



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACEITE DEL MOTOR  
CON EL USO DE COMBUSTIBLE DIÉSEL**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**DANIEL ALEJANDRO GUACHAMIN MUZO**

**DIRECTOR: ING. EDWIN TAMAYO**

**Quito, junio 2016**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016  
Reservados todos los derechos de reproducción.

# FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

## PROYECTO DE TITULACIÓN

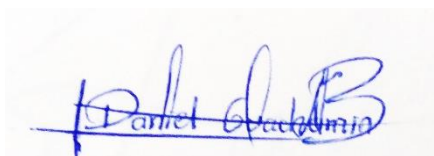
DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1723379499
APELLIDO Y NOMBRES:	Guachamin Muzo Daniel Alejandro
DIRECCIÓN:	Llano grande, barrio central, calle Astudillo Oe S6-180
EMAIL:	dangoott@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	2827818
TELÉFONO MOVIL:	0987355882

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Análisis de la contaminación del aceite del motor con el uso de combustible diésel
AUTOR O AUTORES:	Guachamin Muzo Daniel Alejandro
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	8/6/2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Edwin Ramiro Tamayo Avalos Msc.
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero automotriz
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>El proyecto ha sido desarrollado con el fin de analizar la contaminación del aceite en motor diésel con el uso de combustible diésel de calidad Ecuatoriana, para tal propósito fue necesario realizar pruebas en un aceite sometido a un régimen de trabajo en un vehículo de transporte escolar. Las pruebas se realizaron experimentalmente en muestras de aceite, tomadas en una frecuencia de muestreo aproximada a 24 horas de uso del aceite, para cuantificar el estudio se utilizó un equipo rápido de análisis de aceites lubricantes, los resultados son medidas que corresponden a porcentajes e índices de la constante dieléctrica, índice químico, índice ferroso, concentración de contaminantes insolubles y agua. Químicamente algunos compuestos presentes en el combustible diésel como el azufre, vanadio o sodio reaccionan en los procesos de combustión, aumentando el valor de la constante dieléctrica, en consecuencia el valor más relevante que se obtuvo de esta medida fue 2.46, que identifica la degradación del aceite y el agotamiento de los aditivos. Por otro parte el ensayo de concentración de contaminantes insolubles y agua en el aceite reportó un valor de 0.24 %, se dedujo que esta cantidad corresponde a los contaminantes insolubles ya que resultados complementarios no informaron presencia de agua. Con respecto a la medida del</p>

	<p>índice ferroso que cuantifica la cantidad de partículas ferromagnéticas grandes en el aceite, se obtuvo un índice máximo de 1, este valor no representa una señal de grave desgaste, sin embargo se asume fue generado por el desgaste normal de los mecanismos en movimiento. Finalmente se determinó el resultado más influyente que corresponde al índice químico con un valor de 25, las causas más comunes del aumento de este índice se relacionan con la oxidación y nitración, hollín o formación de ácidos en la combustión. En conclusión los resultados obtenidos identifican variaciones importantes en las medidas de la constante dieléctrica e índice químico, resultados que indican la degradación química del aceite.</p>
<p><b>PALABRAS CLAVES:</b></p>	<p>Constante dieléctrica, índice ferroso, índice químico, concentración de materiales insolubles y agua</p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>The project has been developed in order to analyze oil contamination in the diesel engine with the use of diesel fuel quality Ecuadorian, for this purpose it was necessary to conduct tests in an oil subjected to a regime working in a school van. The tests were performed experimentally in oil samples, taken in a frequency of sampling approximately 24 hours of oil use, to quantify the study was used a rapid equipment of analysis of lubricants, the results are measures that corresponding at percentages and indices of the dielectric constant, chemical index, ferrous index, concentration of contaminants insoluble and water. Chemically some compounds present in diesel fuel as sulfur, vanadium or sodium react in combustion processes, increasing the value of the dielectric constant, consequently the most relevant value obtained from this measurement was 2.46 that identifies degradation and depletion of oil additives. On the other hand the test concentration of insoluble contaminants and water in the oil reported a value of 0.24%, it was concluded that this amount corresponds to the insoluble contaminants as complementary results did not report the presence of water. With respect to the extent of ferrous index that quantifies the amount of large ferromagnetic particles in the oil, it was obtained a maximum index of 1, this value is not a sign of serious wear, however it is assumed was generated by normal wear mechanisms in motion. Finally was determined the most influential result</p>

	corresponding to chemical index with a value of 25, the most common causes of the increase in this index relate to oxidation and nitration, soot or acid formation in the combustion. In conclusion the results identify important variations in measurements of the dielectric constant and chemical index, results indicating the chemical degradation of the oil.
<b>KEYWORDS:</b>	dielectric constant, ferrous index, chemical index, concentration of insoluble materials and water

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Daniel Guachamin", is centered on a white rectangular background.

---

GUACHAMIN MUZO DANIEL ALEJANDRO

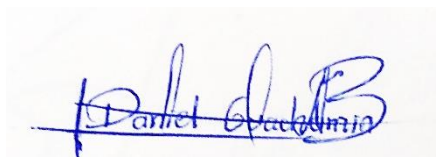
1723379499

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **GUACHAMIN MUZO DANIEL ALEJANDRO**, CI 1723379499 autor/a del proyecto titulado: **Análisis de la contaminación del aceite del motor con el uso de combustible diésel** previo a la obtención del título de **INGERIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 9 de junio del 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Daniel Guachamin Muzo', is written over a light blue rectangular background. The signature is stylized and cursive.

---

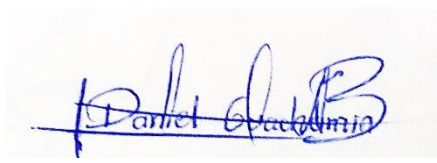
GUACHAMIN MUZO DANIEL ALEJANDRO

1723379499

## DECLARACIÓN

Yo **DANIEL ALEJANDRO GUACHAMIN MUZO**, declaro 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.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Daniel Alejandro Guachamin Muzo

C.I. 1723379499

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Análisis de la contaminación del aceite del motor con el uso de combustible diésel**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Automotriz** fue desarrollado por **Daniel Alejandro Guachamin Muzo**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



Ing. Edwin Ramiro Tamayo Avalos

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 1708601461



## **DEDICATORIA**

A toda mi familia por apoyarme en cada etapa de mi vida, pero especialmente a mi madre Blanca Muzo, padre César Guachamin y hermana Nelly Guachamin quienes fueron un pilar fundamental en la construcción de mi vida profesional, en ellos veo un ejemplo lleno de valores y virtudes.

Gracias por apoyarme cuando la situación más adversa estaba frente de mí, por darme las fuerzas para continuar cuando creí que todo estaba perdido.

**Daniel Guachamin.**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis Padres César Guachamin y Blanca Muzo, quienes han sido un apoyo incondicional en este largo camino, lleno de adversidades, siempre estaré en deuda por darme la oportunidad de ser una mejor persona, nunca olvidare el ejemplo que me han dado.

A mi hermana Nelly Guachamin y su familia, quienes son un gran ejemplo de superación.

A mis amigos, con quienes compartí esta gran experiencia de formarme como profesional.

A mis abuelitos Mercedes, Francisco, Nicolás, Juana y toda mi familia, que siempre estuvieron pendientes, dándome ánimos alentándome en cada meta que cumplí, pero más aún por demostrarme que con esfuerzo y dedicación nada es imposible.

Al Ing. Edwin Tamayo por su apoyo y consejos, por ser un excelente guía en cada fase de este proyecto y por demostrarme ser un gran profesional.

**Daniel Guachamin.**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1. MOTOR DIÉSEL .....	4
2.2. LUBRICACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	5
2.3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN .....	7
2.4.LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	8
2.5. PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES .....	10
2.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS LUBRICANTES.....	11
2.7. ADITIVOS.....	13
2.8. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES DE MOTOR .....	14
2.8.1. POR SU VISCOSIDAD .....	14
2.8.2. POR SU UTILIZACIÓN.....	15
2.9. COMBUSTIBLE DIÉSEL .....	17
2.10. PROPIEDADES DEL COMBUSTIBLE DIÉSEL .....	18
2.11. DIÉSEL ECUATORIANO .....	18
2.12. CONTAMINACIÓN DEL ACEITE EN MOTORES DIÉSEL .....	20
2.12.1. OXIDACIÓN.....	21

2.12.2. NITRACIÓN .....	24
2.12.3. CONTAMINANTES.....	25
2.12.3.1. Contaminación por silicio .....	25
2.12.3.2. Contaminación por glicol .....	26
2.12.3.3. Contaminación por dilución de combustible .....	26
2.12.3.4. Contaminación por agua .....	27
2.12.3.5. Contaminación por hollín .....	29
2.13. ANÁLISIS DE ACEITE COMO HERRAMIENTA EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO .....	30
2.14. EQUIPOS RÁPIDOS DE ANÁLISIS DE ACEITE .....	30
2.15. TÉCNICAS DE MEDIDA PARA DETERMINAR LA DEGRADACIÓN DEL ACEITE.....	32
2.15.1. CONSTANTE DIELECTRICA DEL ACEITE .....	32
2.15.2. ÍNDICE QUÍMICO.....	33
2.15.3. INSOLUBLES DEL ACEITE .....	34
2.15.4. ÍNDICE FERROSO .....	34
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>36</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
4.1. INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN .....	39
4.2. ESPECIFICACIONES DEL SOFTWARE QUICK CHECK .....	41
4.3. ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO .....	45
4.4. ESPECIFICACIONES DEL ACEITE .....	47
4.5. CÁLCULO DE LA FRECUENCIA DE TOMA DE MUESTRAS.....	48

4.6. MUESTREO .....	49
4.7. PROCESO DE LA TOMA DE MUESTRAS .....	51
4.8. PROCESO DE MEDIDA.....	53
4.9. RESULTADOS .....	60
4.10. ALARMAS Y LÍMITES DE MEDIDA .....	60
4.11. RESULTADO DE LA CONSTANTE DIELECTRICA .....	62
4.12. RESULTADO DEL ÍNDICE FERROSO.....	64
4.13. RESULTADO DEL CONTENIDO DE AGUA Y MATERIAL INSOLUBLE .....	66
4.14. RESULTADO DEL ÍNDICE QUÍMICO .....	68
4.15. ANÁLISIS .....	69
4.16. ERRORES DE MEDIDA.....	71
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	73
5.2. RECOMENDACIONES .....	75
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>80</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
<b>Tabla 1.</b> Clasificación API vigente para motores diésel.....	16
<b>Tabla 2.</b> Concentración de azufre en el combustible diésel asociado a países latinoamericanos .....	20
<b>Tabla 3.</b> Especificaciones del equipo .....	40
<b>Tabla 4.</b> Especificaciones del vehículo para el ensayo .....	46
<b>Tabla 5.</b> Valores recomendados de llenado y tiempo de agitación de muestras .....	50
<b>Tabla 6.</b> Resultados de los ensayos para determinar la contaminación del aceite.....	60
<b>Tabla 7.</b> Alarmas por defecto para motores diésel .....	61
<b>Tabla 8.</b> Límites de medida. ....	61
<b>Tabla 9.</b> Medición de la constante dieléctrica del aceite usado Mobil 15W40 .....	62
<b>Tabla 10.</b> Comparación entre las alarmas de medida y límites de medida .....	64
<b>Tabla 11.</b> Medición del índice ferroso del aceite usado Mobil 15W40 .....	65
<b>Tabla 12.</b> Medición de concentración de agua y material insoluble en el aceite usado Mobil 15W40 .....	66
<b>Tabla 13.</b> Valores obtenidos de la medición del índice químico del aceite usado Mobil 15W40 .....	68

# ÍNDICE DE FIGURAS

## PÁGINA

<b>Figura 1.</b> Ciclo de funcionamiento del motor Diésel de cuatro tiempos.....	5
<b>Figura 2.</b> Sistema de lubricación a presión .....	8
<b>Figura 3.</b> Emisiones contaminantes del combustible diésel .....	17
<b>Figura 4.</b> Atomización del inyector .....	27
<b>Figura 5.</b> Equipo oilview quick check para análisis rápido de aceite .....	31
<b>Figura 6.</b> Configuración de puerto en la PC .....	41
<b>Figura 7.</b> Configuración del software QC .....	42
<b>Figura 8.</b> Configuración de la base de datos.....	42
<b>Figura 9.</b> Ventana de datos de muestra .....	43
<b>Figura 10.</b> Ventana de datos de referencia del aceite.....	43
<b>Figura 11.</b> Ventana límites y alarmas.....	44
<b>Figura 12.</b> Ventana de reporte .....	44
<b>Figura 13.</b> Lubricante seleccionado para el ensayo .....	47
<b>Figura 14.</b> Bomba de vacío para recolección de muestras de aceite .....	50
<b>Figura 15.</b> Proceso para la toma de muestra .....	52
<b>Figura 16.</b> Preparación de muestras .....	53
<b>Figura 17.</b> Instalación de los equipos.....	54
<b>Figura 18.</b> Fluidos de calibración 220 y 300.....	54
<b>Figura 19.</b> Comprobación de la limpieza del sensor .....	55
<b>Figura 20.</b> Calibración con el fluido 220 .....	55
<b>Figura 21.</b> Proceso de calibración con el fluido 300.....	56
<b>Figura 22.</b> Medición de la constante dieléctrica de aceite de referencia .....	56
<b>Figura 23.</b> Medición de la muestra de aceite sin diluir .....	57
<b>Figura 24.</b> Medición de la muestra de aceite diluida .....	57
<b>Figura 25.</b> Datos del aceite de referencia .....	58
<b>Figura 26.</b> Datos de límites de alarma .....	58
<b>Figura 27.</b> Reporte de resultados.....	59
<b>Figura 28.</b> Resultados finales de los ensayo.....	59

<b>Figura 29.</b> Medición de la constante dieléctrica del aceite usado Mobil 15W40.....	63
<b>Figura 30.</b> Medición del índice ferroso del aceite usado Mobil 15W40 .....	65
<b>Figura 31.</b> Medición de concentración de agua y material insoluble en el aceite usado Mobil 15W40 .....	67
<b>Figura 32.</b> Valores obtenidos de la medición del índice químico del aceite usado Mobil 15W40.....	69
<b>Figura 33.</b> Contaminación química.....	71
<b>Figura 34.</b> Sensor de capacitancia.....	72



# ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO 1.</b> Especificaciones y ensayos en aceites lubricantes .....	80
<b>ANEXO 2.</b> Proceso de toma de muestras .....	81
<b>ANEXO 3.</b> Proceso de calibración del equipo .....	82
<b>ANEXO 4.</b> Resultados finales del análisis efectuado al lubricante mobil 15w40.....	84
<b>ANEXO 4.</b> Manual del analizador de lubricantes.....	85

## RESUMEN

El proyecto ha sido desarrollado con el fin de analizar la contaminación del aceite en motor diésel con el uso de combustible diésel de calidad Ecuatoriana, para tal propósito fue necesario realizar pruebas en un aceite sometido a un régimen de trabajo en un vehículo de transporte escolar. Las pruebas se realizaron experimentalmente en muestras de aceite, tomadas en una frecuencia de muestreo aproximada a 24 horas de uso del aceite, para cuantificar el estudio se utilizó un equipo rápido de análisis de aceites lubricantes, los resultados son medidas que corresponden a porcentajes e índices de la constante dieléctrica, índice químico, índice ferroso, concentración de contaminantes insolubles y agua. Químicamente algunos compuestos presentes en el combustible diésel como el azufre, vanadio o sodio reaccionan en los procesos de combustión, aumentando el valor de la constante dieléctrica, en consecuencia el valor más relevante que se obtuvo de esta medida fue 2.46, que identifica la degradación del aceite y el agotamiento de los aditivos. Por otro parte el ensayo de concentración de contaminantes insolubles y agua en el aceite reportó un valor de 0.24 %, se dedujo que esta cantidad corresponde a los contaminantes insolubles ya que resultados complementarios no informaron presencia de agua. Con respecto a la medida del índice ferroso que cuantifica la cantidad de partículas ferromagnéticas grandes en el aceite, se obtuvo un índice máximo de 1, este valor no representa una señal de grave desgaste, sin embargo se asume fue generado por el desgaste normal de los mecanismos en movimiento. Finalmente se determinó el resultado más influyente que corresponde al índice químico con un valor de 25, las causas más comunes del aumento de este índice se relacionan con la oxidación y nitración, hollín o formación de ácidos en la combustión. En conclusión los resultados obtenidos identifican variaciones importantes en las medidas de la constante dieléctrica e índice químico, resultados que indican la degradación química del aceite. Palabras clave: Constante dieléctrica, índice ferroso, índice químico, concentración de materiales insolubles y agua.

## ABSTRACT

The project has been developed in order to analyze oil contamination in the diesel engine with the use of diesel fuel quality Ecuadorian, for this purpose it was necessary to conduct tests in an oil subjected to a regime working in a school van. The tests were performed experimentally in oil samples, taken in a frequency of sampling approximately 24 hours of oil use, to quantify the study was used a rapid equipment of analysis of lubricants, the results are measures that corresponding at percentages and indices of the dielectric constant, chemical index, ferrous index, concentration of contaminants insoluble and water. Chemically some compounds present in diesel fuel as sulfur, vanadium or sodium react in combustion processes, increasing the value of the dielectric constant, consequently the most relevant value obtained from this measurement was 2.46 that identifies degradation and depletion of oil additives. On the other hand the test concentration of insoluble contaminants and water in the oil reported a value of 0.24%, it was concluded that this amount corresponds to the insoluble contaminants as complementary results did not report the presence of water. With respect to the extent of ferrous index that quantifies the amount of large ferromagnetic particles in the oil, it was obtained a maximum index of 1, this value is not a sign of serious wear, however it is assumed was generated by normal wear mechanisms in motion. Finally was determined the most influential result corresponding to chemical index with a value of 25, the most common causes of the increase in this index relate to oxidation and nitration, soot or acid formation in the combustion. In conclusion the results identify important variations in measurements of the dielectric constant and chemical index, results indicating the chemical degradation of the oil.

Keywords: dielectric constant, ferrous index, chemical index, concentration of insoluble materials and water.

## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación se centra en el estudio y análisis de los contaminantes presentes en el aceite lubricante del motor diésel, que se pueden formar en los procesos de conversión de energía, donde intervienen parámetros como, la temperatura, la velocidad, presión, fuerzas de fricción, gases contaminantes, variables que pueden influir en la degradación del aceite y a su vez reducir las propiedades físicas y químicas para las que fue diseñado.

Una característica importante es el efecto nocivo para la composición química y aditivos del aceite, causada por las condiciones de funcionamiento sumadas a los contaminantes presentes en el motor, sean de origen interno o externo.

Para analizar esta problemática un tema que en los últimos años está tomando interés es el estudio de la contaminación de los aceites lubricantes a través del diagnóstico en laboratorios, el problema con esta herramienta es el costo de análisis por muestra, sustentado en la tecnología de los equipos que permite mediciones completas de los parámetros contaminantes. El interés de este proyecto es dar a conocer una técnica de análisis rápida o de taller, que si bien no ofrece resultados tan completos, es una técnica que sirve para identificar el proceso de contaminación del lubricante a través de resultados que informan tendencias, índices y porcentajes.

Teniendo presente lo mencionado el proyecto está fundamentado por el uso de una herramienta electrónica de diagnóstico llamada "Analizador de lubricantes", que permite dirigir la investigación del análisis de aceite en tres campos ; el primer campo es el estudio de la degradación del aceite mediante la valoración e interpretación de parámetros como la constante dieléctrica y el índice químico, el segundo campo comprende determinar la contaminación mediante el análisis de la concentración de agua y contaminantes insolubles, el tercer campo consiste en determinar el desgaste del motor realizando la evaluación del índice ferromagnético del aceite. En este sentido las limitaciones del proyecto se identifican en los

datos de las mediciones efectuadas, ya que solo son tendencias, índices y porcentajes que no especifican valores exactos de los parámetros de desgaste, por ejemplo la medida del índice ferroso identifica una tendencia a encontrar partículas de ferromagnéticas en el aceite, pero no especifica la cantidad ni los compuestos encontrados.

En el siguiente enunciado se justifica el proyecto.

Técnicamente este proyecto está dirigido a identificar la relación que existe entre los contaminantes del combustible diésel de calidad Ecuatoriana y los contaminantes del lubricante de un motor diésel, expuesto a las exigencias, ventajas y desventajas de un régimen de trabajo. La importancia del análisis de aceite en el proyecto está en la interpretación de tendencias y datos que ayudarán a identificar los contaminantes más relevantes.

Tecnológicamente el proyecto se sustenta en un equipo electrónico análisis de aceite, especificado para realizar pruebas de diagnóstico a una amplia gama de aceites minerales y sintéticos, la evaluación se enfoca en tres áreas críticas como es la composición química o degradación del aceite, contaminación y desgaste de maquinaria, a través de mediciones generales de los parámetros contaminantes del lubricante.

Económicamente el análisis de lubricantes es una técnica costosa si se realiza en un laboratorio donde las mediciones contemplan casi la totalidad de parámetros a evaluar en un aceite, sin embargo este proyecto está orientado a realizar mediciones en un equipo elemental portátil de análisis, muy beneficioso por ser un método que ayuda a detectar posibles contaminantes en forma sencilla y aún más importante a un costo mucho más reducido. Para iniciar el proyecto se define el objetivo general relacionado con el análisis de la contaminación del aceite del motor con el uso de combustible diésel, utilizando un equipo de diagnóstico automotriz, que permite evaluar el estado contaminante del lubricante, los procesos de medida serán realizados en forma periódica en el taller automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial. La investigación teórica relaciona la búsqueda de información sobre las características, contaminantes y pruebas aplicadas, para determinar la contaminación del aceite lubricante.

Para tal fin se exponen los siguientes objetivos específicos.

Identificar las características y propiedades de los aceites lubricantes utilizados en motores de combustión interna ciclo diésel.

Identificar los contaminantes de la combustión de un motor en el ciclo diésel.

Determinar las pruebas rápidas que se pueden hacer al aceite lubricante de un vehículo diésel.

Realizar las pruebas al aceite lubricante de un vehículo diésel en un régimen de trabajo expuesto.

Analizar los resultados obtenidos en el equipo de diagnóstico.

## **2. MARCO TEÓRICO**



## **2. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se desarrollará el contenido teórico de los temas que sustentan la investigación donde se incluyen puntos de vista de los autores y las diferentes fuentes bibliográficas de investigación.

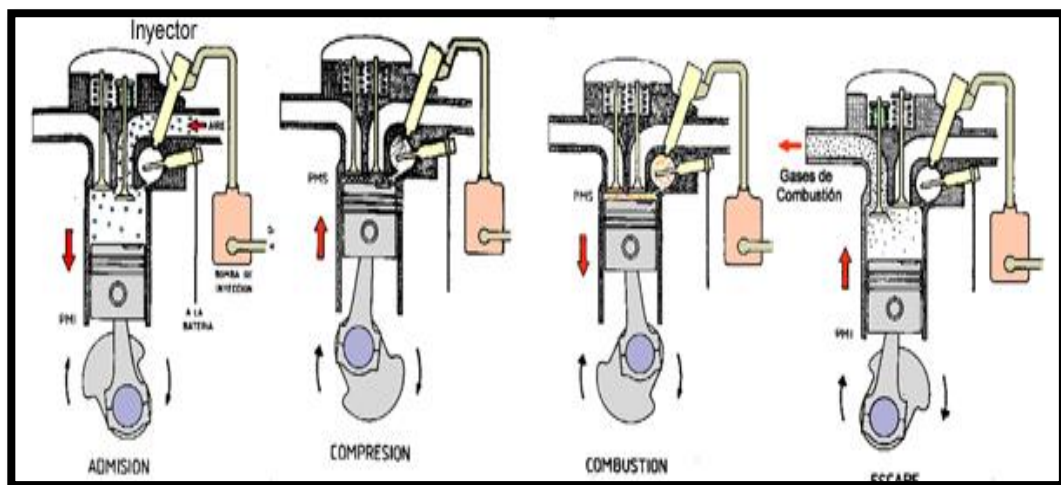
La primera parte del capítulo describe al motor diésel, su funcionamiento y sistema de lubricación, un tema relevante en la investigación corresponde al estudio del combustible diésel ecuatoriano, sus propiedades y características. Continuando la revisión teórica se menciona la importancia de los lubricantes, sus características, propiedades y clasificación. En la parte final se exponen temas como; la contaminación del aceite de motor diésel, los equipos rápidos y técnicas de medición empleados en el análisis de aceite.

### **2.1. MOTOR DIÉSEL**

Los motores diésel fueron inventados y patentados por Rudolf Diésel en el año de 1897 tras estudios de experimentación en un medio donde se comprime aire hasta alcanzar una temperatura lo suficientemente elevada para producir el autoencendido mediante la inyección de combustible (gasóleo) a alta presión. Los motores diésel trabajan en ciclos de cuatro tiempos en aplicaciones como; automóviles, autobuses y camiones pero también trabajan en ciclos de dos tiempos, en grandes motores de tracción ferroviaria o de propulsión naval (Sánchez F. G., 2008).

Los motores diésel más utilizados son los de cuatro tiempos llamados también motores de combustión interna alternativos (MCIA) debido a su ciclo de trabajo que permite el movimiento rectilíneo alternativo del pistón en el cilindro, cada vez que se realiza el proceso de renovación de carga en los tiempos del motor. En el tiempo de admisión se permite el ingreso a aire al interior del cilindro, la compresión es un tiempo donde el pistón comprime el aire aspirado y se produce la elevación de temperatura y presión. La siguiente fase de define explosión en este tiempo el combustible se inyecta

en la cámara de combustión a una gran presión desde el inyector de forma que se atomiza y se mezcla con el aire que se encuentra aproximadamente (entre 700 y 900 °C). Como resultado, la mezcla se inflama muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara de combustión se expanda, impulsando el pistón en un movimiento lineal y alternativo, a su vez este desplazamiento es transformado por el mecanismo biela manivela en un movimiento rotativo. El último tiempo llamado escape es donde los gases de la combustión son expulsados al medio ambiente (granos-INTA, 2015). En la figura 1 se observa el ciclo de funcionamiento del motor Diésel Alternativo de cuatro tiempos.



