combustión pueden ser corrosivos especialmente debido a las altas temperaturas y a la presencia de agua. Los materiales insolubles en el aceite tales como polvo, partículas de desgaste, carbón, pueden depositarse en las superficies de trabajo ya sea impidiendo su movimiento y provocando desgaste, o bien bloqueando filtros y conductos. Por ello, el lubricante debe proteger a las superficies internas del ataque de las sustancias corrosivas y mantener a las insolubles en suspensión evitando que se depositen.

1.5 PROPIEDADES DEL LUBRICANTE

Para poder cumplir con estas funciones el lubricante debe reunir una serie de propiedades:

a) Viscosidad:

La viscosidad mide el grado de rozamiento interno dentro del fluido. Este rozamiento interno está asociado con la resistencia que presentan dos capas de fluido adyacentes a moverse una con respecto a la otra. La viscosidad hace que parte de la energía cinética del fluido se convierta en energía interna (parecido a lo que ocurre cuando un objeto desliza sobre una superficie rugosa). La

viscosidad depende en gran medida de la temperatura y en menor medida de la presión¹⁵

La viscosidad es la característica más importante de un fluido desde el punto de vista de la lubricación y para casi todas las aplicaciones prácticas, ya que va a determinar su capacidad física para mantener la lubricación, esto es, va a fijar sus pérdidas por fricción, el rendimiento mecánico, la capacidad de carga y el gasto del fluido para unas condiciones determinadas de velocidad, temperatura, carga y dimensiones del elemento que se calcula.

Si un aceite es muy viscoso, no sólo se dificulta su rápida circulación sino también el movimiento de las distintas partes del motor. Es decir que habrá una lubricación inadecuada, con un mayor consumo de potencia. En cambio si el aceite es poco viscoso, la película lubricante no tendrá la suficiente resistencia para evitar el contacto entre las superficies móviles.

La elección de la viscosidad, resulta pues de un justo equilibrio de estos factores. Pero dado que la viscosidad de los aceites varía con la temperatura, y en un motor esta tiene un amplio rango de variación, desde el arranque cuando el motor está frío, hasta que alcanza la temperatura de régimen, es necesario además que el aceite mantenga una viscosidad adecuada (ni muy alta en frío, ni demasiado baja en caliente) en el rango de temperaturas de trabajo.

Sobre esta base y a fin de simplificar la elección, la Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices desarrolló una clasificación, normalizando las medidas de las viscosidades de los aceites a una temperatura determinada y asignándoles una denominación arbitraria.

Los grados de invierno, destinados a climas fríos, son: 0W, 5W, 10W, 15W, 20W y 25W.

Estos aceites por ser poco viscosos permiten un fácil arranque y una rápida circulación a bajas temperaturas. En tanto los grados de verano, destinados a climas cálidos son: 20, 30, 40 y 50. Estos aceites debido a su mayor viscosidad,

¹⁵ Tormos, B., (2005). *Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado*. España: Reverte

proporcionan una mayor protección del motor con altas temperaturas. En ambos casos, cuanto mayor es el número SAE, mayor es la viscosidad del aceite.

b) Índice de viscosidad

Dado que un motor puede trabajar en un rango de temperaturas muy amplio, es conveniente que el aceite tenga un elevado índice de viscosidad. Los aceites multigrados son lubricantes de alto índice de viscosidad y experimentan una menor variación de la viscosidad con la temperatura que los aceites monogrado. Esto hace posible que a bajas temperaturas respondan a la clasificación de algún grado de invierno pero que por otra parte, a altas temperaturas respondan a las de un grado de verano. Así por ejemplo, como se indica en el gráfico, un aceite multigrado SAE 15W-40 tendrá un comportamiento similar al de un monogrado SAE 15W a bajas temperaturas y al de un monogrado SAE 40 a altas temperaturas. Los lubricantes multigrado, protegen al motor en un rango más amplio de temperaturas, facilitan el arranque y contribuyen a la economía de consumo de combustible, por ello permiten cubrir las necesidades de lubricación de los motores para los más variados climas y condiciones de servicio.

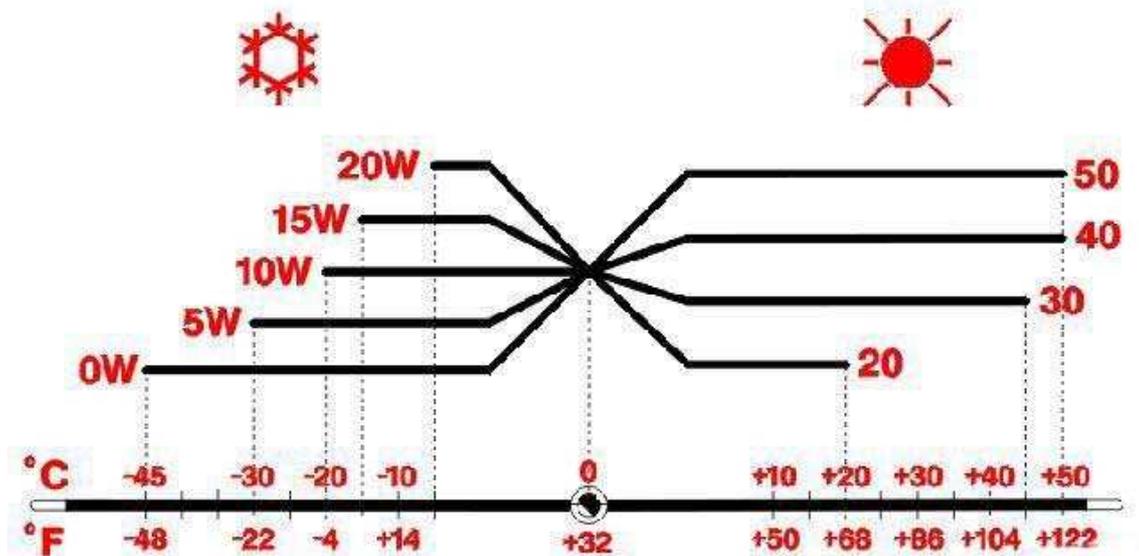


Figura 1. 8 Aplicación de aceites según norma SAE

Fuente: <http://www.clubvfrspain.es>¹⁶

¹⁶ http://www.clubvfrspain.es/imagenes_posts/418008/tablaaceites7qd0rx3jz3so9gr.jpg

c) Estabilidad térmica y a la oxidación

El aceite está sometido a altas temperaturas y a una intensa combinación en presencia de aire y productos de combustión, todo lo cual favorece la oxidación del aceite, va degradándose, produciendo compuestos que contienen los grupos carbonilo (C=O) tales como ésteres, cetonas o ácidos carboxílicos. Estos productos contribuyen a la acidificación del aceite y al consumo de la reserva alcalina del mismo. Los ácidos orgánicos que se forman poseen puntos de ebullición muy bajos (volátiles) suelen ser fuertemente corrosivos y los que poseen puntos de ebullición elevados tienden a formar gomas y lacas.

El efecto de una oxidación prolongada del aceite es un aumento de la viscosidad y su posible actuación corrosiva debido a su acidificación. En teoría un proceso de oxidación se debería llevar a cabo de forma lenta y progresiva debido al deterioro normal del lubricante en uso, pero la presencia de metales de desgaste, actuando como catalizadores en las reacciones de oxidación del aceite, y de componentes ácidos de la combustión provocan una degradación acelerada del mismo¹⁷

La primera etapa de oxidación definida como periodo de inhibición. En esta fase, las propiedades del aceite son relativamente estables y la oxidación que se produce es imperceptible. La permanencia de esta primera etapa se ve afectada por la temperatura y la concentración de los aditivos antioxidantes presentes en el aceite.

Esta etapa culmina con el agotamiento de los antioxidantes sintéticos, momento en el cual la oxidación comienza a ser más notoria. La segunda etapa de oxidación es la llamada etapa de rotura, en la cual la oxidación ya no está influenciada por los antioxidantes sintéticos. El efecto más pronunciado sobre la tasa de oxidación puede verse en la composición del aceite y en la concentración de los inhibidores de oxidación naturales. La mayor tasa de oxidación también se refleja en la degradación de las propiedades del aceite.

La etapa final de oxidación se caracteriza por una tasa de oxidación lenta debido a la alta viscosidad del aceite. El aceite contiene una alta concentración de

¹⁷ Tormos, B., (2005). *Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado*. España: Reverte

productos de la oxidación que pueden ser parcialmente polimerizados y que junto a la alta viscosidad limitan el acceso de aire u oxígeno al mismo debido a una tasa limitada de difusión.

Estos productos de la oxidación son responsables de algunos de los problemas que se presentan durante el funcionamiento de los motores. Por su parte, los ácidos orgánicos volátiles, si se deja que se concentren en mayor proporción, atacan los metales de los cojinetes, ocasionando su picado y rotura; además, reaccionan con el resto del lubricante para formar masas blandas, o cienes, que se depositan en las cámaras de las válvulas, en los colectores de lubricante, en los filtros y coladores y en el refrigerador del lubricante¹⁸

d) Propiedades antidesgaste: Cuando los elementos del motor están sujetos a elevadas cargas con posible rotura de la película lubricante, o bien dónde resulta muy difícil formarla, es necesario que el aceite tenga propiedades antidesgaste a fin de evitar el contacto metal con metal.

e) Dispersancia: Debido a la presencia de productos de oxidación, polvo y partículas, hollín, el aceite debe tener buenas propiedades dispersantes a fin de evitar la aglomeración y formación de depósitos.

f) Resistencia a la formación de espuma: Cuando el aceite se agita con aire tiende a formar espuma. Si esta es excesiva, por un lado se aceleran los procesos de oxidación y por otro lado puede dar lugar a una rotura de la película lubricante por mal funcionamiento de la bomba.

g) Protección a la corrosión y herrumbre: En la combustión inevitablemente se producen ácidos fuertes (especialmente si el combustible tiene un alto contenido de azufre) y agua.

Ambos productos pueden dañar los distintos componentes del motor. Por eso es necesario que el aceite tenga una elevada capacidad para combatir a los ácidos y proteger a las superficies de la herrumbre.

¹⁸ Kates, E., (2002). *Motores Diesel y de gas de alta compresión*. España: Reverte

1.6 PRINCIPALES ESPECIFICACIONES

La vida útil de un motor depende en gran parte de una eficaz lubricación, pero para que ello ocurra, no basta que el aceite empleado tenga una viscosidad adecuada. La clasificación SAE indica la viscosidad del lubricante pero nada dice del nivel de calidad o aptitud del aceite para poder cumplir con las exigencias impuestas por los distintos diseños de motores y tipos de servicio.

La calidad de los lubricantes de cárter se evalúa mediante pruebas realizadas en motores en condiciones normalizadas y que permiten establecer niveles o categorías de acuerdo con la severidad de los ensayos.

Hay básicamente dos sistemas de clasificación que se emplean para describir la performance de los lubricantes de cárter.

En EE.UU., la clasificación de aceites de motor está regulada desde el año 1970 por un arreglo tripartito entre la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices), ASTM (Sociedad

Americana de Ensayos de Materiales) y API (Instituto Americano del Petróleo) mediante el cual:

- SAE evalúa las necesidades técnicas y promulga las categorías de servicio.
- ASTM establece la descripción técnica de las mismas con los correspondientes métodos de ensayo de laboratorio y/o motor.
- API identifica la categoría y describe su significado y campo de aplicación en un lenguaje destinado al usuario. Además, desde 1992 administra el sistema voluntario de certificación de lubricantes (EOLCS) que describe los métodos para el desarrollo de productos y homologación de los ensayos de acuerdo al Código de Práctica de la CMA (Asociación Americana de Productores de Aditivos).

El sistema de clasificación es de tipo “abierto”, es decir que se pueden agregar nuevas categorías de servicio sin necesidad de cambiar las existentes. Cada categoría se identifica con dos letras, siendo la primera una S en las destinadas a

motores a nafta y una C en las destinadas a motores diesel. En ambos casos la segunda letra indica un orden creciente de exigencias.

Inicialmente, se consideraron ocho categorías: CA, CB, CC, CD y SA, SB, SC, SD que con el correr del tiempo fueron quedando obsoletas (a medida que se establecieron nuevas categorías o bien al no estar más disponibles los equipos y/o métodos empleados para verificar un cierto nivel de performance).

En la evolución de las categorías para aceites de *Motores Diesel* se pueden destacar:

CC Actualmente obsoleta y asociada a una tecnología propia de los motores de inyección indirecta y aspiración natural de la década del 60, constituye un nivel básico de performance en cuanto a control de corrosión en cojinetes, herrumbre y depósitos en pistón para condiciones de operación moderadas.

CD Establece un mayor grado de control de la oxidación del aceite y de la formación de depósitos a altas temperaturas. Si bien está actualmente obsoleta, representó durante casi dos década el nivel típico de performance requerido por sucesivas generaciones de motores de aspiración natural o turboalimentados, empleados en el servicio pesado de carga y pasajeros.

CD-II Versión de CD, destinada a los motores de dos tiempos Detroit Diesel, que a fin de evitar el taponamiento prematuro de las lumbreras, requieren lubricantes de un tenor de cenizas inferior al 0.8%. Actualmente está obsoleta.

CE Introducida en 1988 (actualmente obsoleta) coincidiendo con la entrada en vigencia de las primeras regulaciones de emisiones. Representó un cambio importante ya que sobre la base de la API CD, por primera vez se adoptaron ensayos en motores multicilíndricos turboalimentados de inyección directa (Cummins, Mack) a fin de evaluar el consumo de aceite y el incremento de su viscosidad. Además estableció (implícitamente) una "preferencia" por aceites multigrado.

CF Introducida en 1994, reemplazó a la API CD con un mejor control sobre los depósitos producidos a altas temperaturas.

CF-II Reemplazó a CD-II en 1991.

CF-4 Introducida en 1991 como un “upgrade” de la API CE, en respuesta a las primeras regulaciones sobre emisiones de partículas. Está orientada a motores HD de alta tecnología que emplean aceites multigrados

CG-4 Introducida en 1995, se relaciona con los requerimientos de la nueva generación de motores HD de bajo nivel de emisiones. Además del empleo de combustible de bajo azufre (menor a 0,05 % p/p), las principales diferencias con la API CF-4 son un mayor control del desgaste en el tren de válvulas y de los efectos derivados de los mayores niveles de hollín en el aceite (incremento de la viscosidad y taponamiento de filtros). También se incluyen por primera vez, ensayos de laboratorio.

CH-4 Introducida en 1999, se relaciona con los nuevos requerimientos de los motores HD para cumplir con la legislación de emisiones de 1998. Las diferencias con la API CG-4 son un mayor control del desgaste y de los efectos derivados de los mayores niveles de hollín en el aceite aún para combustibles de alto azufre (0,5 % p/p). Además permiten mayor flexibilidad en la fijación de períodos de cambio extendidos de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes de motores.

En lo que respecta a categorías para aceites de Motores a nafta:

SE Introducida en 1972 con el fin de proporcionar un mayor nivel de protección contra la oxidación, formación de lodos, corrosión y herrumbre (en las condiciones típicas del servicio de corta distancia) y a controlar el aumento de viscosidad y desgaste del tren de válvulas (altas temperaturas de operación). Actualmente está obsoleta.

SF Introducida en 1980 y actualmente obsoleta, estuvo dirigida a proporcionar una mayor protección antidesgaste y estabilidad a la oxidación.

SG Introducida en 1989, estaba destinada a las nuevas generaciones de motores de alta eficiencia y bajo nivel de emisiones.

SH Introducida en 1992, coincidiendo con la adopción del código de práctica de la CMA, es conceptualmente similar a la API SG (mismos ensayos, mismos límites). No obstante el cambio de criterio de evaluación estadístico empleado para la aprobación de los ensayos obligó a una reformulación de los lubricantes nivel SG, que se tradujo en una disminución “de hecho” de los límites en cuestión.

SJ Introducida en 1996 es similar a la API SH, excepto por la introducción de algunos ensayos de laboratorio (menor volatilidad, etc.) y por la disminución del contenido admisible de fósforo.

Para las categorías SG, SH y SJ, existe una clasificación suplementaria que tiene en cuenta la capacidad del aceite para contribuir a la economía de consumo de combustible, y que emplea la denominación EC (Energy Conserving). La EC-I es aplicable a lubricantes para los cuales en un ensayo normalizado (secuencia VI) se ha verificado una mejora superior al 1.5 % respecto de un aceite de referencia. Para la EC-II (secuencia VIA) la mejora debe ser mayor a 2.7 %.

Adicionalmente la AAMA (Asociación Americana de Fabricantes de Automóviles) y la JAMA (Asociación Japonesa de Fabricantes de Automóviles), a través de la ILSAC (Comité Internacional de Estandarización y Aprobación de Lubricantes) desarrollaron en conjunto una clasificación para aceites de automóviles a nafta, denominadas GF1 y KGF, conceptualmente similares a las API SH + EC-I y SJ + EC-II respectivamente. En particular la ILSAC KGF, sólo considera aceites multigrado 10W-XX, 5W-XX y 0W-XX.

El otro sistema es el desarrollado en Europa, dónde desde el año 1975 hasta 1990, la clasificación de aceites de motor estuvo regulada exclusivamente por CCMC (Comité de Constructores del Mercado Común) que nucleaba a los principales fabricantes de automóviles europeos. Inicialmente se adoptó una única categoría para aceites de motor a nafta y otra para aceites de motores Diesel. Recién en 1984 se introdujo un nuevo sistema, tomando como base los lineamientos empleados en la clasificación americana, pero con el agregado de ensayos desarrollados por CEC (Consejo Europeo de Coordinación de ensayos en combustibles, lubricantes y filudos), tendientes a evaluar algunos aspectos del

comportamiento de los aceites, de particular importancia para los diseños y condiciones de servicio europeos.

Las categorías adoptadas para los aceites de motores a nafta fueron:

G-1 aproximadamente equivalente a la API SE, corresponde a los requerimientos básicos.

G-2 aproximadamente equivalente a la API SF, asociada a aceites de calidad superior

G-3 similar a la G-2, con mayor resistencia a la oxidación y referida a aceites de baja viscosidad.

Para los aceites de motores Diesel:

D-1 Aproximadamente equivalente API CC, destinada a motores de aspiración natural y condiciones de operación moderadas

D-2 Aproximadamente equivalente a una API CD/SF, destinada a motores de aspiración natural y/o turboalimentados y servicio severo.

D-3 Similar a la CCMC D2, pero para servicio severo con períodos de cambio extendidos

PD-1 Aproximadamente equivalente a una API SF / CC para motores diesel livianos (autos, utilitarios)

En 1989 se introdujeron las categorías G-4 y G-5 (aproximadamente equivalentes a la API

SG con un mayor énfasis en la prevención del desgaste del tren de válvulas y la formación de lodos) en reemplazo de las G-2 y G-3 y las D-4, D-5 y PD-2 en reemplazo de las D-2, D-3 y PD-1 respectivamente. Las G1 y D1 se eliminaron. Es de destacar que en el campo diesel, las nuevas especificaciones constituyeron una suerte de punto de quiebre a partir del cual no existe estrictamente una equivalencia entre las CCMC y las API, debido a los distintos requerimientos (incluso contrapuestos) de los diseños de motores americanos y europeos. En

particular las CCMC D4 y D5 toman como base a la MB 228.1 y 228.3 respectivamente.

En 1990, se disolvió la CCMC y fue reemplazada por la ACEA (Asociación de Constructores Europeos) que si bien inicialmente continuó empleando la clasificación anterior, en 1993 tomó la decisión de reemplazarla totalmente por un nuevo sistema que finalmente entró en vigencia en 1996.

Hay tres categorías

- A Para motores a nafta
- B Para motores diesel livianos
- E Para motores diesel de transporte pesado de carga y pasajeros y cada una de ellas comprende tres niveles de performance denominados 1, 2 y 3.

En términos generales para los aceites de motores a nafta, hay un mayor énfasis en el control de la oxidación, pegado de aros y formación de lodos que en API SH y SJ (a los que toma como base y se adicionan ensayos en motores europeos) y las anteriores CCMC G4 y G5, lo cual es importante a los efectos de mantener la economía de consumo de combustible y el nivel de emisiones, especialmente con períodos de cambio más prolongados.

A1 está dirigida aceites de baja viscosidad (con mayor protección antidesgaste pero similar resistencia a la oxidación que CCMC G5) empleados en motores modernos.

A2 está dirigida a aceites de viscosidades convencionales (con mayor protección antidesgaste pero similar resistencia a la oxidación que CCMC G5) y con períodos de cambio normales, empleados en motores modernos.

A3 está dirigida a aceites de muy alta estabilidad a la oxidación empleados en motores de alta performance y con períodos de cambio prolongados.

En aceites para motores Diesel livianos las categorías reflejan un esquema similar.

B1 está dirigida aceites de baja viscosidad (con mayor protección antidesgaste y mayor limpieza que CCMC PD-2) empleados en motores modernos.

B2 está dirigida aceites de viscosidades convencionales (con mayor protección antidesgaste y mayor limpieza que CCMC PD-2) empleados en motores modernos, fundamentalmente de inyección indirecta y con períodos de cambio normales.