**Figura 1.** Ciclo de funcionamiento del motor Diésel de cuatro tiempos (Flórez, 2005)

## 2.2. LUBRICACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

*“La lubricación en el motor tiene por objetivo disminuir el trabajo perdido en rozamiento. Interponiendo entre las dos piezas metálicas una película de lubricante, las moléculas del aceite se adhieren a ambas superficies, con lo que el rozamiento entre las piezas metálicas es sustituido por un roce de deslizamiento interno del fluido, que es muy inferior y produce menos calor. Si la película de lubricante interpuesta se renueva continuamente, el calor producido por el rozamiento es evacuado con ella” (Sanz, 2011, pág. 120).*

La lubricación en los motores de combustión interna es un factor clave en durabilidad del motor y se ve afectada debido a las condiciones de operación, características como; altas temperaturas, productos de la combustión, altos esfuerzos de cizalladura, residuos que pueden contaminar el lubricante, etc.

A causa de esto las propiedades físicas y químicas del aceite lubricante van deteriorándose (Dornhofer, 2005).

Por lo mencionado la temperatura es la característica más crítica que siempre estará presente en un motor térmico, por lo que es indiscutible asociar este parámetro con el desgaste del lubricante y sus funciones especialmente en el arranque en frío donde se presentan mayores desgastes, de ahí la importancia del uso de un lubricante con un alto índice de viscosidad que ayude a mantener y formar la película del lubricante, la cual debe ser lo suficientemente fluida como para circular por los conductos de lubricación cuando el motor este frío y viscosa como para soportar las cargas y presiones cuando el motor alcance su temperatura normal de funcionamiento (Crespo, 1972).

De acuerdo a la viscosidad del aceite en el motor se presentan los siguientes tipos de lubricación:

- **Lubricación hidrostática.**

Un estado de lubricación hidrostática ocurre cuando el lubricante es forzado a presión en la zona de contacto, soportando las cargas e impidiendo el contacto entre las superficies, frecuentemente este estado de lubricación se diseña para sistemas que generan gran cantidad de calor ya que el lubricante evacua el calor generado en la fricción (Groover, 1997).

- **Lubricación elastohidrodinámica.** Es un estado de lubricación especial, se produce en cojinetes sometidos a altas cargas o en engranajes que transmiten mucha potencia. En las zonas de contacto aumenta mucho la viscosidad y las superficies se deforman elásticamente, aumentando el área sobre la cual la carga es distribuida, según va disminuyendo la carga, el metal recupera su forma (Calleja D. G., 2015).

- **Lubricación hidrodinámica.** Es un estado de lubricación formado únicamente por el movimiento relativo de las superficies, la presión generada por dicho movimiento es suficiente para mantener las superficies separadas, si el movimiento cesa, la película de lubricante se interrumpe dando lugar al contacto directo entre las superficies (Groover, 1997).
- **Lubricación límite.** En la lubricación límite, pese a la existencia de lubricante, las condiciones de velocidad, carga, temperatura (viscosidad) no son favorables para la formación de una película fluida, el efecto dinámico de sustentación de carga es nulo y la carga es soportada íntegramente por el contacto metal-metal (Sánchez Marín, Pérez González, Sancho Bru, & Rodríguez , 2007).

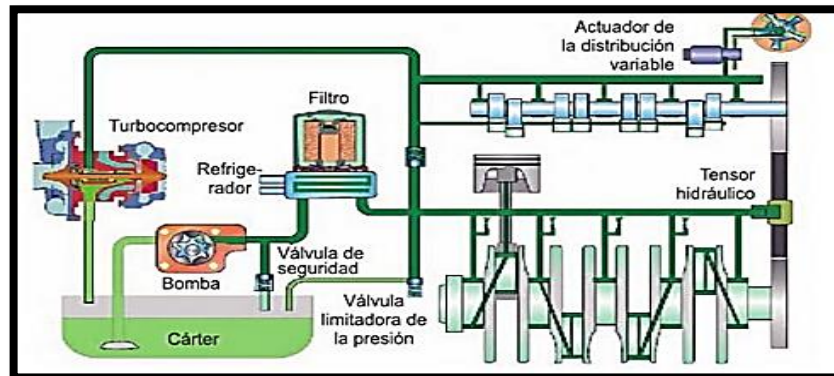
### 2.3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

*La mayoría de motores de combustión interna utilizan un sistema de lubricación presurizado, donde una bomba aspira y posteriormente a una determinada presión y caudal envía el aceite por las diferentes canalizaciones para lubricar los elementos del motor (Martínez H. G., MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMOVIL, 2010, pág. 580).*

El ciclo de funcionamiento del sistema de lubricación empieza cuando el aceite es aspirado desde el cárter, pasa a través de un prefiltro destinado a retener las partículas más grandes, el lubricante ingresa a la bomba de aceite; este elemento es el encargado de dirigir a una presión determinada en función de las revoluciones del motor el aceite a todos los diferente elementos y partes móviles para su lubricación, una vez que el lubricante es presurizado ingresa al filtro de aceite que contiene un material filtrante en donde las partículas más pequeña son retenidas asegurando de esta manera limpieza en el aceite, una válvula de retención se encuentra ubicada en los conductos de lubricación para evitar que se descebe el circuito en la parte alta del motor tras pararlo, de igual forma un elemento importante es el monocontacto que indica la presión de aceite en el circuito, por último el

lubricante circula por los conductos de lubricación a los diferentes elementos y cae por efecto de la gravedad al cárter y el ciclo inicia nuevamente (Calleja D. G., 2015).

En figura 2 se identifica el funcionamiento del sistema de lubricación a presión del motor diésel.



**Figura 2.** Sistema de lubricación a presión

(Domínguez Soriano & Ferrer Ruiz, 2008)

## 2.4. LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los aceites lubricantes utilizados en el motor de combustión interna se componen de un aceite base y un aditivo. Los aditivos mejoran las propiedades de los aceites base para que puedan trabajar a diferentes temperaturas, presiones y estar en contacto con agentes externos (contaminantes, humedad), sin que esto represente la pérdida de sus propiedades durante un tiempo prolongado de uso. (Ordóñez Ramírez , 2012).

Los objetivos que más se toman en cuenta en la lubricación es disminuir la fricción y el desgaste, bien en el motor muchas superficies se encuentran en movimiento y en contacto repetitivo, es necesario utilizar un lubricante que cumpla con algunas funciones:

- Lubricar las partes móviles con el fin de reducir el desgaste, impidiendo el contacto directo entre superficies metálicas.

- Aumentar la estanqueidad en los acoplamientos mecánicos
- Amortiguar y absorber los choques en los cojinetes.
- Refrigerar las partes lubricadas evacuando el calor en estas zonas
- Proteger de los metales contra la corrosión y oxidación
- Arrastre y agente limpiador de residuos e impurezas
- Transmitir potencia

El aceite solo puede cumplir con estas funciones si se transporta en cantidad suficiente a los puntos críticos del motor y si se adaptan sus cualidades a las necesidades mediante un enriquecimiento de aditivos correspondientes.

Los aceites comúnmente utilizados en la lubricación de motores térmicos son aceites minerales, semi-sintéticos y sintéticos.

**Aceites minerales.** Los aceites minerales se obtienen de la destilación del petróleo mediante diversos procesos de refinado que consisten en eliminar sustancias asfálticas y ácidas que se extraen del petróleo bruto destilándose a más de 360 ° C, también están constituidos por una mezcla de hidrocarburos y aditivos que mejoran sus propiedades. (MDMQ-FN-EPN, 2014).

**Aceites Semi-sintéticos.** Estos aceites se obtienen de la mezcla de aceites minerales y sintéticos, generalmente compuestos entre un 70 u 80% de aceite mineral y el 20 o 30% de aceite sintético. Las propiedades de los aceites semi-sintéticos son muy superiores a los aceites minerales (Mobil Industrial lubricants, 2016).

**Aceites sintéticos.** *“Los aceites obtienen su base sintética mediante la transformación por síntesis química de distintos tipos de materias primas como hidrocarburos obtenidos por síntesis (polialfaoléficos procesados a partir del etileno y ésteres) y se fortifican con aditivos semejantes a los empleados en los aceites derivados del petróleo”* (Martínez H. G., Manual práctico del automóvil, 2010, pág. 578).

Una característica de estos aceites es su resistencia a la oxidación, poseen mejores propiedades lubricantes como resultado de sus compuestos y una mayor funcionalidad en su vida útil con respecto al desempeño de los lubricantes convencionales, sin embargo comercialmente los aceites

sintéticos puros solo se emplean en autos de competición por su costo elevado (Ordóñez Ramírez , 2012).

## 2.5. PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES

Los lubricantes empleados en el motor tienen que cumplir con algunas propiedades debido a los cambios en el rendimiento y exigencias de los motores, así pues los aceites lubricantes han evolucionado en sus procesos tecnológicos de fabricación para obtener prestaciones de calidad cada vez mejores y esto se refleja en sus propiedades.

- **Estanqueidad.** La estanqueidad es una propiedad indispensable de los aceites, las presiones que se generan en la cámara de combustión del motor son muy elevadas, los anillos del pistón necesitan una capa de aceite entre anillos-camisa y anillos-ranuras del pistón para evitar el escape de gases productos de la combustión (Águeda Casado, Gonzalo Gracia , Gómez Morales , Navarro, & García Jiménez, 2014).
- **Propiedad Antioxidante.** La degradación del aceite por su uso genera productos de descomposición acetonas, ésteres y ácidos carboxílicos, estos compuestos contribuyen a la acidificación del aceite y al consumo de la reserva alcalina iniciándose la corrosión del mismo, esta situación aumenta con el calor propio del motor, en este sentido es fundamental que el lubricante tenga propiedades antioxidantes (Gutiérrez, 2012).
- **Propiedad Anticorrosiva.** Un problema típico en los motores diésel es su combustible que contiene un porcentaje de azufre, en fase de combustión se forman gases ácidos que al infiltrarse en el cárter pueden mezclarse con agua y provocar corrosión en el motor. Es importante que el aceite del motor contenga los aditivos adecuados, procurando una reserva de alcalinidad abundante para que todos los ácidos que se formen en el motor puedan ser neutralizados (Astudillo, 2010).
- **Limpieza y protección.** En el motor se genera residuos de la combustión y otros contaminantes pueden formar depósitos, capas o sedimentos. El aceite tiene la función de agente limpiador arrastrando

estos residuos hasta el filtro donde se quedaría retenidas. De igual forma los aditivos anticorrosivos implementados en la composición del aceite tiene la cualidad de proteger las superficies metálicas contra los ácidos formados en el proceso de la combustión (Ordóñez Ramírez , 2012).

- **Refrigeración.** El aceite cumple la función de refrigeración en el motor, el calor generado en el proceso de combustión es transmitido a los pistones y las camisas, por medio de la capa de lubricante formada en esta zona, los segmentos arrastran el aceite y transmiten el calor (Águeda Casado, Gonzalo Gracia , Gómez Morales , Navarro, & García Jiménez, 2014).

## 2.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS LUBRICANTES

Las características y propiedades de los lubricantes son parámetros importantes dentro de los sistemas lubricados, durante el periodo de trabajo pueden verse afectadas por factores contaminantes propios de la degradación del aceite o anomalías en el funcionamiento del motor. En el siguiente enunciado se nombran algunas características de los lubricantes.

- **Viscosidad.** La viscosidad es la propiedad más importante de un aceite y representa la resistencia que el líquido opone a fluir, las capas de la película de aceite se adhieren a las superficies metálicas produciéndose un frotamiento entre las distintas subcapas, la viscosidad es determinada por la mayor o menor dificultad con la que se producen estos movimientos internos en el lubricante. La medición de la viscosidad de los lubricantes se realiza por medio de viscosímetros adecuados, que tiene por objetivo averiguar la relación entre la viscosidad absoluta (medida en Poises) y el peso específico (medido en  $\text{gr/cm}^3$ ), el resultado se denomina viscosidad cinemática y se expresa en Stokes (St) o centistokes (Cst) (MDMQ-FN-EPN, 2014).
- **Índice de viscosidad.** *“El índice de viscosidad es una medida de los cambios de viscosidad que experimenta un aceite con relación a la temperatura. Los aceites con alto índice de viscosidad disminuyen relativamente poco su viscosidad al calentarse y se espesan menos a*



*bajas temperaturas, en comparación con los aceites de bajo índice de viscosidad” (Gonzales Calleja, 2011, pág. 207).*

Las nuevas tecnologías en fabricación de lubricantes con viscosidades superiores y muy estables utilizados en motores y sistemas de lubricación actuales que operan en rangos de temperatura relativamente altos, permiten utilizar aceites sintéticos multigrados con alto índice de viscosidad, ya que tienen la ventaja de fluir rápidamente cuando el sistema está frío y tienen un rendimiento adecuado de viscosidad al alcanzarse la temperatura normal de funcionamiento (Astudillo, 2010).

- **Número total básico (TBN).** La reserva alcalina está relacionada con aditivos detergentes y dispersantes presentes en el lubricante. El TBN indica la capacidad de aceite para contrarrestar los ácidos corrosivos que se producen en el interior del motor, en resumen esta característica es muy importante para proteger el motor del desgaste corrosivo y contra la acumulación de depósitos carbonos (Martínez B. T., 2005).
- **Punto de inflamabilidad.** La temperatura es un factor que tiene gran relevancia en los motores de combustión interna, pero con más importancia en motores diésel debido a la temperatura elevada en la cámara de combustión donde el aceite desprende vapores inflamables y se quema, entonces es preferible que el punto de inflamabilidad sea elevado para dificultar en lo posible la combustión del aceite (Ordóñez Ramírez , 2012).
- **Punto de congelación** En países con temperaturas ambientales bajas el lubricante puede volverse más viscoso o solidificarse en consecuencia la lubricación se ve limitada al no poder fluir el aceite por el circuito de lubricación, también el arranque inicial de motor se ve comprometido y podría causar desgastes importantes en los elementos no lubricados. Por lo tanto es conveniente que el punto de congelación sea lo más bajo posible para que el aceite conserve sus propiedades de viscosidad (Gutiérrez, 2012).
- **Control de depósitos.** La combustión de los lubricantes genera residuos de carbón que tienden a formar depósitos en los surcos de los anillos del

pistón, válvulas de escape con consecuencias de pérdida de estanqueidad, entonces se requiere un lubricante con capacidad detergente para que mantenga las partículas abrasivas suspendidas y puedan ser eliminadas en el cambio de aceite (MDMQ-FN-EPN, 2014).

- **Demulsibilidad.** Es la habilidad del aceite para separarse del agua, una buena demulsibilidad del aceite permite separar, decantar y drenar el agua, lográndose así mantener la resistencia de la película lubricante, reducir el desgaste en las bombas y evitar la herrumbre en las partes metálicas del sistema (MDMQ-FN-EPN, 2014).

## 2.7. ADITIVOS

Los aditivos son sustancias activas que se pueden añadir al lubricante para mejorar determinadas propiedades físicas y químicas, además es un complemento para asegurar una mejor lubricación. Los aceites derivados de petróleo contienen una amplia variedad de aditivos aproximadamente entre un 10 y 25 % del lubricante. En cuanto a la composición de los aditivos son polímeros, polimetacrilato, copolímeros de hidrocarburos etilénicos, derivados de isopreno entre otros, que facilitan la unión de sus partículas en el calor (Martínez H. G., Manual práctico del automovil, 2010).

Existen varios aditivos con características y funciones específicas por ejemplo:

- **Aditivos Inhibidores de oxidación:** Tienen la misión de evitar que el oxígeno ataque al lubricante, cuando el aceite se calienta y se agita en presencia de aire, se oxida, lo que da lugar a contaminantes como barnices que pueden llegar a obstaculizar el circuito de lubricación (Portilla, 2007).
- **Aditivos contra el desgaste:** Se utilizan en condiciones en las que temperatura y la presión son elevadas, bajo estas circunstancias el lubricante reacciona químicamente con las superficies metálicas para formar películas finas y así prevenir el daño por contacto metal con metal (Dornhofer, 2005).

- **Aditivos anti-espumantes:** Estos aditivos previenen la formación de espuma y facilitan la liberación de burbujas de aire mediante la alteración de la tensión superficial del lubricante (Sánchez Marín, Pérez González, Sancho Bru, & Rodríguez , 2007).
- **Detergentes metálicos:** Tienen una acción detergente-dispersante para controlar y mantener limpias las partes del motor además neutralizan los productos de la combustión acida, controlando la oxidación y la corrosión en el motor (Astudillo, 2010).
- **Dispersantes exentos de cenizas:** Ayudan a mantener en suspensión partículas que pueden formar depósitos de carbón y lodo a bajas temperaturas.
- **Inhibidores de corrosión:** Son aditivos de naturaleza alcalina que previenen la formación de óxido sobre las superficies metálicas, evitando el ataque químico de corrosión (Martínez B. T., 2005).
- **Mejoradores del índice de viscosidad:** Aditivos que elevan el índice de viscosidad del aceite en mayor grado a altas temperaturas y en menor grado en bajas temperaturas (Martínez B. T., 2005).
- **Demulsificantes:** Actúan mejorando la característica natural del aceite de separarse del agua. De esta manera el agua por su peso se asienta en los reservorios desde donde puede ser fácilmente drenada (Dornhofer, 2005).

## 2.8. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES DE MOTOR

### 2.8.1. POR SU VISCOSIDAD

*“La Sociedad Americana de Ingenieros del automóvil (SAE), clasifica a los aceites por su viscosidad en grados SAE. Se identifican dos grupos en función a las condiciones de viscosidad, aceites monogrados y multigrados”.*

(Martínez H. G., MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMOVIL, 2010, pág. 574).

El primer grupo comprende a los aceites monogrados que trabajan a temperaturas inferiores a 0 ° C. Se mencionan cinco clases de viscosidad:

SAE 5W, SAE 10W, SAE15W, SAE 20W Y SAE 25W; donde la letra W es el distintivo que identifica a los lubricantes de invierno. De esta manera un aceite SAE 15W garantiza un arranque normal en frío hasta temperaturas de -15 ° C. Por otra parte en el segundo grupo se relaciona la fluidez del aceite cuando trabaja a temperaturas superiores a los 100 ° C. Se establecen cuatro clases de viscosidad: SAE 20, SAE30, SAE 40 y SAE 50.

Como complemento se combinaron estas dos clasificaciones y se crearon los llamados aceites multigrados con la finalidad de que su viscosidad fuese la más apropiada a las necesidades de funcionamiento del motor. Como ejemplo el caso de un aceite multigrado SAE 10W30 satisface exigencias del grado SAE 10W y SAE 30, lo que significa su utilización en una gama de temperaturas comprendidas entre (-20 y 30 ° C) resultando lo suficientemente fluido durante el arranque en frío del motor y suficientemente viscoso como para asegurar una lubricación eficaz en temperaturas normales de funcionamiento. (Martínez H. G., MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMOVIL, 2010).

### **2.8.2. POR SU UTILIZACIÓN**

El sistema API (American petroleum Institute) es una organización técnica y comercial que representa a los fabricantes de los productos de petróleo en los Estados Unidos. Este sistema está asociado con las organizaciones SAE y ASTM para desarrollar ensayos que analizan el uso real de los motores de combustión interna.

Dicho esto la clasificación API se basa en las condiciones de servicio del motor y cataloga los aceites lubricantes atendiendo a su utilización, cada clase de servicio se identifica por dos letras de la siguiente manera.

La sigla “C” de Comercial para motores diésel y “S” de Servicio para motores gasolina. Atendiendo a la clasificación comercial se establecen aceites utilizados en vehículos comerciales, maquinaria pesada, maquinaria agrícola y vehículos todo terreno que funcionan con el ciclo diésel. Por su parte la clasificación “S” de servicio se utiliza para identificar aceites utilizados en

motores a gasolina vehículos y camiones ligeros (Domínguez Soriano & Ferrer Ruiz, 2008).

La segunda letra identifica la exigencia en servicio iniciando en la letra A como la menos exigente, a medida que se requieren nuevos lubricantes para los nuevos diseños de motores con sistemas más ecológicos se definen nuevos niveles de clasificación API. Como es de imaginar las antiguas categorías de designan obsoletas. En los datos presentados en la tabla 1 se identifican los tipos de aceites para uso exclusivo en motores diésel y su categorización comercial vigente según la clasificación API.

**Tabla 1.** Clasificación API vigente para motores diésel

CF-4 (1990)	Motores sobre alimentados para servicio severo, especialmente en carretera.
CF (1994)	Motores atmosféricos o sobrealimentados, que pueden usar gasoil con diferentes contenidos de azufre.
CF-2 (1994)	Motores Diésel de dos tiempos que requieren un efectivo control del desgaste de segmentos y cilindros, así como la formación de depósitos.
CG-4 (1994)	Motores Diésel para servicio severo. Tiene efectivo control de depósitos a alta temperatura, desgaste, corrosión, espuma, oxidación del aceite y acumulación de hollín.
CH-4 (1998)	Motores Diésel para servicio severo, que emplean gasoil con alto o bajo contenido de azufre, y que deben cumplir con estrictas normas de control de emisiones.
CI-4 (2002)	Diseñado para motores Diésel rápidos que cumple con la normativa anticontaminación implementada en 2002 y que utilizan combustibles con hasta 0,5% de azufre en peso. Clasificación optimizada para motores con sistema de tratamiento de los NOx mediante válvula EGR.
CI-4 PLUS (2004)	Estos lubricantes surgieron para controlar el espesamiento provocado por el hollín y la caída de viscosidad debido al alto esfuerzo mecánico.
CJ-4 (2006)	Motores Diésel de altas prestaciones que cumplen con la normativa anticontaminación a partir de 2007. Supera las especificaciones anteriores y está diseñado para proteger los sistemas anticontaminación (EGR, DPF, SCR), además permite aumentar los intervalos de cambio de aceite y reduce el desgaste del motor.

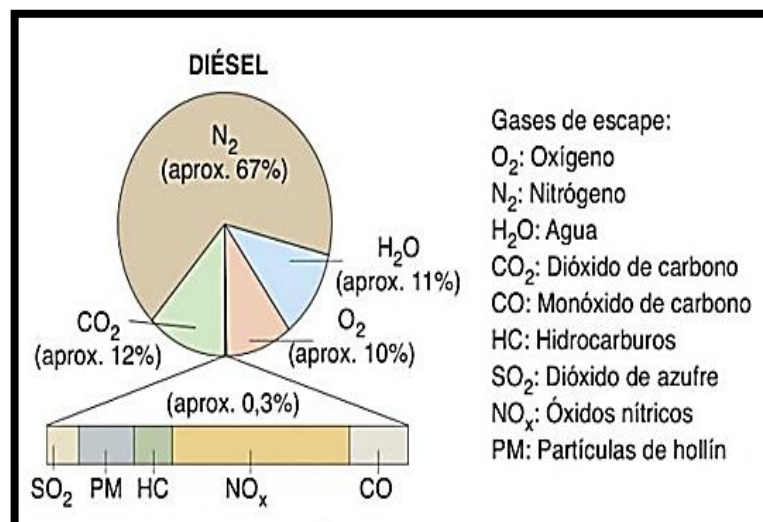
(Calleja D. G., Motores, 2011)

## 2.9. COMBUSTIBLE DIÉSEL

El desarrollo tecnológico de los motores diésel en los últimos años está asociado a mejoras en el diseño del motor y sus sistemas auxiliares (sistemas de inyección y de control de emisiones), por estos factores cada vez se requieren combustibles de mejor calidad para a reducir el impacto contaminante al medio ambiente.

En los motores Diésel de combustión interna se utilizan combustibles líquidos pesados y livianos refinados del petróleo, por tal razón el combustible diésel contiene compuestos de hidrogeno, carbono, impurezas de azufre, vanadio, sodio, nitrógeno y oxígeno en pequeñas proporciones, diferenciándose así la calidad del diésel por los enlaces simples, dobles o triples de los átomos de carbono y la cantidad de azufre (Rovira & Muñoz Domínguez, 2014).

En general la calidad del diésel está relacionada con los residuos de la combustión sin embargo los vehículos Diésel producen menos CO, menos hidrocarburos sin quemar y menos óxidos de nitrógeno, pero producen óxidos de azufre y partículas (hollín). Estos contaminantes son perjudiciales para el medio ambiente y la salud de las personas. En la figura 3 se puede apreciar los gases contaminantes propios de la combustión del Diésel.



**Figura 3.** Emisiones contaminantes del combustible diésel (Pardiñas, 2007)

## 2.10. PROPIEDADES DEL COMBUSTIBLE DIÉSEL

De lo expuesto, a continuación se aprecia la importancia de las propiedades del combustible diésel dadas las exigencias de operación del motor diésel.

- **Índice de cetano:** Es un indicativo de la rapidez de inflamación de un combustible diésel, si el índice de cetano en el diésel es bajo se necesita más temperatura y presión para realizar la ignición, al contrario cuando el índice de cetano es óptimo la combustión es eficaz aprovechando al máximo la energía del combustible (Ferrer & Checa, 2010).
- **Volatilidad:** Esta propiedad detalla la facilidad que posee el combustible para evaporizarse en el aire y facilitar el arranque del motor, sobre todo en bajas temperaturas.
- **Calor de vaporización:** Es la cantidad de calor necesaria para transformar una cierta cantidad de líquido en vapor, a una determinada presión y temperatura que permanecen invariables.
- **Peso específico:** Se utiliza para diferenciar los tipos de combustible o sus componentes, permitiendo calcular datos de volumen y peso, con el fin de no efectuar modificaciones a los mecanismos que regulan la alimentación del motor, los cuales están relacionados con el volumen del combustible (MDMQ-FN-EPN, 2014).
- **Poder calorífico:** Es el valor del contenido de energía del combustible, el cual varía con relación a las cantidades de hidrogeno y carbono. También se define como la cantidad de calor liberada cuando el combustible se ha quemado totalmente (Calventus & Carreras, 2006).
- **Fluidez:** La fluidez de los combustibles se valora por el punto de vertido, el cual representa la temperatura más baja, a la cual el combustible puede fluir por su propio peso.