B3 está dirigida a aceites de muy alta estabilidad a la oxidación empleados en motores de alta performance y con períodos de cambio prolongados.

B4 está dirigida a motores de inyección directa.

En aceites para motores Diesel pesados categorías están asociadas a niveles respectivamente crecientes de severidad de servicio, menor mantenimiento y mayores períodos de cambio.

E1 Toma como base la MB 227.1 con un mayor control sobre el desgaste del tren de válvulas. Está destinada a motores de aspiración natural, servicio liviano y períodos de cambio normales.

E2 Toma como base la MB 228.1 con un mayor control sobre el desgaste del tren de válvulas. Está destinada a motores de aspiración natural o turboalimentados, servicio liviano o pesado y períodos de cambio normales.

E3 Toma como base la MB 228.3 con un mayor control sobre el desgaste del tren de válvulas y del incremento de viscosidad. (Provisoriamente Mack T8). Está destinada a motores de aspiración natural o turboalimentados, servicio pesado y períodos de cambio extendidos.

E4 Toma como base la MB 228.5. Está destinada a motores de aspiración natural o turboalimentados, servicio extra pesado y períodos de cambio muy extendidos.

E5 Proporciona mayor control del desgaste formación de depósitos y mantenimiento de la limpieza respecto de la ACEA E3. Recomendada para motores de las series Euro 1, Euro 2 y Euro 3 con servicio severo y períodos de cambio extendidos.

A partir de 1997 y para las categorías promulgadas por ACEA, entró en vigencia un sistema voluntario de certificación y homologación de ensayos de lubricantes desarrollados por CEC según el código de práctica de ATC (Comité Técnico de productores de Aditivos) y ATIEL (Asociación Técnica de la Industria Europea de Lubricantes), denominado EELQMS (Sistema de Gestión de Calidad de Lubricantes de Motor).

CLASIFICACIÓN API PARA MOTORES DIESEL

NIVEL API	CARACTERÍSTICAS
CA (1940)	Motores de aspiración natural. Protección mínima contra la corrosión, desgaste y depósitos. Obsoleta.
CB (1949)	Motores de aspiración natural. Mejor control sobre los depósitos y el desgaste. Obsoleta.
CC (1961)	Motores de aspiración natural, turbo o sobrealimentados. Mayor control sobre la formación de depósitos a alta temperatura y corrosión en cojinetes. Obsoleta.
CD (1955)	Motores de aspiración natural, turbo o sobrealimentados que requieren un mayor y efectivo control de los depósitos y el desgaste. Serie 3 clásicas. Obsoleta.
CD-II(1955)	Motores diesel de dos tiempos que requieren un efectivo control del desgaste y los depósitos (estos aceites cumplen todos los requerimientos del nivel CD). Obsoleta.
CE (1983)	Motores turbo o sobrealimentados para servicio severo. Control sobre consumo y espesamiento del aceite, depósitos y desgaste. Dirigida a multigrados. Obsoleta.
CF-4(1990)	Motores turbo o sobrealimentados para servicio severo, especialmente en carretera. Reemplaza al nivel CE con mejor control del consumo de aceite y formación de depósitos en los pistones.
CF (1994)	Motores de aspiración natural, turbo o sobrealimentados, que pueden usar gasoil con diferentes contenidos de azufre. Efectivo control de la formación de depósitos en los pistones, desgaste y corrosión en cojinetes. Reemplaza al nivel CD. No reemplaza al nivel CE.
CF-2(1994)	Motores diésel de dos tiempos que requieren un efectivo control del desgaste de aros y cilindros y de la formación de depósitos. Reemplaza al nivel CD-II. No necesariamente cumple los requerimientos de los niveles CF o CF-4.
CG-4(1994)	Motores diésel para servicio severo, tanto en carreteras (gasoil con bajo contenido de azufre: 0,05% p.) como fuera de ellas (gasoil con contenido de azufre máximo de 0,5% p.). Efectivo control de los depósitos de alta temperatura, desgaste, corrosión, espuma, oxidación del aceite y acumulación de hollín. También se puede emplear cuando se requieran aceites de nivel CD, CE y algunos

	casos de CF-4. Se suele acompañar con CF-4 y normas Mercedes Benz.
CH-4(1998)	Motores diesel para servicio severo, que emplean gas oil con alto o bajo contenido de azufre, y que deben cumplir con estrictas normas de control de emisiones (USA 1998). Ha mejorado el control de depósitos en modernos pistones de dos piezas (excelente nivel dispersante), del desgaste y la resistencia a la oxidación. Sobresaliente control del hollín que producen los sistemas de inyección de alta presión y control electrónico.
CI-4	Comparada con CH-4, estos aceites brindan una mayor protección contra la oxidación, herrumbre, reducción del desgaste y mejora la estabilidad de la viscosidad debido a un mayor control del hollín formado durante el uso del aceite, mejorando así el consumo de aceite. Comprende aceites utilizados en motores Diesel de alta velocidad, que cumplen con los límites de emisiones implementadas a partir del 2002 y uso de combustibles que contengan hasta un 0,5% de azufre en peso.
CI-4-“Plus” 2004	Surgió como resultado de cierta insatisfacción por parte de fabricantes como Caterpillar, Mack y Cummins en lo referente a requisitos de Control del espesamiento provocado por el hollín y de la caída de la viscosidad debido al alto esfuerzo mecánico sobre los aditivos mejoradores de viscosidad.
CJ-4 (2006)	Se introdujeron en el año 2006. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos diseñados para cumplir con las normas de emisión de gases de escape en autopista para el modelo del año 2007. Los aceites CJ-4 están compuestos para ser usados en todas las aplicaciones con combustibles diesel con rango de contenido de azufre hasta 500 ppm (0.05% en peso). Los aceites CJ-4 son eficaces en la protección de la durabilidad del sistema de control de emisiones cuando se emplean filtros de partículas y otros sistemas de postratamiento avanzados. La protección es óptima en el control del envenenamiento catalítico, bloqueo de filtros de partículas, desgaste del motor, formación de depósitos en pistones, estabilidad a baja y alta temperatura, propiedades en el manejo del hollín, espesamiento por oxidación, formación de espuma, y pérdida de viscosidad debido al corte o esfuerzo mecánico. Los aceites API CJ-4 superan los criterios de desempeño de API CI-4 con CI-4 PLUS, CI-4, CH-4, CG-4 y CF-4 y pueden lubricar eficazmente motores que requieren esas Categorías de Servicio API. Al utilizar aceite CJ-4 con combustible que contenga más de 15 ppm de azufre, consulte al fabricante del motor para el intervalo de servicio.

Tabla 1. 1 Clasificación API para motores Diésel

Fuente: http://www.cal.org.ar/system/contenido.php?id_cat=8

CAPITULO II

2.1 TIPOS Y MARCAS DE ACEITES

Los aceites se aplican cuando la temperatura de trabajo es media o elevada. Además cuando las etapas de relubricación exigidas son cortas. No contienen materiales sólidos o fibrosos, a diferencia de las grasas. Su rango de consistencia varía desde los líquidos delgados hasta sustancias semigrasas.

En la actualidad se aplican tres tipos diferentes de aceites lubricantes en los motores actuales los cuales son: aceite mineral, aceite sintético y aceite semisintético. En la figura siguiente se muestra los diferentes tipos de aceites y la composición promedio de los mismos.

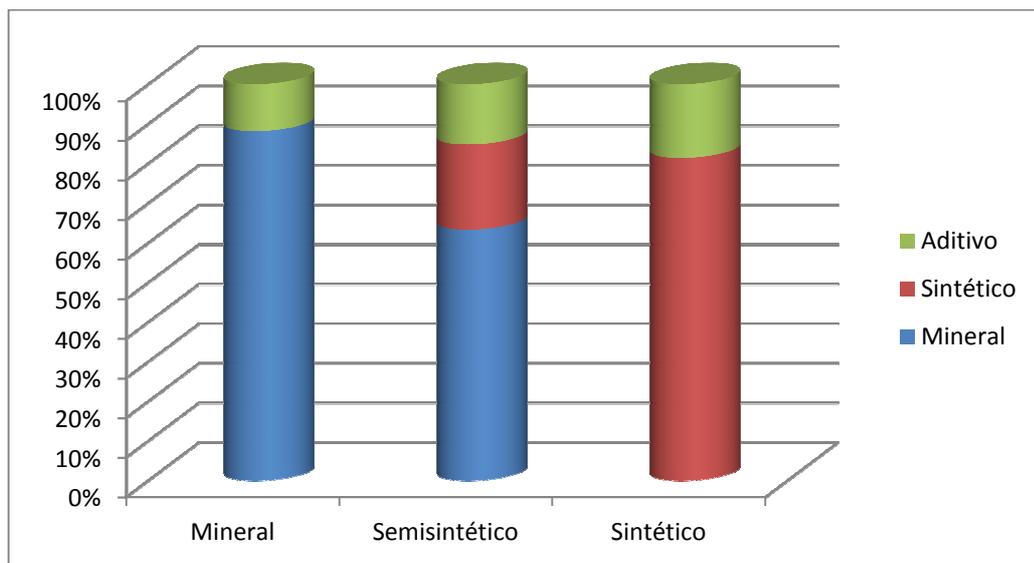


Figura 2. 1 Tipos de aceites y su composición

Fuente: Propia

La producción de aceites base es una de las operaciones de refinado más complejas. Se realiza en un número restringido de refinerías en todo el mundo. El procedimiento de refinado utiliza petróleos brutos rigurosamente seleccionados

para poder responder a las exigencias de calidad de los lubricantes terminados. En la figura 2.2 se observa de manera general el proceso de obtención.

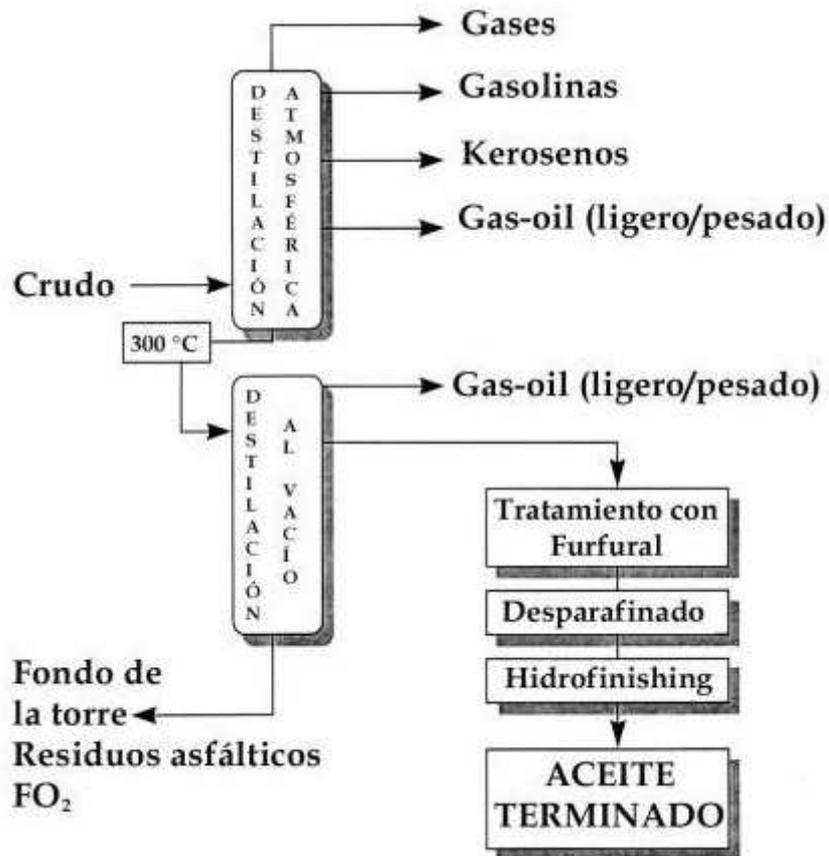


Figura 2. 2 Fabricación del aceite base

Fuente: JACQUARD, R; "Instalaciones Frigoríficas"; Pág. 120

2.1.1 ACEITE MINERAL

El aceite mineral está compuesto por diversos hidrocarburos de origen mineral que se obtienen mediante un proceso de refinación del petróleo crudo, por tanto su origen es completamente natural. Los aceites base de tipo mineral están constituidos por tres tipos de compuestos: parafínicos, nafténicos y aromáticos, los compuestos parafínicos son los que se encuentran en mayor proporción (60% a 70%), debido a que poseen las mejores propiedades lubricantes, además en menor proporción siempre hay compuestos naftalénicos y aromáticos que aportan

propiedades que no tienen las parafinas como el buen comportamiento a bajas temperaturas y el poder disolvente, entre otros.¹⁹

Los lubricantes con base de petróleo tiende a deteriorarse químicamente de manera más progresiva debido a que no poseen las propiedades físicas adecuadas para mantener un desempeño que asegura la protección del equipo, llegándose a presentar fallas prematuras en las unidades, además de pérdidas considerables de eficiencia.

Esto provoca que el compuesto mineral utilizado como base para lubricantes tenga una estructura química compleja y variada donde, además de los compuestos que están en mayor porcentaje, se encuentran otros compuestos que demeritan la estabilidad química del aceite provocando mayor susceptibilidad de reaccionar bajo efectos de ciertos elementos catalizadores, como son algunos metales, oxígeno y calor.

El principal inconveniente que presentan los aceites minerales es que se obtienen por la destilación fraccionada del petróleo, estando formados por un conjunto de cadenas de diferente longitud (distinto número de átomos de carbono). Durante el ciclo de trabajo, las cadenas más cortas (hidrocarburos más volátiles) se vaporizan con mayor facilidad, con lo que tiende a aumentar la viscosidad del fluido restante, lo que originará una mala lubricación de la máquina; además, por efecto del trabajo de cizalladura de las partes para lubricar sobre las cadenas, éstas se rompen en fragmentos más cortos que se volatilizarán con mayor facilidad.²⁰

Los aceites minerales pueden ser de tres tipos:

Aceites Parafínicos: Constituidos por una cadena lineal saturada un ejemplo de su estructura se muestra en la figura 2.3

¹⁹ <http://www.gulfoilvenezuela.com/lubricante-mineral-sintetico-semi-sintetico.aspx>

²⁰ http://www.marcombo.com/Descargas/8426714153-frioll/primer_capitulo_frio2.pdf

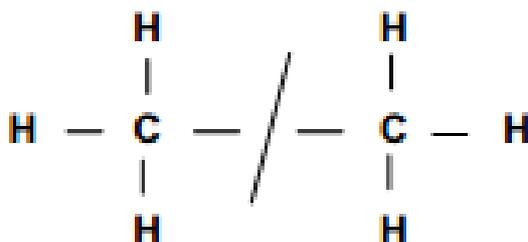


Figura 2. 3 Estructura típica de los aceites parafínicos

Fuente: <http://www.marcombo.com/>²¹

Aceites Nafténicos: Constituidos por una cadena cíclica saturada un ejemplo de su estructura se muestra en la figura 2.4

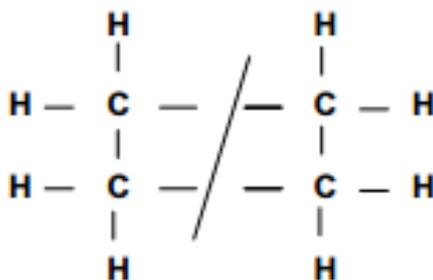


Figura 2. 4 Estructura típica de los aceites nafténicos

Fuente: <http://www.marcombo.com/>²²

Aceites Aromáticos: Constituidos por una cadena cíclica insaturada un ejemplo de su estructura se muestra en la figura 2.5

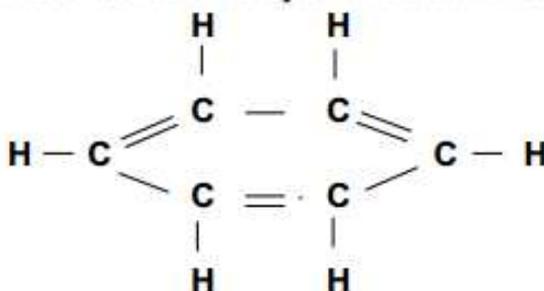


Figura 2. 5 Estructura típica de los aceites nafténicos

Fuente: <http://www.marcombo.com/>²³

²¹ http://www.marcombo.com/Descargas/8426714153-fri01/primer_capitulo_frio2.pdf

²² http://www.marcombo.com/Descargas/8426714153-fri01/primer_capitulo_frio2.pdf

²³ http://www.marcombo.com/Descargas/8426714153-fri01/primer_capitulo_frio2.pdf

2.1.2 ACEITE SINTÉTICO

El aceite sintético es un producto químico obtenido por procesos de sintetización, dichos químicos no proceden del petróleo, se procede modificando la estructura molecular de sus componentes y eliminan ciertas partículas minerales no deseables.

El aceite sintético se creó para ser un sustituto del petróleo, o para ser un sustituto lubricante de aceite mineral para el motor. A diferencia de los aceites minerales, los cuales son una mezcla compleja de hidrocarburos formados naturalmente con impurezas, los fluidos sintéticos son productos diseñados por el hombre para tener una estructura molecular controlada con propiedades predecibles. Una comparación aproximada se muestra en la figura 2.6.

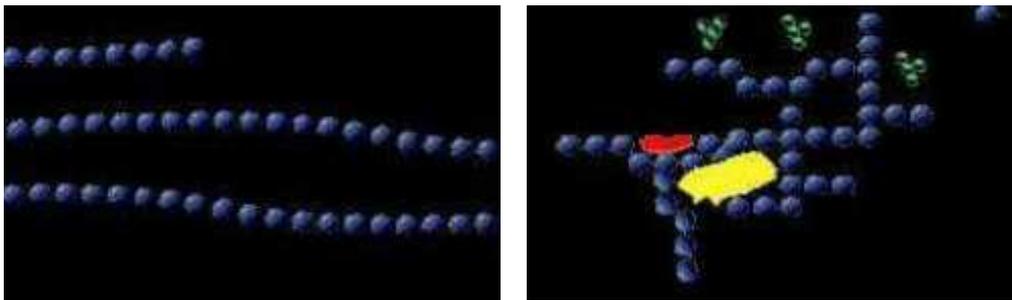


Figura 2. 6 Estructura de un aceite sintético y de un aceite mineral.

Fuente: http://www.viselubricantes.cl/PDF_Mobil/Lubricantes_Sinteticos_II.pdf

Las propiedades particulares que presentan los aceites sintéticos los hacen apropiados para motores de altas prestaciones sometidos a condiciones de servicio muy severas debido a que se elabora con los compuestos especiales que ofrecen mayores ventajas de protección del motor. La prolongada duración del aceite sintético permite mayores periodos en el cambio de aceite lo cual compensa su alto costo.

Las principales ventajas de los aceites sintéticos son:

- Buena fluidez a bajas temperaturas, lo que facilita el arranque en frío. Factor crítico para motores Diésel.
- Mayor estabilidad térmica, muy estable tanto con altas como con bajas temperaturas, lo que permite un amplio margen de utilización.
- Mayor índice de viscosidad
- Alta resistencia a la oxidación con elevadas temperaturas, alargando su vida útil.
- Reduce la fricción causando menores pérdidas de energía y menos desgastes.
- Tiene una durabilidad promedio de 10,000Km incluso hay hasta de 40,000Km o más.
- Una gran ventaja del aceite sintético es que la duración es prolongada, requiere más tiempo antes de que se degrade para su función específica.
- Tiene buenas cualidades detergentes y dispersantes, además de baja tendencia a la formación de depósitos. Menor volatilidad.²⁴

Los lubricantes sintéticos pueden clasificarse en alguna de las siguientes familias citadas a continuación en la tabla 2.1.

²⁴ SANZ, S; "Motor"; Editex; México; 2007; Pág 276

Familia	Composición
PAO (Polialphaolefinas)	Son el resultado de una reacción de polimerización de compuestos olefínicos. También llamados Hidrocarburos de síntesis, por ser "construidos" artificialmente con productos procedentes del crudo petrolífero. Tiene muy buena fluidez a bajas temperaturas y su elevado índice de viscosidad.
Alkilbenzenos	También son aceites sintéticos que en su estructura contienen una cadena bencénica, mucho mejor que los PAO o, incluso, que los aceites minerales. Tienen una mala relación viscosidad/temperatura. Existe la posibilidad de mejorar esta relación aumentando la longitud de las cadenas de los hidrocarburos, a expensas de la miscibilidad; también se han llevado a cabo formulaciones mezclando alquilbenzenos con PAO para lograr la misma finalidad.
Ésteres orgánicos	Se obtienen también por síntesis, pero no se parte de productos petrolíferos. Se obtienen a partir de la reacción de esterificación entre productos de origen vegetal, tales como alcoholes y ácidos grasos de origen vegetal. Poseen también excelente resistencia a altas temperaturas y elevada biodegradabilidad, con lo que no se rompe el equilibrio ecológico ya que son fácilmente absorbidos por colonias bacterianas. Su grado de degradación biológica en estado puro y nuevo es cercano a 100%. El mayor inconveniente radica en su elevada higroscopicidad.