## 2.11. DIÉSEL ECUATORIANO

En Ecuador la calidad del combustible diésel no es alta, esto debido a su estructura molecular y niveles altos de azufre que dificultan el proceso de

refinación, en consecuencia los vehículos que utilizan diésel de baja calidad no prometen un extensa vida útil, además están expuestos a mantenimientos más concurridos y costosos. Dicho esto hay que tener en cuenta que el combustible siempre tendrá contaminantes en pequeñas proporciones aun después de haber sido refinado, esto debido a la procedencia del petróleo. Contaminantes como el vanadio, sodio y el azufre están presentes en el diésel y reaccionan químicamente en el proceso de combustión originando contaminantes considerados nocivos para el medio ambiente (Vallejo, 2014).

En este sentido nuestro país cuenta con entidades encargadas de regular y controlar las emisiones contaminantes, actualmente las normas de control manejan en el país el uso de combustible diésel Premium con un contenido de 500 ppm de azufre, siendo esta una medida alta para el nivel de emisiones contaminantes por parte de vehículos diésel, a pesar de esto el combustible es aceptado para su comercialización a nivel local debido a la amplia gama de vehículos de transporte pesado.

Como se puede observar la calidad del combustible Diésel que tenemos en Ecuador al comparar la concentración de azufre con países como; Chile, Brasil, Colombia, México, Perú y Uruguay, que manejan combustibles diésel de mejor calidad y normas euro de estándares internacionales que regulan las emisiones contaminantes, tal vez esto se deba a la demanda del parque automotor que tienen esos países, evidentemente esto hace necesario un mayor control de las emisiones contaminantes en el aire. Ante estas circunstancias Ecuador está tomando medidas para compensar la poca calidad del combustible diésel, por ejemplo; desde el año 2012 se comercializa diésel Premium con un contenido de biodiesel de 5 %, con la finalidad de aprovechar la industria agrícola motivando la producción de palma aceitera la principal materia prima que tiene Ecuador para la elaboración del biodiesel.

Según los autores (Ferrer & Checa, 2010) el biodiesel es un combustible empleado en motores diésel y producido a partir de aceites vegetales y sus ésteres metílicos, en fin es un combustible totalmente biodegradable. La



utilización de estos combustibles alternativos está tomando mayor importancia principalmente por medidas que identifican el crecimiento del parque automotriz y las exigencias medioambientales que han provocado la evolución de sistemas y motores cada vez más ecológicos dentro de estas tecnologías se contemplan vehículos diésel propulsados por energía renovable.

En la tabla 2 se puede visualizar el nivel de azufre que determina la calidad del combustible diésel y las normas de emisiones ambientales manejadas en algunos países de América.

**Tabla 2.** Concentración de azufre en el combustible diésel asociado a países latinoamericanos

País	Nivel máximo de azufre en el combustible Diésel	Estándares de emisiones para vehículos nuevos
<b>Brasil</b>	1800 ppm ( entre 50 y 500 en las principales ciudades)	Vehículos livianos: Euro IV Vehículos pesados: Euro V
<b>Chile</b>	15 ppm	Vehículos livianos: Euro V Vehículos pesados: Euro V
<b>Colombia</b>	50 ppm	Vehículos livianos: Euro IV Vehículos pesados: Euro IV Autobuses: Euro II
<b>Ecuador</b>	5000 ppm (500 en Quito y Cuenca)	Vehículos livianos: Euro I / U.S. 1987 Vehículos pesados: Euro II / U.S. 1994
<b>México</b>	300 ppm	Todos. Euro IV / U.S. 2004
<b>Perú</b>	5000 ppm ( 15 ppm en lima y Callao)	Vehículos livianos y pesados: Euro III Autobuses: Euro V (Lima)
<b>Uruguay</b>	50 ppm	Todos: Euro III

Gladstein, Neandross and Associates, 2014

## 2.12. CONTAMINACIÓN DEL ACEITE EN MOTORES DIÉSEL

La importancia que tiene el aceite lubricante en la operatividad del motor diésel es crítica, tomando en cuenta las condiciones de operación como la presión, la temperatura y factores que causan su degradación, elementos como residuos de la combustión (hollín), agua, combustible, glicol, polvo; contaminantes que producen grandes cambios en las propiedades físicas y químicas del lubricante (Arguello, 2015). Los motores diésel están expuestos a los contaminantes mencionados fundamentalmente porque utilizan

combustibles pesados y están diseñados para trabajar en circunstancias exigentes donde la contaminación del aceite según estudios realizados es una de las causas de falla en el motor.

Los parámetros que afectan la degradación del aceite lubricante en el motor son la oxidación, nitración y contaminación.

### **2.12.1. OXIDACIÓN**

La oxidación es una reacción química en cadena que altera la estructura molecular del aceite. El lubricante al ponerse en contacto con un elemento oxidante presente en el motor como es el caso del oxígeno o elevadas temperaturas u otros factores como las partículas metálicas (cobre, compuestos ferrosos, partículas extrañas), actúan como catalizadores y aceleran el proceso degradativo del lubricante (Martínez B. T., 2005).

*“Las reacciones de oxidación y reducción o redox son reacciones en cadena de transferencia de electrones que se da entre un conjunto de elementos químicos, uno oxidante y uno reductor es decir un elemento capaz de ceder electrones y otro capaz de aceptar esos electrones”* (Estrada, 2013, pág. 42). En el motor se diferencian zonas en donde la concentración de estos factores se da con mayor frecuencia, una de ellas es el cárter un lugar donde existe gran concentración de oxígeno, el cual es uno de los mejores oxidantes que existe debido a su eleva electronegatividad, en consecuencia durante el proceso se dará como resultado la formación de ácidos. Por otra parte, la cámara de combustión es la zona que presenta mayores temperaturas donde el aceite alcanza temperaturas promedio de 200 °C y 300 °C llegando así a obtenerse otro medio de oxidación.

El aceite empieza su proceso de oxidación en cuatro etapas. La primera etapa es definida como periodo de inhibición y se identifica por el intercambio de energía entre una fuente de temperatura (calor, luz, esfuerzo mecánico) y los aditivos antioxidantes presentes en el aceite, esto provoca la formación de radicales libres (radical alquil), esta fase se representa por la ecuación 1 según el autor (Estrada, 2013, pág. 44).



Donde

$R'$ : Radical alquil o funcional libre derivado de un hidrocarburo

La segunda etapa se denomina propagación de la cadena, en la ecuación 2 se puede observar la reacción química iniciada por la presencia de oxígeno que reacciona irreversiblemente con los radicales alquil para formar un nuevo compuesto llamado radical alquil peróxido (Estrada, 2013, pág. 45).



Donde:

$R'$ : Radical alquil

$O_2$ : Oxígeno

$ROO'$ : Radical alquil peróxido

En la misma etapa se presenta otra reacción que se produce cuando el radical alquil peróxido reacciona con las moléculas de hidrógeno y forma un radical hidroperóxido, en la ecuación 3 se puede observar la reacción química.



Donde:

$R'$ : Radical alquil

$ROO'$ : Radical alquil peróxido

$H$ : hidrogeno

$ROOH$ : Radical hidroperóxido

La tercera etapa se denomina ramificación de la cadena en donde tiene lugar una serie de reacciones químicas por ejemplo la formación de

radicales alcoxi e hidroxil que se indican en la ecuación 4 (Estrada, 2013, pág. 46).



Donde:

$RO'$ : Radical alcoxi

$HO'$ : Radical Hidroxil

Por tratarse de una reacción en cadena los radicales resultantes alcoxi e hidroxil vuelven a reaccionar con otras moléculas de hidrocarburos para formar más radicales alquil, alcoholes, agua, aldehídos y cetonas.

Las reacciones se representan a continuación en las ecuaciones según el autor (Estrada, 2013, pág. 46).

Reacción del radical alcoxi para formar alcohol más un radical alquil, ecuación 5.



Donde:

$RO'$ : Radical alcoxi

$ROH$ : Alcohol

$R'$ : Radical alquil

Reacción hidroxil para formar agua más un radical alquil, ecuación 6.



Donde:

$HO'$ : Radical hidroxil

$H_2O$ : Agua

$R'$ : Radical alquil

La última etapa es conocida como terminación de la cadena y representa la combinación de radicales para formar una molécula de hidrocarburo en la ecuación 7 de identifica esta reacción (Estrada, 2013, pág. 46).



Donde:

$R'$ : Radical alquil

### 2.12.2. NITRACIÓN

Este tipo de contaminación se asocia a la oxidación con presencia de oxígeno y las elevadas temperaturas a las que se encuentra sometido el lubricante, en este caso la degradación se produce principalmente por los productos de los gases de combustión como son los óxidos de nitrógeno (NOx) que llegan a estar en contacto con el aceite lubricante.

El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) son los gases más abundantes en el proceso de la combustión, al entrar en contacto con el aceite reaccionan con los aditivos en zonas donde se presentan altas temperaturas para formar contaminantes nocivos como lodos y barnices.

La ecuación química 8 representa el equilibrio entre estos gases de combustión en un estado donde se inicia la nitración (Estrada, 2013, pág. 55).



Donde:

$O_2$ : Oxígeno

$NO$ : Óxido Nítrico

$NO_2$ : Dióxido de nitrógeno

### **2.12.3. CONTAMINANTES**

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

- Origen interno, por desgaste de los componentes metálicos y degradación del propio lubricante.
- Contaminación externa, a través del soplado, la ventilación del cárter.
- Fabricación, donde pueden quedar residuos del mecanizado, partículas empleadas para la limpieza de las partes.
- Por acciones de mantenimiento.

#### **2.12.3.1. Contaminación por silicio**

El silicio como elemento contaminante representa un impacto perjudicial para el motor en cuanto a desgastes debido a la introducción de polvo atmosférico (sílice), que ingresa cuando se encuentra en funcionamiento a través del sistema de admisión.

Por filtros de aire defectuosos, sucios o rotos, en ocasiones la entrada de silicio puede deberse a juntas mal ajustadas en los colectores de admisión y escape, a través de respiraderos, bayoneta de nivel de aceite o incluso a través del mismo combustible (Martínez B. T., 2005).

La problemática asociada a la contaminación por silicio básicamente se relaciona con el desgaste abrasivo.

Por la cantidad de impurezas o polvo presente en el aire cuyos componentes formados a partir del silicio son lo suficientemente duros para rayar el acero o incluso el cromo.

El efecto de este contaminante en los motores es mayor debido a las holguras y tolerancias existentes entre los elementos deslizantes en donde la acción de aquellas partículas de tamaño similar al espesor de la película lubricante es más dañina a comparación de las partículas de menor tamaño (Martínez H. G., MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMOVIL, 2010).

### **2.12.3.2. Contaminación por glicol**

El líquido refrigerante del motor está compuesto por formulaciones que contienen etilenglicol, propilenglicol y aditivos que aportan cualidades en la transmisión de calor. Comúnmente el anticongelante es mezclado en una proporción 50/50 con agua para formar el líquido “refrigerante”, esto permite obtener un aumento en la temperatura de ebullición (107 °C) y disminuya la temperatura de congelación (-35 °C), mientras determinados aditivos pueden impedir efectos por corrosión y daños por cavitación (Fitch, 2007).

*“La contaminación por glicol o anticongelante en un aceite de motor tiene una serie de efectos adversos sobre el lubricante como: el aumento de viscosidad, mayor tendencia a la formación de emulsiones y geles, formación de ácidos, obstrucción en el flujo de aceite, fallo de filtros y eficiencia en la lubricación”* (Martínez B. T., 2005, pág. 226).

La presencia de refrigerante con glicol en el aceite de un motor diésel puede darse a consecuencia de sellos defectuosos, daño en las juntas, grietas en el cilindro, daño por corrosión y cavitación (Martínez B. T., 2005).

### **2.12.3.3. Contaminación por dilución de combustible**

El combustible utilizado en los motores diésel se caracteriza por tener una estructura de compuestos aromáticos, alifáticos muy parecidos a las bases lubricantes. Este hidrocarburo contiene azufre un compuesto que acaba rápidamente con la efectividad de los aditivos en el aceite reduciendo la viscosidad. Como consecuencia la película del lubricante es baja en zonas como en los cojinetes donde la transmisión de fuerza es un factor que condiciona fallas por lubricación (Ordóñez Ramírez , 2012).

El grado de refino de los combustibles y la presencia de impurezas son parámetros importantes con relación a cómo va a quemar el combustible. La mayor parte de los productos de la combustión son evacuados a la atmosfera por el sistema de escape, sin embargo una parte del combustible no se quema y puede fugarse a través de la holgura entre los segmentos del

pistón y la camisa del cilindro produciéndose la contaminación del aceite. Una causa de este fenómeno puede ser una falla en la pulverización en los inyectores por acumulación de barniz o carbón en los orificios microscópicos de los inyectores resultando muy complicado la atomización del combustible en el interior de la cámara de combustión (Salvador, 2007).

En la figura 4 se visualiza la atomización del inyector de combustible que causa el lavado del aceite en la camisa del cilindro, la mezcla de combustible con aceite acelera el desgaste del anillo, pistón y cilindro, sin tomar en cuenta el incremento en el consumo de aceite.



**Figura 4.** Atomización del inyector  
(Widman, International SRL, 2015)

#### **2.12.3.4. Contaminación por agua**

En los motores diésel la presencia de agua en el circuito de lubricación puede deberse a:

- Condensación de humedad en los cilindros cuando el motor se enfría.
- Mal estado del empaque de la culata o por alguna camisa fisurada.
- Por respiraderos o retenes
- Fugas internas del sistema de refrigeración

El agua es un contaminante considerado muy destructivo para el aceite y puede alterar su composición física-química, se encuentra presente en el sistema de lubricación en forma disuelta, emulsionada o libre, donde las fases más contaminantes para el aceite son el agua en estado de saturación libre y emulsionada.



- Agua disuelta: las moléculas de agua se encuentran completamente mezcladas por todo el aceite lubricante. La mayoría de aceites lubricantes industriales (hidráulicos, para turbinas, etc.) pueden llevar disuelta entre 200 y 600 ppm de agua (0.02 – 0.06%) dependiendo de la temperatura que soportan y la edad del aceite (Estrada, 2013).
- Agua emulsionada: En esta fase el agua se separa en pequeñas gotas que se encuentran dispersas en el aceite, tal como si se tratara de una niebla. Esto se genera cuando la cantidad de agua disuelta supera la capacidad disolvente del aceite y se satura (Estrada, 2013).
- Agua libre: Si el aumento de la cantidad de agua en el aceite es muy grande. El agua y el aceite se separarán originándose dos fases una capa de agua bajo una de aceite.

La presencia de este contaminante tiene consecuencias en la formación la película de lubricante y las propiedades de lubricación debido a la incompresibilidad del agua, esta puede desplazar al aceite en zonas donde la película de lubricante es muy fina dejando expuestas las superficies metálicas al desgaste abrasivo, adhesivo o fatiga superficial (Martínez B. T., 2005).

La problemática asociada a la presencia de agua en el lubricante tiene los siguientes efectos.

- El autor (C.C. JENSEN, 2016) define la hidrólisis y oxidación como procesos de descomposición del aceite con presencia de agua y oxígeno como reactivo, que causan cambios físicos y químicos en la base del aceite, estos problemas pueden generar efectos como la formación de ácidos, barnices, lodos y el espesamiento del aceite.
- Aeración es un estado donde el oxígeno interactúa con el aceite, de acuerdo con el movimiento que existe en el circuito de lubricación se produce espuma o burbujas de aire, los efectos son parecidos a la cavitación (Estrada, 2013).

- Efectos en la viscosidad, el aumento de viscosidad representa un problema en el aceite a fluir con normalidad, esto va dar como resultado fricción y desgaste.
- Efectos dieléctricos la presencia agua reduce las propiedades aislantes del aceite.

### **2.12.3.5. Contaminación por hollín**

El hollín es un contaminante producido por la combustión incompleta del combustible diésel normalmente siempre estará presente en una concentración mínima dependiendo del kilometraje y uso del motor.

Aun cuando el hollín es una causa contaminante común también es un gestor que altera la viscosidad del aceite y la eficiencia del motor cuando se acumula en el pistón, los anillos y sus ranuras, sin tomar en cuenta otros efectos como las condiciones de lubricación en zonas sometidas a cargas y a grandes revoluciones, un ejemplo; son los cojinetes y las bancadas (Martínez B. T., 2005).

La formación de hollín puede ser causada por factores de sobrecarga en el motor, inyectores en mal estado, excesivo funcionamiento del motor en bajas revoluciones, baja compresión dentro del cilindro, excesivo caudal en la bomba de inyección.

Las partículas de hollín en presencia de aceite forman lodo un contaminante muy perjudicial para el filtro de aceite además influye en los aditivos anti-desgaste del aceite.

Exponiendo las superficies del motor a daños por desgaste de abrasión considerando que el hollín es un material residual sólido (Sánchez N. , 2008).

La cantidad de hollín en el aceite puede ser medido cuantitativa y cualitativamente por el método de espectrometría infrarroja, sin embargo existen otras técnicas de medida orientadas a identificar este contaminante.

La medida del índice químico es una técnica rápida de análisis que reconoce de forma general el comportamiento del hollín en el aceite.

## **2.13. ANÁLISIS DE ACEITE COMO HERRAMIENTA EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

El análisis de aceite es considerado como una herramienta en el llamado mantenimiento según condición o predictivo, por la evolución que ha experimentado el mantenimiento desde la revolución industrial hasta nuestros días, donde especialistas, técnicos e ingenieros apoyados por sofisticados equipos y herramientas informáticas pueden diagnosticar fallas y definir planes de acción para corregirlas y así contribuir a maximizar la vida del equipo.

El análisis de aceite se relaciona con el mantenimiento predictivo por que se utilizan parámetros de medición en este caso se aborda la problemática asociada a la contaminación del aceite y su influencia en la lubricación de los diferentes mecanismos del motor tomando en cuenta las ventajas, limitaciones e inconvenientes que tienen las técnicas y ensayos rápidos desarrollados para la medición de factores de desgaste en el aceite usado del motor diésel (Martínez B. T., 2005).

Según el autor (Martínez H. G., MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMOVIL, 2010) el manteniendo predictivo debe cumplir con los objetivos:

- Aumentar la fiabilidad de los equipos, con la reducción de las fallas en operación.
- Mejorar la planificación y el orden de trabajo y con ello la relación producción-mantenimiento.
- Garantizar la seguridad de instalaciones así como de técnicos y usuarios.

## **2.14. EQUIPOS RÁPIDOS DE ANÁLISIS DE ACEITE**

Los diferentes métodos y técnicas de análisis de aceite usado empleados permiten identificar el estado del aceite del motor, el análisis se lleva a cabo tanto en laboratorios especializados que permiten la obtención de datos más precisos de los componentes contaminantes del aceite por el nivel técnico de operación y la sofisticación de los equipos utilizados. Sin embargo también

se emplean métodos o técnicas denominadas de taller que permiten de manera fácil y rápida obtener información del estado del aceite (Estrada, 2013).

El equipo considerado para este proyecto es un mini laboratorio desarrollado por MJR TECHNOLOGIES LLC, que permite realizar análisis rápidos del lubricante identificando la degradación del aceite, contaminación y desgaste del motor. Esta tecnología es aplicable a sistemas con depósitos de aceite pequeños en los cuales la mayoría de los componentes son susceptibles al desgaste, por ejemplo; los motores de combustión interna, componentes de equipos pesados, la mayoría de las transmisiones y engranajes automotrices (Manual OilView Quick-Check, 2010).

Las técnicas de diagnóstico empleadas en el monitoreo y control no solo se aplican a los lubricantes para motores, se pueden realizar sobre una amplia gama de aceites minerales y sintéticos que tienen aplicaciones con determinadas propiedades y características en los mecanismos lubricados. En la figura 5 se observa el equipo oilview quick check.



**Figura 5.** Equipo oilview quick check para análisis rápido de aceite  
(Manual OilView Quick-Check, 2010)

El analizador de lubricantes puede ser utilizado como herramienta para diagnosticar diferentes tipos de aceites, entre los cuales se mencionan.

- Aceites de motores alternativos diésel, gas y gasolina
- Aceites utilizados en las turbinas de vapor y bombas de agua

- Aceites lubricantes para cojinetes en lubricación industrial, tales como ventiladores, motores eléctricos.
- Aceites hidráulicos
- Aceites de compresores
- Aceites aislantes eléctricos utilizados comúnmente en transformadores

## **2.15. TÉCNICAS DE MEDIDA PARA DETERMINAR LA DEGRADACIÓN DEL ACEITE**

La degradación del aceite es un proceso por el cual se va reduciendo la capacidad del aceite de cumplir las funciones para las que ha sido diseñado tales como: lubricar, proteger, limpiar, refrigerar y sellar.

Factores como las condiciones de operación a las que se encuentra sometido el aceite dentro del motor, oxidación, temperatura, pérdida de aditivos, favorecen el incremento de desgaste del aceite (Estrada, 2013).

Las mediciones que se pueden realizar en el quipo oilview quick chek son totalmente automatizadas y desarrolladas en un software de análisis e identifica de forma general los contaminantes presentes en el aceite, los parámetros medibles identifican estos contaminantes y muestran cambios en los valores resultantes.

En el siguiente enunciado se identifican las siguientes medidas.

### **2.15.1. CONSTANTE DIELECTRICA DEL ACEITE**

La constante dieléctrica representa la suma de dos propiedades diferentes de componentes: la polarización, y el momento dipolar.

Polarización mide la interacción de una molécula en campos eléctricos elevados de manera que sólo los electrones, en lugar de toda la molécula, pueden responder a las frecuencias de campo eléctrico.

Un momento dipolar mide el centro de gravedad de las cargas positivas y negativas en una molécula (Noria Latín América, 2013). La constante dieléctrica es una medida de la respuesta del aceite a un campo eléctrico o

propiedad no conductora del aceite, se determina mediante la norma ASTM D-940 que describe los métodos y especificaciones para las pruebas de la constante dieléctrica, en un aceite usado la variación de la constante dieléctrica se debe al uso, la degradación o contaminación del aceite, donde existe presencia de peróxidos, ácidos, metales de desgaste, que polarizan las moléculas de aceite aumentando el valor de la constante dieléctrica (Martínez B. T., 2005).

Existen diversos equipos para determinar la constante dieléctrica del aceite que utilizan tecnologías como sensores de capacitancia, condensadores concéntricos, impedancia espectroscópica, el principio de medida de estos equipos se basa en comparar las constantes dieléctricas del aceite nuevo con el usado ya que son diferentes. Cualquier cambio en la constante dieléctrica respecto al valor original es indicio de contaminación o cambio en las propiedades químicas del aceite, tomando esto en consideración el equipo analizador de lubricantes considera un valor de 0.10 como un indicador de contaminación en el aceite. El único factor que reduce la constante dieléctrica es la dilución por combustible (Manual OilView Quick-Check, 2010).

### **2.15.2. ÍNDICE QUÍMICO**

El índice químico es una técnica de medida complementaria a la constante dieléctrica ya que se determina por la diferencia entre la constante dieléctrica de la muestra y el aceite de referencia multiplicado por 100, en la ecuación 9 se indica como el software realiza esta medición.

$$I_q = (K_m - K_r)100 \quad [9]$$

Donde:

$I_q$ : Índice químico

$K_m$ : Constante dieléctrica de la muestra medida

$K_r$  : Constante dieléctrica de referencia

Un aumento de este índice indica que el aceite es cada vez más capaz de soportar la conducción eléctrica debido a la presencia de iones polares. Estas condiciones normalmente dan lugar al aumento del desgaste y la corrosión. Cuando los aceites se oxidan, existe presencia de hollín, aumenta la concentración de agua o existe dilución por combustible, se reflejan cambios en la constante dieléctrica del aceite usado, esto influye notablemente en el índice químico

### **2.15.3. INSOLUBLES DEL ACEITE**

Los insolubles están relacionados con la degradación del aceite, la eficiencia de los filtros, el desgaste, la capacidad dispersante del aceite. El contenido y composición de estos elementos son productos inorgánicos y orgánicos precipitados, de estos una parte se depositan como lacas y barnices en los alojamientos de los segmentos, falda del pistón, otra parte se localizan como lodos o barros en el interior del cárter y en los conductos lubricación, el resto se disuelve en el aceite aumentando su viscosidad (MDMQ-FN-EPN, 2014). Los métodos utilizados para medir los insolubles de aceite están basados en la sucesiva solubilidad o insolubilidad en diversos disolventes de los productos de alteración del aceite tales como el pentano y el tolueno, según la norma ASTM D-893 prueba estándar para las partículas insolubles en aceites lubricantes usados. Ver **(anexo 1)**

### **2.15.4. ÍNDICE FERROSO**

Una técnica rápida que determina la concentración de partículas de desgaste o ferromagnéticas en el aceite. El índice es principalmente sensible al desgaste del aceite por contacto con partículas y piezas de hierro, porque las superficies de tales partículas tienden a ser conductoras de electricidad además es un indicador de la condición del sistema de lubricación ya que también el equipo reconoce concentración de partículas no ferrosas como es el caso del plomo, cobre y otros no metales.

En general, el índice debe estar cerca de cero pero cualquier valor alto indica un aumento de las concentraciones o tamaño de las partículas y corresponde a mayor desgaste. (Manual OilView Quick-Check, 2010).

Estas pruebas reportan la concentración de partículas ferrosas en una muestra. Si bien no se reportan unidades (los números generados son índices). El índice de concentración no nos dice nada en cuanto a la distribución de partículas por tamaño; pero en la práctica, la prueba está dirigida a identificar las partículas grandes entre un rango 5 a 60  $\mu\text{m}$ .



### **3. METODOLOGÍA**

### 3. METODOLOGÍA

Este proyecto está dirigido a analizar los contaminantes que causan la degradación y contaminación del aceite lubricante en el motor con el uso de combustible diésel, para tal efecto se contempla utilizar un enfoque de investigación experimental porque se realizarán experimentos en las muestras de aceite usado interactuando directamente en los procesos de medida, en este caso dicha técnica tiene por objetivo comparar variables medibles con los posibles efectos o daños. En este sentido se utiliza una herramienta de diagnóstico automotriz llamada analizador de lubricantes, este equipo tiene la facultad de realizar test a diferentes clases de aceites, grasas y lubricantes, lo que implica un gran beneficio en el análisis de diferentes máquinas y equipos.