Tabla 2. 1 Aplicaciones industriales de aceites sintéticos

Los aceites

sintéticos presentan una serie de ventajas notables, lo que origina que su uso se haya extendido a varios campos de la industria. En la tabla 2.2 se menciona ciertas aplicaciones de los aceites sintéticos en general de acuerdo al tipo de equipo y se indica las ventajas con respecto a los aceites minerales.

Tipo de Equipo/ Unidad Lubricada	Condiciones de operación	Ventajas de los aceites sintéticos contra los aceites minerales
Calandrias / Caucho, Plástico Cartón, Losa	Altas temperaturas a 180 °C a 260 °C	Mayor periodo de cambio reducción en depósitos alta resistencia a la Oxidación y al "craking" térmico
Maquinaria para la Industria del Papel) Secadoras. Unidades de Transmisión Calandrias	Altas temperaturas	Mayor periodo de cambio, reducción en depósitos, alta resistencia a la Oxidación y al "craking" térmico
Plantas Nucleares / Motores de Enfriamiento Verticales de entre 6 000 V 9 000 HP	Cambio de aceite anual o cada 8000 horas mínimo	Mayor periodo de cambio, reducción en depósitos
Turbina de gas	Temperatura Ambiente entre -55°C a 60°C	Mayor periodo de cambio, mayor rango de temperaturas de aplicación reducción en depósitos
Turbinas de Vapor / Control electro-Hidráulico. Regulador.	En la línea de Vapor = Sobrecalentamientos	Resistente al fuego
Sistemas hidráulicos	Temperaturas entre 40°C y 93°C	Mayor bombeabilidad a bajas temperaturas y alta estabilidad a temperaturas elevadas
Engranajes, Encerrados paralelos. Tornillo Sinfin Rectos. Cónicos	Trabajo pesado, cargas de impacto, servicio severo	Mayor periodo de cambio, mayor resistencia a la Oxidación a altas temperaturas
Sistemas Hidráulicos en equipos de Fundición y Troquel	Metal fundido fuentes de ignición	Resistente al fuego
Compresores de aire reciprocantes	Servicio severo	Mayores periodos de cambio
Compresores de Aire Rotatorios	Servicio severo	Mayor eficiencia

Tabla 2. 2 Aplicaciones industriales de aceites sintéticos

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al desempeño en los motores Diésel los aceites sintéticos son capaces de desarrollar mayor recorrido antes de degradarse, generan menos residuos (lodos y lacas). Su costo es más elevado, pero se llegan a compensar con el uso.

2.1.3 ACEITES SEMISINTETICOS

Finalmente, el aceite semisintético está compuesto por una base de aceite mineral al cual se le añade aceite sintético en un determinado porcentaje, también se le añade cierta cantidad de aditivos que mejoran las propiedades generales del aceite. Con este aceite se mejoran en gran medida las cualidades del aceite mineral. Su ventaja competitiva es su precio y su resistencia a la oxidación.

Las características de un aceite semisintético respecto a uno convencional son las siguientes:

- Mayor índice de viscosidad.
- Extiende los intervalos de cambios de aceite y mejora la lubricación debido a que posee las cualidades de un aceite sintético.
- Puede disminuir el consumo de combustible y mejora el arranque en frío.
- El aceite semisintético es más amigable con el ambiente debido a que su formulación está realizada en base a aceites minerales.

A continuación se realiza estudio comparativo referente a las propiedades de los dos tipos principales de aceites dando una calificación cualitativa de ambos.

	Aceite mineral	Aceite sintético	
		PAO	Esteres
Propiedades a alta temperatura	XX	XXX	XXX
Propiedades a baja temperatura	X	XXX	XXX
Índice de viscosidad	XX	XXX	XXXXX
Volatilidad	XX	XXX	XXX
Solubilidad de los aditivos	XXXX	XX	XXXXX
Biodegradabilidad	XX	X	XXXX

Tabla 2. 3 Estudio cualitativo entre aceite mineral y aceite sintético

Fuente: Elaboración propia

2.1.4 LUBRICANTES EN EL ECUADOR PARA MOTORES A DIESEL

A continuación se indica en la tabla 2.4 las marcas de lubricantes para motores a diésel con su correspondiente distribuidor local.

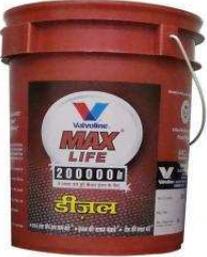
<p>LUBRILACA CIA. LTDA. Distribuidor Autorizado Golden Bear y Kendall</p> 	<p>PDVSA Lubricantes</p> 
<p>SHELL COMPAÑÍA DE PETROLEO DEL ECUADOR Aceites y Grasas Lubricantes</p> 	<p>Lubrival S. A Lubricantes</p> 
<p>CEPSA Lubricantes Castrol</p> 	<p>Conauto Lubricantes</p> 

Tabla 2. 4 Lubricantes para motor Diésel en el Ecuador

Fuente: Elaboración propia

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS LUBRICANTES

Muchas de las diferentes ramas que constituyen el campo de desarrollo y aplicación de los materiales lubricantes, son por si solas especialidades cuyo estudio resulta complejo y extenso, se realizará una síntesis de los principales temas al respecto. La función principal de los lubricantes es la reducción o prevención del desgaste de las piezas que conforman las máquinas. La fricción genera calor, el aceite deberá evacuar el calor de la zona de fricción, proteger las superficies lubricadas contra la corrosión, reducir o prevenir la formación de impurezas sobre la superficie de las piezas en particular en los motores de combustión interna.

Restricciones	Propiedades exigidas del aceite
Características del motor	Propiedades lubricantes Índice de viscosidad Fluidez a baja temperatura Buena viscosidad a baja temperatura
Mantenimiento de la limpieza del motor	Poder detergente y dispersante
Protección contra corrosión y desgaste	Poder anticorrosivo y antidesgaste, viscosidad elevada con cizallamiento elevado
Funcionamiento a temperatura elevada	Estabilidad térmica
Longevidad del aceite	Estabilidad a la oxidación
Bajo consumo de aceite	Viscosidad elevada, baja volatilidad
Compatibilidad con las juntas	Composición adecuada, baja agresividad
Bajo consumo de combustible	Baja viscosidad, rozamiento reducido
Control de emisiones	Bajo consumo, baja volatilidad, viscosidad constante.
Medio ambiente	Ausencia de compuestos tóxicos como los policlorobifenilos (PCB)

Tabla 2. 5 Características de los aceites de motor

Fuente: WAUQUIER, J, El refinado de petróleo: petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación, Pág. 289

A continuación se consideran brevemente las principales características de los lubricantes así como su aplicación práctica y su estandarización.

2.2.1 VISCOSIDAD

Previamente se realizó un estudio de la viscosidad y se la definió, como la resistencia a fluir ofrecida por el aceite, es la propiedad más importante ya que indica la habilidad para mantener sin destruirse una fina película que separe los elementos y evite el contacto entre los mismos.

La fricción, el desgaste y el consumo de aceite dependen de la viscosidad. La viscosidad cambia con la temperatura, siendo menor a medida que la temperatura crece. Se la cuantifica con los viscosímetros, de los cuales los más conocidos son el Saybolt y el que nos da la viscosidad en números S.A.E. (Society of Automotive Engineers).

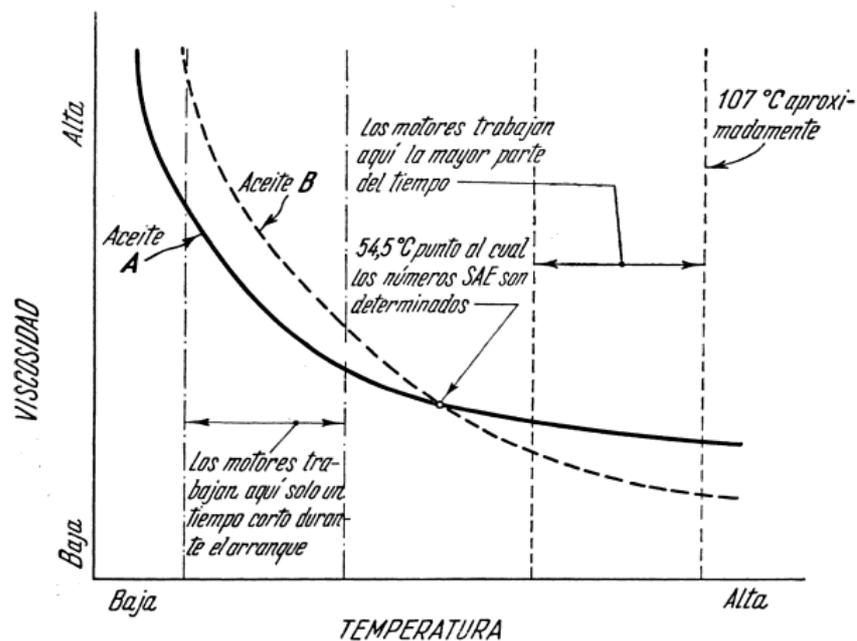


Figura 2. 7 Tipos de aceites y la variación de la viscosidad en función de la temperatura

Fuente: GRINSTEIN, D; Tracción Diésel eléctrica, Tecnibook, España, Pág. 68

Los aceites se clasifican en función de la viscosidad de acuerdo a la norma SAE. Existen varias escalas para medir la viscosidad del aceite, pero en el caso de los lubricantes de motor se emplean los grados SAE, que relacionan la viscosidad del

aceite con la temperatura de utilización. La norma SAE J 300 que se presenta en los anexos define el grado de viscosidad para cada lubricante. Si es más elevado el número, mejor es el mantenimiento de la viscosidad a altas temperaturas, a bajas temperaturas, el aceite tiende a espesarse, aumentando su viscosidad.²⁵

2.2.1.1 Aceite Monogrado

Un aceite monogrado mantiene su viscosidad en unas condiciones limitadas de temperatura ambiente. De esta forma, la norma SAE establece los grados de viscosidad que aparecen en la Tabla 2.5. Los grados que tienen una W (del inglés Winter, invierno) tienen un buen comportamiento a bajas temperaturas. Cuanto menor es el número mayor es la fluidez del aceite a baja temperatura o en el momento del arranque.

Grado SAE	Viscosidad máxima [cP] de arranque en frío a la temperatura Indicada [°C]	Viscosidad máxima [cP] de bombeo sin esfuerzo de fluencia a la temperatura Indicada [°C]	Viscosidad mínima y máxima [cSt] a 100 °C
0 W	6.200 a - 35	60.000 a - 40	3.8
5 W	6.600 a - 30	60.000 a 35	3.8
10 W	7.000 a - 25	60.000 a - 30	4.1
15 W	7.000 a - 20	60.000 a - 25	5.6
20 W	9.500 a - 15	60.000 a - 20	5.6
25 W	13.000 a - 10	60.000 a - 15	9.3
20			5.6-9.3
30			9.3-12.5
40			12.5-16.3
50			16.3-21.9
60			21.9-26.1

Tabla 2. 6 Grados de viscosidad SAE

Fuente: Elaboración propia

²⁵ GONZÁLEZ, D, Motores térmicos y sus sistemas auxiliares, editorial Paraninfo, 2012, Pág. 211

Los que no tienen una W son aceites indicados para temperaturas ambiente elevadas. Antes de la aparición de los aceites multigrado, en invierno los motores funcionaban con aceites «de invierno», la escala SAE de 0 W a 25 W, dependiendo del clima, y en verano utilizaban aceites «de verano», con gradación SAE de 20 a 60.

2.2.1.2 Aceite Multigrado

El aceite multigrado tiene como base un aceite monogrado de SAE W y posteriormente se le agregan aditivos para mejorar la viscosidad. De esta manera se puede lograr un mejor comportamiento en frío y ante un aumento de la temperatura, trabaja como un aceite de verano. Combina los dos tipos aceites monogrados uno de invierno y uno de verano de tal manera que puede trabajar en un mayor rango de temperaturas haciéndolo más versátil.

La Figura 2.7 muestra el rango de temperaturas en la cuales se desempeña y la variación de la viscosidad, un ejemplo de un aceite multigrado SAE 10 W 40, que comparado con dos aceites monogrado SAE 10 W y SAE 40, presenta una viscosidad más estable frente a la temperatura

De esta forma, el aceite multigrado puede ser utilizado todo el año manteniendo una viscosidad más o menos estable independientemente de la temperatura ambiente. Además, los aceites multigrados son más estables térmicamente de tal manera que trabajan perfectamente en diferentes condiciones climáticas y no se descomponen por el choque térmico producido por la diferencia de temperaturas existente entre diferentes zonas del circuito de lubricación (90 °C en el cárter y más de 250° en zonas calientes). En cualquier caso, también deberán elegirse adecuadamente los aceites multigrados dependiendo del clima de la región donde el motor va a estar en funcionamiento, como muestra la Figura 2.8.

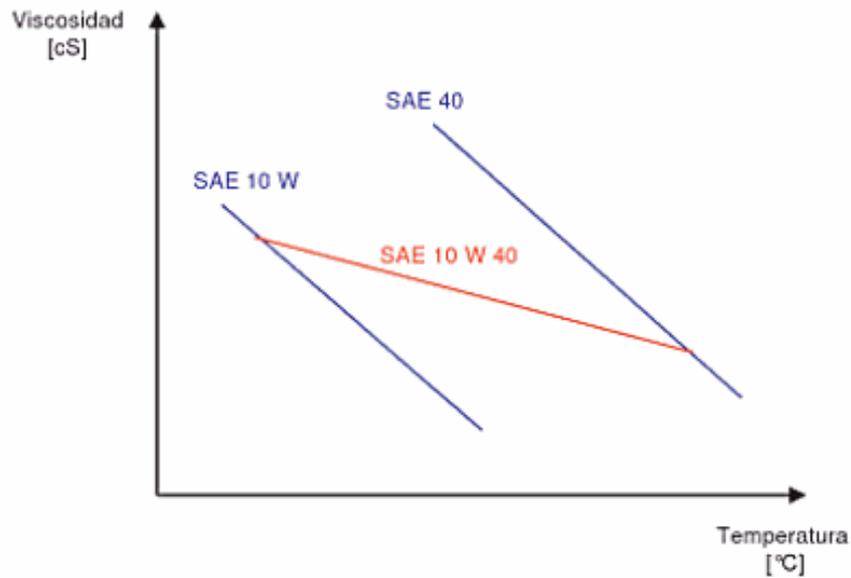


Figura 2. 8 Viscosidad vs Temperatura en varios aceites

Fuente: GONZÁLEZ, D; Motores térmicos y sus sistemas auxiliares, Pág. 213

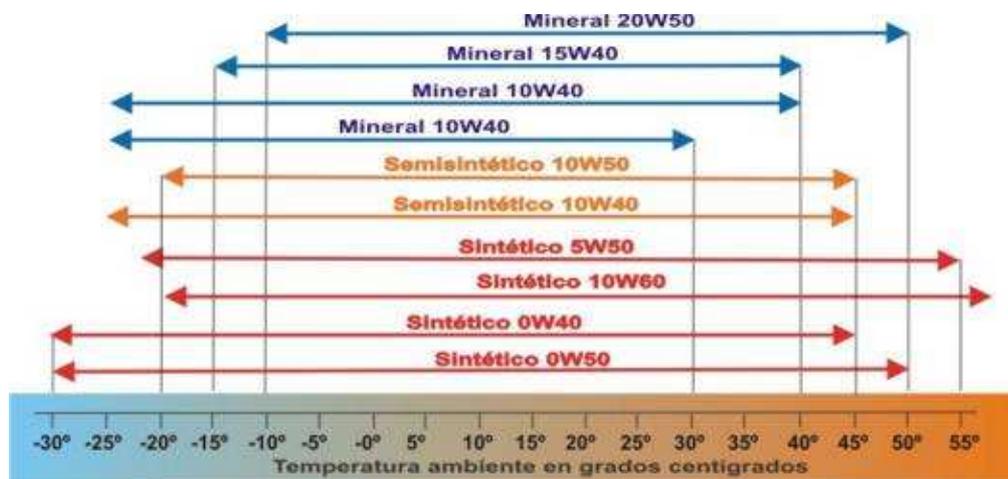


Figura 2. 9 Rango de trabajo de aceites multigrados

Fuente: <http://www.fondear.org/>²⁶

La viscosidad ISO o ISO VG (Viscosity Grade) es otra escala de viscosidades (similar a la escala SAE) pero aplicada fundamentalmente a aceites industriales. A continuación se muestra el tipo de aceite y su equivalencia en viscosidad ISO.

²⁶ http://www.fondear.org/infonautic/barco/motores_helices/aceite-motor/MotoresBarcos_01.jpg

Lubricante	Tipo	Viscosidad mínima (cSt) a 100°C	Viscosidad máxima (cSt) a 100°C	ISO VG equivalente (aproximado)
SAE 0W	Lubricante de motores	3,8	–	15-22
SAE 5W	Lubricante de motores	3,8	–	22
SAE 10W	Lubricante de motores	4,1	–	22-32
SAE 15W	Lubricante de motores	5,6	–	32-46
SAE 20W	Lubricante de motores	5,6	–	46-68
SAE 25W	Lubricante de motores	9,3	–	100
SAE 20	Lubricante de motores	5,6	≤ 9,3	46-68
SAE 30	Lubricante de motores	9,3	≤ 12,5	100
SAE 40	Lubricante de motores	12,5	≤ 16,3	150
SAE 40	Lubricante de motores	12,5	≤ 16,3	150
SAE 50	Lubricante de motores	16,3	≤ 21,9	220
SAE 60	Lubricante de motores	21,9	≤ 26,1	320
SAE 70W	Lubricante de transmisiones	4,1	–	22-32
SAE 75W	Lubricante de transmisiones	4,1	–	22-46
SAE 80W	Lubricante de transmisiones	7,0	–	46-100
SAE 85W	Lubricante de transmisiones	11,0	–	100-150
SAE 80	Lubricante de transmisiones	7,0	≤ 11,0	45-100
SAE 85	Lubricante de transmisiones	11,0	≤ 13,5	100
SAE 90	Lubricante de transmisiones	13,5	≤ 24,0	150-320
SAE 140	Lubricante de transmisiones	24,0	≤ 41,0	320-680
SAE 250	Lubricante de transmisiones	41,0	–	1000

Tabla 2. 7 Rango de trabajo de aceites multigrados

Fuente: <http://www.fondear.org/>²⁷

2.2.2 RESIDUO CARBONOSO

El residuo carbonoso en el aceite lubricante es un retobo del aceite quemado, que al depositarse en los aros del pistón los pega, disminuyendo la compresión y aumentando el consumo de combustible a la vez que dificulta la lubricación al tapar los conductos de aceite. Siempre es deseable que el aceite deje la menor cantidad posible de residuos.

El residuo carbonoso debe considerarse como una indicación de la tendencia del aceite a formar barros y lodos. La consistencia del carbón formado es también

²⁷ http://www.fondear.org/infonautic/barco/motores_helices/aceite-motor/MotoresBarcos_01.jpg

importante, algunos aceites dejan considerable cantidad de carbón como residuo, pero estos son blandos y secos y no se pegan a la cámara de combustión y paredes del cilindro, aros, entre otros, en cambio otros lubricantes que dejan pocos residuos dan lugar a carbones duros y tenaces que son muy difíciles de eliminar.²⁸

Los residuos carbonosos están en función de la viscosidad y de la naturaleza química del aceite. Así, los aceites naftalénicos dejan menos residuos que los parafínicos, por ejemplo. La composición química del aceite determina el aspecto del residuo: los aceites parafínicos dejan un residuo de grano grueso y adherente, mientras que los naftalénicos dejan un residuo de grano fino y poco adherente.

2.2.3 PUNTO DE CONGELACIÓN

Este punto es de interés cuando el motor debe trabajar en regiones de muy bajas temperaturas, ya que en caso de efectuarse el arranque del motor con el aceite congelado sus propiedades lubricantes son invalidadas. Se cuantifica midiendo la temperatura a la cual todavía el aceite fluye en condiciones prescritas. Lo más deseable es que el punto de congelación de un aceite sea lo más bajo posible y, desde luego, siempre bastante inferior al mínimo previsible de temperatura ambiente en la zona.

El punto de enturbiamiento «cloud point» de un aceite, sometido a un proceso de enfriamiento, es la temperatura a la que las parafinas u otros de sus componentes, comienzan a separarse, en forma de cristales, bajo las condiciones normalizadas del ensayo. El aceite, a esa temperatura, adquiere turbidez que da nombre al ensayo.²⁹

Ambas características tienen significación para los casos en los que el aceite vaya a estar sometido a bajas temperaturas en la zona de trabajo, especialmente antes

²⁸ GRINSTEIN, D; Tracción Diésel eléctrica, Tecnibook, España, Pág. 69

²⁹ http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/lubricantesfundamentos/default4.asp

de la puesta en marcha del mecanismo a lubricar. En los aceites parafínicos la congelación se produce como consecuencia de la cristalización de la parafina. Por eso en ellos existen puntos de niebla y de congelación.