Los procesos con los que se cumplió el objetivo principal del proyecto engloban la parte teórica donde la metodológica aplicada se relaciona con fuentes primarias de información, medios bibliográficos académicos como tesis fueron utilizados para identificar el objetivo específico uno asociado a las características y propiedades de los aceites lubricantes utilizados en el motor diésel, de igual manera se identificó los contaminantes que más influyen en los procesos de combustión como la oxidación representada en la ecuación 7 y la nitración detallada en la ecuación 8. Este estudio corresponde al objetivo específico número dos.

En el tercer objetivo específico se identificaron las pruebas rápidas que se puede realizar al aceite del motor diésel para tal efecto se hizo uso de información encontrada en las fuentes secundarias como libros, fuentes bibliográficas de internet etc.

Una vez que se tiene en claro la información teórica, el trabajo que sustenta la investigación a desarrollarse tendrá como objetivo inicial la toma de muestras en el vehículo diésel con los cuidados respectivos para no contaminar las muestras. Los procesos desarrollados más adelante están orientados a las pruebas efectuadas en el taller de la Universidad Tecnológica Equinoccial en un vehículo diésel expuesto a un régimen de

trabajo. Las pruebas desarrolladas en el analizador de lubricantes están dirigidas a identificar la contaminación del aceite tomando en consideración las mediciones que puede realizar el equipo, estas mediciones son generales e indican índices y porcentajes, por tal razón no se puede identificar con extrema precisión qué factores contaminantes están causando cambios en las propiedades, bases y aditivos del aceite. Es evidente la gran desventaja que presenta esto en el análisis de resultados, sin embargo se considera que el equipo está diseñado para efectuar análisis rápidos de aceite.

El manejo de datos es una parte fundamental para realizar el análisis de resultados por lo tanto el equipo de diagnóstico incorpora un software que permite almacenar y gestionar la información, además la base de datos del programa fundamenta la investigación proporcionando datos de alarmas y límites de medida, datos extremadamente útiles para el análisis estadístico.

Aclarado este problema las medidas efectuadas detallan cambios en la constante dieléctrica, índice ferroso, contenido de agua o material insoluble e índice químico del aceite usado. Para evaluar estos resultados se utilizó el método hipotético-deductivo, un estudio donde toma importancia la observación del fenómeno a estudiar, se crea supuestos o hipótesis para explicar dicho fenómeno, y se verifica la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia, esto permitirá definir y explicar la tendencia de contaminación en el aceite y sus posibles consecuencias en el motor Diésel en forma general.

Para fundamentar todo este proceso también se utilizó dos tipos de investigación en forma conjunta; investigación correlacional e investigación explicativa.

*“Los estudios correlacionales indican la relación o el grado de asociación entre dos o más variables, estas relaciones se sustentan en pruebas que después se cuantifican para evaluar los resultados”* (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 81)

Este tipo de investigación es fundamental para el desarrollo del proyecto debido a que a través del análisis de aceite se busca establecer una

relación entre parámetros de contaminación y horas de uso o kilometraje del motor Diésel.

*“Por otra parte la investigación explicativa se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables”* (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010, p. 84).

Se utiliza este tipo de investigación ya que se va a dar a conocer en forma general las razones por las cuales el aceite empieza a degradarse en presencia de contaminantes.

Para realizar la interpretación de resultados en cada una de las medidas se utilizó tablas y gráficos que permitieron comparar los datos obtenidos con las horas uso del aceite o régimen de trabajo del motor para detectar algún cambio importante.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En este capítulo se detallan las especificaciones del ensayo, los materiales y herramientas utilizados para el desarrollo de la investigación, además se contempla dar a conocer los cuidados en la toma de muestras y procesos de medida que influirán directa o indirectamente en los resultados finales.

Los resultados se mostrarán en figuras y datos tabulados para realizar el estudio de los parámetros contaminantes interpretando las tendencias y variaciones de medida en cada ensayo.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo que permitirán resaltar los fundamentos positivos y negativos del trabajo de investigación.



### **4.1. INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

El análisis de aceite actualmente ha evolucionado en equipos de monitorizado portátiles con características similares a los equipos de laboratorio, está claro que estos equipos no poseen un alto porcentaje de certeza en las mediciones, sin embargo son muy útiles para tener una idea del estado del aceite. Con esa finalidad para el desarrollo de este proyecto se utiliza un equipo rápido de análisis de lubricantes que permite ejecutar mediciones de la constante dieléctrica del aceite, la estimación de la contaminación por agua y materias insolubles, la determinación del índice ferromagnético e índice químico. Al tratarse de un equipo elemental las mediciones son limitadas y no tan específicas, comparadas con equipos completos de laboratorio.

La finalidad de estas mediciones es juzgar resultados en tres campos, degradación del aceite, contaminación del aceite y desgaste de la máquina, con ayuda de un software que permitirá vincular, el analizador y un equipo PC, se pretende gestionar los datos para lograr diferenciar las tendencias e información de los contaminantes que originan cambios en las propiedades de los aceites. El equipo de diagnóstico esencialmente cuenta con un sensor

o rejilla capacitiva, la importancia de este elemento está relacionada con la sensibilidad del equipo a los diferentes tipos de aceite, ya que todos los aceites lubricantes tienen la misma base pero distintos aditivos, es por esto que la parte más importante del proceso de medición es la calibración del equipo con los respectivos fluidos dieléctricos 2.20 y 3.00. En la tabla 3 se puede ver las especificaciones del instrumento de medición utilizado para determinar el estado del aceite.

**Tabla 3.** Especificaciones del equipo

<b>ANALIZADOR DE LUBRICANTES OILVIEW QUICK CHECK</b>	
<p>Elementos:            Analizador de aceite            Sensor de aceite            Bomba de vacío (vampiro)            Manguera            Recipientes para toma de muestras            Fluidos dieléctricos de calibración 2.20 y 3.00</p>	
<p>Cable para comunicación con PC            Cable de alimentación 110v-220v            Software para PC (Oilview QC) programa que permite el análisis de datos para la verificación del estado del aceite</p>	

La gran ventaja de este equipo es que permite obtener resultados inmediatos sobre los ensayos realizados, además reducir considerablemente los costos de análisis por muestra, sin embargo también tiene desventajas por ser un equipo de análisis elemental no se pueden realizar ensayos completos de los parámetros contaminantes, los resultados solo indican tendencias, porcentajes e índices de los cambios registrados en el aceite y no indican a detalle la concentración ni la clase de los contaminantes, es

decir al ser un equipo rápido de análisis de aceite informa el resultado en forma general.

## 4.2. ESPECIFICACIONES DEL SOFTWARE QUICK CHECK

La técnica utilizada en el presente proyecto contempla el uso de una herramienta informática útil para el almacenamiento de datos y tendencias de los parámetros medidos en las muestras de aceite usado, esto permitirá elaborar informes y reportes con el propósito de realizar un programa de análisis de aceite efectivo.

La instalación del software es relativamente sencilla, se puede instalar en cualquier computador que tenga una unidad de CD, cuando el programa empiece a ejecutarse hay que aceptar las condiciones y seguir las instrucciones.

Una vez concluida la instalación se inicia el proceso más importante de conexión entre el analizador de lubricantes y la computadora, en este procedimiento es muy importante verificar los puertos de comunicación USB del computador ya que se realizará la instalación de un dispositivo genérico, en algunos casos estos puertos están ocupados por otros dispositivos de ahí la importancia de la configuración. En la figura 6 se puede apreciar el proceso de configuración del puerto de conexión la computadora.

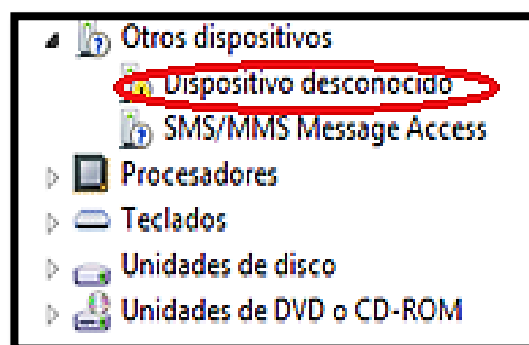
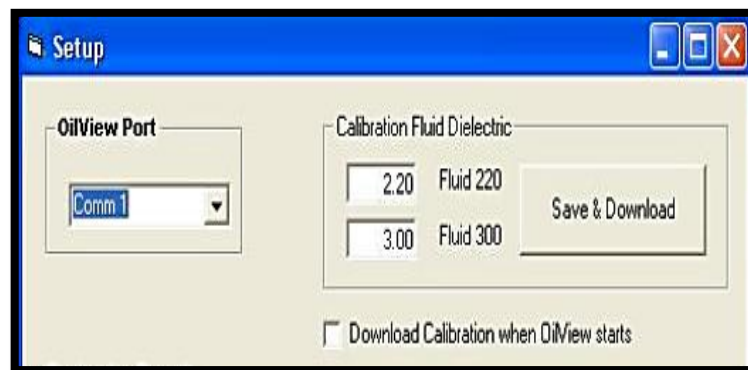


Figura 6. Configuración de puerto en la PC

Una vez terminado el proceso de configuración del puerto, la computadora debe detectar el software de análisis, la ventana que se despliega identifica

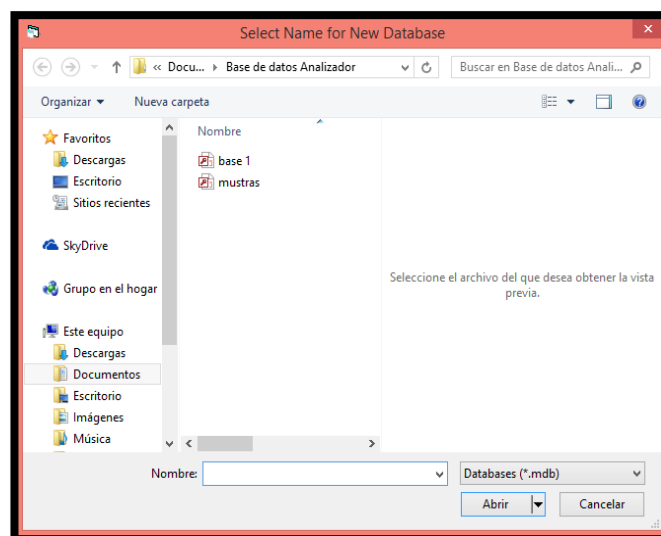


el puerto de conexión COM 1 o COM 2, además permite observar los datos de los fluidos de calibración predeterminados 2.20 y 3.00, sin embargo se pueden realizar modificaciones y guardar datos de otras calibraciones ya que el equipo puede hacer ensayos con otro tipo de fluidos. Datos adicionales se pueden introducir a fin de personalizar el reporte final. En la figura 7 se identifica el proceso de configuración del software.



**Figura 7.** Configuración del software QC

Cuando el software este bien instalado el programa despliega una ventana para crear una base de datos donde se guardará la información de los diferentes procesos de medida. En la figura 8 se puede visualizar la configuración de la base de datos.



**Figura 8.** Configuración de la base de datos

En el siguiente enunciado se describen las principales ventanas del programa, en primer lugar la ventana datos de muestras registra todos los datos de los ensayos como: alertas de contaminación y desgaste, medidas de la constante dieléctrica, índice químico, constante dieléctrica de referencia, índice ferroso, contenido de materias insolubles y agua, además se pueden realizar modificaciones a datos como: identificación del equipo, horas de uso, kilometrajes y cambios de aceite. En la figura 9 se puede observar el detalle de la ventana datos de muestras.

Sample #	Date	Equip. ID	Unit Usage	Oil Usage	Oil Added	Wear Sev	Contam Sev	Chem Sev	Ref Die	Chemical Idx	Dielectric	Ferrous Idx	% Water	LCont Droplet	LCont Ferrous	LCont NonFe
4	02/05/2016 10:11:32	KIA	127660	120	25	0	0	85	2,21	25	2,46	0	0,00	0	0	0
5	03/05/2016 10:05:49	KIA	126949	96	25	0	0	55	2,21	16	2,37	1	0,15	0	0	0
2	02/05/2016 9:39:08	KIA	126220	72	25	0	0	55	2,21	14	2,35	0	0,24	0	0	0
3	02/05/2016 9:54:02	KIA	125500	48	25	0	0	0	2,21	3	2,24	0	0,00	0	0	0
1	02/05/2016 9:29:09	KIA	124780	24	25	0	0	0	2,21	0	2,21	0	0,00	0	0	0

Figura 9. Ventana de datos de muestra

La ventana de referencia es muy importante, en ella se registra los datos del aceite dieléctrico de referencia, las lecturas del índice químico, los porcentajes de contaminación y desgaste son en relación a la medida de referencia. En la figura 10 se puede observar los datos de referencia del aceite.

Supplier	Brand Name	Oil Description	Date	Dielectric	Visc. @ 40
Ingersol Rand	SSR	Ultra Coolant	01/07/1997	4,814	48,00
Fisk	Lubriplate	HO-2	18/01/1999	2,257	62,80
Fisk	Lubriplate	AC-2A	18/01/1999	2,206	102,50
CATO	Valulube	40W	18/01/1999	2,319	186,60
Conklin	Convoy	10W50	18/01/1999	2,272	114,60
Sunoco	Sunvis	932	18/01/1999	2,191	30,60
Sunoco	DX Super C	40	18/01/1999	2,279	148,60
Frick	Refris Oil	2A	18/01/1999	2,300	56,20
Inpro	Synergy	790	18/01/1999	2,884	59,10
D-A Lubricant	Sullair	AWF	19/04/1999	2,387	34,20
Mobil	Delvac	15W40	02/05/2016	2,210	106,00

Figura 10. Ventana de datos de referencia del aceite

Igualmente tiene extremada importancia la ventana de alarmas, en esta se detallan los límites alertas de los parámetros medidos que se diferencian entre una variedad de equipos, las alertas son valores que identifican alta o baja falla, principalmente este conjunto de datos son determinantes en las medidas del índice químico e índice ferroso. En la figura 11 se distingue la ventana de alarmas.

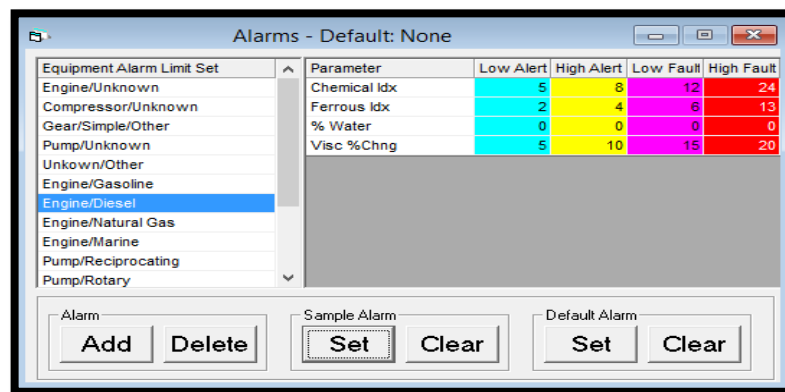


Figura 11. Ventana límites y alarmas

Por último se nombra la ventana de reporte o informe, en esta se identifica un resumen de los datos analizados, además se detallan graficas de tendencia del índice químico, índice ferroso y contenido de agua o materias insolubles, de igual forma una gráfica general en forma tridimensional es útil para reconocer el impacto contaminante o químico del aceite y el desgaste de la máquina. En la figura 12 se puede distinguir la ventana de reporte.

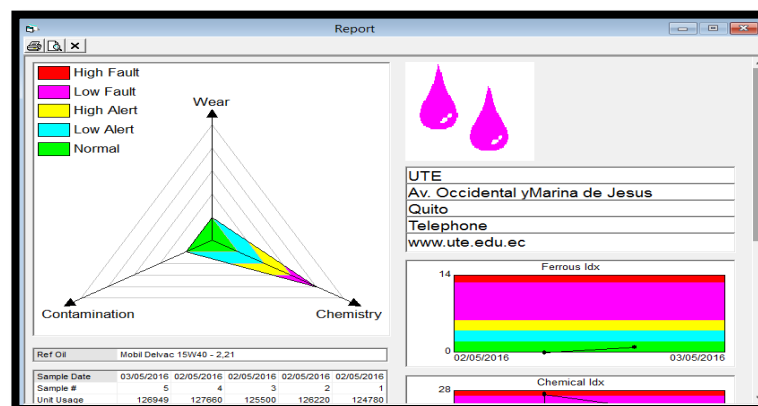


Figura 12. Ventana de reporte

### **4.3. ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO**

El análisis de aceite es una técnica de diagnóstico que considera dos factores críticos, la toma de muestras y los intervalos o frecuencias para la toma de muestras de acuerdo a criterios como.

1. Rigor del entorno en el que trabaja el aceite por ejemplo polvo, suciedad, presión, carga, velocidades elevadas, contaminación química, temperatura, etc.
2. Factor de envejecimiento del aceite por horas o kilometraje de uso, factores contaminantes u oxidación, composición del aceite sea mineral o sintético.
3. Factores de envejecimiento de la máquina, expectativa de vida útil, horas y kilometraje desde la última revisión general.
4. Resultado esperados dentro y fuera de los límites de control.
5. Impacto económico de averías, costos de reparación, coste del tiempo fuera de servicio, riesgos para la seguridad, pérdidas productivas.

El vehículo considerado para desarrollo del proyecto corresponde a una furgoneta de servicio escolar que opera en distrito metropolitano de Quito, específicamente en Calderón sector norte de la ciudad. El vehículo trabaja en entornos con condiciones ambientales polvorientos y secos, además en cuanto a kilometrajes de recorrido y horas de uso del aceite, el vehículo está en constante funcionamiento ya que trabaja tres jornadas al día, aproximadamente ocho horas diarias en la semana, sin tomar en cuenta recorridos en contratos para turismo, una característica adicional a tener en cuenta para establecer la frecuencia de la toma de muestras.

Los aspectos anteriormente mencionados son determinantes en la periodicidad de la toma de muestras, en virtud a esto a continuación se describe el procedimiento de trabajo, los ensayos se realizaron en la Universidad Tecnológica Equinoccial debido a las facilidades en herramientas e infraestructura. Una apreciación para iniciar los ensayos son las muestras a temperatura ambiente, la importancia en este aspecto tiene que ver con las mediciones y posibles errores de medida.

Además se toma en cuenta el uso del mismo tipo de combustible en este caso diésel para no tener complicaciones en las medidas de opto por realizar la sustitución del combustible en la misma gasolinera. En la tabla 4 se puede observar las especificaciones del ensayo y el vehículo utilizado.

**Tabla 4.** Especificaciones del vehículo para el ensayo

EQUIPO	MOTOR DE ENSAYO DIESEL ESTÁNDAR	
		
Vehículo: Kia Prego Año: 2011 Cilindraje total: 3000 cm <sup>3</sup> Relación de compresión: 19:1 Número de cilindros: 4 en línea	Especificaciones del lubricante: Aceite semi-sintético Mobil Delvac 15W40 Viscosidad a 40°C: 106 Exigencias: API CI 4/HF4 para motores diésel	
Condiciones del ensayo	Punto de muestreo : Cártel Toma de muestra: 124 780 km en intervalos de 24 horas de uso Régimen (rpm): 700- 3000 Temperatura del aceite: 15-23°C	
Objetivo	Evaluar los contaminantes del aceite mobil 15W40 utilizando el equipo electrónico de análisis oilview check	
Método de evaluación	Estimación de la contaminación del lubricante, comparando la medida de la constante dieléctrica del aceite usado con el aceite de referencia, identificar algún cambio del índice químico del aceite, observar variación en el índice ferroso para determinar desgaste de piezas en el motor, por ultimo verificar la concentración de agua o materias insolubles.	

#### 4.4. ESPECIFICACIONES DEL ACEITE

El lubricante seleccionado para el estudio es un aceite multigrado mobil multigrado 15W40, porque se tomó en cuenta la recomendación de los fabricantes tanto del vehículo como del aceite donde especifican la durabilidad, características de rendimiento y calidad.

- Especificaciones del fabricante KIA de acuerdo al plan de mantenimiento preventivo del vehículo KIA PREGIO, que especifica cambios de aceite preferiblemente aceite mobil 15W40 y filtro de aceite en periodos de recorrido de 5000 km.
- Especificaciones del fabricante Mobil para kilometrajes de uso del aceite según la composición del aceite (bases y aditivos), sintéticos 18.000 Km, semi-sintéticos 10.000km y minerales 7.500 Km (Mobil Industrial lubricants, 2016).

Este aceite tiene buenas características de rendimiento en una amplia gama de temperaturas especialmente en nuestra ciudad que experimenta cambios irregulares de temperatura, además tiene una durabilidad extensa una característica relacionada con los aditivos y bases, ya que es un aceite mineral. En nuestro país existen gran variedad de aceites con marca reconocida y sus precios varían dependiendo de la calidad y aditivos. En la figura 13 se observa el aceite utilizado en los ensayos



**Figura 13.** Lubricante seleccionado para el ensayo  
(Mobil Industrial lubricants, 2016)

## 4.5. CÁLCULO DE LA FRECUENCIA DE TOMA DE MUESTRAS

El vehículo ofrece sus servicios en la compañía de transporte escolar Ampiro S.A, dedicada a satisfacer las necesidades de movilidad de los diferentes centros educativos del sector de Calderón. Tomando en cuenta que el vehículo aún no tiene reparaciones importantes y desempeña un trabajo expuesto a múltiples exigencias, el análisis de aceite se realizó en un periodo de 3600 mil kilómetros, tomados en cuenta desde el último cambio de aceite y filtro, definido a los 124 780 kilómetros de recorrido.

Técnicamente las especificaciones de fabricantes tanto del aceite, como del vehículo no determinan la frecuencia de la toma de muestras, porque no solo se consideran aspectos de calidad del aceite, si no también calidad del combustible diésel, exigencias de trabajo del motor, contaminantes como el polvo, contaminantes de la condensación del aire en la cámara de combustión y temperatura. Para calcular la frecuencia de muestreo se asocian los siguientes datos:

- En la fase del ensayo se considera estudiar el comportamiento del aceite ante contaminantes en un recorrido del vehículo aproximado a 3600 km.
- La velocidad es una magnitud que cambia debido al medio geográfico (carreteras planas, pendientes) donde trabaja el vehículo, el intervalo de velocidad está determinado entre 30 y 90 km/h, realizando un promedio la velocidad media es 30 km/h.

Para calcular la frecuencia de toma de muestras se consideró la ecuación 10 que hace referencia a la velocidad media ya que se tiene los datos de la distancia recorrida por el vehículo y la velocidad media en el recorrido.

$$V_m = \frac{d}{t} \quad [10]$$

Donde:

$V_m$ : Velocidad media

$d$ : Distancia total recorrida

$t$ : Tiempo total

$$t = \frac{d}{Vm}$$
$$t = \frac{3600 \text{ km}}{30 \frac{\text{km}}{\text{h}}}$$
$$t = 120 \text{ h}$$

$$\text{frecuencia de muestreo} = \frac{120}{5} \text{ h}$$

$$\text{frecuencia de muestreo} = 24 \text{ horas de uso}$$

Tomando en cuenta estos resultados, 120 h es el tiempo que tarda el vehículo en recorrer 3600 km de distancia, este valor se asocia con las horas de uso del aceite y se determina frecuencia de toma de muestras en un intervalo aproximado a las 24 horas de uso del aceite, ya que se realizaron cinco ensayos.

#### **4.6. MUESTREO**

La toma de muestras de aceite presenta un aspecto crítico en el análisis de aceite. Tomando principal importancia la limpieza de los recipientes de ensayo con el objetivo que la muestra sufra las menores modificaciones posibles por agentes externos que pueden llevar a resultados erróneos.

Todas las pruebas en el analizador de lubricantes deben llevarse a cabo con el aceite a temperatura ambiente, principalmente porque la temperatura aumenta el valor de la constante dieléctrica del aceite y podrían presentarse resultados erróneos en las mediciones.

El equipo “oilview quick-check” emplea un elemento diseñado para realizar el proceso recolección de muestras llamado bomba de succión, este elemento permite extraer la muestra del circuito de lubricación sin que exista ninguna contaminación. En figura 14 se puede observar la bomba de succión también llamada “vampiro”.





**Figura 14.** Bomba de vacío para recolección de muestras de aceite  
(Lubream, 2014)

La muestra debe ser tomada de una cañería, válvula, o puerto. En general una ubicación donde aceite este bien agitado o fluyendo. Las muestras deben tomarse de la línea de retorno al depósito de aceite en la parte superior a cualquier filtro. Si el aceite es recolectado en el (lado de salida) o parte inferior del filtro, las partículas de desgaste y partículas contaminantes se habrán eliminado por el filtro. Además se toma en cuenta que el depósito de aceite o sumidero actuará como un "filtro" de sedimentación. Ver **(anexo 2)**

Una vez tomada la muestra se recomienda agitar la muestra antes de realizar el ensayo, la importancia que tiene este procedimiento es debido a las fuerzas de adherencia entre las paredes del recipiente y las partículas de pequeño tamaño. El tiempo de agitación asegura la total suspensión de las partículas para su posterior análisis. (Martínez B. T., 2005). El manual del equipo recomienda un nivel de llenado del recipiente y el tiempo de agitación en función a la viscosidad original del aceite, en el caso del aceite utilizado en el ensayo la viscosidad a 40 °C es 106 Cst, el nivel de llenado del recipiente para el muestreo es 1/3 y el tiempo de agitación 5 minutos. Los datos se presentan en la tabla 5.

**Tabla 5.** Valores recomendados de llenado y tiempo de agitación de muestras

Viscosidad del fluido	Llenado del recipiente de toma de muestra	Tiempo de agitación
≤ 32 Cst	3/4	2 min
32-100 Cst	2/3	3-4 min
> 100 Cst	1/3	5-10 min

(Manual OilView Quick-Check, 2010)

Por último es recomendable etiquetar cuidadosamente cada recipiente de muestra. La etiqueta debe identificar el tipo de aceite, la máquina de la que se tomó el aceite y la fecha en que se tomó la muestra.

#### **4.7. PROCESO DE LA TOMA DE MUESTRAS**

El proceso de toma de muestras para el análisis de la contaminación del lubricante, se realizó en el vehículo KIA PREGIO, extrayendo cinco muestras de aceite en intervalos aproximados a 24 horas de uso del aceite, con relación al último cambio de aceite realizado en el vehículo, registrado a los 124 780 km de recorrido.

Por el hecho de tratarse de un vehículo diésel se consideran factores de muestreo muy importantes como la limpieza de los instrumentos utilizados en la recolección de las muestras (bomba de vacío, mangueras y recipientes).