2.2.4 PUNTO DE INFLUENCIA

Es la temperatura por debajo de la cual un lubricante deja de fluir bajo unas condiciones definidas. Es indicativo de la cantidad de formación de cera a baja temperatura. La cera que se forma tiende a separarse en cristales, los cuales producen la inhibición de la fluidez del aceite de tal manera que impiden la lubricación adecuada en aplicaciones a bajas temperaturas.

2.2.5 PUNTO DE INFLAMACIÓN

Es una indicación de la volatilidad del aceite. Es la temperatura a partir de la cual se produce una ignición en el lubricante provocando una llamarada sobre la superficie del lubricante, extinguiéndose momentos después. El punto de inflamación es la temperatura a la cual se desprenden del aceite vapores que se inflaman y queman cuando se les acerca una llama durante cinco segundos.

Este punto de inflamación revela información relevante sobre la volatilidad del aceite, permitiendo realizar un pronóstico sobre su consumo durante el régimen de funcionamiento de la máquina. Similar al punto de inflamación, aunque menos importante, existe otro punto llamado punto de combustión definido como la temperatura en la que la llama provocada por la chispa se mantiene viva al menos 5 segundos.

2.2.6 EMULSIFICACIÓN Y DEMULSIBILIDAD

La emulsificación indica la tendencia de un aceite a mezclarse íntimamente con agua hasta lograr una emulsión más o menos estable. La demulsibilidad indica la facilidad que el aceite presenta para separarse del agua. Estas propiedades están relacionadas con la aptitud del lubricante cuando es utilizado para lubricar

sistemas en presencia de agua como por ejemplo en turbinas de vapor y determinadas operaciones hidráulicas

El problema radica en que la emulsión aceite y agua producirá la oxidación del aceite en presencia de aire y altas temperaturas. Bajo estas condiciones, es recomendable un aceite capaz de romper dicha emulsión, para lo cual se utilizan aditivos especiales que evitan estos tipos de formaciones.

2.2.7 ÍNDICE DE ACIDEZ O DE NEUTRALIZACIÓN

El carácter ácido de un lubricante viene determinado por la presencia de sustancias ácidas en el aceite. Podemos distinguir dos tipos de acidez en el aceite:

- Acidez mineral, originada por ácidos residuales del refino.
- Acidez orgánica, originada por productos de la oxidación y los aditivos.

Durante su uso, el aceite es sometido a temperaturas elevadas y a esfuerzos mecánicos. Esto tiene como resultado la degradación progresiva del aceite, produciéndose cambios en la composición del aceite. Se originan sustancias como resultado de la oxidación y se reduce la capacidad protectora de los aditivos.

Este proceso se acelera al acercarse el final de la vida operativa del aceite, lo que puede dar lugar a la formación de lodos, barnices y depósitos carbonosos en el sistema, disminución de la viscosidad del aceite y hasta corrosión en piezas metálicas. Por ello, la variación de la acidez del aceite es un buen indicador de su nivel de degradación.

El grado de acidez tolerable depende del tipo de aceite y de sus condiciones de utilización, si bien no deben sobrepasarse los límites establecidos para el aceite para evitar daños en los equipos o problemas de funcionamiento. Un incremento brusco en la acidez es un indicativo de problemas tales como contaminación,

pérdidas en sellos, incremento de la fatiga térmica o mecánica o pérdida de la capacidad de los aditivos.

2.2.8 ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN

El volumen de los sedimentos contenidos en un lubricante usado se mide por su índice de precipitación.

2.2.9 DENSIDAD

La densidad de los aceites lubricantes está relacionada con la naturaleza del crudo y el punto de destilación de la fracción, para fracciones equivalentes los aceites parafínicos son de menor densidad y los aromáticos los de mayor densidad, correspondiendo a los tipos nafténicos las densidades intermedias.³⁰

La densidad es la razón entre el peso de un volumen dado del aceite y el peso de un volumen igual de agua. Esta característica tiene cierta importancia en el campo comercial ya que permite convertir el volumen en peso, e indicativa del tipo de crudo del que procede el aceite.

2.2.10 COLOR

Puede variar dentro de una amplia gama blanco, rojo, marrón, negro, entre otros. Algunas marcas utilizan el color para hacer notar el grado de alguna propiedad. Pero, en general, el color no indica calidad ni ninguna otra cualidad.

Actualmente estas características carecen de valor como criterio de evaluación de los aceites terminados, ya que pueden ser modificados o enmascarados por los aditivos. El procedimiento más usual para determinar el color es el ASTM-D-1500 con el que se comparan vidrios patrón de distintos colores con el aceite a utilizar.

³⁰ http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/lubricantesfundamentos/default3.asp

2.3 ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO

Todos los lubricantes poseen unas propiedades que cambian con el tiempo de utilización. Algunas de sus capacidades pueden ser mejoradas añadiéndole aditivos y su vida útil de trabajo puede ser mejorada mediante sistemas de filtración y limpieza. Sin embargo, con el fin de asegurar el estado óptimo de los lubricantes en circulación dentro de las máquinas críticas, es necesario implementar un programa de verificación y análisis de los lubricantes que se utilicen. Este programa consiste en análisis periódicos que determinarán el estado del lubricante en lo que se refiere a las características importantes dentro de la aplicación. Con los chequeos adecuados se puede realizar un diagnóstico preliminar que determine lo que está funcionando mal en la máquina y prevenir fallos mayores.

Conocido el significado de las pruebas que se siguen para determinar algunas propiedades de los aceites lubricantes, se debe tener claro que los ensayos no pueden dar una respuesta cierta en lo que concierne al comportamiento de un lubricante nuevo en un motor concreto aplicado a un determinado tipo de servicio.

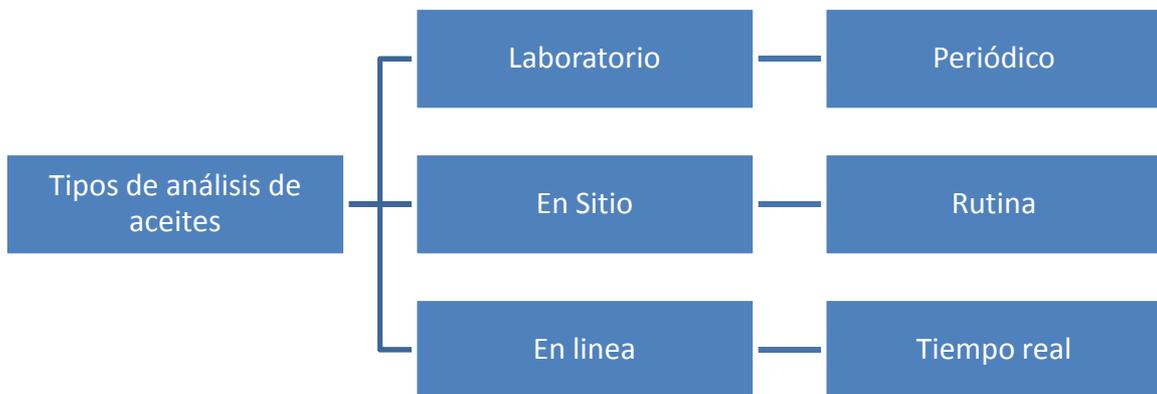


Figura 2. 10 Tipos de análisis de aceites

Fuente: Elaboración propia

El análisis de laboratorio consiste en enviar las muestras a un laboratorio externo o interno y se lo realiza de forma periódica, Las condiciones pueden cambiar y la máquina puede fallar esperando la respuesta. Excelente para localización de falla y causa de falla en excepciones.

El análisis en sitio se lleva a cabo mediante instrumentos portátiles en la maquinaria y se lo realiza de forma rutinaria, Al realizarla de forma continua las decisiones pueden ser tomadas de inmediato. Los costos de instrumentación y limitación de pruebas disponibles pueden ser los inconvenientes más comunes. Requiere de entrenamiento para ser utilizado. Los resultados pueden ser confirmados y apoyados por otras tecnologías.

Análisis	Descripción	Aplicaciones principales
Agua por destilación	Determina el nivel de agua presente en un lubricante.	Inspección de lubricantes
Análisis por infrarrojos	Determina el nivel de degradación de un lubricante.	Todas
Azufre	Determina la cantidad de azufre en un lubricante.	Lubricantes nuevos
Concentración de ión clorhídrico	Determina la cantidad de cloro en el lubricante.	Máquinas con posible contaminación por agua salada
Conductividad	Determina el grado de contaminación y cambios electroquímicos en un lubricante midiendo variaciones en su conductividad.	Todas
Contaminación sólida	Determina el tanto por ciento en volumen de contaminación en un lubricante.	Motores Diesel y cajas de engranajes
Corrosión de cobre	Determina si un lubricante es inherentemente corrosivo para el cobre y sus aleaciones.	Bombas que contienen elementos de cobre
Ferrografía analítica	Determina la presencia de partículas basadas en hierro.	Sistemas de recirculación de lubricantes
Gravedad	Determina la densidad de un lubricante.	Verificación de lubricantes
Insolubles	Determina el tanto por ciento en peso de materia sólida en un lubricante.	Lubricantes de motores fundamentalmente
Número de ácido	Determina la cantidad de material ácido en el lubricante.	Combustibles azufrados y equipos en general
Número de base	Determina la reserva alcalina (capacidad para neutralizar ácidos corrosivos).	Motores de combustión interna
Punto de combustión	Determina la temperatura en la que el lubricante se quema con una llama permanente más de 5 segundos.	Seguridad en el transporte, aplicaciones de alta temperatura
Punto de fluencia	Determina la temperatura por debajo de la que el lubricante deja de fluir.	Lubricantes nuevos
Punto de ignición	Determina la temperatura en la que el lubricante generará una llamarada instantánea.	Seguridad en el transporte, aplicaciones de alta temperatura
Test de espuma	Determina la tendencia de un lubricante a producir espuma.	Plantas industriales. Sistemas de transmisión de potencia
Viscosidad	Determina el grado de viscosidad de un lubricante a una determinada temperatura.	Todos

Figura 2. 11 Tipos básicos de análisis de lubricantes

Fuente: GONZÁLEZ, A, Mantenimiento mecánico de máquinas, pág. 45

En la realidad, el único resultado definitivo y fiable es el proporcionado por una prueba en el mismo motor. Sin embargo, una vez que un lubricante haya superado el ensayo en el motor, los ensayos de laboratorio pueden emplearse de vez en cuando para comprobar la calidad de las remesas nuevas con el fin de detectar posibles cambios

Los constructores de motores y las refinerías cooperan en la realización de pruebas en servicio exhaustivas de numerosas marcas de lubricantes en muchos tipos de motores. Como consecuencia de ello, son muchos los fabricantes de motores y refinerías de renombre que han preparado listas de referencia en las que figuran los aceites de engrase adecuados a diferentes tipos de motores en distintos regímenes de servicio.

Siempre que sea posible, los usuarios deben elegir su primer suministro de lubricante de una de tales listas, evitando de esta manera ensayos innecesarios y posiblemente costosos. No obstante, cuando no se disponga de una lista de referencia, el usuario debe informarse de uno o más suministradores acerca del lubricante más recomendable atendiendo al tipo y tamaño del motor, velocidad de éste, tipo de sistema de engrase y clase de servicio.³¹

Bajo pedido, los suministradores proporcionan a los usuarios las características del lubricante escogido, de forma que especificando dichas características en los pedidos siguientes, y comprobándolas de vez en cuando, cada usuario puede asegurarse de que recibe un suministro uniforme.

2.3.1 ANÁLISIS DE LA VISCOSIDAD

La viscosidad del aceite usado es uno de los factores más significativos para determinar si puede o no continuar en servicio. El valor hallado de la viscosidad no puede ser considerado aisladamente. La viscosidad puede ser dinámica o absoluta y cinemática.

Los ensayos normalizados pueden ser de acuerdo a la temperatura de trabajo:

³¹ KATES, E, Motor Diesel y de gas de alta compresión, Reverte, España, 2003, Pág 148

- ASTM D-88 100 °F – 210 °F
- ASTM D-445 40 °C- 100 °C



Figura 2. 12 Viscosímetros de sitio

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/38610692/ANALISIS-DE-ACEITES>

Al realizar el análisis de la viscosidad del aceite se puede observar un aumento o disminución de la viscosidad. A continuación se indica las causas en la tabla 2.10

Causa de incremento o decremento de la viscosidad	
Alta viscosidad	Baja viscosidad
<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación con hollín. • Combustión incompleta. • Degradación por oxidación • Periodo de cambio extendido. • Temperatura de operación alta. • Grado de aceite inadecuado. • Emulsión con agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida o disminución del IV. • Dilución por combustible. • Corte del aditivo. • Grado de aceite inadecuado.

Tabla 2. 8 Análisis de la viscosidad del aceite

Fuente: Elaboración propia

Limite	Aceite motor (cSt) a 40 °C

Superior	Critico	+ 20 %
	Precaución	+ 10 %
Inferior	Critico	- 5 %
	Precaución	-10 %

Tabla 2. 9 Límites permisibles de viscosidad

Fuente: KATES, E, Motor Diésel y de gas de alta compresión, Pág. 220

2.3.2 ANÁLISIS ÍNDICE DE VISCOSIDAD

Magnitud adimensional que relaciona la viscosidad en función de la temperatura. Si existe incremento o decremento puede ser debido a contaminación con otro producto. Método ASTM D- 2270, IV: es la medida que expresa la forma en la cual la viscosidad varía con respecto a la temperatura.

- IV > 80 (aceites con alto índice de viscosidad).
- IV 60-80 (mediano índice de viscosidad).
- IV < 60 (bajo índice de viscosidad).

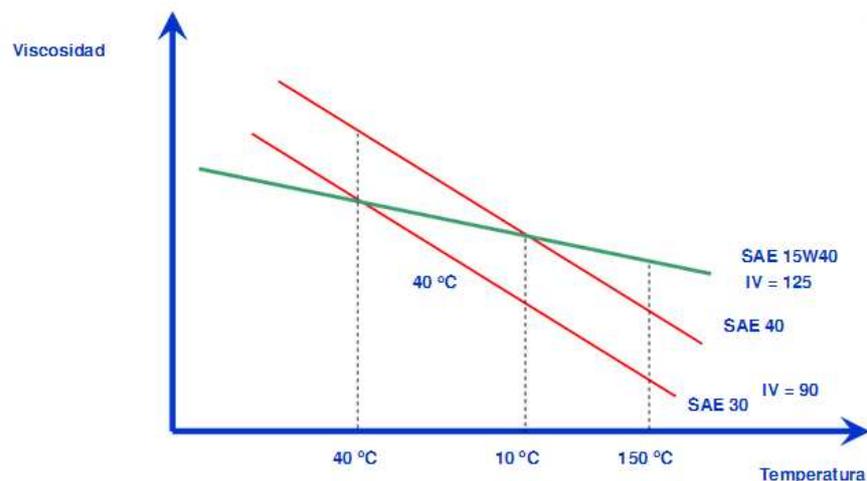


Figura 2. 13 Variaciones de la viscosidad con la temperatura

Fuente: KATES, E, Motor Diésel y de gas de alta compresión, Pág. 221

CAPITULO III

3.1 DETERMINACIÓN DE LAS MARCAS A ANALIZARSE

3.1.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LUBRICANTES

Para determinar la marca a analizar se debe tomar en cuenta la disponibilidad en el mercado nacional y los criterios de selección vistos en los capítulos anteriores. Este es uno de los procesos fundamentales para la elaboración de un plan de lubricación, debido a que la correcta selección de lubricantes depende que los trabajos de lubricación se realicen de manera óptima.

Generalmente al establecer un plan de lubricación el objetivo es llegar a una estandarización de lubricantes, para lo cual se elaborara una tabla en la cual se contempla la diversidad de marcas de lubricantes que cumplan con las mismas propiedades. Esta tabulación se la efectúa para no depender de una única marca de lubricantes sino de un criterio basado en las propiedades requeridas, lo que debe predominar al momento de seleccionar un lubricante para motor diésel.

Una adecuada lubricación de los mecanismos de un motor permite que estos alcancen su vida de diseño y que garanticen permanentemente la disponibilidad del vehículo, reduciendo al máximo los costos de lubricación, de mantenimiento y las pérdidas por activo cesante.

Es imprescindible, que el personal encargado de la lubricación de los vehículos y quienes están a cargo de la administración y actualización de los programas de lubricación estén en capacidad de seleccionar correctamente el aceite o la grasa, partiendo de las recomendaciones del fabricante del equipo, o si estas no se conocen, seleccionar el lubricante adecuado partiendo de los parámetros de diseño del mecanismo como cargas, velocidades, temperaturas, medio ambiente en el cual trabaja el motor.

En la tabla 3.1 se indica los distintos tipos de lubricantes para motores a diésel y sus correspondientes equivalencias para diversas marcas.

	Castrol	Gulf	Mobil	Shell	Texaco	Valvoline
Aceite Multigrado diseñado para la lubricación de motores a diésel de reciente diseño, de altas y bajas emisiones contaminantes, turbo-alimentados o de aspiración natural.	Castrol RX Super Heavy Duty SAE15W40	Gulf Super Duty Plus SAE15W40 Gulf Superfleet ELD SAE15W40	Delvac MX SAE 15W40	RIMULA DHD-1 SAE 15W40	Ursa TDX SAE 15W40	Valvodiesel Max SAE 15W40
Aceite multigrado de alto rendimiento que satisface la clasificación API CF-4. Para motores a Diésel turbocargados de reciente diseño y bajas emisiones.	RX Super SAE 15W40	Gulf Super Diesel Plus SAE 15W40	Delvac Super SAE 15W40	Rimula X SAE 15W40	Ursa Premium SAE 15W40	Valvodiesel SAE 15W40
Lubricante monogrado diseñado para todos los motores modernos a diésel a baja y alta velocidad con carga pesada, sometidos a condiciones de operación severas.	RX Super SAE 10W.30.40 y 50	Gulf Super Duty SAE 10W.30.40.50 Gulf Super Fleet 25w50	Delvac 1310.1330.1340 y 1350	Rimula X SAE 10W.30.40 y 50	Ursa LA-3 SAE 10W.30.40 y 50	ValvaSesel SAE 10W.30.40 y 50

Tabla 3. 1 Lubricantes para motores diésel y las equivalencias

Fuente: <http://www.lubrisa.com/>³²

³² <http://www.lubrisa.com/equivalencias/EQUIVALENCIA%20gasolina%20y%20diesel.pdf>

Los parámetros que se deben tomar en cuenta siempre que se vaya a seleccionar el lubricante para un motor se debe tener presente que se debe utilizar un aceite de especificación SAE multigrado, y que cualquier recomendación que se dé, se debe llevar a este sistema. Los siguientes son los pasos que es necesario tener en cuenta para seleccionar el aceite para un motor:

- Consultar en el catálogo del fabricante del equipo, las recomendaciones del lubricante a utilizar.
- Selección del grado SAE del aceite requerido a la temperatura de operación del motor.
- Selección del lubricante, de la misma marca que los lubricantes que se están utilizando en la empresa y su aplicación en el motor.

A partir del manual del fabricante del equipo, en el catálogo de mantenimiento especifica las características del lubricante que se debe utilizar, para que los mecanismos del equipo trabajen sin problema alguno hasta alcanzar su vida de diseño.

Si el fabricante especifica el nombre y la marca de un aceite, estos deben ser comerciales en el país donde vaya a operar el equipo, de no ser así, se debe hallar el aceite equivalente a éste, hasta donde sea posible, de la misma marca que la que se utiliza en la lubricación de los demás equipos de la empresa.

Si no se utilizan lubricantes equivalentes a los recomendados, al cabo del tiempo, se tendrán una amplia variedad de lubricantes que dificultan la correcta lubricación de los equipos y que si se hace un análisis minucioso de ellos se encontrará que muchos de ellos son equivalentes entre sí y que el número final de lubricantes que se pueden utilizar es mucho menor.

A partir de estas premisas que se han planteado, se ha seleccionado básicamente dos tipos de lubricantes para motores diésel que cumplen con los requerimientos de funcionamiento de los vehículos. Dichos lubricantes tienen disponibilidad en el mercado nacional, los cuales son distribuidos por la “Compañía Ecuatoriana de

Petróleos” más conocida como “CEPSA S.A.”. La división de lubricantes de la compañía distribuye el lubricante CASTROL el cual será utilizado en los diferentes motores a Diésel.

3.1.2 ESPECIFICACIONES DE LUBRICANTES SELECCIONADOS

Para motores a Diésel, se presentan los siguientes lubricantes con sus correspondientes especificaciones para el posterior análisis de resultados. Se van a destacar todas las propiedades del lubricante CASTROL TECTION GLOBAL 15W40



Figura 3. 1 Castrol Tecton Global

Fuente: <http://www.grupoherres.com/v3/intro/boletin/tection.pdf>

Categoría	Lubricante para motores Diésel
Nombre del producto	Tecton
Especificación	SAE 15W-40, API CI-4
Presentaciones	Galón, Cubeta y Tambor
Aprobaciones	MB 228.3, ACEA E7, MAN 3275, Cummins CES 20078, Volvo VDS-3, Mack EO-M Pius, CAT ECF-2/EFC

Tabla 3. 2 Ficha de presentación del lubricante Tecton

Fuente: <http://www.castrol.com/>³³

³³ http://www.castrol.com/liveassets/bp_internet/castrol/castrol_mexico/downloads/f/2012_TectionGlobal.pdf

Es un aceite mineral multigrado de alto desempeño y excelente calidad, diseñado especialmente para los modernos motores a diésel de cuatro tiempos.