1. Apagar del motor.
2. Esperar unos minutos que hasta que el aceite se enfríe.
3. Cuidadosamente preparar el equipo de muestreo (colocar la manguera y recipiente en la bomba de succión).
4. Identificar punto de muestreo para la extracción del aceite.
5. Realizar la conexión en este caso entre la bayoneta y el equipo de extracción.
6. Asegurarse que la manguera se encuentre bien colocada, caso contrario no se generará vacío para extraer adecuadamente la muestra.
7. Extraer aproximadamente 30ml de aceite usado.
8. Retirar el equipo de extracción, evitando en lo posible que aceite de desperdicie.

Una consideración que se toma en cuenta en la recolección de muestras es el cuidado si se manipula aceite caliente en los recipientes de muestreo, la temperatura puede derretir el recipiente o el operario puede sufrir algún daño irritación en la piel o quemaduras. En la figura 15 se puede identificar el procedimiento realizado para extraer las muestras de aceite.

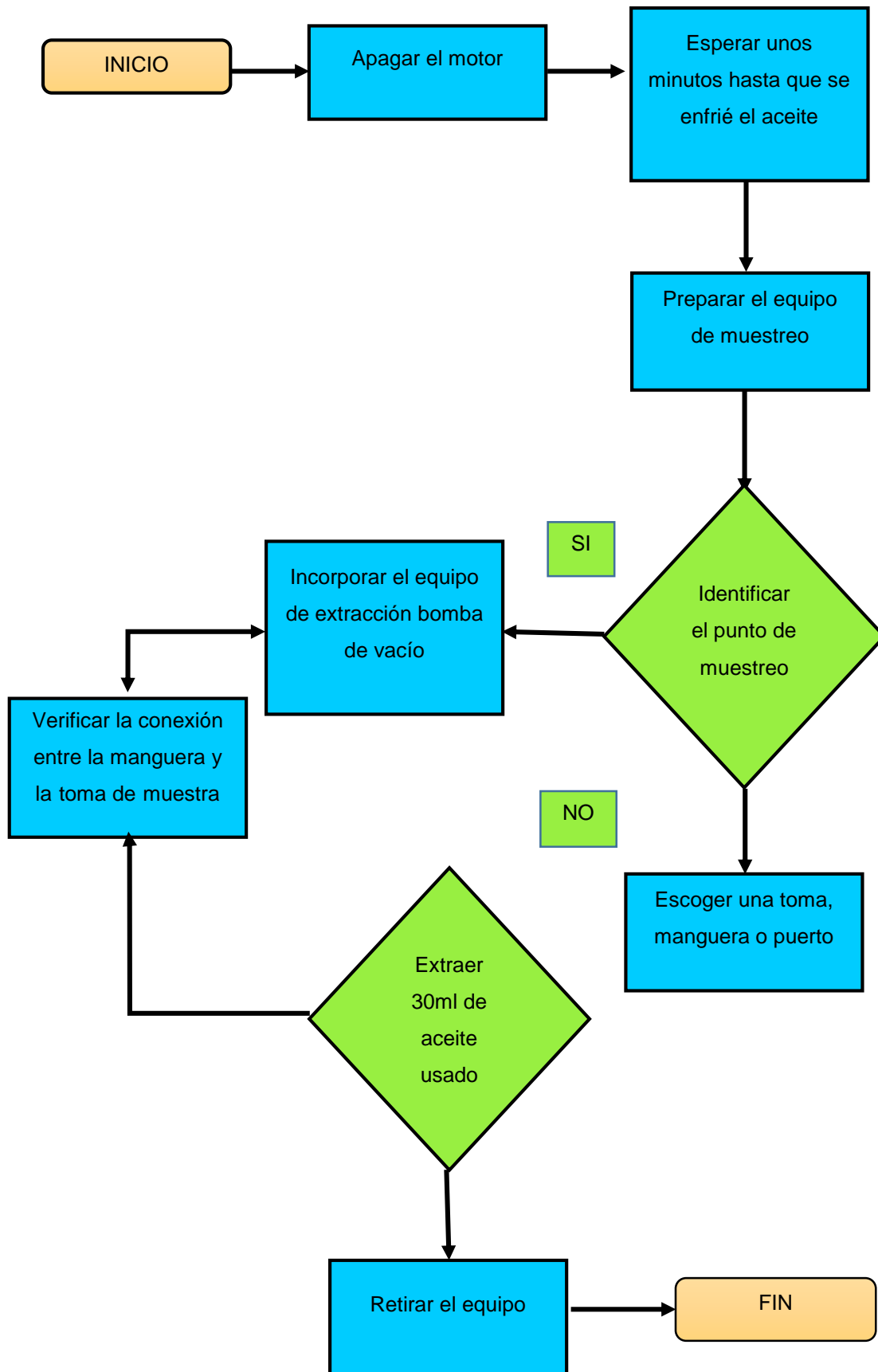


Figura 15. Proceso para la toma de muestra

#### 4.8. PROCESO DE MEDIDA

Las pruebas fueron realizadas en el taller automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial, con los insumos, equipos y materiales respectivos. Por tratarse de un estudio rápido el aspecto que más se consideró es la limpieza en los procesos de medición y manipulación de muestras con los cuidados respectivos para no alterar las mediciones.

El inicio contempla la preparación de las muestras con las respectivas medidas, para lo cual se utilizó un tubo de ensayo con una escala de medida en mililitros, para facilitar los procesos sucesivos de dilución de muestras, se observa en la figura 16 la medición de la muestra establecida en 30ml según la recomendación del equipo de diagnóstico.



**Figura 16.** Preparación de muestras

Continuado el proceso se realizó la instalación del equipo oilview quick check y el computador, verificando la interfaz de conexión entre los dos dispositivos, con el objetivo de comprobar la comunicación entre el software instalado en el computador y el equipo de diagnóstico. En la figura 17 se puede apreciar la etapa final instalación de los equipos.



**Figura 17.** Instalación de los equipos

Una vez verificada la correcta comunicación del equipo con la PC, a continuación se inicia el proceso de calibración, ver (**anexo 3**), este procedimiento es fundamental para los resultados especialmente para medir la constante dieléctrica del aceite, en la calibración del equipo se utilizó los fluidos dieléctricos 2.20 y 3.00, que son mezclas de aceite mineral 70 y aceite de canola tal como se indica en la figura 18.



**Figura 18.** Fluidos de calibración 220 y 300

Antes de iniciar el proceso de calibración una parte importante es la limpieza de sensor con un material absorbente, la máquina identifica este procedimiento y no permite acciones posteriores si el sensor no se encuentra perfectamente limpio, los efectos de la contaminación durante la

calibración afectará a todas las mediciones realizadas hasta la siguiente calibración en la figura 19 se identifica esta fase.



**Figura 19.** Comprobación de la limpieza del sensor

El orden de calibración se determina inicialmente con el fluido de calibración 220, a continuación es especialmente importante volver a limpiar a fondo el sensor por lo menos dos veces utilizando el mismo fluido de calibración que se está probando hasta que la superficie este completamente seca usando un pañuelo de papel durante cada operación de limpieza. Hay que tener en cuenta que los fluidos 220 y 300 son muy diferentes; cada uno debe ser completamente eliminado antes de continuar con la siguiente medición. En la figura 20 se puede apreciar el proceso de calibración con el fluido 220.



**Figura 20.** Calibración con el fluido 220



Para concluir se realiza la calibración con el fluido 300, en la figura 21 se puede observar este proceso de calibración.



**Figura 21.** Proceso de calibración con el fluido 300

Una vez concluida la calibración del equipo, se puede realizar los ensayos, siempre y cuando en la base de datos del software se encuentre especificado el aceite de referencia con las medidas de la constante dieléctrica y viscosidad a temperatura 40°C, sin embargo si esta medida de referencia no está registrada, la primera acción es medir la constante dieléctrica del aceite de referencia para poder ingresar los datos al programa, y así poder comparar las mediciones posteriores. En la figura 22 se puede observar este procedimiento.



**Figura 22.** Medición de la constante dieléctrica de aceite de referencia

Una recomendación que nos da el equipo es limpiar el sensor con aceite de la próxima muestra, esto para eliminar cualquier rastro del aceite anterior y evitar el cruce de contaminación en las muestras importante pasó para obtener datos fiables. En la figura 23 se observa el proceso de limpieza



**Figura 23.** Medición de la muestra de aceite sin diluir

Una vez concluido esta acción, se realiza el ensayo con la muestra diluida, para la dilución se utilizó diésel en una proporción 50/50, es decir 30 ml. El objetivo de diluir la muestra es apoyar el breve tiempo de la prueba, los aceites deben diluirse con un disolvente de petróleo. Un aspecto importante a considerar es la agitación de la muestra para su coalescencia. En la figura 24 se ve la importancia de este procedimiento.



**Figura 24.** Medición de la muestra de aceite diluida



Al finalizar el ensayo, se compara cada resultado de las muestras de aceite con los valores del aceite de referencia, para determinar las variaciones medidas de la contante dieléctrica, esta acción se realiza con ayuda del software tal como se indica en la figura 25.

Supplier	Brand Name	Oil Description	Date	Dielectric	Visc. @ 40
British Petroleum	ATF	Aufran Dextran	11/11/1998	2,253	34,40
British Petroleum	Enerpac	HF 104	18/01/1999	2,226	30,20
Bearing & Gear	Multi Gear	M Gear	26/08/1998	2,538	166,20
Bearing & Gear	Gear oil	150	26/08/1998	2,178	166,20
LyonDell	Duoprime	200	26/08/1998	2,148	41,20
Imperial Oil	TEP	2190	01/01/1998	2,296	78,55
Havoline	Havoline	5W30	01/01/1998	2,292	67,29
Havoline	ATF	Mercon Dexron	16/10/1998	2,249	36,70
Ingersol Rand	SSR	Ultra Coolant	01/07/1997	4,814	48,00
Fisk	Lubriplate	HO-2	18/01/1999	2,257	62,80
Fisk	Lubriplate	AC-2A	18/01/1999	2,206	102,50
CATO	Valulube	40W	18/01/1999	2,319	186,60
Conklin	Convoy	10W50	18/01/1999	2,272	114,60
Sunoco	Sunvis	932	18/01/1999	2,191	30,60
Sunoco	DX Super C	40	18/01/1999	2,279	148,60
Frick	Refris Oil	2A	18/01/1999	2,300	56,20
Inpro	Synergy	790	18/01/1999	2,884	59,10
D-A Lubricant	Sullair	AWF	19/04/1999	2,387	34,20
Movil	Delvac	15w40	29/04/2016	2,130	106,00

Figura 25. Datos del aceite de referencia

Las medidas del índice químico, índice ferroso y concentración de agua o materias insolubles. También se determinan al comparar datos de referencia, en este caso límites de alarmas para el motor diésel. En la figura 26 se observa los datos de alarmas que vienen incluidos en el software.

Equipment Alarm Limit Set	Parameter	Low Alert	High Alert	Low Fault	High Fault
Engine/Unknown	Chemical Idx	5	8	12	24
Compressor/Unknown	Ferrous Idx	2	4	6	13
Gear/Simple/Other	% Water	0	0	0	0
Pump/Unknown	Visc %Chng	5	10	15	20

Figura 26. Datos de límites de alarma

Una característica muy importante del software de análisis Oilview QC es el reporte de resultados, que ayuda a la interpretación de resultados, el reporte contiene un historial de todas las medias realizadas en los ensayos de un determinado equipo, al igual que tendencias, alarmas y gráficos de las respectivas mediadas. En figura 27 se puede ver el reporte de las muestras analizadas.

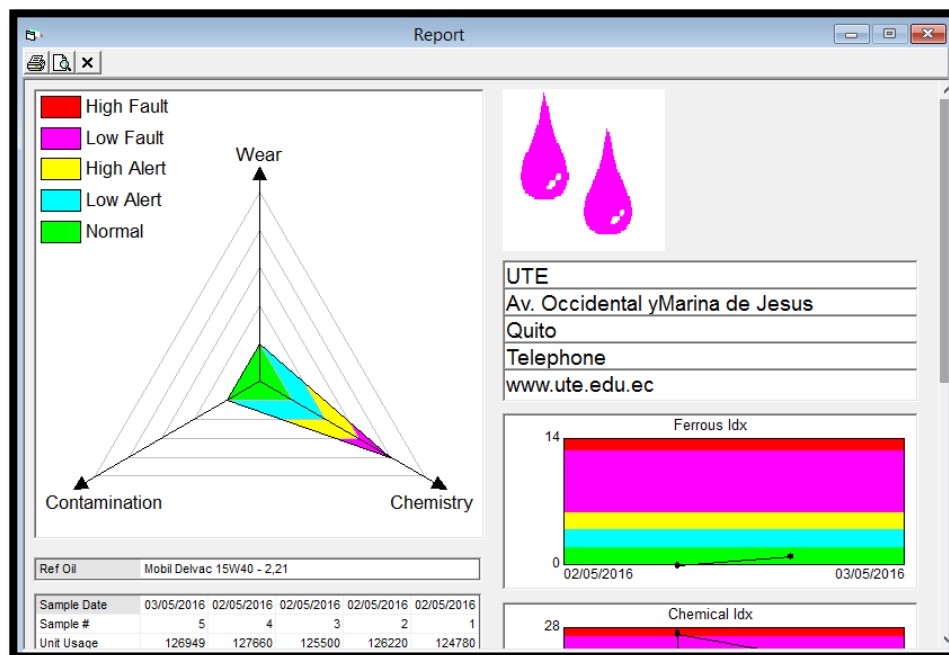


Figura 27. Reporte de resultados

Finalmente las últimas consideraciones del ensayo son los resultados finales donde se puede especificar el tipo de máquina, horas de uso del aceite kilometrajes, e información adicional. Tal como se puede observar en la figura 28.

Sample #	Date	Equip. ID	Unit Usage	Oil Usage	Oil Added	Wear Sev	Contam Sev	Chem Sev	Ref Die	Chemical Idx	Dielectric	Ferrous Idx	% Water	LCont Droplet	LCont Ferrous	LCont NonFe
4	02/05/2016 10:11:32	KIA	127660	120	25	0	0	65	2,21	25	2,46	0	0,00	0	0	0
5	03/05/2016 10:05:49	KIA	126949	96	25	0	0	55	2,21	16	2,37	1	0,15	0	0	0
2	02/05/2016 9:39:08	KIA	126220	72	25	0	0	55	2,21	14	2,35	0	0,24	0	0	0
3	02/05/2016 9:54:02	KIA	125500	48	25	0	0	0	2,21	3	2,24	0	0,00	0	0	0
1	02/05/2016 9:29:09	KIA	124780	24	25	0	0	0	2,21	0	2,21	0	0,00	0	0	0

Figura 28. Resultados finales de los ensayo

## 4.9. RESULTADOS

Para conocer en qué estado contaminante se encuentra el aceite lubricante, se realizó cinco ensayos con muestras de aceite tomadas del mismo vehículo en los intervalos expuestos. El proceso de interpretación de resultados se realizó comparando los límites y alarmas de medida proporcionados por el equipo y los resultados obtenidos en ensayos, ver **(anexo 4)**.

Una vez realizadas los ensayos de contaminación del lubricante usado, se procesan y analizan los datos presentados con los siguientes indicadores contaminantes. En la tabla 6 se puede observar el resultado de los ensayos.

**Tabla 6.** Resultados de los ensayos para determinar la contaminación del aceite

MUESTRA	1	2	3	4	5
Fecha	21/01/16	13/02/16	04/03/16	04/04/16	03/05/16
Kilometraje de recorrido (km)	124780	125500	126220	126940	127660
Horas de uso (h)	24	48	72	96	120
Desgaste severo (%)	0	0	10	0	0
Contaminación severa (%)	0	0	0	0	0
Contaminación química (%)	0	0	55	55	85
Constante dieléctrica de referencia	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21
Índice químico	0	3	14	16	25
Constante dieléctrica	2.21	2.24	2.35	3.37	2.45
Índice ferroso	0	0	0	0	1
Agua e insolubles (%)	0	0	0	0.15	0.24
Contaminantes gotas de agua	0	0	0	0	0
Contaminantes ferrosos	0	0	0	0	0
contaminantes no ferrosos	0	0	0	0	0

## 4.10. ALARMAS Y LÍMITES DE MEDIDA

Los límites de medida representan valores mínimos contaminantes detectados por el equipo, el enfoque de los límites es simple, determinan la degradación del lubricante a través de un rango de medida. Estos valores son presentados en el software como alarmas por defecto, para identificar el

cambio o incremento de parámetros contaminantes en el aceite, comúnmente las alarmas son utilizadas para medir las propiedades que están siendo introducidas progresivamente en el aceite, por ejemplo: partículas de desgaste ferromagnéticas o monitorear la degradación anormal de aditivos. La importancia de estos valores está en el análisis de resultados, donde se identifican parámetros como: índice ferroso e índice químico. En la tabla 7 se reconoce las alarmas por defecto, proporcionadas por software del equipo de diagnóstico.

**Tabla 7.** Alarmas por defecto para motores diésel

<b>ALARMAS POR DEFECTO PARA MOTORES DIÉSEL</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Alerta baja</b>	<b>Alerta alta</b>	<b>Avería baja</b>	<b>Avería alta</b>
Índice químico	5	8	12	24
Índice ferroso	2	4	6	13

(Manual OilView Quick-Check, 2010)

Sin embargo se consideran también los parámetros de medida proporcionados en el manual de equipo, estos rangos de medida son trascendentes para interpretar los resultados de la constante dieléctrica y contaminantes insolubles. En la tabla 8 se puede observar valores de medida normales y considerados fuera de rango según el manual del equipo.

**Tabla 8.** Límites de medida.

<b>Rangos de medida</b>		
<b>Propiedad</b>	<b>Equipo</b>	<b>Límites detectados</b>
Contaminantes insolubles y agua	Motor Diésel	El equipo detecta concentraciones consideradas normales de contaminantes insolubles y agua en un intervalo de <0,2% hasta 1%. Valores que exceden el 1% a 5% generan un indicador en la pantalla digital (gran concentración de gotas de agua).
Constante dieléctrica	Motor Diésel	Esta medida identifica la degradación del lubricante al comparar la constante dieléctrica de la muestra con la medida de referencia un cambio de 0.02 en adelante es permisible. Un cambio de 0.10 es grande, se exponen algunas causas que producen esta variación: TBN, hollín, oxidación, materias insolubles o agua, dilución de combustible diésel.

(Manual OilView Quick-Check, 2010)

#### 4.11. RESULTADO DE LA CONSTANTE DIELECTRICA

La constante dieléctrica es una propiedad resistiva o no conductora del aceite lubricante, gran parte de los aceites lubricantes tienen constantes dieléctricas de 2,1-2,4. Al comparar la constante dieléctrica de la muestra con el aceite de referencia, un cambio de 0,02 es insignificante, por otra parte una variación de 0,10 es grande.

En la interpretación de los datos se toman en cuenta factores incontrolables como la temperatura del ambiente y humedad que podrían haber influido en los resultados finales.

Al observar los resultados de la tercera medición, se puede apreciar una variación considerable de la constante dieléctrica al comparar su valor de referencia 2,21 con la constante dieléctrica de la muestra de aceite usado, como se puede ver en la tabla 9 y figura 29.

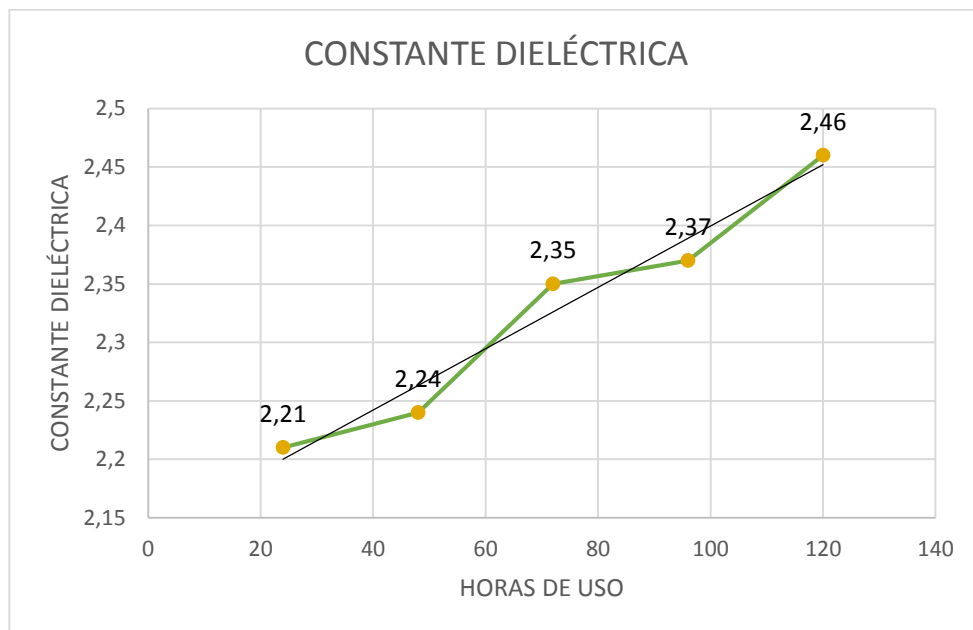
**Tabla 9.** Medición de la constante dieléctrica del aceite usado Mobil 15W40

MUESTRA	KILOMETRAJE DE RECORRIDO (KM)	HORAS DE USO (H)	CONSTANTE DIELECTRICA DEL ACEITE USADO	CONSTANTE DIELECTRICA DEL ACEITE REFERENCIAL	VARIACION DE LA CONSTANTE DIELECTRICA
5	127660	120	2.46	2.21	0.25
4	126940	96	2.37	2.21	0.16
3	126220	72	2.35	2.21	0.14
2	125500	48	2.24	2.21	0.03
1	124780	24	2.21	2.21	0

En los resultados obtenidos se puede visualizar la buena salud del aceite hasta las 72 horas de uso, identificado por la variación normal de la constante dieléctrica que no sobrepasa los límites establecidos de medida, por otra parte se observa claramente el intervalo más crítico a las 120 horas de uso, donde se presenta la mayor variación de la constante dieléctrica, definida en 0.25

Sobre las bases de las medidas expuestas, se deduce que a las 72 horas de uso del aceite, se producen cambios en la química del aceite, dando

sospecha de contaminación u oxidación, otros factores pueden discutirse como la perdida de aditivos, presencia de agua o materia carbonosa. Todos estos agentes contaminantes son indicadores que el aceite usado es más propenso a ser un medio conductor la electricidad, principalmente porque a causa de la temperatura se forman compuestos como ácidos o peróxidos, elementos que polarizan las moléculas del aceite aumentando el valor de la constante dieléctrica.



**Figura 29.** Medición de la constante dieléctrica del aceite usado Mobil 15W40

En virtud a los resultados e investigación realizada, se puede observar en la figura la medida de la constante dieléctrica es proporcional a las horas de uso del aceite, con esto se identifica que el aceite se está degradando de manera normal por su uso ya que no se diferencian cambios tan notables, lo que hace suponer desde el momento en que el lubricante se pone en servicio, sus propiedades físicas y químicas al igual que sus compuestos base y aditivos sufren una transformación, algunas propiedades son de transición lenta y otras muy rápidas, debido a esto el aceite pierde su acción sobre los contaminantes y se acelera el proceso de degradación. Los resultados no indican presencia de contaminación con combustible diésel ya que en ninguna muestra disminuye el valor de la constante dieléctrica.

## 4.12. RESULTADO DEL ÍNDICE FERROSO

El índice ferroso es una medida de concentración de las partículas ferromagnéticas distribuidas en el aceite, en la medida no se reporta unidades, los números generados son índices que el equipo rápido de diagnóstico detecta ante la presencia de contaminantes ferrosos ya que trabaja con campos electromagnéticos.

El índice ferroso no nos dice nada en cuanto a la distribución de partículas por tamaño; pero en la práctica, la prueba está dirigida a identificar las partículas en un intervalo de medida entre (5-60  $\mu\text{m}$ ).

Para efectuar la interpretación de resultados se realizó una comparación entre las alarmas de medida y el intervalo o límite de medida. En la tabla 10 se identifica esta comparación.

**Tabla 10.** Comparación entre las alarmas de medida y límites de medida

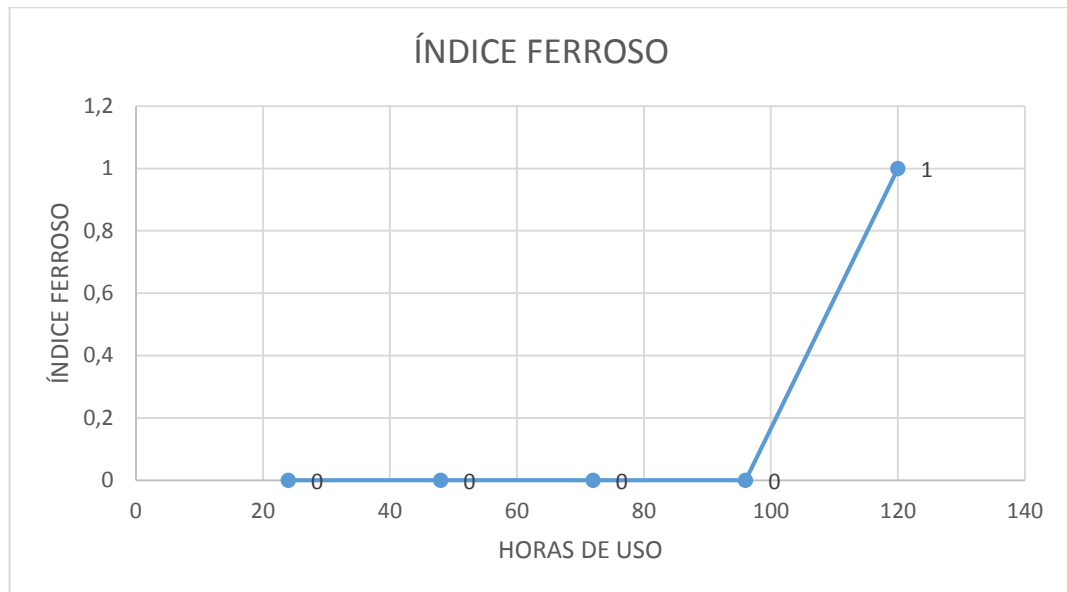
<b>CONSIDERACIONES PARA LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Alerta baja</b>	<b>Alerta alta</b>	<b>Avería baja</b>	<b>Avería alta</b>
Alarma del ndice ferroso	2	4	6	13
Rango de medida ( $\mu\text{m}$ )	5	18	28	60

Tras realizar ensayo del índice ferromagnético, se obtuvo los resultados que se indican en la tabla 11 y figura 30.

En los cuales se puede apreciar la tendencia más relevante de esta media a las 120 horas de uso del aceite, donde un índice equivalente a 1 indica una alerta de concentración baja, se puede interpretar como una medida de la presencia de partículas de hierro en un rango de  $<5 \mu\text{m}$  (1ppm a 50 ppm de Fe), se asume esto debido a los resultados complementarios que no identificaron valores en la concentración de contaminantes ferrosos, ni contaminantes no ferrosos como cobre, cromo, estaño o plomo.

**Tabla 11.** Medición del índice ferroso del aceite usado Mobil 15W40

MUESTRA	KILOMETRAJE DE RECORRIDO (KM)	HORAS DE USO (H)	ÍNDICE FERROSO	ALTA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES FERROSOS (%)	CONTAMINANTES NO FERROSO (%)
5	126380	120	1	0	0
4	127480	96	0	0	0
3	126580	72	0	0	0
2	125680	48	0	0	0
1	124780	24	0	0	0



**Figura 30.** Medición del índice ferroso del aceite usado Mobil 15W40

La tendencia de 1 aproximadamente asocia una concentración menor a 50ppm, esto indica un desgaste normal quizá causado por las cargas cíclicas y fatiga de materiales, en elementos de donde la lubricación es inadecuada, se considera estos factores debido al trabajo que realiza el vehículo con exigencias de torque y potencia, altas temperaturas y ambientes contaminados por silicio (polvo atmosférico).

La alarma preventiva por defecto aplicada para identificar la gravedad o el impacto de la concentración de partículas ferromagnéticas en el aceite, se



estableció en un valor de 1 que identifica una alerta baja y no representa un daño severo.

Sin embargo el riesgo asociado es el uso que podría reducir las propiedades de limpieza y protección o estanqueidad.

#### 4.13. RESULTADO DEL CONTENIDO DE AGUA Y MATERIAL INSOLUBLE

Al indagar el resultado de la concentración de contaminantes insolubles y agua en el aceite.

Se puede observar un cambio a las 96 horas de uso del aceite que identifica un cambio de moderado o normal, tal como se indica en la tabla 12

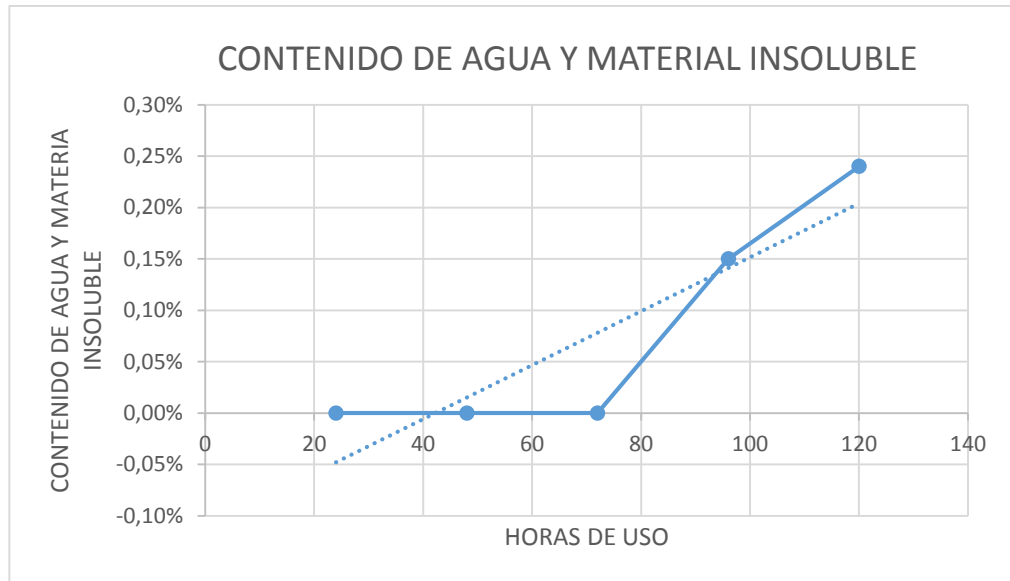
**Tabla 12.** Medición de concentración de agua y material insoluble en el aceite usado Mobil 15W40

Muestra	kilometraje de recorrido (km)	Horas de uso (h)	Contenido de agua y material insoluble (%)	Contenido de gotas de agua	Contaminación severa
5	127660	120	0.24	0	0
4	126940	96	0.15	0	0
3	126220	72	0	0	0
2	125500	48	0	0	0
1	124780	24	0	0	0

Los contaminantes insolubles pueden contener agua o glicol, los aceites multigrados intentan dispersar el agua, para que hierva o se evapore en un ambiente muy caliente y se condense en un ambiente frío.

Según los resultados obtenidos se pueden observar cambios en a las 96 horas de uso del aceite con un valor de 0.15%.

Un porcentaje que no representa gravedad de contaminación según el límite de medida que establece como un valor crítico a un porcentaje superior al 1%, donde sí se encontraría presencia de agua. En la figura 31 se puede visualizar el la tendencia de contaminación y el valor más crítico.



**Figura 31.** Medición de concentración de agua y material insoluble en el aceite usado Mobil 15W40

Se identifica en base a los resultados, que el aceite se encuentra contaminado con un 0,24% de material insoluble generalmente estos contaminantes se forman a causa de productos residuos de la combustión incompleta, partículas de desgaste metálicas o incluso silicio (polvo atmosférico).

Este resultado porcentual puede aumentar si los aditivos en el aceite van disminuyendo por acción de las reacciones químicas que se producen ante la presencia de otros contaminantes, es importante mencionar factores como el medio en el que trabaja la máquina, en este caso un vehículo de transporte escolar expuesto a condiciones ambientales polvorientos que sumados a los contaminantes insolubles y la oxidación de aceite determinan resultados adversos sobre todos los aditivos pero principalmente efectos en los aditivos detergentes y dispersantes del aceite-

En las pruebas complementarias se determinó que el agua en este caso no está asociado a la contaminación debido a que el instrumento de medición no detectó gotas de agua, sin embargo se asume la procedencia de contaminantes insolubles asociados a la contaminación externa y productos propios de la oxidación del aceite como lacas barnices, lodos o barro.

Los estudios desarrollados a los insolubles son considerados muy importantes para el diagnóstico de la degradación del lubricante, como en

este caso los aditivos seguirán reaccionando químicamente con los insolubles hasta cuando se agoten, provocando cambios en la viscosidad del aceite, la constante dieléctrica y las propiedades físicas y químicas del aceite..

#### 4.14. RESULTADO DEL ÍNDICE QUÍMICO

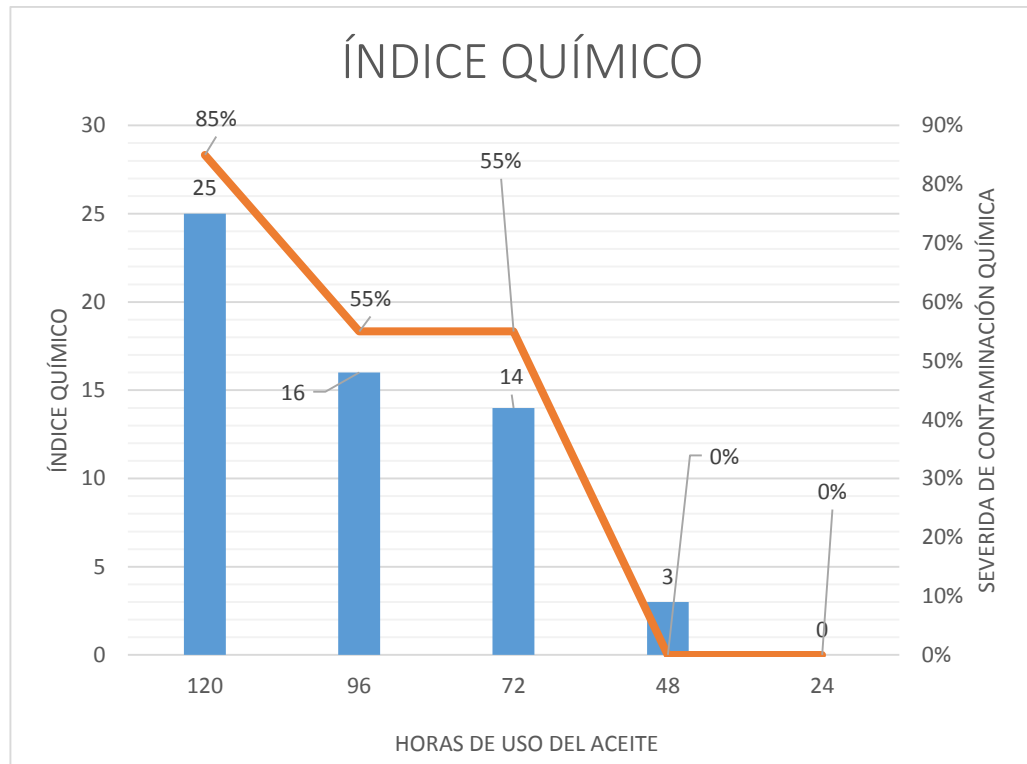
El índice químico del aceite es una medida referente a la constante dieléctrica, una variación del índice indica la probabilidad que exista acidez o desgaste del lubricante por lo tanto los aditivos se están agotando. Al investigar por qué razón los valores del índice químico cambian tan considerablemente en las pruebas se identifica la velocidad de desgaste con las horas de servicio del aceite, ya que va envejeciendo y señal de ello es el cambio en las propiedades físicas y químicas. En esta prueba no hay una estandarización o unidades por lo tanto esta medida es un indicador de contaminación como se puede observar en la tabla 13 y figura 32.

**Tabla 13.** Valores obtenidos de la medición del índice químico del aceite usado Mobil 15W40

MUESTRA	KILOMETRAJE DE RECORRIDO (KM)	HORAS DE USO (H)	ÍNDICE QUÍMICO	SEVERIDAD DE CONTAMINACIÓN QUÍMICA (%)
5	127660	120	25	85
4	126940	96	16	55
3	126220	72	14	55
2	125500	48	3	0
1	124780	24	0	0

Se identifica un cambio considerable del valor del índice químico a las 120 horas de uso del aceite y de acuerdo al el estudio complementario se determinó la severidad de contaminación química definida en el 85%, según estos resultados se puede asumir que los porcentajes altos obtenidos en el índice químico se relacionan a los contaminantes presentes en el lubricante como: el hollín, materias insolubles, productos de la nitración u oxidación, la presencia de agua emulsionada, ácido sulfúrico subproducto del combustión en los motores diésel o bien partículas de desgaste etc.

Todos estos contaminantes afectarán la constante dieléctrica inicial mostrando de ese modo cambios en el índice químico. El impacto de estos contaminantes tiene mucho que ver en el cambio de propiedades químicas del aceite como la detergencia, demulsibilidad, entre otras.



**Figura 32.** Valores obtenidos de la medición del índice químico del aceite usado Mobil 15W40

El índice químico en este aceite, estableció un valor que excede el límite de alarma establecido de 24, esto identifica una alerta de avería alta y representa un daño severo a la composición química, bases y aditivos del aceite, si se continúa usado el lubricante se contempla un riesgo de desgaste a los mecanismos del motor por la ineficiente lubricación.

#### 4.15. ANÁLISIS

Una vez obtenidos los resultados de cada una de las muestras, la tabla 9 indica valores medidos de la constante dieléctrica con cambios fuera del límite de medida a las 72 horas de uso del aceite, esta condición identifica la

degradación del lubricante, ya que la constante dieléctrica sufre cambios ante la presencia de contaminantes. Continuando el análisis la medida del índice ferroso en la tabla 11 identifica un valor de 1 a las 120 horas de uso, que determina un desgaste normal a causa del funcionamiento exigente del motor diésel.

De acuerdo a las demás medidas que intervienen en el análisis final se identifica los contaminantes insolubles con una concentración del 0.15% en el aceite una cuantificación normal ya que este valor tiene que estar cercano a cero según se puede verificar en la tabla 12.

La medida del índice químico es la variable que más cambio experimento, al encontrarse un índice equivalente a 25, tal como se puede observar en la tabla 13.

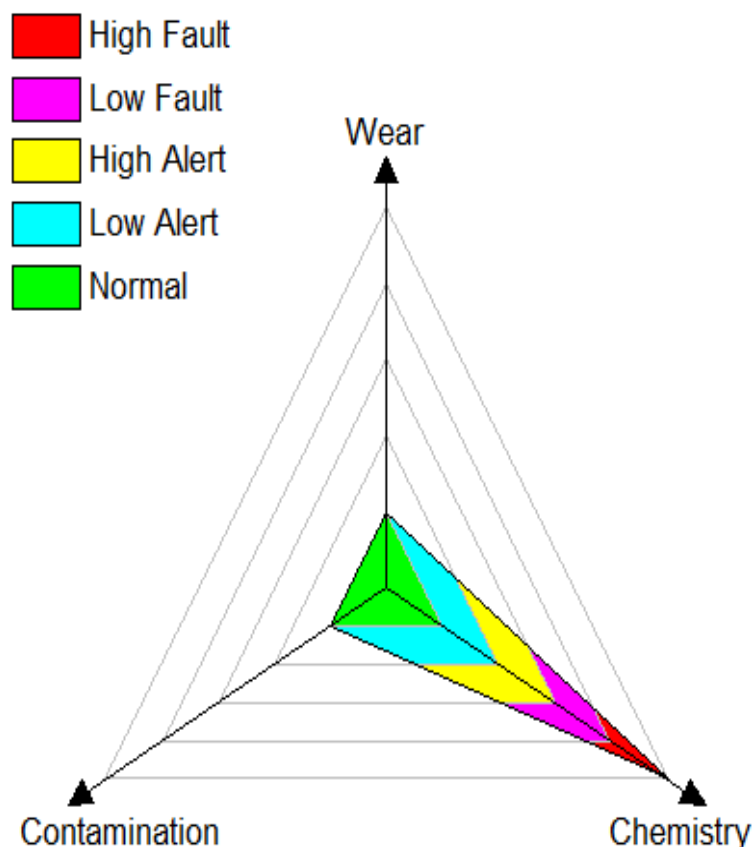
Este valor indica que el aceite está perdiendo sus propiedades aditivas y cualidades para neutralizar ácidos que se forman en los procesos de combustión especialmente por la concentración de azufre en el combustible diésel.

Tomando en consideración los parámetros medidos, el equipo emite un reporte de resultados que identifica una tendencia a la contaminación química del lubricante, esto representa un problema para los aditivos y compuestos base del aceite que sumados a los procesos de oxidación y nitración causados por los diferentes contaminantes y la temperatura en el interior del motor han provocado cambios importantes en las propiedades del aceite.

Esto no significa que el aceite ya no puede continuar en uso, más bien representa la reducción de algunas cualidades del aceite para neutralizar, ácidos corrosivos o agentes insolubles que puede formar lodos o barnices.

Estas condiciones están relacionadas directamente con las propiedades antioxidantes, anticorrosivas y detergentes del aceite que pueden ocasionar un daño posterior al motor.

De acuerdo a las exigencias del motor diésel utilizado en el ensayo, se presentan importantes cambios principalmente en contaminación y degradación. Tal como se puede observar en la figura 33.



**Figura 33.** Contaminación química

Según estos resultados todas las medidas se asocian a la contaminación del aceite, sin embargo la constante dieléctrica es la medida que sustenta el estudio y la que más cambios ha experimentado, es decir existe un desgaste progresivo propio del trabajo del motor diésel, en este caso el impacto del combustible diésel no tiene mayor relevancia y no se presentan mayores observaciones ya que los valores medidos no especificaron presencia de este combustible en el aceite.

#### **4.16. ERRORES DE MEDIDA**

Una vez obtenidos los resultados se exponen ciertos efectos en los procesos de medida que pueden proporcionar datos con errores, inicialmente entra a consideración la calibración del equipo, un proceso clave para determinar la eficiencia del equipo ante los contaminantes. Se puede presentar errores en la calibración del equipo detectados por la variación exagerada en las

medidas, que no pueden variar más allá del límite de medida si esto ocurre el equipo recomienda verificar la calibración y medir por lo menos dos veces cada muestra.

La medida de referencia es otro factor que puede influir en los resultados finales ya que en ella se fundamenta el estudio.

A continuación se consideran los errores o incertidumbres provocadas por el equipo, si bien esto se da por el proceso de medida donde la clave es la limpieza del sensor, algunas medidas pueden haber resultado con alguna ponderación de error. En la figura 34 se puede observar la composición del sensor y la importancia de la limpieza.



**Figura 34.** Sensor de capacitancia

Por último se consideran factores no controlados como la temperatura y la humedad, estos parámetros se relacionan con la medida de la constante dieléctrica ya que el equipo está diseñado para trabajar en temperatura ambiente.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

Se realizó el análisis de la contaminación del aceite mineral mobil 15w40 en un motor Diésel con el uso de combustible gasoil, obteniendo como resultado la contaminación química del aceite causada por el régimen exigente de trabajo del motor y factores relacionados con la oxidación del aceite principalmente por los contaminantes en el diésel Ecuatoriano.

Se realizó la investigación teórica de las propiedades y características de los lubricantes utilizados en el motor diésel con la finalidad de definir que propiedades son las más perjudicadas con la contaminación del aceite, en este caso la contaminación química identifica que las propiedades detergentes, antioxidantes y anticorrosivas son las más afectadas.

Se investigó los contaminantes más importantes en el proceso de combustión del motor diésel, donde las partículas de hollín y la dilución de combustible son los contaminantes más significativos. El hollín es un contaminante que cambia la viscosidad del aceite y por otra parte la dilución de combustible se asocia con las reacciones químicas producidas en el proceso de combustión.

Desde el punto de vista tecnológico en los últimos años están tomando mayor importancia equipos rápidos de diagnóstico para análisis de aceite, que permiten en forma relativamente sencilla medir parámetros de contaminación degradación y desgaste. El equipo empleado en este proyecto (analizador de lubricantes) verifica por medio de cuatro pruebas rápidas el estado de aceite. Las mediciones identifican cambios en la constante dieléctrica del aceite, el contenido de partículas de desgastes ferromagnéticas, contenido de material insoluble y agua.

Se realizó ensayos en el analizador de lubricantes y se observó el comportamiento experimentado por el lubricante expuesto a un régimen de trabajo de 3600 km de recorrido, los resultados permitieron identificar los

cambios contaminantes en el aceite por medio de los parámetros medidos en el equipo.

Se identificó los resultados de la degradación del aceite por la variación de la constante dieléctrica, en el capítulo 4 sección 4.11 se pueden apreciar los valores más representativos de este parámetro que inicia un cambio a las 72 horas de uso del aceite con medidas que superan el límite permitido establecido en 0.10, lo que representa la degradación por el uso del lubricante.

Tomando en cuenta los resultados del índice ferroso se determinó que no representa un indicador severo de contaminación, verificando este supuesto por las medidas complementarias del equipo tal como se puede observar el capítulo 4 sección 4.12, que no determinaron la presencia de grandes contaminantes de hierro o contaminantes no ferrosos como el cobre, plomo o broce.

Se identificó una tendencia en los resultados medidos del contenido de materias insolubles y agua, en un valor detallado en el capítulo 4 sección 4.13 de 0.15 % de concentración de material insoluble se considera esto debido a causas relacionadas con los residuos de la combustión del diésel (hollín) y las altas temperaturas de trabajo del motor ya que no hay ningún indicador de contaminación con agua.

Se determinó que el motor Diésel analizado se encuentra trabajando con un aceite lubricante contaminado químicamente, porque se identificó los valores 16 y 25 del índice químico detallados en el capítulo 4 sección 4.14, esta apreciación se debería a causas como productos corrosivos y ácidos generados en los procesos térmicos de oxidación y nitración, niveles considerables de partículas finas en suspensión como el hollín o partículas de desgaste.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

En los ensayos realizados, el parámetro de medida que más importancia tomo fue la constante dieléctrica, se recomienda tomar las acciones pertinentes para evitar errores de medida asociados a los cambios producidos por la temperatura y la humedad que pueden alterar esta medida.

Se recomienda apoyar el estudio de los porcentajes de desgastes obtenidos en los resultados, considerados como más críticos con técnicas de laboratorio más especializadas a fin de verificar la causa exacta del problema y considerar las acciones correctivas pertinentes.

Se considera tener especial cuidado cuando se maneja equipos electrónicos en la manipulación de muestras, disolventes o líquidos que pueden ocasionar descargas eléctricas.

Tener especial cuidado en la limpieza del sensor si es posible limpiar dos veces con un elemento absorbente que no sea abrasivo, debido a que es un elemento muy sensible.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- Sanz, S. (2011). *Motores: El sistema de lubricación*. Editex.
- Astudillo, M. O. (2010). *Tecnología del automóvil*. Madrid: Paraninfo.
- Calleja, D. G. (2011). *Motores*. Madrid: Paraninfo.
- Sánchez, F. G. (2008). *Motores Diesel, Manual de mantenimiento y reparación*. Bogotá: Diseli.
- Schorr, H. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Berlín: GmbH.
- Calleja, D. G. (2015). *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores de combustión interna*. Madrid: Paraninfo S.A.
- Calleja, D. G. (2015). *Motores térmicos y sistemas auxiliares*. Madrid: Paraninfo.
- Calventus, Y., & Carreras, R. (2006). *Tecnología Energética y medio ambiente*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Calvo, M. (2010). *Mecánica del automóvil actual*. Reverte.
- Crespo, E. M. (1972). *Lubricantes y sus aplicaciones*. Madrid: Interciencia.
- Domínguez Soriano, E., & Ferrer Ruiz, J. (2008). *Mecánica del vehículo*. Madrid: Editex S.A.
- Domínguez, M. (2015). *Motores de combustión interna*. Madrid: UNED.
- Dornhofer, G. (2005). *Manual de la técnica del automóvil, lubricantes*. Berlín: BOSCH.
- Águeda Casado, E., Gonzalo Gracia, J., Gómez Morales, T., Navarro, J., & García Jiménez, J. (2014). *Mecánica del vehículo*. Madrid: Paraninfo S.A.
- Ferrer, J., & Checa, G. (2010). *Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo*. Madrid: Editex.
- Fitch, J. (2007). Cuatro contaminantes letales para el motor diésel. *Machinery Lubrication*, 6.
- Flórez, J. A. (2005). *Motores alternativos de combustión interna*. Barcelona: Iniciativa digital politecnica.

- Gonzales Calleja, D. (2011). *Motores transporte y mantenimiento de vehículos, electromecánica de vehículos automoviles*. Madrid: Paraninfo S.A.
- Groover, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna, materiales, procesos y sistemas* . México: Pearson.
- Sánchez Marín, F., Pérez González, A., Sancho Bru, J., & Rodríguez , C. P. (2007). *Mantenimiento mecánico de máquinas*. Madrid: Publicaciones de la universidad de Jaume.
- Portilla, Á. (2007). *CCICCEV*. Quito: MDDQ-FN-EPN.
- Vallejo, M. A. (2014). *Estudio comparativo del uso del diesel entre Europa y Ecuador, utilizada para motores de vehículos*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador .
- Gutiérrez, M. S. (2012). *Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos*. Málaga: Innova.
- Martínez, B. T. (2005). *Diagnóstico de motores diesel mediante el uso de aceite usado*. Barcelona: Reverté.
- Rovira , A., & Muñoz Domínguez, M. (2014). *Máquina Térmicas*. Madrid: Uned.
- Salinas, A. R. (2014). *Estudio de la incidencia del uso de filtros de aceite alternos en el envejecimiento prematuro del aceite del motor de combustion interna* . Cuenca.
- Salvador, J. (2007). *Influencia de la cavitación sobre el desarrollo del chorro diesel* . Valencia: Reverte.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Ordóñez Ramírez , M. (2012). *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos*. Málaga: Innova.
- Pardiñas, J. (2007). *Sistemas auxiliares del motor* . Madrid: Editex.
- Pérez, F. M. (2002). *La tribología ciencia y técnica para el mantenimiento*. México: Limusa S.A.
- Martínez, H. G. (2010). *Manual práctico del automovil*. Madrid: CULTURA S.A.

MDMQ-FN-EPN. (15 de Diciembre de 2014). *Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares*. Obtenido de CCICE: <http://www.ccicev.com/>

Estrada, Y. A. (2013). *Contribución al desarrollo y mejora para la cuntificación en la degradación de aceite usados de MCIA a través de la técnica de espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)*. Valencia: REVERTE.