La aplicación principal de Castrol Tection Global 15W-40 es en vehículos pesados de tecnología europea, en vehículos de tecnología norteamericana y en vehículos de tecnología japonesa, este lubricante es un producto verdaderamente versátil que puede utilizarse en camiones, buses, en vehículos todo terreno, y en equipos, también en vehículos usados en agricultura, es aplicable a todos los motores diésel turbo cargados, aspirados naturalmente o con recirculación de gases de escape (EGR) que requieran un alto nivel de rendimiento bajo severas condiciones de operación.

Las principales ventajas de este lubricante son:

- La versatilidad de la fórmula de Castrol Tection Global 15W-40's brinda protección contra el desgaste del motor reduciendo la acumulación de depósitos minimizando los costos de mantenimiento y previniendo tiempo de reparaciones.
- Reduce el inventario, es tan versátil, de manera que en casos donde hay una flota de vehículos mixta se necesita un sólo aceite de motor.
- Proporciona una excelente protección para una variada gama de motores de diferentes fabricantes, siendo así la primera opción para flotas que contengan vehículos de diferentes tipos.
- Mínimo consumo de aceite. Máxima durabilidad del motor. Máximos períodos de cambio de aceite. (Kms /Horas). Protección contra la corrosión, posee un buen nivel de reserva alcalina que ayuda a neutralizar los problemas causados por los combustibles con alto contenido de azufre.
- Excelente comportamiento bajo condiciones de manejo en altas temperaturas, en operaciones de arranque y paro continuo; en manejo en carretera a altas velocidades sostenidas así como en un manejo combinado carretera/ciudad.

Especificaciones y aprobaciones OEM	
API	CI-4
MERCEDES BENZ	228.3
ACEA	E3, E5, E7
CUMMINS	CES 20078
MACK	EOM Plus
VOLVO	VDS-3
MAN	M 3275
CAT	ECF-2/EF-1A

Tabla 3. 3 Especificaciones técnicas del lubricante Tecton

Fuente: <http://www.castrol.com/>³⁴

Prueba	Método	Unidad	15W-40
API			CI-4
ACEA			E7, E5, E3
Densidad relativa @ 15.6 °C	ASTM D-4052		0.877
Viscosidad @ 100 °C	ASTM D-445	cSt	15.2
Viscosidad, CSS @ -20 °C	ASTM D-5293	cP	6600
Viscosidad @ 40 °C	ASTM D-445	cSt	112
Índice de viscosidad	ASTM D-2270	Ninguno	137
Cenizas sulfatadas	ASTM D-874	%wt	1.43
TBN	ASTM-2896	mg KOH/g	10.5
Punto de fluidez	ASTM D-97	°F(°C) máx	-38(-34)
Punto de inflamación	ASTM D-92	°F(°C) min	446(230)
Gravedad específica	ASTM D-1298		0.89

Tabla 3. 4 Características típicas lubricante Tecton

Fuente: <http://www.castrol.com/>

CASTROL RX VISCUS 25W60

³⁴ http://www.castrol.com/liveassets/bp_internet/castrol/castrol_mexico/downloads/f/2012_TectionGlobal.pdf

Es un lubricante mineral multigrado de excelente calidad y alto desempeño, formulado con básicos minerales y aditivos especiales para lubricar los motores diésel de servicio pesado. Especialmente formulado para mantener la máxima viscosidad resultando en rendimiento insuperable. Mayor viscosidad a altas temperaturas del motor. Brinda alta protección contra el desgaste del motor y debido a su mayor viscosidad logra un mejor sellado aumentando la presión y potencia del motor.



Figura 3. 2 Castrol RX VISCUS 25W60

Fuente: <http://www.castrol.com/>³⁵

Categoría	Lubricante para motores Diésel
Nombre del producto	Rx Viscus
Especificación	SAE 25W-60, API CF-4/SF
Presentaciones	Botella, Galón, Cubeta y Tambor
Aprobaciones	MB 228.3, ACEA E7, MAN 3275, Cummins CES 20078, Volvo VDS-3, Mack EO-M Plus, CAT ECF-2/EFC

Tabla 3. 5 Ficha de presentación del lubricante RX VISCUS

Fuente: <http://www.castrol.com/>

Para uso en motores a diésel donde el fabricante recomiende un lubricante que cumpla con la especificación API CF-4. Es un lubricante multigrado de alta calidad

³⁵ http://www.castrol.com/liveassets/bp_internet/castrol/castrol_mexico/images/products/rx_viscus360x230.jpg

diseñado para lubricar los motores a diésel en vehículos de carga pesada y transporte de pasajeros.

Las principales ventajas de este lubricante son:

- Reforzado con el aditivo Viscus que contiene moléculas adhesivas que proporcionan una alta protección contra el desgaste del motor y debido a su mayor viscosidad logra un mayor sellado ayudando a mantener la presión y potencia del motor.
- Proporciona 15% menor consumo de aceite comparado con las formulaciones anteriores de RX Viscus.
- Proporciona un mayor sellado en el motor ayudando a mantener la potencia.
- Cumple con la especificación API-CF-4.

Especificaciones y aprobaciones OEM	
API	CF-4
MERCEDES BENZ	228.3
ACEA	E3
CUMMINS	CES 20078
MACK	EOM Plus
VOLVO	VDS-3
MAN	M 3275
CAT	ECF-2/EF-1A

Tabla 3. 6 Especificaciones técnicas del lubricante RX VISCUS

Fuente: <http://www.castrol.com/>³⁶

Prueba	Método	Unidad	25W-60
API			CF-4/SF
Densidad relativa @ 15.6 °C	ASTM D-4052	g/cm ³	0.886

³⁶ http://www.castrol.com/liveassets/bp_internet/castrol/castrol_mexico/downloads/ft/2012_RXViscus.pdf

Viscosidad @ 100 °C	ASTM D-445	cSt	23
Viscosidad @ 40 °C	ASTM D-445	cSt	235
Índice de viscosidad	ASTM D-2270		118
Cenizas sulfatadas	ASTM D-874	%wt	1.05
TBN	ASTM-2896	mg KOH/g	7.3
Punto de fluidez	ASTM D-97	°C máx	-18
Punto de inflamación	ASTM D-92	°F(°C) min	446(230)
Gravedad específica	ASTM D-1298		0.89

Tabla 3. 7 Características típicas lubricante RX VISCUS

Fuente: <http://www.castrol.com/>

3.2 DETERMINAR LOS VEHÍCULOS A PROBARSE

La selección de los vehículos se da a partir de las unidades de transporte urbano del Distrito Metropolitano de Quito, en particular se seleccionará una cooperativa de transporte.

El Transporte Público del Distrito Metropolitano de Quito, en cuanto al transporte colectivo es brindado en su mayoría por operadores privados como una contraprestación dada a cambio de una tarifa, bajo el marco de un contrato de operación en rutas determinadas otorgadas por la municipalidad. Para las unidades destinadas al transporte urbano e interparroquial de pasajeros se tiene el siguiente espectro de marcas:

VEHÍCULOS POR MARCA
CHEVROLET
HINO
MERCEDEZ BENZ

SCANIA
IVECO
INTERNACIONAL
VOLKSWAGEN

Tabla 3. 8 Unidades de Transporte de Pasajeros por Marca

Fuente: Secretaria de movilidad EMMOP-Q 2011

Se han determinado los distintos vehículos a probarse basándose en el criterio de disponibilidad de los automotores de la cooperativa Trans. Alfa, son buses de transporte urbano de diferentes marcas y con diferentes años de fabricación a continuación se realizara una tabulación de los distintos automotores, en total se dispone de ocho unidades.

Unidad 1	
Propietario	Sr. Rodrigo Martínez
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 16
Marca/modelo/serie	HINO FG 18
Año de fabricación	2008
Hrs/Kms maquinaria	345596 Km

Tabla 3. 9 Descripción de la unidad 1

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. 3 Bus Hino FG 18

Fuente; Elaboración propia

Unidad 2	
Propietario	Sr. Juan Ardilla
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 17
Marca/modelo/serie	MERCEDES BENZ 17-21
Año de fabricación	2005
Hrs/Kms maquinaria	No indica

Tabla 3. 10 Descripción de la unidad 2

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. 4 Bus Mercedes Benz 17-21

Fuente: Elaboración propia

Unidad 3	
Propietario	Sra. Sandra Velasco
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 15
Marca/modelo/serie	VOLKSWAGEN 17-21
Año de fabricación	2010
Hrs/Kms maquinaria	No indica

Tabla 3. 11 Descripción de la unidad 3

Fuente; Elaboración propia



Figura 3. 5 Bus Volkswagen 17-21

Fuente: Elaboración propia

Unidad 4	
Propietario	Sr. Carlos Obando
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 21
Marca/modelo/serie	MERCEDES BENZ 17-21
Año de fabricación	2006
Hrs/Kms maquinaria	No indica

Tabla 3. 12 Descripción de la unidad 4

Fuente; Elaboración propia

Unidad 5	
Propietario	Sr. David Shunta
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 27
Marca/modelo/serie	ISUZU FTR
Año de fabricación	2004
Hrs/Kms maquinaria	No indica

Tabla 3. 13 Descripción de la unidad 5

Fuente; Elaboración propia



Figura 3. 6 Bus Isuzu FTR

Fuente; Elaboración propia

Unidad 6	
Propietario	Sr. Claudio Vilatuña
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 35
Marca/modelo/serie	VOKSWAGEN 17-21
Año de fabricación	2010
Hrs/Kms maquinaria	No indica

Tabla 3. 14 Descripción de la unidad 6

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. 7 Bus Volkswagen 17-21

Fuente: Elaboración propia

Unidad 7	
Propietario	Sr. Víctor Quishpe
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 41
Marca/modelo/serie	VOKSWAGEN 17-21
Año de fabricación	2009
Hrs/Kms maquinaria	150837 Km

Tabla 3. 15 Descripción de la unidad 7

Fuente: Elaboración propia

Unidad 8	
Propietario	Sr. Edwin Cueva
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 30
Marca/modelo/serie	MERCEDES BENZ 17-21
Año de fabricación	2008
Hrs/Kms maquinaria	302906 Km

Tabla 3. 16 Descripción de la unidad 8

Fuente: Elaboración propia

3.3 PRUEBA DE LOS ACEITES

Estas pruebas han sido realizadas por CEPESA S.A. por parte de la división de lubricantes en el Castrol Lab Check. Las pruebas que se han realizado son de: viscosidad a diferentes temperaturas, el índice de viscosidad, el de TBN y el contenido de agua presente en el lubricante y se establece una comparación con los datos suministrados de la información técnica del lubricante.

Unidad 1

FECHA CONTROL	NOV/22/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	115.4	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	132	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.53	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	107	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.04	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	132	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.91	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	FEBRERO/18/2013	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	103.2	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	13.92	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	136	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	12.31	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 3. 17 Análisis del lubricante de la unidad 1

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 2

FECHA CONTROL	NOV/14/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL RX VISCUS 25W60
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	188.1	230 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	19.33	23 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	117	123
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	7.95	7.8 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (% Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	FEBRERO/18/2013	VALORES TIPICOS DE CASTROL RX VISCUS 25W60
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	141.2	23 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	16.76	23 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	128	123
FLASH POINT (°C)	160	MINIMO 180
CONTENIDO DE DILUCION (% Vol)	4	MAXIMO 3
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	8.25	7.8 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (% Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 3. 18 Análisis del lubricante de la unidad 2

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 3

FECHA CONTROL	NOV./1/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	108.8	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.60	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	138	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.80	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/4/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	108.4	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	141	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.23	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	107.9	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.4	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	136	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	11.03	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 3. 19 Análisis del lubricante de la unidad 3

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 4

FECHA CONTROL	NOV./1/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL RX VISCUS 25W60
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	215.8	230 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	20.98	23 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	115	123
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	7.93	7.8 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 3. 20 Análisis del lubricante de la unidad 4

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 5

FECHA CONTROL	NOV./1/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	113.1	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	15.12	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	139	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.13	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/4/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	106.5	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.2	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	135	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.79	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	106	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.52	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	141	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.14	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 3. 21 Análisis del lubricante de la unidad 5

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 6

FECHA CONTROL	NOV./1/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	112.6	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	15.08	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	139	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.77	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/4/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	110.7	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	138	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	11.22	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	110.7	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	138	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.24	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 3. 22 Análisis del lubricante de la unidad 6

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 7

FECHA CONTROL	DCBRE/4/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	112.1	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.88	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	137	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.16	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	119.6	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	15.06	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	137	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	9.83	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 3. 23 Análisis del lubricante de la unidad 7

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 8

FECHA CONTROL	DCBRE/4/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	112.1	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	136	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.45	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	110.7	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	138	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.24	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 3. 24 Análisis del lubricante de la unidad 8

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV

4.1 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El control del lubricante permite conocer los problemas internos de un motor a través de las concentraciones de partículas; pero hay un aspecto adicional que se debe considerar cuando se realiza un mantenimiento del motor y está relacionado con la cantidad de lubricante que se extrae.

En los primeros capítulos se ha indicado la importancia del lubricante para el motor del vehículo y la necesidad de que mantenga sus propiedades en todas las condiciones de trabajo, y dado que dicha sustancia está en contacto con diferentes partes o segmentos del motor, en algunos casos este cumple su función, mientras en otros se degrada. Como se ha mencionado, el consumo de aceite es normal que ocurra, pero en cantidades relativamente bajas.

Al presentarse un inconveniente como es el hecho de un aumento en el consumo de aceite, es necesario considerar fallas o averías en secciones muy específicas del motor, que son las que siempre presentan consumo de aceite. Sin embargo, hay que cuidar de la composición del aceite lubricante también, ya que este puede estarse degradando a sí mismo y estar perdiendo todas las propiedades necesarias para su correcto desempeño en el sistema de lubricación.

A continuación se indican los problemas más importantes relacionados con el consumo excesivo de aceite identificándolos como causas permanentes o aleatorias.

Aleatorias

- Nivel de aceite en el cárter que supera el máximo establecido.
- Temperatura de trabajo del motor fuera del rango normal, de tal manera que sobrecalienta el lubricante generando excesiva fluidez y evaporación.
- Aceite inapropiado para las condiciones de trabajo del motor.

Permanentes

- Daños por desgaste en secciones y/o partes internas del motor.
- Inadecuado montaje y calibración de secciones y/o partes del motor luego de un mantenimiento.
- Fugas en el sistema de lubricación en general.

De acuerdo a lo tabulado anteriormente, se verificará las secciones del motor que están sometidas a un mayor desgaste; para con ello poder relacionar las partículas que se suspenderán en futuras muestras de aceite.

Adicionalmente se debe recordar que, el lubricante en su formulación de fábrica tiene sustancias aditivas que prevén problemas de desgaste y condiciones extremas. Estas sustancias tienen como principal inconveniente sus cortos tiempos de vida en comparación con el tiempo de vida útil del equipo cuando las condiciones del entorno son extremas.

En la tabla 4.1 se detallan los elementos o secciones del motor que deben ser considerados como focos de consumo excesivo de aceite.

Elemento	Problema principal
Montaje de elementos sometidos a mantenimiento	Este aspecto es necesario considerarlo, porque muchas veces luego de un mantenimiento, las piezas son inspeccionadas o montadas de manera incorrecta.
Mínima extracción de calor de elementos en contacto	Cuando el lubricante no tiene el contacto adecuado con los elementos móviles, puede causar un calentamiento de los mismos, conllevando a una eventual falla por fatiga o problemas térmicos.
Desgaste de paredes de elementos en contacto con los retenedores	Se da un desgaste de las paredes por presencia de elementos depositados en las superficies

	externas de los elementos, causando variaciones en las condiciones normales de funcionamiento (variación del volumen de la cámara de combustión, aumento de dimensiones entre otros.
Anillos gastados	Cuando la superficie de contacto entre los anillos del pistón y las camisas se ha visto seriamente desgasta, se corre el riesgo que exista contaminación del aceite por parte de los productos de la combustión (gases de escape y el agua), y también el barrido de la capa de lubricación de las camisas será deficiente, provocando que el aceite de dicha capa se queme constantemente.
Juntas/seguros	Estos elementos presentan serios problemas de estanqueidad. Los problemas más comunes están directamente relacionados con sus dimensiones y material de construcción

Tabla 4. 1 Componentes y su incidencia en el consumo de aceite.

Fuente: Elaboración Propia

Otro aspecto que puede indicar ciertos fallos en el motor del vehículo es cuando se habla de consumo de aceite y se encuentra relacionado con los anillos o aros del pistón, es necesario mencionar primeramente que las condiciones de trabajo de estos elementos son extremadamente duras y puede darse un notable desgaste de los mismo si las condiciones de trabajo no son las adecuadas.

El lubricante tiene como misión extraer calor del pistón hacia el aceite que lubrica y refrigera su parte interna a la vez que lubrica al bulón, de allí que se encuentre presente en la superficie interna de las camisas. Pero su función no termina allí, ya que el aceite limpia las partículas residuo de la combustión (generalmente carbonilla).

De acuerdo a esto, como el aceite no puede estar simplemente en las paredes de las camisas, es necesario que el mismo sea continuamente removido. Esta es la función de los anillos, remover el aceite de las paredes. Pero si el contacto entre la camisa y el anillo se ve obstruido por la presencia de estas partículas sólidas duras residuo de la combustión, se corre el riesgo que las paredes sean desgastadas porque se incrementa excesivamente la cantidad y presión del aceite en la camisa, aumentando el juego entre los aros y la camisa.

Por ello, se debe controlar la cantidad de partículas disueltas en el aceite con un análisis y la cantidad de aceite consumido, para detectar un posible problema en los aros del pistón.

También se menciona el problema, que aparece como consecuencia de la presencia de partículas residuo de la combustión está en la disminución de la refrigeración de los pistones. Como se mencionó anteriormente, al aumentar el consumo de aceite, no es que el lubricante está presente en mayores cantidades para extraer calor, sino que éste se ve oxidado por la combustión con el oxígeno, alterando su funcionamiento, en perjuicio de la refrigeración.

Partiendo de las premisas planteadas en el apartado anterior se procede a realizar la revisión y análisis de las pruebas de laboratorio.

Estas pruebas de laboratorio se han realizado en CEPESA S.A. por parte de la división de lubricantes en el Castrol Lab Check. A través de un análisis continuo de las muestras de aceite usado, Castrol Lab check permite localizar y solucionar problemas de los vehículos relacionados al sistema de lubricación, proporcionando una gama completa de información que puede apoyar las operaciones y decisiones de mantenimiento.

Las pruebas que se han realizado son de: viscosidad a diferentes temperaturas, el índice de viscosidad, el de TBN y el contenido de agua presente en el lubricante y se establece una comparación con los datos suministrados de la información técnica del lubricante. A continuación se presenta en las siguientes tablas, una serie de comparaciones de los valores obtenidos a lo largo de las pruebas realizadas que se identificarán con los estándares que indica el fabricante del lubricante. Además se indicará en el caso de que los valores estén fuera de los parámetros aceptables cual sería la causa probable de dicho problema.

Unidad 1

Unidad 1	
Propietario	Sr. Rodrigo Martínez
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 16
Marca/modelo/serie	HINO FG 18
Año de fabricación	2008
Hrs/Kms maquinaria	345596 Km

FECHA CONTROL	NOV/22/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	115.4	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	132	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.53	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	107	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.04	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	132	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.91	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

FECHA CONTROL	FEBRERO/18/2013	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	103.2	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	13.92	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	136	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	12.31	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 4. 2 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 1

Fuente: Elaboración Propia

En las gráficas se comparan dos tipos de valores básicamente, los valores de laboratorio, son los valores que se han obtenido a partir de las muestras de aceite de los vehículos y han sido analizados por el Castrol Lab Check, los valores típicos se consideran aquellos que son proporcionados por el fabricante del producto y son referencias de los rangos admisibles que puede presentar el lubricante en sus propiedades, de tal manera que sean adecuados para el óptimo funcionamiento del automotor.