Gladstein, Neandross and Associates. (14 de Noviembre de 2014). *Limpieza del aire de América Latina*. Obtenido de Limpieza del aire de América Latina: <http://www.nrdc.org/international/files/latin-america-diesel-pollution-IB-sp.pdf>

Hi-Tech Detection Systems. (20 de Enero de 2016). *HTDS*. Obtenido de HTDS: <http://www.htds.fr/fr/laboratoire/instrumentation-analytique/chimie-analytique-en-solution/karl-fischer/>

Lubrearn. (28 de Abril de 2014). *Lubrearn*. Obtenido de Lubrearn: <http://noria.mx/lublearn/toma-de-muestras-de-lubricantes-de-clase-mundial-es-posible/>

Mobil Industrial lubricants. (5 de Mayo de 2016). *Mobil*. Obtenido de Mobil: [http://www.mobilindustrial.com/Search/search.aspx?site=mobil&css=%2Fimports%2Fmobil\\_ind&BCL=%2FIND%2FSpanish%2FNavigation&la=es&lr=lang\\_es&km=mil\\_en&show\\_km=n&output=xml\\_no\\_dtd&client=default\\_frontend&getfields=description&as\\_q=inurl%3A%2FIND%2FSpanish%2F](http://www.mobilindustrial.com/Search/search.aspx?site=mobil&css=%2Fimports%2Fmobil_ind&BCL=%2FIND%2FSpanish%2FNavigation&la=es&lr=lang_es&km=mil_en&show_km=n&output=xml_no_dtd&client=default_frontend&getfields=description&as_q=inurl%3A%2FIND%2FSpanish%2F)

Noria Latín América. (12 de Noviembre de 2013). *Lubrearn by Noria Latín América*. Obtenido de Lubrearn by Noria Latín América: <http://noria.mx/lublearn/como-los-instrumentos-dielectricos-pueden-ayudar-al-analisis-de-aceite/>

NTE INEN. (18 de Febrero de 2011). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2028.2011.pdf>

OilView® Quick-Check. (4 de Abril de 2010). *OilView® Quick-Check*. Obtenido

<http://www.reliabilitydirectstore.com/v/vspfiles/RDIStorePDF/OilViewQuickCheckManual.pdf>

Peréz, G. (18 de Marzo de 2015). *Espectrometría.com*. Obtenido de Espectrometría.com:

[http://www.espectrometria.com/espectrometra\\_infrarroja](http://www.espectrometria.com/espectrometra_infrarroja)

Rodríguez, M. (1 de Mayo de 2013). *Facultad de Ingeniería Macánica "Marta Abreu de las Villas"*. Obtenido de Facultad de Ingeniería Macánica "Marta Abreu de las Villas":

<http://www.monografias.com/trabajos96/aspectos-basicos-clasificacion-del-desgaste/aspectos-basicos-clasificacion-del-desgaste.shtml>

C.C. JENSEN. (15 de Marzo de 2016). *C.C. JENSEN*. Obtenido de C.C. JENSEN:

[http://www.cjc.dk/fileadmin/user\\_upload/pdf/CJC\\_Brochures/CJC\\_Brochures\\_ES/DegradacionDelAceite\\_Barnices\\_ES.pdf](http://www.cjc.dk/fileadmin/user_upload/pdf/CJC_Brochures/CJC_Brochures_ES/DegradacionDelAceite_Barnices_ES.pdf)

Advanced Analytical System. (31 de Marzo de 2016). *Advanced Analytical System*. Obtenido de Advanced Analytical System:

<http://aasystems.lat/index.php/analisis-de-aceite>

Arguello, J. (24 de 12 de 2015). *ACADEMIA*. Obtenido de ACADEMIA:

[http://www.academia.edu/5187356/AN%C3%81LISIS\\_DE\\_ACEITES\\_LUBRICANTES](http://www.academia.edu/5187356/AN%C3%81LISIS_DE_ACEITES_LUBRICANTES)

Caterpillar. (9 de 3 de 2016). *Caterpillar*. Obtenido de Caterpillar:

[http://www.cat.com/en\\_US/power-systems/marine-power-systems/marine-generator-sets.html](http://www.cat.com/en_US/power-systems/marine-power-systems/marine-generator-sets.html)

Delgado, C. (20 de Enero de 2014). *UIS Ingenierías*. Obtenido de UIS Ingenierías :

<http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/4104/4635>



## **7. ANEXOS**

# ANEXOS

## Anexo 1

### Especificaciones y ensayos en aceites lubricantes

#### INSOLUBLES IN USED LUBRICATING OILS: D 893

##### EXPLANATION

This test method covers the determination of pentane and toluene insolubles in used lubricating oils. Pentane insolubles can include oil-insoluble materials and some oil-insoluble resinous matter originating from oil or additive degradation, or both. Toluene insolubles can come from external contamination, fuel carbon, and highly carbonized materials from degradation of fuel, oil, and additives, or engine wear and corrosion materials. A significant change in pentane or toluene insolubles and insoluble resins indicates a change in oil which could lead to lubrication system problems. The insolubles measured can also assist in evaluating the performance characteristics of a used oil or in determining the cause of equipment failure.

##### TEST SUMMARY

There are two test methods used. Procedure A covers the determination of insolubles without the use of coagulant in the pentane. It provides an indication of the materials that can be readily separated from the oil-solvent mixture by

centrifugation. Procedure B covers the determination of insolubles in oils containing detergents, and employs a coagulant. In addition to the materials separated by using Procedure A, this coagulation procedure separates some finely divided materials that may be suspended in the oil.

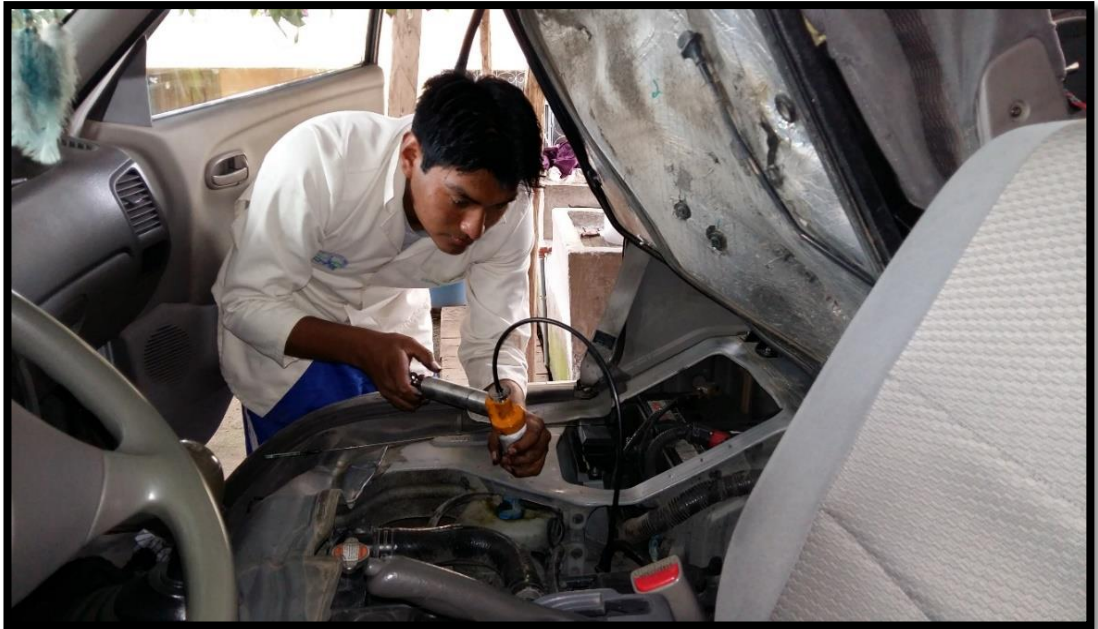
The results obtained by Procedures A and B should not be compared since they usually give different values. The same procedure should be applied when comparing results obtained periodically on an oil in use, or when comparing results determined in different laboratories.

In Procedure A, a sample is mixed with pentane and centrifuged. The oil solution is decanted, and the precipitate washed twice with pentane, dried, and weighed. For toluene insolubles a separate sample of the oil is mixed with pentane and centrifuged. The precipitate is washed twice with pentane, once with toluene-alcohol solution, and once with toluene. The insoluble material is then dried and weighed.

In Procedure B, Procedure A is followed except that instead of pentane, a pentane-coagulant solution is used.

## Anexo 2

### Proceso de toma de muestras



## Anexo 3

### Proceso de calibración del equipo



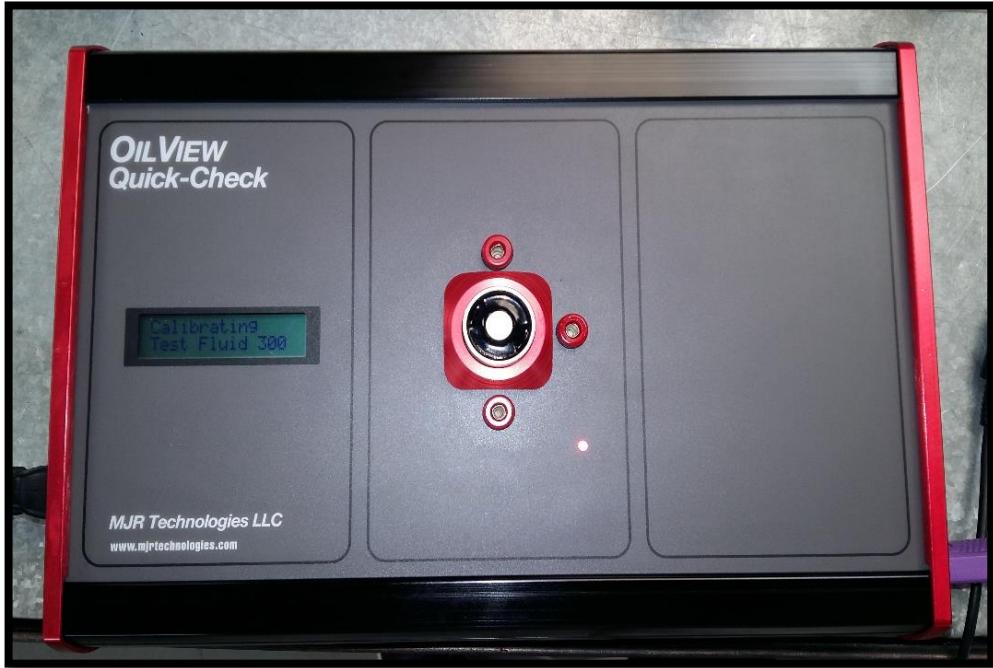
1. Limpiar el sensor



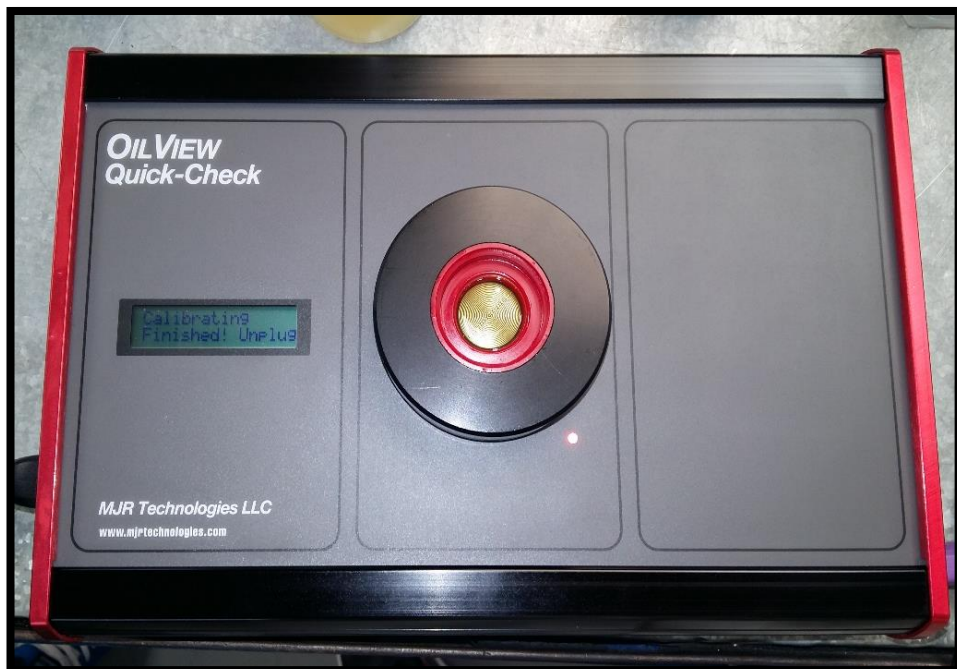
2. Calibrar con el fluido 220



3. Limpiar el sensor y calibrar con el fluido 300

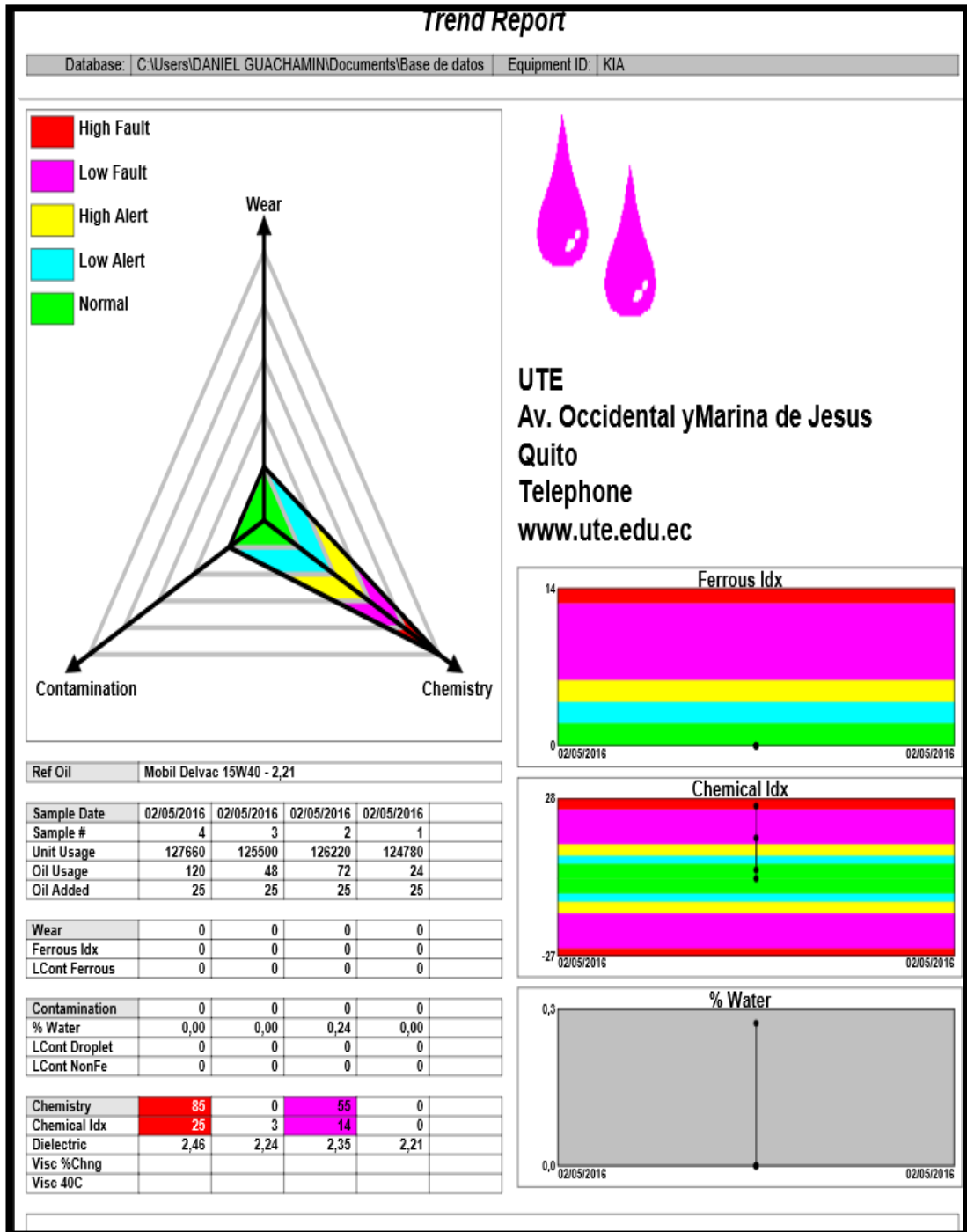


4. Calibración finalizada



## Anexo 4

### Resultados finales del análisis efectuado al lubricante mobil 15w40.



## Anexo 5

### Manual del analizador de lubricantes

# Introduction

## How To Use This Manual

This manual describes the operation of OilView® Quick-Check instrument and software.

### Manual Conventions

These conventions are used throughout this manual to call attention to the adjacent text:

**Note:** The Note paragraph indicates special comments or instructions.

**Caution:** The Caution paragraph alerts you to actions that could have an effect on the equipment or the collected data.

**Warning!** The Warning paragraph warns you of actions that could cause serious injury or death.

## OilView® Quick-Check Disclaimer

The OilView® Quick-Check instrumentation and software aids the user in diagnosing oil lubricating and machine wear problems. Because of the complexities of real-world problems, there are no claims or guarantees that OilView® Quick-Check will correctly solve all of the problems encountered. Questionable results should be sent to a reputable oil analysis laboratory for a more comprehensive analysis than OilView® Quick-Check is able to perform.

All results must be considered as advisory information only and should be weighted carefully by the personnel who are responsible for maintenance actions which are taken. MJR Technologies LLC does not accept any liability with regard to the actions performed or omitted by those using this equipment.

The user is responsible for the safety of personnel and machinery. The user should consult their safety department for the recommended methods of handling, storing, and ventilating volatile and lubricating materials.

## Electrostatic Discharge or Other Harsh Environments

In unusually harsh operating environments, operation of this product may require reset and/or restart of the function in progress. This user recoverable condition should be readily apparent to the user and

will not result in product damage. Such a condition is intended and normal. Any questions regarding proper operation of this product should be directed to MJR Technologies LLC.

# Quick Start

## Calibration

1. Turn power on.
2. Following instructions on device display, plug clean test grid into device.
3. Unplug grid and fill to first offset with Calibration Fluid 220.
4. Plug grid into device.
5. Unplug grid.
6. Following instructions on device display, plug clean test grid into device.
7. Unplug grid and fill to first offset with Calibration Fluid 300.
8. Plug grid into device. Device should now be calibrated.

## Test

1. Following instructions on device display, plug clean test grid into device.
2. Unplug grid and attach undiluted sample.
3. Plug grid into device, observe dielectric reading.
4. Unplug grid.
5. Dilute sample.
6. Plug grid into device.
7. At test completion, analyze/record results.
8. Unplug Grid.



# Setup

## Oil Compatibility Chart

The following table lists various oils that can and cannot be tested using the OilView® Quick-Check Analyzer.

Oil Type	Test	Notes
Mineral oil	Yes	
Polyalphaolephin (PAO)	Yes	
Synthetic hydrocarbon (SHC)	Yes	
Polyol ester (POE)	Yes	Dielectric extrapolation
Diester	Yes	Dielectric extrapolation
Polyalkalene glycol (PAG)	Yes	Dielectric extrapolation
Perfluorinated ether (PFE)	Yes	Incorrect water estimate. Dielectric extrapolation
Phosphate ester (PhE)	Yes	Need special grid. Dielectric extrapolation
Transformer oils	Maybe	Requirements may exceed device sensitivity
Liquid hydrocarbon fuels	Maybe	Requirements may exceed device sensitivity
Bunker fuels	Yes	
Water/oil emulsions	No	Water shorts out test grid
Grease	Yes	Test dissolved grease sample
Fluids with dielectric > 16.0	No	Exceeds device range

Since the sensor grid has no sensitivity above a dielectric value of 16, high dielectric fluids cannot be tested. Most mineral oils have a dielectric of 2 to 3, most synthetics have a dielectric of 2 to 7, water has a dielectric of 78, and conductive materials like metals have infinite dielectric. It is necessary to extrapolate rather than interpolate for oils outside the range of the calibration fluids. The dielectric will not be accurate, but results will be repeatable and sufficient for difference comparisons.

**Warning!** Consult your Safety department, be aware of flammability characteristics and skin contact restrictions for solvents and oils.

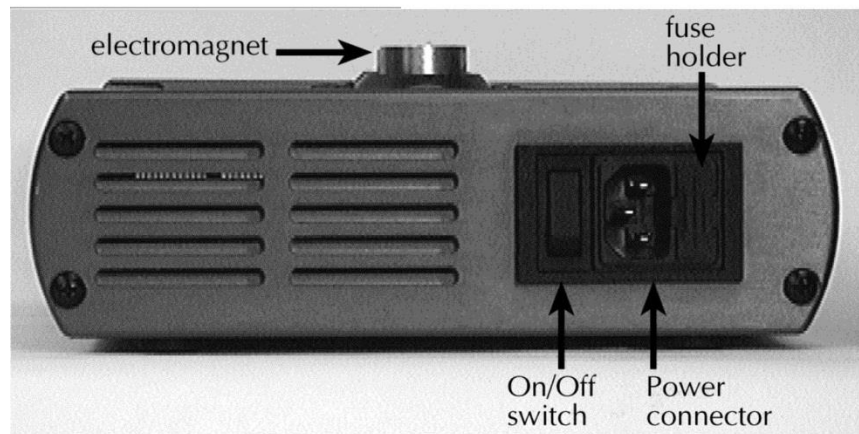
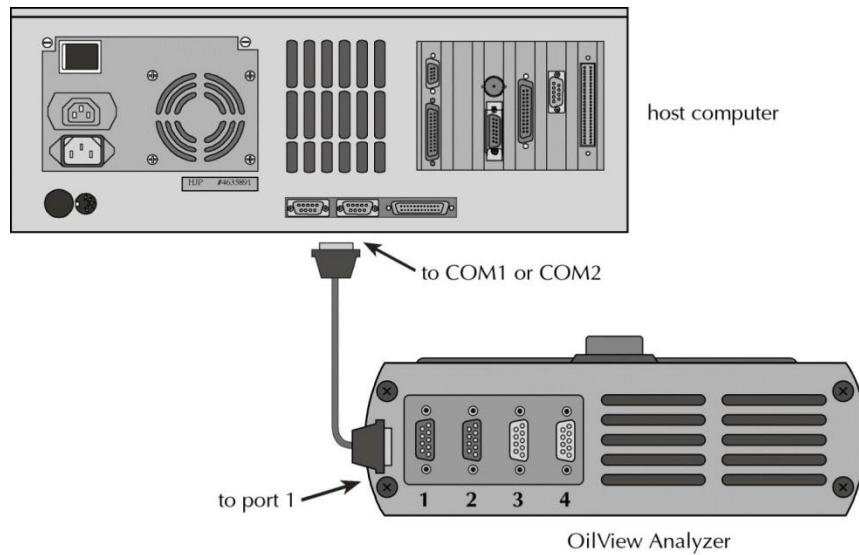
## Sensor Curing

When the OilView® Quick-Check Analyzer is first unpacked, it will be necessary to "cure" the sensing grid. As delivered, the grid may contain air in the interstitial space between fibers in the substrate. It is necessary to "cure" the grid by allowing clean oil to stand in the sensor for a few hours. The oil will displace the air pockets and the sensor is then ready for use. If this is not done, the first few calibrations taken with the sensor will be offset by the low dielectric constant of the air relative to oil.

**Caution:** Never expose a new sensor to water or water contaminated oil before it is "cured."

## OilView® Quick-Check Initial Hardware Setup

Place the OilView® Quick-Check Analyzer on a flat, horizontal surface. To utilize the provided PC software, connect the OilView® Quick-Check Analyzer's Port to the computer's COM1 or COM2 serial communication (RS232) port.



After connecting the interface cable, plug the 110/220 volt power cable into the OilView® Quick-Check Analyzer unit and into a 110/220 volt outlet, and then turn the unit on. The analyzer should give a three-tone output and display the OilView® Quick-Check copyright message on its LCD screen.

**Caution:**

**Note:** Because the OilView® Quick-Check Analyzer is extremely sensitive to moisture, it should be used where humidity and temperature are relatively constant. For best results, the humidity should be low and the temperature should be nearly constant.

**Note:** The OilView® Quick-Check Analyzer should be turned on before use, allowed to warm up for a few minutes, and should not be turned off until after all tests have been completed. Before analyzing oils, the OilView® Quick-Check Analyzer should be operated through one entire test sequence to preheat the electromagnet.

**Note:** If necessary, the fuse (next to the power connector) can be replaced with a standard 2-amp fuse.

# Example Test Session

## Calibration

Turn on power to the OilView® Quick-Check unit. After briefly displaying a copyright notice, the unit will enter “Calibration” mode. If connected to the PC software and configured to download calibration data, the most recent calibration will be downloaded and the unit will enter “Test” mode. Calibration mode may still be entered by plugging and unplugging the sensor grid 3 times within 30 seconds of power up. It is recommended that the unit be calibrated daily or when ambient temperature and humidity change. Special care must be taken when calibrating since this will affect all dielectric tests until the next calibration. Best practices for grid cleaning should be followed. Calibration may be verified by testing a calibration fluid or known reference oil.

OilView® Quick-Check Display:

```
Calibrating  
Plug Clean Grid
```

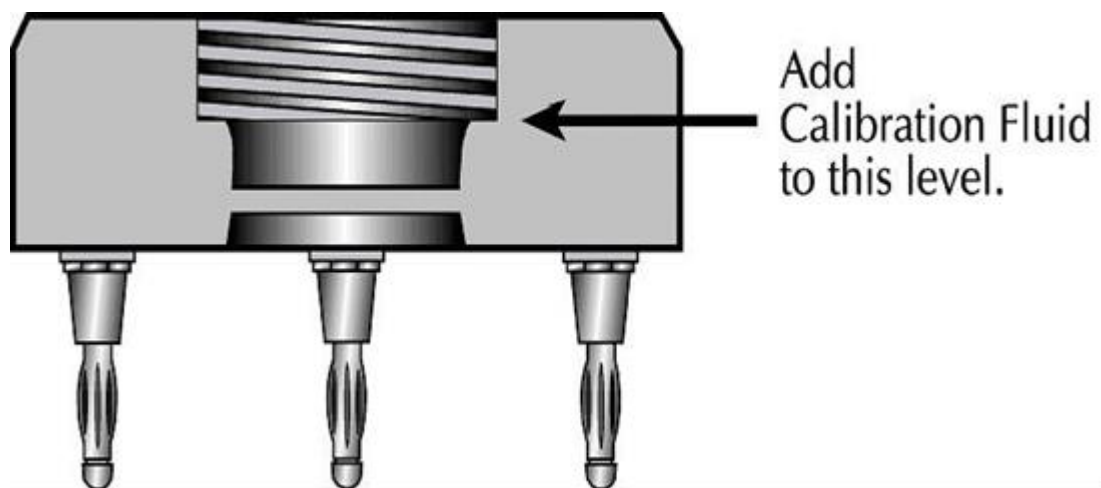
After plugging the clean sensor grid into OilView® Quick-Check:

```
Calibrating  
Is Clean Unplug
```

Upon unplugging the grid:

```
Calibrating  
Test Fluid 220
```

Add fluid 220 to sensor grid, plug into OilView® Quick-Check.



After plugging in grid with Fluid 220:

Calibrating  
Unplug Grid

After unplugging the grid OilView® Quick-Check will display:

Calibrating  
Plug Clean Grid

If a grid is not sufficiently clean, an error tone will sound and the device will display:

Calibrating  
Unplug Re-Clean

After plugging in a clean sensor grid:

Calibrating  
Is Clean Unplug

Upon unplugging the grid:

Calibrating  
Test Fluid 300

Add fluid 300 to sensor grid, plug into OilView® Quick-Check.