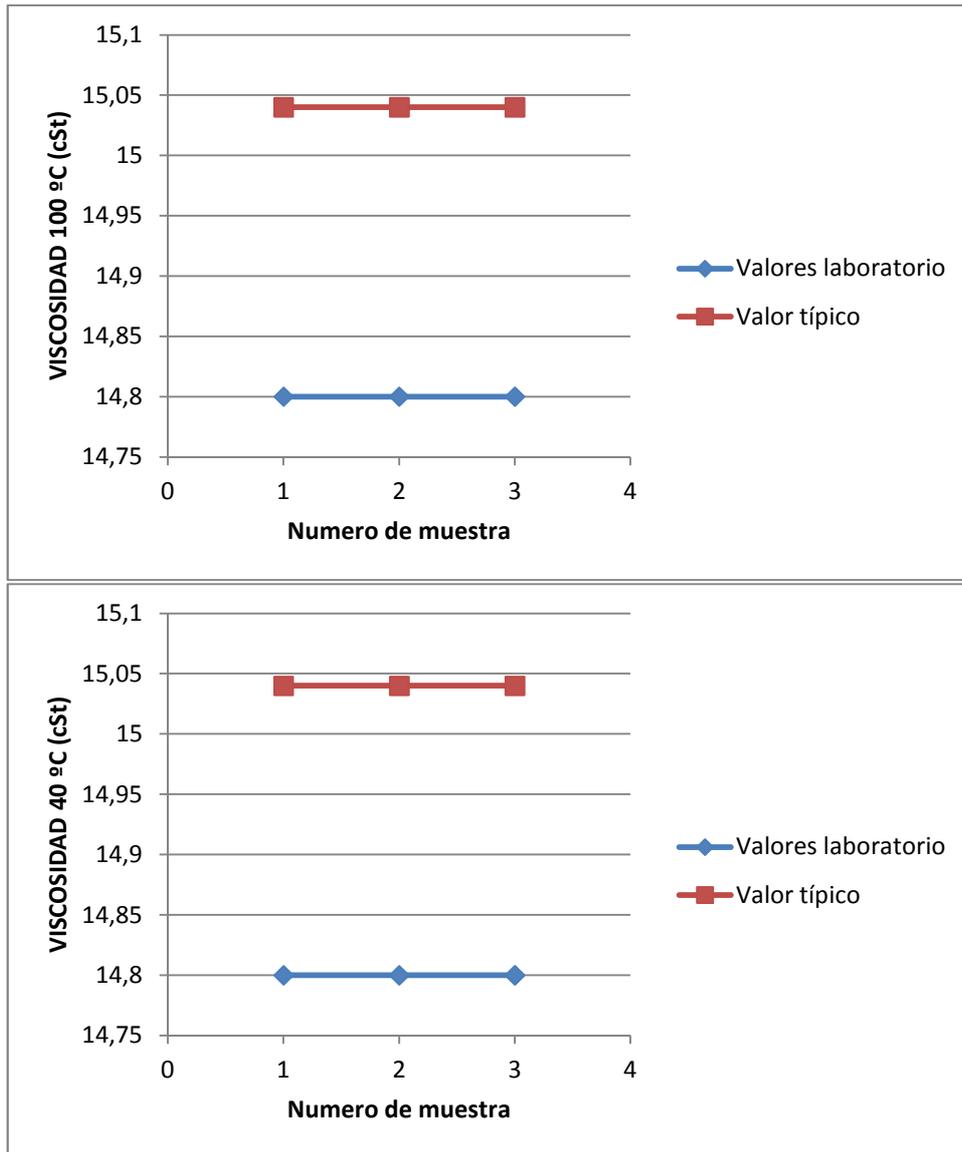


Figura 4. 1 Prueba de viscosidad de la unidad 1

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a las pruebas de viscosidad, las muestras de laboratorio determinan que se encuentra dentro de los valores permisibles en ambos casos debido a que el margen de variación del valor típico es de $\pm 25\%$.

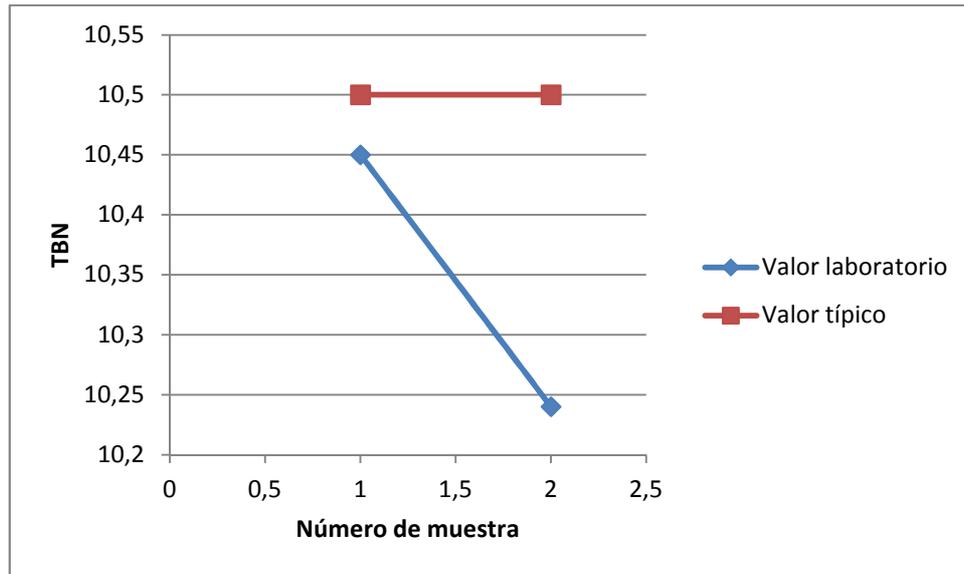


Figura 4. 2 Prueba TBN de la unidad 1

Fuente: Elaboración Propia

El TBN de las pruebas de laboratorio determina que se encuentra por encima del valor mínimo permisible.

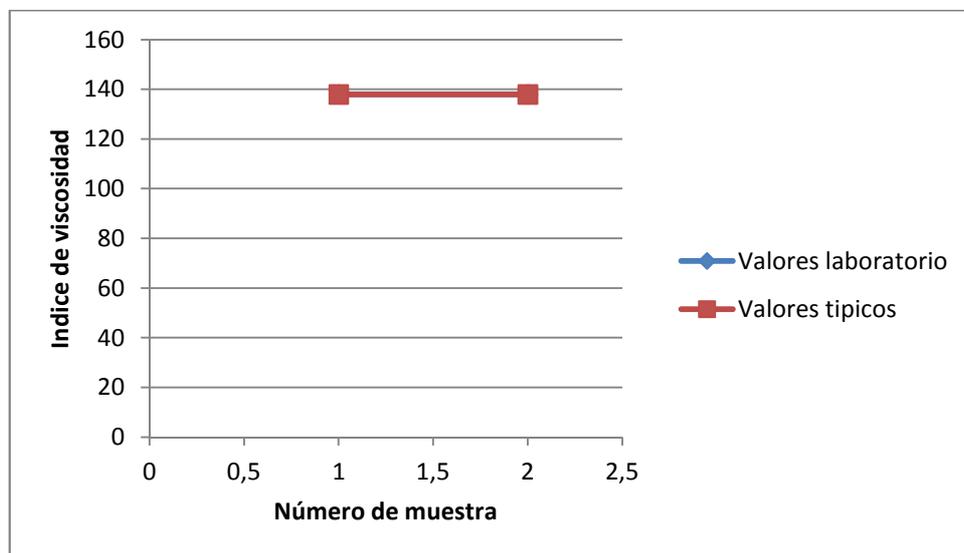


Figura 4. 3 Prueba de índice de viscosidad de la unidad 1

Fuente: Elaboración Propia

La prueba de índice de viscosidad indica que no hay ninguna novedad debido a que se encuentra en el rango adecuado.

Unidad 2

Unidad 2	
Propietario	Sr. Juan Ardilla
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 17
Marca/modelo/serie	MERCEDES BENZ 17-21
Año de fabricación	2005
Hrs/Kms maquinaria	No indica

FECHA CONTROL	NOV/14/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL RX VISCUS 25W60
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	188.1	230 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	19.33	23 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	117	123
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	7.95	7.8 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (% Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	FEBRERO/18/2013	VALORES TIPICOS DE CASTROL RX VISCUS 25W60
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	141.2	23 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	16.76	23 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	128	123
FLASH POINT (°C)	160	MINIMO 180
CONTENIDO DE DILUCION (% Vol)	4	MAXIMO 3
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	8.25	7.8 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (% Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 4. 3 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 2

Fuente: Elaboración Propia

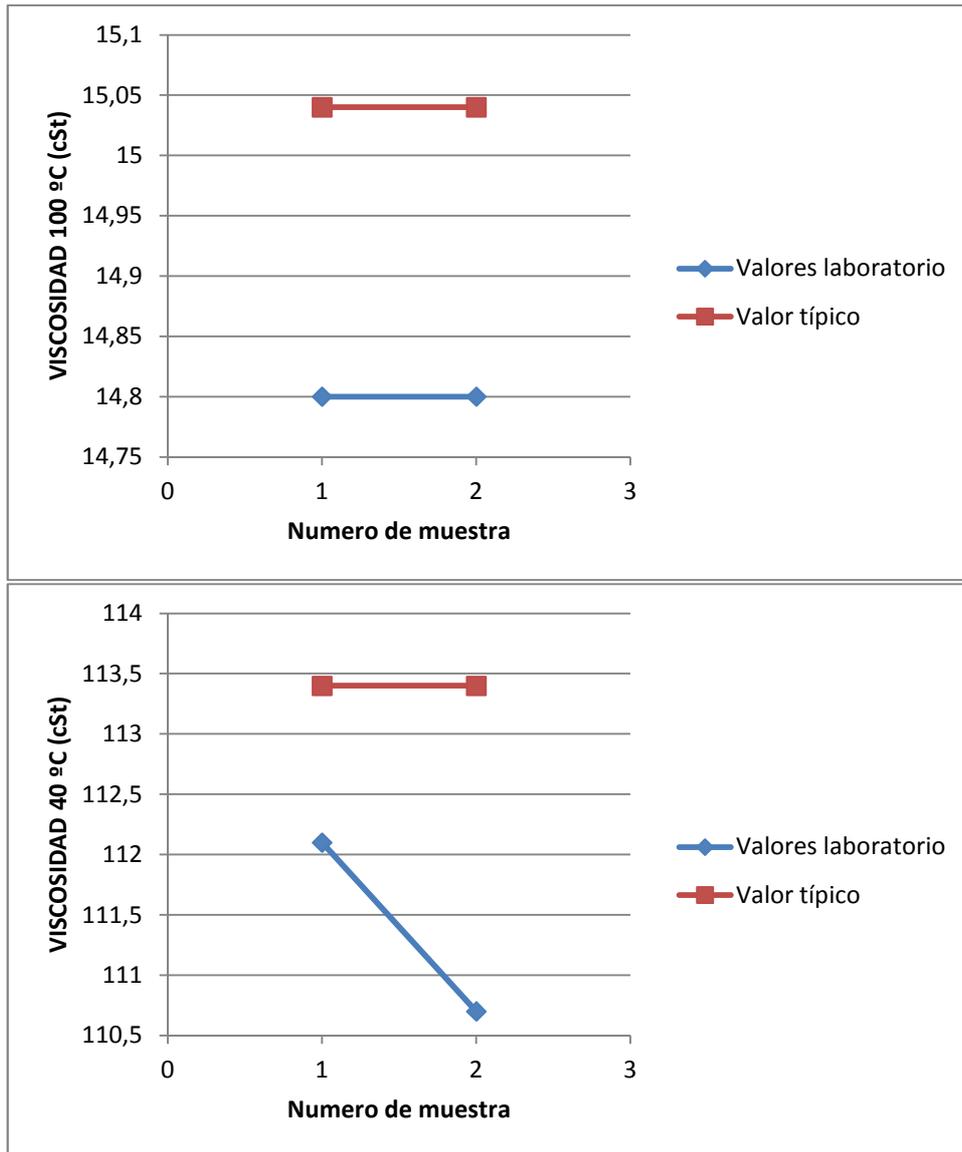


Figura 4. 4 Prueba de viscosidad de la unidad 2

Fuente: Elaboración Propia

Las muestras de laboratorio determinan que se encuentra dentro de los valores permisibles en ambos casos debido a que el margen de variación del valor típico es de $\pm 25\%$.

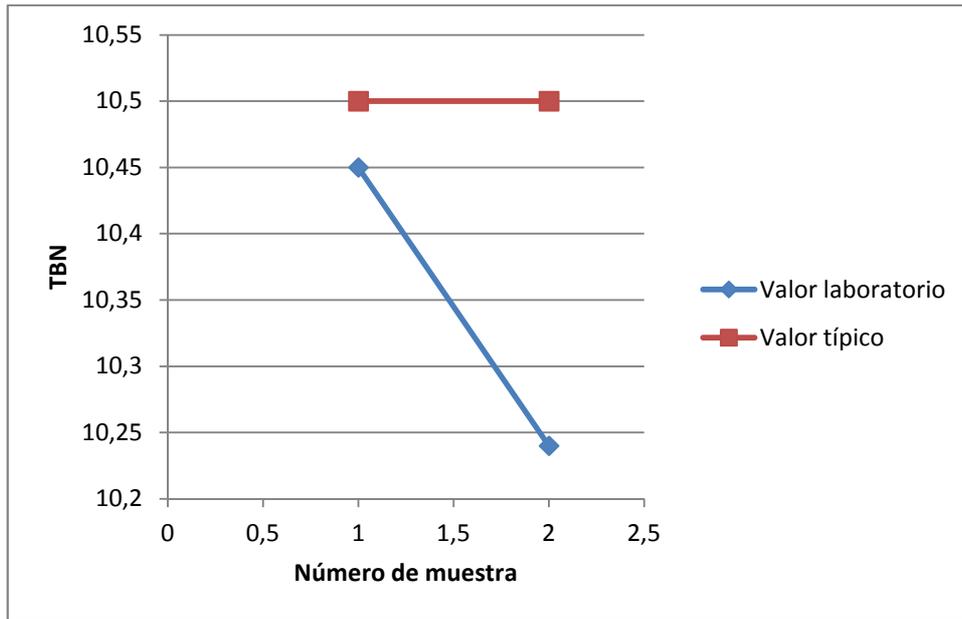


Figura 4. 5 Prueba TBN de la unidad 2

Fuente: Elaboración Propia

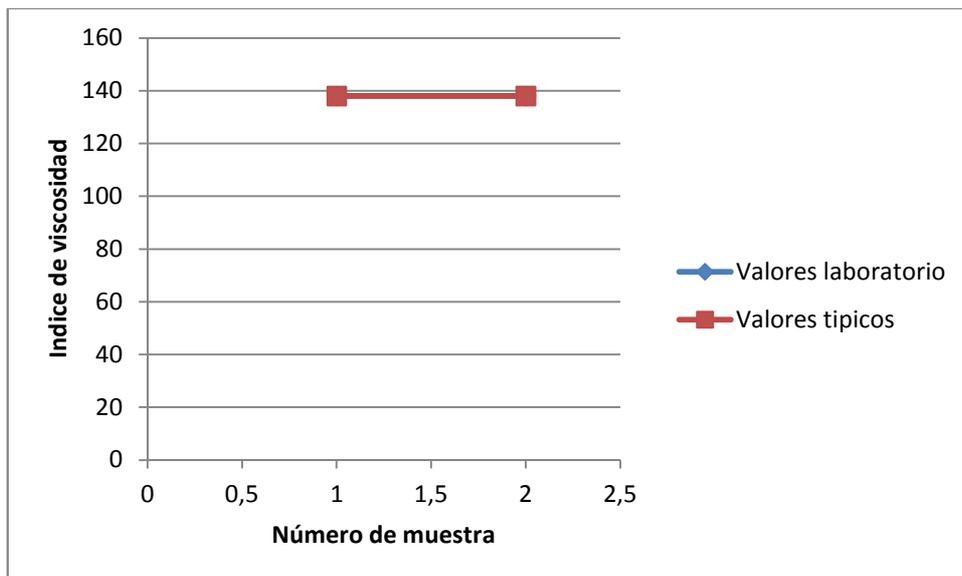


Figura 4. 6 Prueba índice de viscosidad de la unidad 2

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 3

Unidad 3	
Propietario	Sra. Sandra Velasco
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 15
Marca/modelo/serie	VOLKSWAGEN 17-21
Año de fabricación	2010
Hrs/Kms maquinaria	No indica

FECHA CONTROL	NOV./1/2012	VALORES TÍPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	108.8	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.60	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	138	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.80	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/4/2012	VALORES TÍPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	108.4	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	141	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.23	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TÍPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	107.9	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.4	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	136	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	11.03	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 4. 4 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 3

Fuente: Elaboración Propia

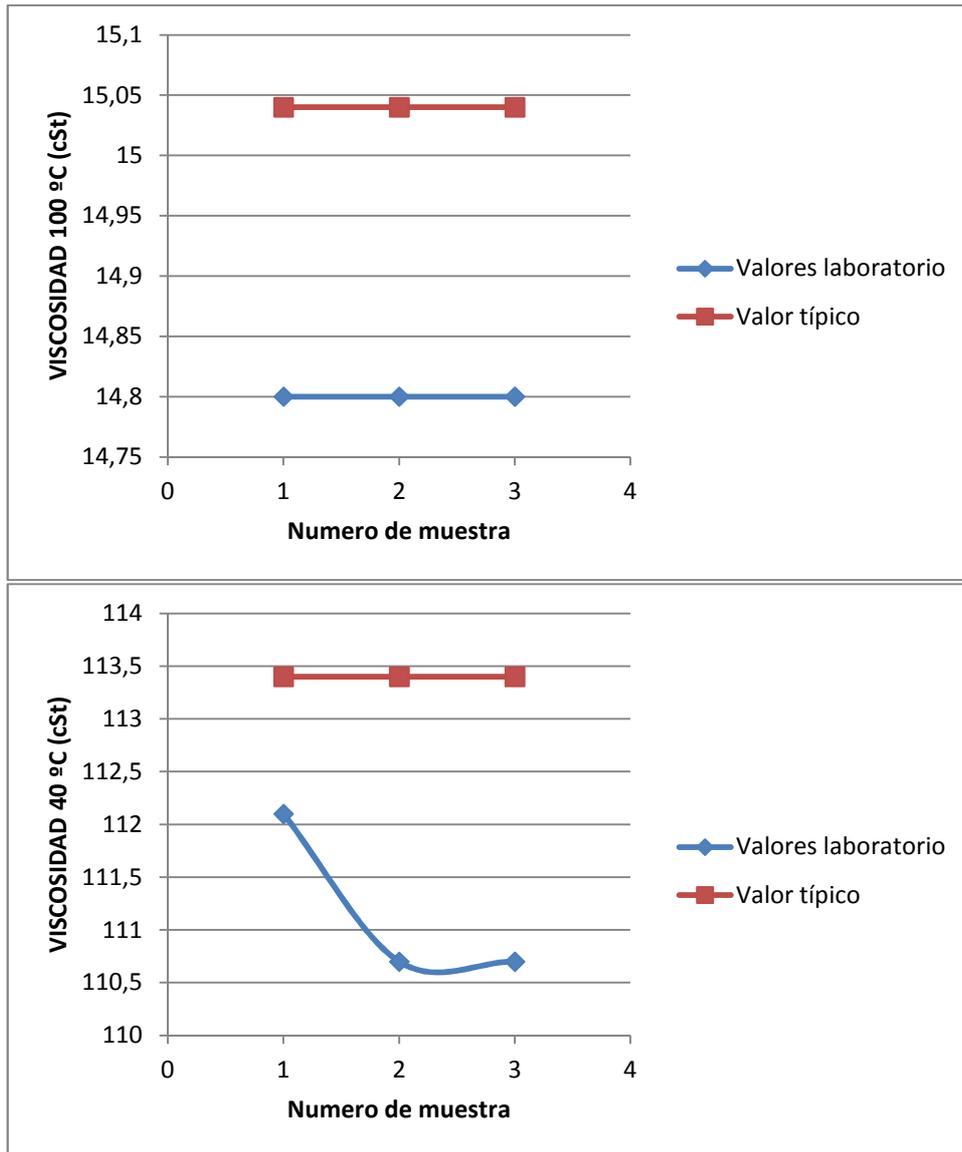


Figura 4. 7 Prueba de viscosidad de la unidad 3

Fuente: Elaboración Propia

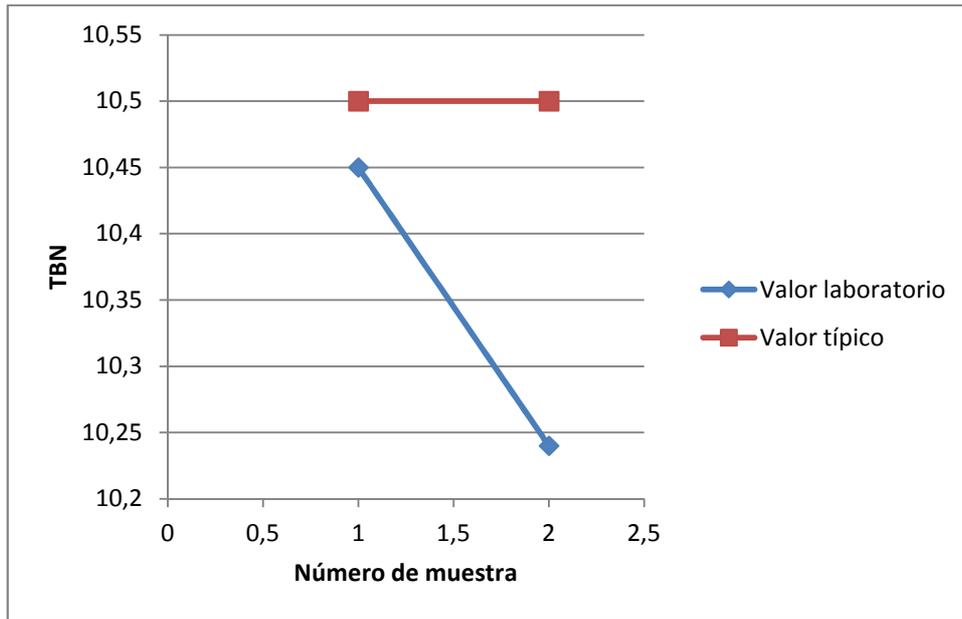


Figura 4. 8 Prueba TBN de la unidad 3

Fuente: Elaboración Propia

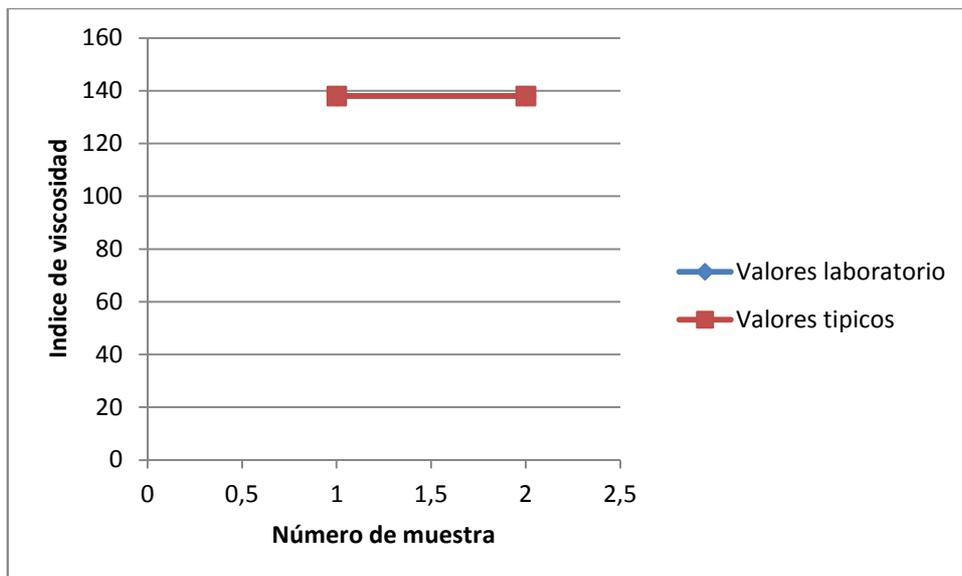


Figura 4. 9 Prueba índice de viscosidad de la unidad 3

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 4

Unidad 4	
Propietario	Sr. Carlos Obando
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 21
Marca/modelo/serie	MERCEDES BENZ 17-21
Año de fabricación	2006
Hrs/Kms maquinaria	No indica

FECHA CONTROL	NOV./1/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL RX VISCUS 25W60
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	215.8	230 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	20.98	23 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	115	123
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	7.93	7.8 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 4. 5 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 4

Fuente: Elaboración Propia

En la unidad 4 se cuenta únicamente con una muestra la cual indica que se encuentran todos los valores en el rango permisible del aceite lubricante, de tal manera que se mantienen todas las propiedades que indica el fabricante y no hay degradación del lubricante

Unidad 5

Unidad 5	
Propietario	Sr. David Shunta
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 27
Marca/modelo/serie	ISUZU FTR
Año de fabricación	2004
Hrs/Kms maquinaria	No indica

FECHA CONTROL	NOV./1/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	113.1	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	15.12	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	139	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.13	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/4/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	106.5	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.2	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	135	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.79	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	106	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.52	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	141	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.14	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 4. 6 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 5

Fuente: Elaboración Propia

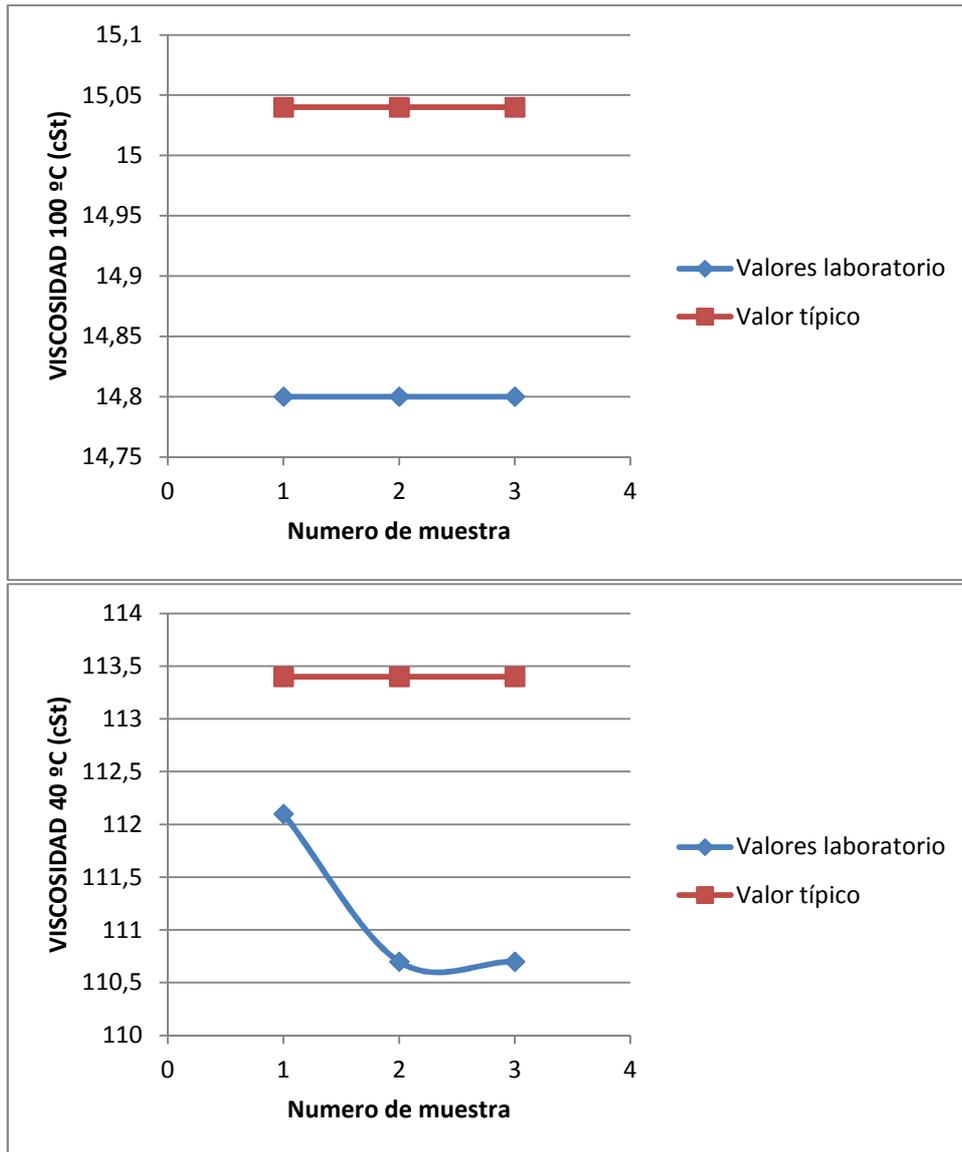


Figura 4. 10 Prueba de viscosidad de la unidad 5

Fuente: Elaboración Propia

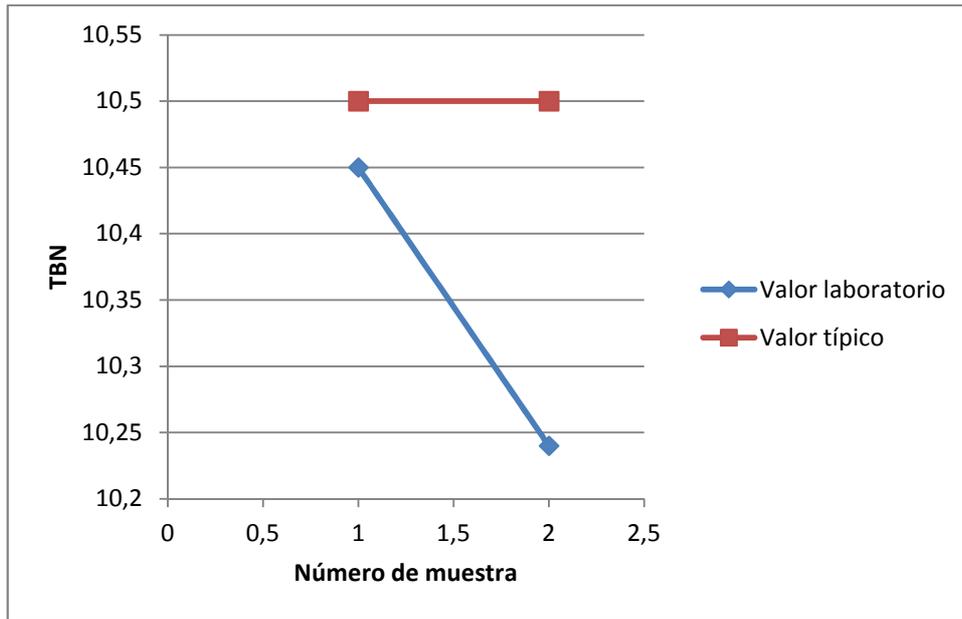


Figura 4. 11 Prueba TBN de la unidad 5

Fuente: Elaboración Propia

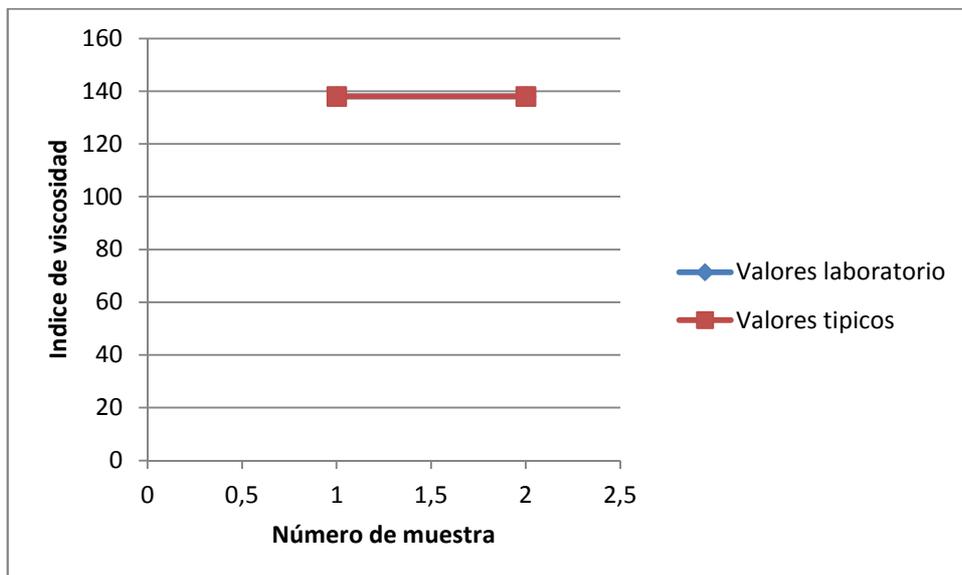


Figura 4. 12 Prueba índice de viscosidad de la unidad 5

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 6

Unidad 6	
Propietario	Sr. Claudio Vilatuña
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 35
Marca/modelo/serie	VOKSWAGEN 17-21
Año de fabricación	2010
Hrs/Kms maquinaria	No indica

FECHA CONTROL	NOV./1/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	112.6	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	15.08	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	139	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.77	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/4/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	110.7	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	138	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	11.22	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	110.7	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	138	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.24	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 4. 7 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 6

Fuente: Elaboración Propia

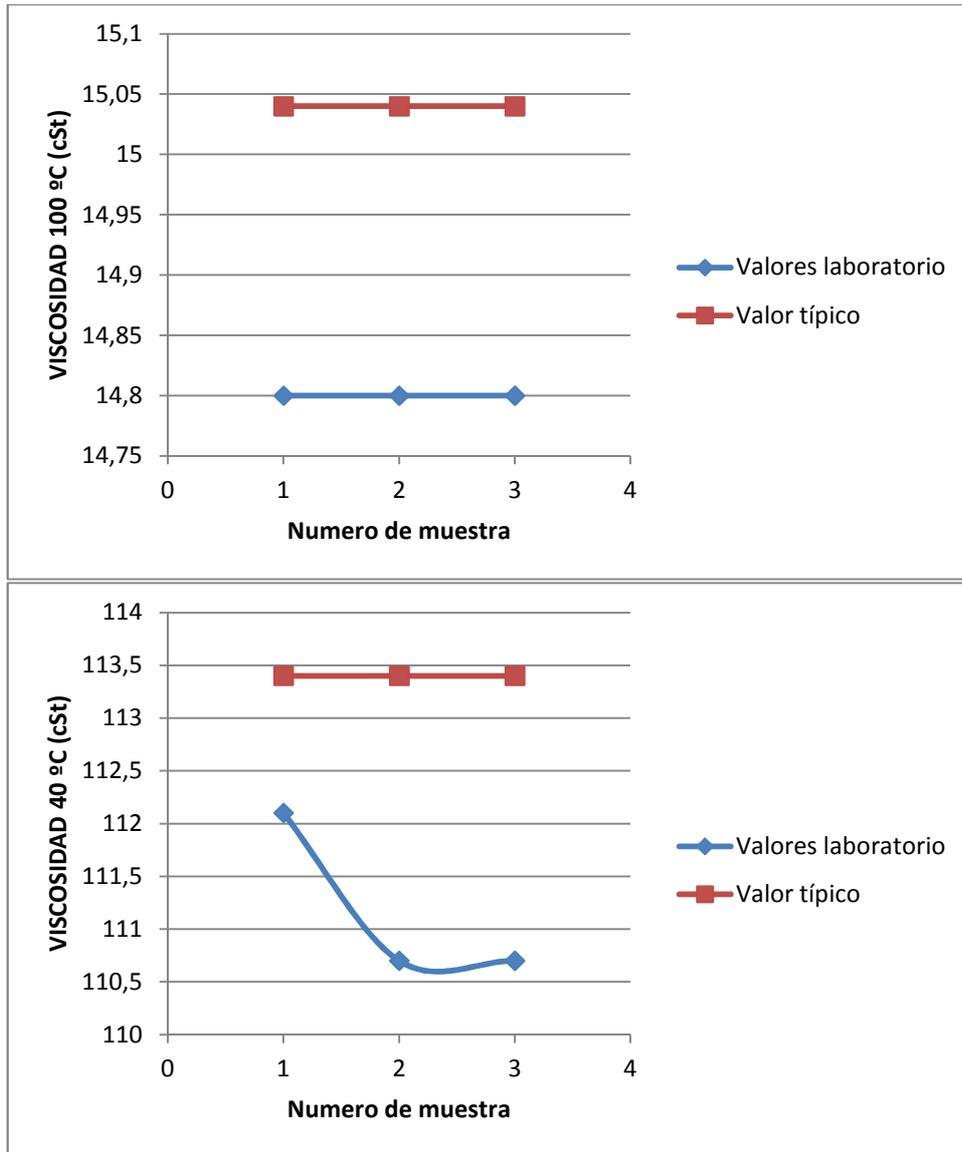


Figura 4. 13 Prueba de viscosidad de la unidad 6

Fuente: Elaboración Propia

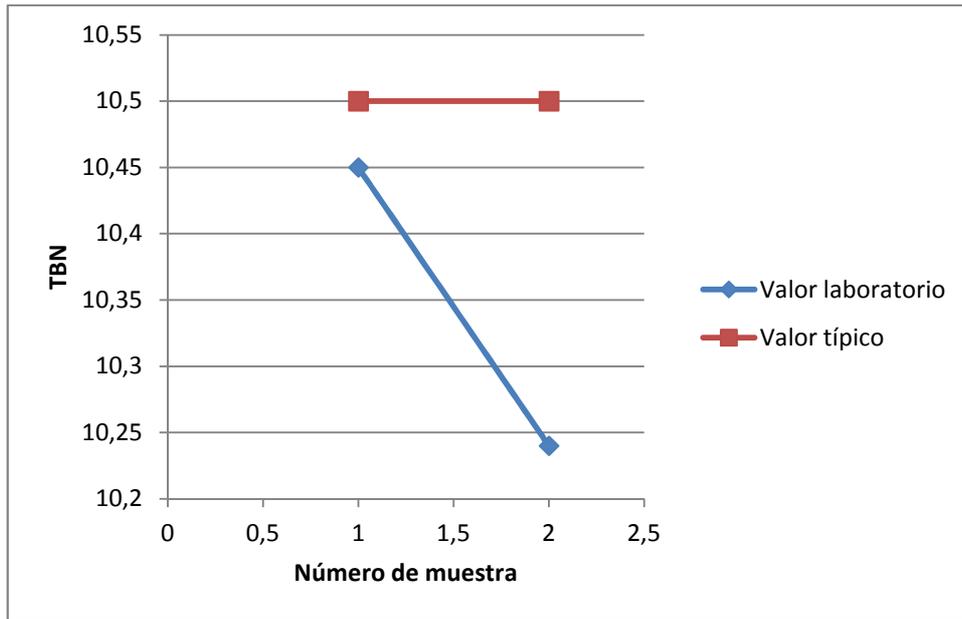


Figura 4. 14 Prueba TBN de la unidad 6

Fuente: Elaboración Propia

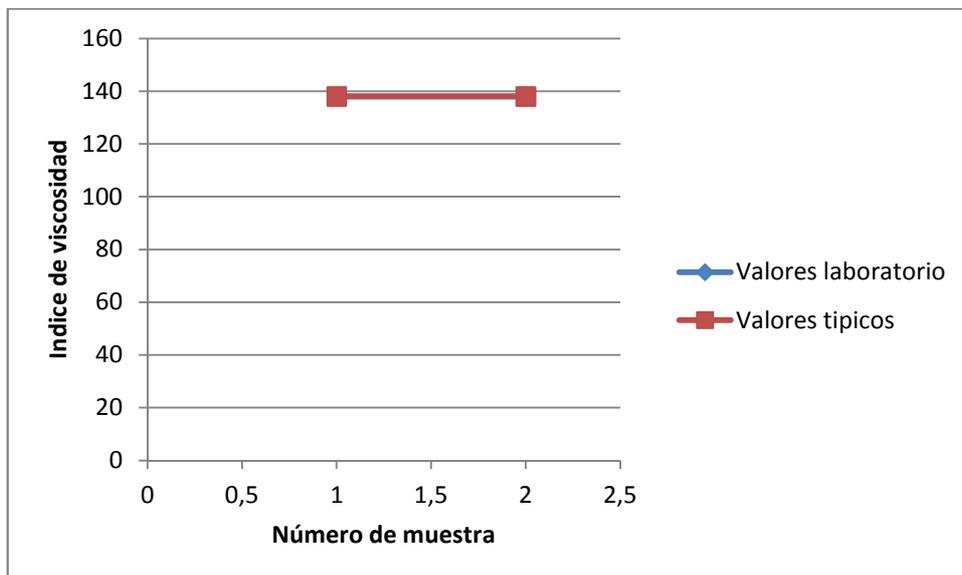


Figura 4. 15 Prueba índice de viscosidad de la unidad 6

Fuente: Elaboración Propia

Unidad 7

Unidad 7	
Propietario	Sr. Víctor Quishpe
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 41
Marca/modelo/serie	VOKSWAGEN 17-21
Año de fabricación	2009
Hrs/Kms maquinaria	150837 Km

FECHA CONTROL	DCBRE/4/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	112.1	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.88	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	137	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.16	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	119.6	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	15.06	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	137	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	9.83	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 4. 8 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 7

Fuente: Elaboración Propia

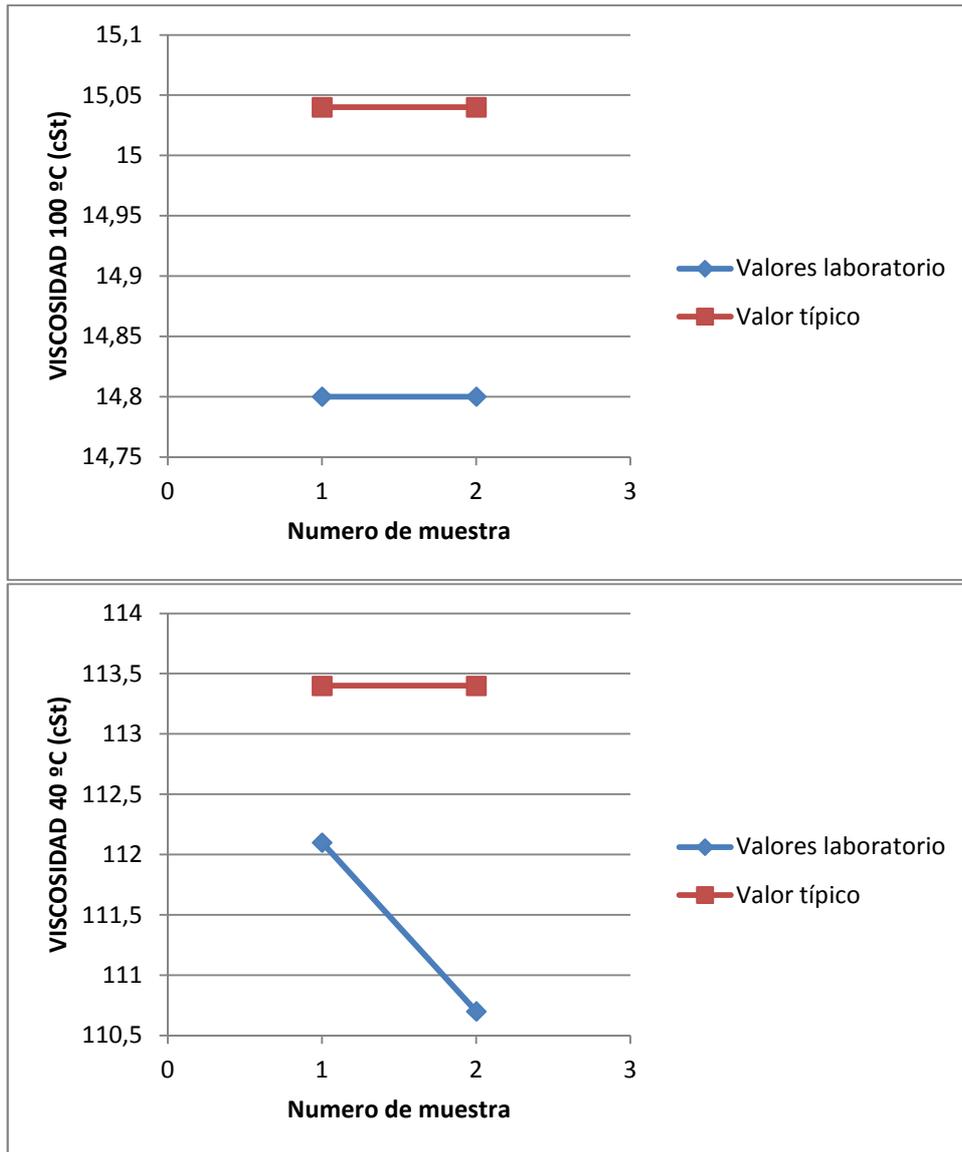


Figura 4. 16 Prueba de viscosidad de la unidad 7

Fuente: Elaboración Propia

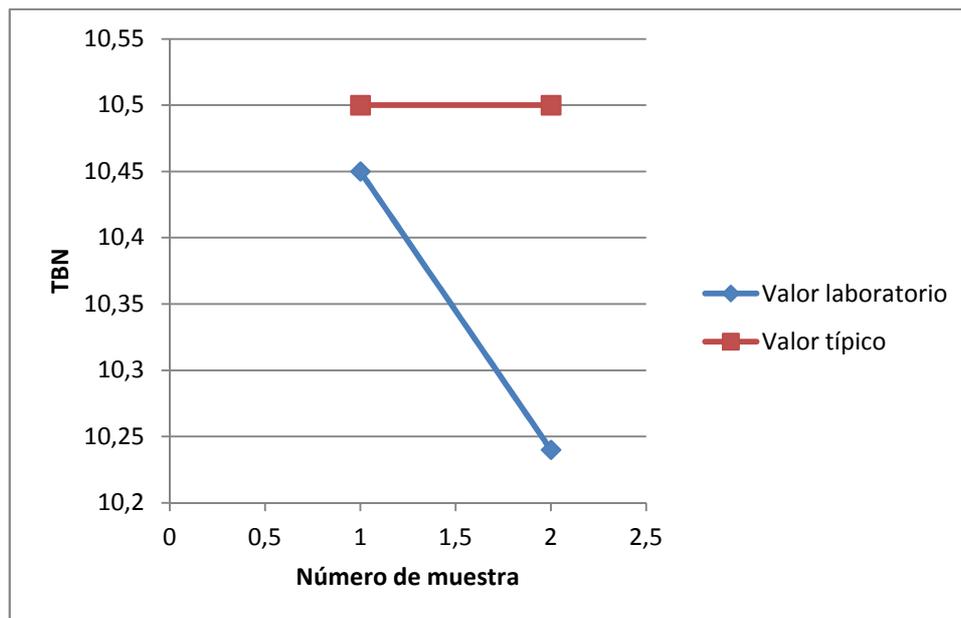


Figura 4. 17 Prueba TBN de la unidad 7

Fuente: Elaboración Propia

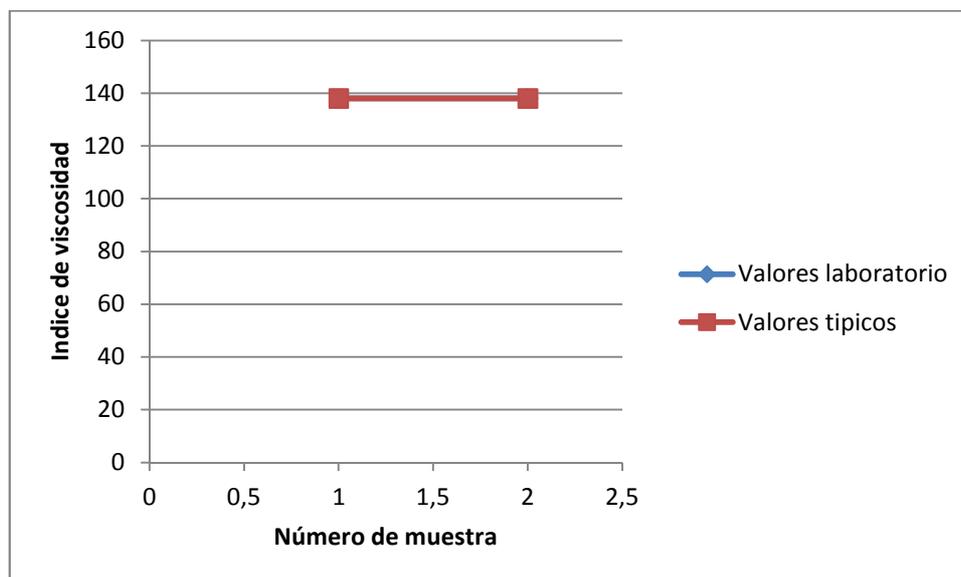


Figura 4. 18 Prueba índice de viscosidad de la unidad 7

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que los valores típicos coinciden completamente con los valores de laboratorio.

Unidad 8

Unidad 8	
Propietario	Sr. Edwin Cueva
Campo	Urbano
Equipo/vehículo	Bus Alfa 30
Marca/modelo/serie	MERCEDES BENZ 17-21
Año de fabricación	2008
Hrs/Kms maquinaria	302906 Km

FECHA CONTROL	DCBRE/4/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	112.1	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	136	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.45	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2
FECHA CONTROL	DCBRE/28/2012	VALORES TIPICOS DE CASTROL TECTION GLOBAL 15W40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	110.7	113.4 (± 25%)
VISCOSIDAD 100 ° C (cSt)	14.8	15.04 (± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	138	138
TBN (mg KOH/g MUESTRA)	10.24	10.5 (-50%)
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Tabla 4. 9 Descripción de los análisis de laboratorio unidad 8

Fuente: Elaboración Propia

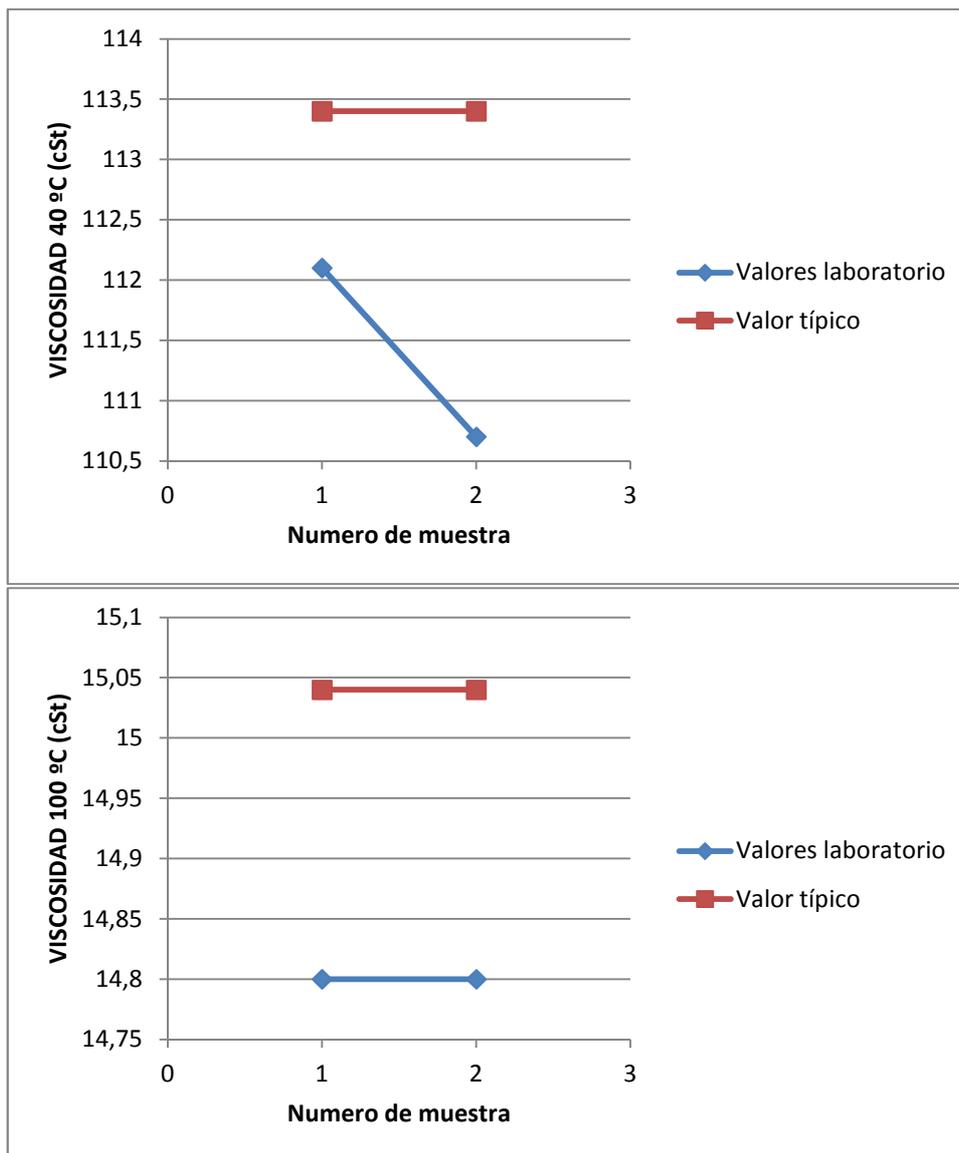


Figura 4. 19 Prueba de viscosidad de la unidad 8

Fuente: Elaboración Propia

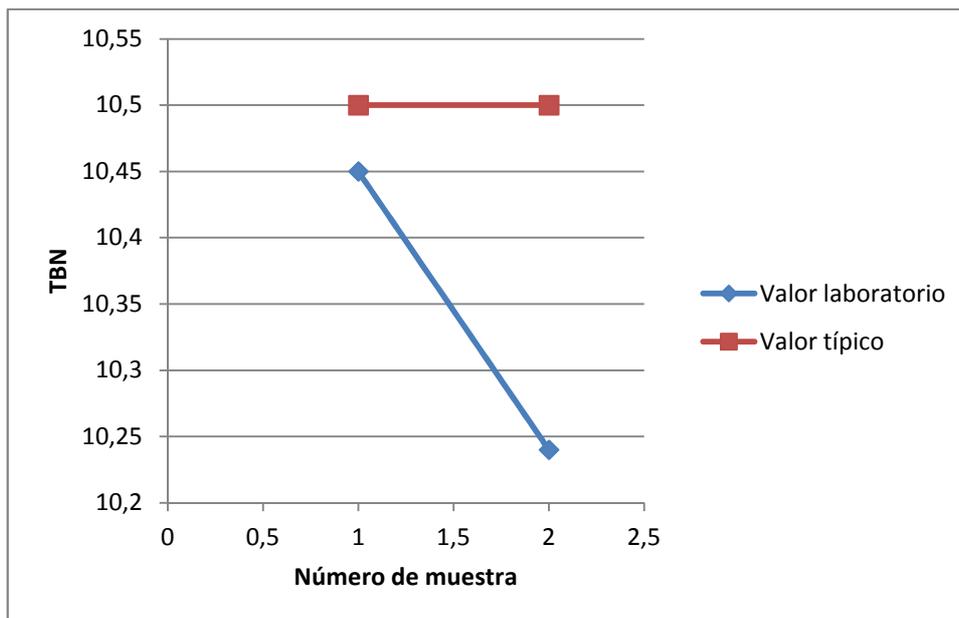


Figura 4. 20 Prueba TBN de la unidad 8

Fuente: Elaboración Propia

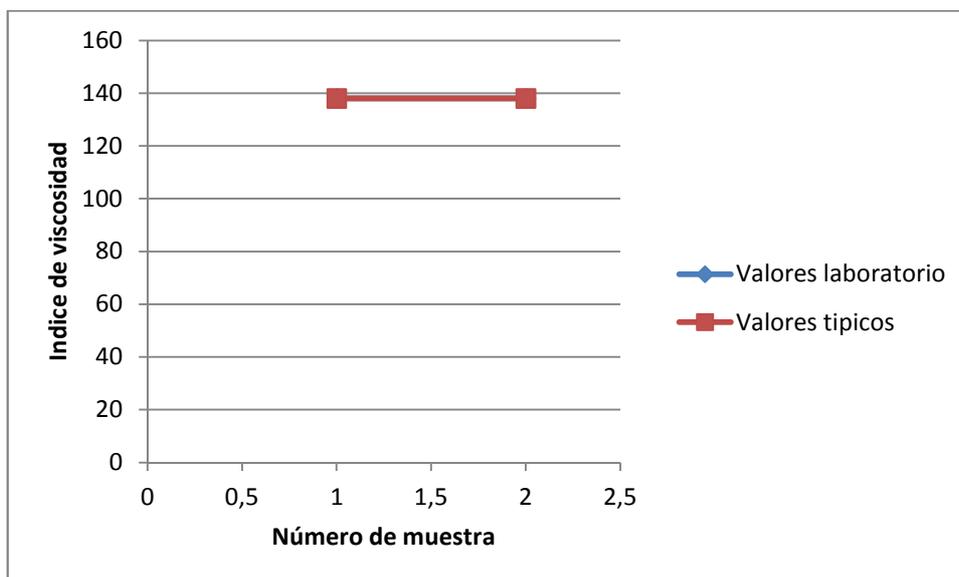


Figura 4. 21 Prueba de índice de viscosidad de la unidad 8

Fuente: Elaboración Propia

Analizando los resultados de la investigación, se puede indicar que en la mayoría de unidades se tiene que el análisis de laboratorio refleja un correcto desempeño del lubricante debido a que mantiene las propiedades inherentes especificadas en el catálogo, únicamente el valor que no ha corresponde al valor del catálogo y su respectivo margen de error es el valor del TBN.

La formación de cantidades apreciables de ácido sulfúrico en el seno de los motores es habitual, por lo que los aceites debían poseer reservas alcalinas elevadas para neutralizarlo, es decir, TBN altos, y de esta manera se controla la corrosión al motor y la acidez interna que tiende a descomponer el lubricante.

Actualmente, las normativas medioambientales regulan y limitan extraordinariamente el contenido en azufre de los diversos tipos de combustibles Diésel, que va siendo cada vez menor.

En la actualidad se le añaden aditivos que dejan menos residuos y crean menos cenizas. Por su baja alcalinidad, estos aditivos confieren al aceite más bajos TBN (que mide exclusivamente la alcalinidad del aceite), lo cual no es para nada indicativo de su capacidad de mantener limpio el motor, tarea que desempeñan perfectamente.

Lo único que indica un TBN bajo es una menor capacidad que los antiguos aceites de TBN elevados para neutralizar el posible ácido sulfúrico que se puede llegar a formar por el azufre del combustible Diésel.

Como ya se ha indicado, los bajos contenidos en azufre del Diésel actual no justifica, en ningún caso, la necesidad de TBN elevado. Por tanto, y en conclusión, se acostumbrara a no juzgar la calidad de un lubricante por su valor de TBN. De hecho, los aceites más modernos, formulados con la más reciente tecnología en aditivos detergentes, presentan generalmente TBN inferiores a 12.

Las propiedades más relevantes del lubricante han cumplido con su objetivo y no presenta mayor novedad de tal manera que el lubricante utilizado es totalmente adecuado.

También se indican algunas razones por las que análisis de aceites falla y que se debería tomar en cuenta para futuros análisis:

- El programa de análisis de aceite no está identificado y enfocado con la estrategia del mantenimiento proactivo.
- Las muestras de aceite no proporcionan información de calidad debido a puertos mal localizados o métodos de muestreo inadecuados.
- Los métodos y las pruebas que se efectúan a los aceites son incorrectos o incompletos.
- No se establecen límites de advertencia y metas de control adecuados.
- La frecuencia de muestreo es inadecuada.
- Inadecuado conocimiento del diseño de la maquinaria y falta de interpretación de resultados.
- Falta de análisis y combinación de datos de inspecciones y sensorial con el resultado de análisis de aceite para determinar las causas de falla.
- Falta de entrenamiento en la interpretación para asegurar una respuesta adecuada a los resultados anormales.

Hay que indicar ciertas normas básicas para una correcta lubricación de las unidades que son las siguientes:

- Utilizar el lubricante recomendado.
- Establecer el sistema de lubricación apropiado.
- Establecer una frecuencia de cambio y/o relubricación (tarjeta de control).
- Utilizar la cantidad especificada
- Seguir normas de manipulación y almacenamiento de lubricantes.

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

- Se ha evaluado las condiciones físicas y químicas del aceite lubricante quemado de los buses de la compañía Trans. Alfa, obteniéndose parámetros preciso que han permitido determinar que en su mayoría refleja el buen estado de los automotores, debido a que no han presentado ningún tipo de inconveniente respecto a valores fuera de rango luego de haber cumplido su periodo de trabajo.
- El aceite lubricante de los motores, luego de cumplir el kilometraje para el cual está determinado, ha permitido identificar el deterioro real del aceite, que para estos vehículos está completamente determinado y no presenta novedades que pueden dar indicios de un mal funcionamiento del lubricante o del motor.
- El tipo de lubricante utilizado para estas pruebas es adecuado para el tipo de motor que se utiliza, además que sus propiedades y sus condiciones de trabajo estables que se han verificado a través de los análisis de laboratorio
- También se debe notar que la mayoría de unidades de transporte de la compañía son vehículos relativamente nuevos, por tanto se ve reflejado el hecho de que el lubricante puede desempeñar sus funciones de una modo adecuado y para las condiciones que se ha sido elaborado.
- Los vehículos de la compañía están trabajando de manera óptima con dicho lubricante, de tal manera que se debe continuar bajo la misma línea de trabajo, al igual que con el mantenimiento periódico del motor, así se podrá extender la vida útil del motor y conservar la inversión que se ha realizado.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los encargados de las unidades de transporte mantener el cuidado adecuado al motor que se ha venido dando para prolongar la vida útil del motor
- Los servicios de mantenimiento para vehículos diésel son cada 7,500 km. Es preciso que los operadores tenga claro que no debe exceder este periodo y realizar el recambio de aceite. El no seguir estas recomendaciones puede ocasionar que se requieran trabajos correctivos mayores de limpieza en el motor como.
- Se debe mantener la marca de aceite en los vehículos, y evitar de sobremanera el mezclado de aceites lubricantes, ya que en dicho caso se afectaría las condiciones físicas y químicas del lubricante cambiando su desempeño en el motor.
- En el caso de observar que el aceite presente una coloración oscura se debe tener presente que esto natural y es propio del lubricante debido a sus propiedades detergentes, así que no debe existir preocupación.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE, E., BAUMEISTER, T; Manual del Ingeniero Mecánico. México: McGraw Hill; España; 1995
2. DUARTE, C., NIÑO, J. Introducción a la Mecánica de Fluidos, Univ. Nacional de Colombia, Colombia, 1998
3. CHÁVEZ, F. La Tribología: Ciencia y Técnica para el mantenimiento., Limusa, México, 2002
4. GONZÁLEZ, A., RODRÍGUEZ, P.; Mantenimiento mecánico de máquinas., Universidad Jaume; España, 2007
5. WAUQUIER, J; El refino de petróleo: petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación, Ediciones Díaz de Santos, España, 2007
6. GONZÁLEZ, D; Motores térmicos y sus sistemas auxiliares, Paraninfo, España, 2012
7. GONZÁLEZ, A, Mantenimiento mecánico de máquinas, Universitat Jaume, 2007.
8. KATES, E, Motor Diesel y de gas de alta compresión, Reverte, España, 2003.