Calibrating  
Finished Unplug

After unplugging the grid OilView® Quick-Check will display:

Testing  
Plug Clean Grid

## Special Notice

It is especially important to thoroughly clean the sensor before calibrating or verifying. The effects of cross contamination during calibration will affect all of the measurements made until the next calibration. Be sure to clean the grid at least two times using the same calibration fluid that is to be tested. You must wipe the sensor surface completely dry using tissue paper during each cleaning operation.

Keep in mind that Fluids 220 and 300 are very different in dielectric; each one must be completely removed before continuing with the next measurement.

## Test

This section describes a typical oil testing session using the OilView® Quick-Check Analyzer system and assumes the grid has been calibrated.

OilView® Quick-Check should display:

Testing  
Plug Clean Grid

Inspect the sensor. If necessary clean according to best practices recommendations and plug into OilView® Quick-Check. Device should display:

Testing  
Is Clean Unplug

Upon unplugging the grid the display will indicate:

Testing  
Test Neat Oil

A “neat” oil sample has not been diluted or otherwise modified. The dielectric of the diluent (kerosene, diesel, lamp oil, etc) will differ from the oil sample, thereby interfering with the determination of the sample dielectric.

Screw the sensor to the bottle.



Vigorously shake the sample bottle after making sure that the cap is screwed on tightly. This must be done to ensure that the contaminants are evenly dispersed in the sample. The bottle should be shaken 15 seconds or until no sediment can be seen on the bottom of the bottle after it has been inverted. In extreme cases, it may be necessary to stir the sediment from the bottom of the bottle using a clean plastic or glass rod before shaking.

**Note:** This procedure describes shaking the sample bottle and then screwing on the sensor. Some users prefer to shake the sample after the sensor has been screwed onto the bottle. Either method is acceptable as long as the sample is vigorously shaken just before the test.



Plug the sensor into the OilView® Quick-Check Analyzer. Take care to ensure that each of the plugs on the sensor body is fully inserted in the jacks on the face plate of the analyzer.



Upon plugging the grid, the Analyzer will calculate the dielectric:

```
Testing  
DIEL 2.31
```

Unplug the sensing grid and shake the bottle. This action stirs the debris that settled onto the grid during the test back into the oil. Then place the bottle bottom down and allow the oil to drain from the sensing grid back into the bottle for a few seconds. After unplugging the grid OilView® Quick-Check will display:

```
Testing
```

Dilute the sample by adding an equal amount of kerosene, diesel, lamp oil, or other diluent. Vigorously shake the sample bottle after making sure that the cap or sensor grid is screwed on tightly. This must be done to ensure that the contaminants are evenly dispersed in the sample. The bottle should be shaken 15 seconds or until no sediment can be seen on the bottom of the bottle.

OilView® Quick-Check will start to test the sample once the sensor grid is plugged in. The display will indicate:

```
Testing
```

Testing.. XX

The XX is the approximate number of seconds that have elapsed since the start of the test. At completion, final results are displayed along with the previously calculated dielectric.

IRON 0 NO LRG
DIEL 2.31 W 0.00

The IRON reading is a measure of abnormal wear particles (larger than 5 microns). This value should be trended over time as gearboxes and transmissions will naturally have higher values. The value to the right of IRON is the large contaminant indication. This can be one of several values:

Value	Meaning
NO LRG	No Large Contaminants detected
DROPS	Droplets
LRG FE	Large Ferrous
LF D	Large Ferrous & Droplets
NF	Large Non Ferrous
NF D	Large Non Ferrous & Droplets
LF NF	Large Ferrous & Large Non Ferrous
F NF D	Large Ferrous & Large Non Ferrous & Droplets

Any value other than NO LRG is undesirable and may warrant additional investigation.

At the start of the second line the previously calculated dielectric is redisplayed. The suitability of the oil for future use can be determined by comparing with the dielectric of the reference oil. This comparison is performed automatically by the PC software. The comparison can also be performed manually by subtracting the reference oil dielectric from the sample and multiplying by 100. Oil should be changed before this index reaches 10.

Lastly, the “W” is the % water estimate.

The cycle is complete when the grid is unplugged:

Testing  
Plug Clean Grid

## Best Practices

### Collecting Oil Samples

The key factor in any oil and machine condition monitoring program is consistency in collecting samples. Any oil monitoring program will probably fail if careful attention is not paid to your sampling technique. Therefore, you must always sample from the same location, in the same manner, and under the same machine conditions.

The location from which the oil is sampled should always be from the same plug, valve, or port. In general, oil should be sampled from a location where the oil is well agitated or flowing. Samples

should normally be taken from the return line to the oil compartment *upstream* of any filter. If the oil is sampled on the downstream (outlet side) of a filter, wear debris and particulate contaminants will have been removed by the filter. Keep in mind that the oil compartment or sump will act as a sedimentation "filter".

The manner of collection should always involve a gradual, uniform flow of oil into a clean bottle. Care should always be taken not to take the dregs or the initial spurt of oil when filling from a drain or pressurized line.

Oil should be sampled either just after a machine has been shutdown or (if safe) while the machine is still running. The "when" of sampling is most critical in the cases of lubrication systems with relatively low operating viscosities.

Because the OilView® Quick -Check tests are relatively inexpensive and under your direct control and interpretation, do not hesitate to tailor unconventional sampling techniques to your specific needs. Just remember to apply common sense in correlating your sampling technique and test results to your application.

***Warning!*** Hot oil may cause severe burns, and used oil should never be allowed to remain on your skin or clothing. Consequently, be extremely cautious when sampling oil from a hot or pressurized system.

Never handle very hot oil with a plastic bottle, as the bottle may melt or deform. Use an intermediate, clean metal container to cool the oil, if necessary. If a metal container is used, remember to shake it vigorously before transferring the oil to a plastic bottle.

The OilView® Quick-Check Analyzer is designed to work with room-temperature oils. Dielectric will vary with temperature due to thermal expansion of the oil.

***Warning!*** Follow standard practice procedures for health and safety as established by your safety department when collecting oil samples or handling new and used lube oils, hydraulic fluid, and transformer oils.

## Sampling Hints

A few hints about sampling techniques:

- Do not take the cap off the sample bottle until you are ready to sample. As soon as the sample is taken, replace the cap. This will help to keep dust, moisture, and dirt out of the sample. Do not fill the bottle completely to the top. A partially full bottle allows the contents to be more easily agitated by shaking prior to testing, and also allows for easier dilution, if required. For consistent Fe indexes, it is important to fill the sample bottle to the same level each time.
- When drawing oil through a drain plug or valve, do not collect oil during the initial spurt or rush. It may contain metal from the plug threads and it will certainly contain debris that has collected over time around the plug or valve opening. Similarly, don't take the dregs if the oil is being completely drained. However, if you are concerned about water, sample from the initial rush-just remember that the oil sample will not be representative of the bulk of the oil and the data should not be used for trending purposes. A second sample should be taken to determine the bulk oil condition.
- When using a suction pump to draw oil up from a sump through a fill pipe, dipstick tube, or other orifice, do not let the tube contact the bottom of the sump or scrape dirt from the access orifice. Conversely, if you are concerned about free water as opposed to debris, sample near the floor. Always change or clean your sampling tube between samples. Also, remember to keep the sample bottle receptacle on the suction pump clean.
- As a general practice, you would not want to initiate a maintenance action on the basis of an oil sample taken directly from a used oil filter. However, this is where you will



find the highest concentration of solid contaminants and large wear debris particles. If the filter is free of metallic debris, it is unlikely that you have had extensive abnormal system wear since the filter was last changed.

- Take samples just after the equipment has been shut down or, when it is safe, while the equipment is operating. This is most important with less viscous oils as large particles and water will settle out of the oil rapidly. It is extremely important to be consistent with respect to when as well as where you sample.
- Carefully label each sample bottle. The label should minimally identify the oil type, the machine from the which the oil was taken, and the date on which the sample was taken. If a sample is diluted prior to testing, the label should reflect that fact. A sample taken from an unknown source has little value. Mislabeling of samples may lead to unnecessary maintenance actions.
- Over time, some contaminants will agglomerate and cling to the bottle walls, moisture may evaporate, and small ferromagnetic particles may be chemically altered to a non-magnetic form which will not be detected by ferrographic means. Therefore, tests should be conducted within a reasonable time frame.

All OilView® Quick-Check tests should be conducted with the oil at room temperature and with the sample vigorously shaken just before the test.

## Cleaning the Sensor Grid

Clean the sensor by carefully wiping the sensing grid dry using a soft tissue paper and a circular (twisting) motion. The grid has been wiped clean when it no longer stains or wets successive clean pieces of tissue. Do not use a water-based cleaner or an abrasive material to clean the grid. Do not allow water-contaminated oil to stand on the grid after a test.



After the grid is wiped clean, apply a few drops of the next oil to be used onto the surface of the grid and wipe it clean and dry. This procedure is intended to "wet out" the surface of the sensor with the next oil, completely removing any trace of the previous oil. Make this double cleaning a standard practice as it prevents cross contamination of samples and is very important to reliable data collection.

Using the supplied bottle of calibration fluid, open the flip-top and add enough fluid to reach the first diameter change in the gasket.

## Dilution Of Samples

The OilView® Quick-Check Analyzer's contamination and ferrous indexes are dependent on magnetic and gravitational forces moving contaminants and debris through the oil onto the sensing grid. In order to support the brief test time, oils should be diluted or "cut" with a petroleum solvent such as kerosene, lamp oil, or diesel fuel before testing. This can be done by filling the sample bottle slightly over 1/3 full with oil, adding an equal amount of kerosene, and leaving the rest empty to allow for easy mixing when shaking the sample.

Most mineral and synthetic oils can be diluted with K1 kerosene, diesel fuel, or lamp oil. Some users prefer to use other hydrocarbon solvents such as hexane or heptane. If kerosene does not dissolve a specific type of oil then consider using another solvent. However, make sure that the solvent has a dielectric value of less than 16. For example, most alcohols have a dielectric value greater than 16.

If dilution is impractical samples may still be tested, however, the corresponding reduction in device sensitivity should be noted. The Dielectric is not affected, but Iron, % Water estimate, and Large Contaminant will not perform as with a diluted sample.

**Note:** When the OilView® Quick-Check Analyzer is being used as a screening tool, a second undiluted sample should be taken in the event the oil is to be sent to an oil lab.

**Warning!** Consult your Safety department, be aware of flammability characteristics and skin contact restrictions for solvents and oils.

## **OilView® Quick-Check Analyzer Usage Tips**

Procedural consistency and proper techniques are the best way to achieve reliable results from your OilView® Quick-Check analyzer. The following list of procedures has been shown over time to provide the most reliable dielectric measurements and to improve the general repeatability of measurements.

### **Double-Clean the Grid**

Cross-contamination of one test sample affecting the results of a subsequent test can be a significant problem when testing oils of widely differing dielectric values; especially when the oils are not soluble with each other. For this reason, consider testing a 'batch' of oils having similar dielectric (+/- 0.2 dielectric units) before proceeding to a different oil type. Clean the grid two times to prevent cross contamination. In addition to wiping the grid after a test, you should apply a small amount of the next oil to be tested onto the surface of the grid, and thoroughly wipe it a second time. Then return the sensor to the analyzer and test the sample. This procedure is intended to "wet out" the surface of the sensor with the next oil, completely removing any trace of the previous oil or solvent.

### **Verify Calibration**

After initially calibrating your grid using the supplied calibration fluids, verify the calibration by testing a reference oil (dilution will not be necessary). Results should agree within .01 dielectric. This quick test may indicate that the grid needs to be recalibrated, or that an offset should be applied to dielectric results. A dielectric offset will not interfere with the Iron index, water estimate, and large contaminant indication. As a further aid, the PC software will display a chart of calibration history at the completion of calibration or on request from the main menu.

## Synthetic Oils

Since synthetic lubricants such as phosphate ester, polyol ester, or diester have vastly different properties from typical mineral oils, extra precautions are necessary to clean away any residual of the synthetic before resuming tests with mineral oils, or vice versa. Once again it is important to do final cleaning using the "next" oil to wipe away any residual surface film on the grid surface and to wipe the sensor dry using tissue paper between cleaning steps.

## Sample Temperature

The OilView® Quick-Check Analyzer is designed to work with room-temperature oils. Dielectric will vary with temperature due to thermal expansion of the oil. Observe the following plots for a multi-grade motor oil. Erroneous conclusions could be reached if the dielectric of a hot oil sample is compared to the room temperature dielectric of the reference oil.

## Inserting Test Grid

Observe the sensor grid connections for ground (A), +5V (B), and the serial communications (C). The grid microprocessor will 'lock-up' about 10% of the time if voltage is first applied to the power connection (B) and then the Serial connection (C), or (C) then (B). The Quick-Check will not respond, but should recover if the grid is removed and reinserted. To completely avoid this problem, use the combinations B-A-C, A-B-C, C-A-B, or A-C-B. Notice that any combination where the ground (A) is first connected is successful.



# Applications

## Where To Use the OilView® Quick-Check Analyzer

The OilView® Quick-Check Analyzer detects degraded lubricating oil or abnormal wear in lubricated machinery. However, many lubricating oil applications are unique with respect to both oil properties and the machinery in which they are used. The following paragraphs discuss appropriate OilView® Quick-Check Analyzer applications.

## Engine Crankcase Oils

The OilView® Quick-Check Analyzer can be used to test crankcase (motor) oils used in reciprocating engines. It is an excellent tool for monitoring oil condition in diesel, gas, and gasoline engines. It has a special value with respect to diesel engines where soot makes any visual determination of oil quality or debris content difficult.

The OilView® Quick-Check Analyzer is sensitive to oxidation—a common mode of oil failure in modern engines. It is sensitive to soot loading in diesels, and will also detect abnormal wear of ferrous parts. The OilView® Quick-Check Analyzer is very sensitive to the presence of either coolant or water in the oil. Oils taken from engines fueled with liquid hydrocarbons (diesel or gasoline) should also be screened for viscosity reduction resulting from fuel dilution.

## **Turbine and Pump Oils**

Oils used in steam turbines and water pumps are prone to contamination with water. In these oils, the OilView® Quick-Check Analyzer will detect water concentrations below 100 ppm. In addition, the OilView® Quick-Check Analyzer will indicate when "free" water (droplets) are present in the oil. Avoiding free water is important because water droplets can disrupt hydrodynamic and elastohydrodynamic lubrication of load-bearing surfaces. The OilView® Quick-Check Analyzer is also sensitive to the corrosive potential of the water. For example, it will give a much higher reading for saltwater contamination than contamination with fresh water.

## **Gear Oils**

The OilView® Quick-Check Analyzer is an excellent tool for monitoring the condition of gear oils. It will detect water and ferrous wear debris. Large "chips" resulting from fatigue wear of gear teeth are very easily detected.

## **Bearing Lubricating Oils**

Many industrial lubrication applications, such as fans, electric motors, and compressors, have oil-lubricated bearings with relatively small oil capacities. Lubricating oil in many of these applications has a relatively long service life and oil analysis is often not applied for reasons of cost. However, OilView® Quick-Check Analyzer testing permits inexpensive monitoring of these oils for contaminants and bearing condition.

Typically, roller element bearings produce easily detectable ferrous debris when failing. This debris is often detectable before any other symptoms of abnormal wear can be seen. Sleeve bearing failure may also be detected if a ferrous shaft is experiencing abnormal wear. Remember that the OilView® Quick-Check Analyzer will only detect gross abnormal wear of babbitt (nonferrous) bearing surfaces. Detection of pending failure of babbitt bearings requires supplemental laboratory testing, or testing with a particle counter.

## **Hydraulic Oils**

The OilView® Quick-Check Analyzer can also be used to screen for water and ferrous debris in nonconductive hydraulic fluids. However, OilView® Quick-Check Analyzer testing of fluids used in precise hydraulic systems should *always* be accompanied by subsequent laser particle counter tests. Cleanliness requirements may exceed device sensitivity.

## **Compressor Oils**

Mineral and synthetic oils used in compressors can be tested for moisture contamination, oil breakdown, and mechanical wear. It is normally important to degas the used oil samples taken from refrigerant compressors prior to testing them regardless of what instrumentation is being used. Most often it is *normal* for the used lubricant to contain significant amounts of refrigerant such as ammonia, CFC, or R134A. The ammonia in particular has a significant effect on the OilView® Quick-Check Analyzer sensor since ammonia has a high dielectric just like water.

## Electrical Insulating Oils

This screening test evaluates the oil quality and moisture contamination for electrical insulating oils commonly used in transformers and oil filled circuit breakers (OCBs). The OilView® Quick -Check screening test does not replace the need for dissolved gas analysis to detect partial discharge in high voltage transformers.

## Fuel Testing

The OilView® Quick-Check Analyzer can be used to test fuel oils such as #2 diesel for water, a common problem that destroys fuel injection pumps. For safety reasons, the OilView® Quick-Check Analyzer should *never* be applied to a highly flammable hydrocarbon liquid such as gasoline.

## Synthetic Oils

The OilView® Quick-Check Analyzer can be used to test most synthetic lubricants. Extra care should be taken in cleaning the grid when changing between mineral oils and synthetic lubricants.

## Grease

Mechanical wear can be monitored by testing a dissolved sample of the grease.

## Applying the OilView® Quick-Check Analyzer

For clean fresh oils the OilView® Quick-Check Analyzer Iron index and Water estimate should be at or near zero. Dielectric should match prior values for the same reference oil. Variations are possible due to supplier changes in additives and formulation. Increasing values indicate increasing levels of degradation or contamination. These values can be trended over time, manually or by using OilView® Quick-Check software.

Look for increasing values over time. A sharp upward increase in a value is a strong indication of a new or worsening lubrication problem. Do not be hesitant to use a commercial laboratory service if you are having any problem in interpreting an OilView® Quick-Check result.

The following table gives the known minimum contaminant levels that the OilView® Quick-Check Analyzer can detect. If these sensitivities are not adequate for your application you may wish to supplement with lab testing or more sophisticated on site technologies such as particle counting.

## Test Results

More information can be obtained from oil testing when test results are trended over time. Lubricant degradation is rarely linear over time. Typically, a petroleum-based lubricating oil contains additives which protect and enhance the lubricating qualities of the base oil. The oil will degrade slowly over

time until one or more components of the additive package are exhausted. After that point, the oil will rapidly degrade.

The time to additive exhaustion varies with oil type, the machine type, and changes in the operating environment. In well-sealed, low-temperature applications, a lubricating oil may last for years. In extreme reciprocating engine applications, an oil will degrade after only a few hundred hours of use. Consequently, once you have a knowledge of the "normal" trend of oil degradation in a specific case, abnormal conditions can be detected.

## Dielectric Number

This dielectric constant, like boiling point, melting point, viscosity, and refractive index, is a fundamental property of a material. Simply put, dielectric constant measures the resistive, or nonconductive properties of the oil. Contaminants (liquids or solids) settling onto the surface of the sensor grid cause a change in dielectric constant at the oil/grid interface. When oils are oxidized or the water concentration increases, it is reflected in the dielectric number.

## Chemical Index

The chemical index is equal to the difference in dielectric between the sample and the reference oil multiplied by 100. This calculation is performed automatically if the PC software is used. An increase in this index indicates that the oil is increasingly able to support electrical conduction due to the presence of polar molecules and/or ions. These conditions typically will lead to increased wear and corrosion.

The most common causes of an increase in this index include:

- thermally accelerated oxidation and nitration,
- soot loading,
- the formation of acids from combustion blow-by in engines, and
- increased moisture content.

This index should be trended over time. Normally, it will be zero. If it is non-zero, the oil is becoming corrosive and frequent testing is in order. If the value continues to rise, it is probable that the oil additive package is exhausted or a contaminant is entering the system. Before condemning the oil, be sure to check that the oil was being compared to the proper reference oil. If desired, retest the reference oil to assure OilView® Quick-Check has been calibrated properly.

If, after verification, a second test gives the same results as the first, consider changing the oil or sending a sample to an oil lab.

The following conditions will cause an increase in the chemical index:

- corrosive products of high-temperature oil oxidation and nitration,
- acids formed from combustion by-products such as sulfuric acid in diesel engines,
- presence of dispersed water or coolant,
- high levels of very fine, suspended particles such as soot, dust, road salt, or fine wear debris.

**Note:** Remember that a reference sample must be assigned to the sample in order to obtain a chemical index. If a reference is not available, the chemical index will not be given.

## % Water Estimate

This estimate is a measure of the level of oil -insoluble contaminants in the oil. Some common contaminants include water, glycol coolants, metallic wear debris, and road dust. This index may also

increase if solid additives have been added to the oil. The interplay of water, the oil and its additives, and the operating environment can be extremely complicated and make repeatable results difficult. The additives present in the oil will largely determine the response of the Water Estimate. Turbine oil is engineered to facilitate the coalescence and settling out of water. Multi -grade engine oil attempts to disperse and suspend the water particles. A hot environment will boil off water and a cold one will encourage condensation. The action or inaction of machinery may assist water dispersal or coalescence. Additives will continue to chemically react with the water until they are depleted.

Water particles will not settle onto the sensor grid while the additives are able to disperse and suspend the water particles. The presence of emulsified water will affect the initial dielectric thereby showing lube degradation through the chemical index. The presence of water can be verified with a “crackle test”. More accurate results may be obtained from a commercial lab.

The water estimate should normally read near zero. Any positive increase in this value over time indicates increasing levels of contaminants and a laboratory oil test is recommended.

The following conditions will cause an increase in the Water Estimate:

- the presence of insoluble water in the oil. Very high values will be seen if corrosive compounds (such as salts) are present in the water,
- the presence of conductive metal particles in the oil,
- the presence of dirt, grit, or polar hydrocarbons in the oil.

The % Water Estimate for OilView® Quick-Check has been calibrated for a heavy duty diesel engine oil. For other applications the results should be adjusted by multiplying by the following factor:

Application	Multiplier
Polyalkalene glycol (PAG)	1.0
Polyalphaolephin (PAO)	0.5
Turbine & Hydraulic	0.1
Industrial	0.5
Automotive	1.0
Stern Tube	2.0

## Ferrous Index (Fe)

The ferromagnetic index is sensitive to conductive, ferromagnetic particles. It increases linearly with *both* particle size and concentration. The index is primarily sensitive to *recent, severe* wear of oil-wetted steel and iron parts, because the surfaces of such particles are likely to be conductive. It is an indicator of the condition of the lubricated system. In general, higher index values correspond to higher wear rates.

This index should be near zero. Any positive value indicates ferromagnetic debris. Higher values indicate increasing concentrations and/or particle size. It should be noted that many severe wear particles will not be detected by atomic spectrometry-the standard laboratory analysis for metals in oil. The atomic spectrometers used for oil analysis are not sensitive to particles much larger than 5 to 10 microns in diameter. Severe wear typically produces larger particles. Consequently, even if you are having a spectrometric metals analysis performed by a lab, you should also conduct an OilView® Quick-Check Analyzer test. Atomic spectrometry and OilView® Quick-Check Analyzer testing are complementary rather than redundant.

A full analytical ferrographic examination of the sample by an oil lab is recommended if this index gives a high positive reading.

## Large Contaminant Indicator

There are four text outputs for the qualitative assessment reported as "Large Contaminant Indicator."

**No Large Indications** - indicates that the analyzer did not detect excessively large metal particles or water droplets.

**Large Ferrous** - indicates that large iron particles, probably much larger than 60  $\mu\text{m}$  were detected. The magnet north/south plots should show upward spikes for tests reporting "Large Ferrous" or "LF."

**Large Non-Ferrous** - indicates that large (usually much larger than 60  $\mu\text{m}$ ) non-ferrous particles, such as copper, aluminum, tin, lead, or chrome, were detected. The magnet off plots should show upward spikes for tests reporting "Large Non-Ferrous" or "NF."

**Droplets** - indicates that water droplets or similar fluid droplets were detected. All three plots (magnet off/north/south) should show spikes or sharp changes in slope for tests reporting "Droplets" or "D."

**Note:** Any Large Contaminant Indication other than "No Large Indications" may indicate a serious problem.

## OilView® Quick-Check PC Software

### Installation

Insert software CD into CD drive. With Windows Explorer, navigate to CD drive and run the Setup.exe in the root directory. Follow instructions, accepting defaults or changing as desired.

**Note:** PC software is not required for normal operation of the OilView® Quick-Check Analyzer. However, data storage, trending, and reports are useful tools for implementing a successful oil analysis program.

### Startup

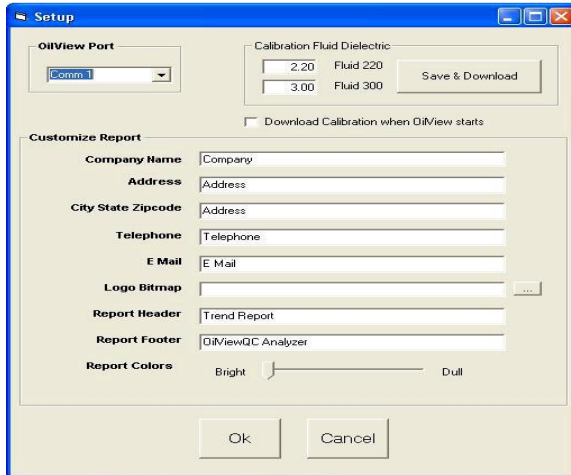
The first time the OilView® Quick-Check Analyzer software is started on a computer, the user will be prompted to enter the communications port.



The next screen displayed is the setup screen.

### Setup Screen





## OilView Port

Select PC communications port.

## Calibration Fluid Dielectric

The analyzer is supplied with calibration fluids blended for a dielectric of 2.20 and 3.00. These are the default dielectric values that the stand-alone analyzer will use. However, if it is necessary to use other fluids those dielectric values can be entered and saved by pressing the “Save & Download” button. Whenever the software detects the power up on the OilView® Quick-Check Analyzer the new dielectrics can be downloaded.

## Download Calibration when OilView starts

The software will automatically download the most recent calibration data when a power up of the OilView® Quick-Check Analyzer is sensed. Calibration data affects the dielectric results, but has little affect on other outputs.

**Note:** The OilView® Quick-Check Analyzer dielectric measurement is extremely sensitive to moisture and temperature. Daily calibration is recommended. However, it may be convenient to use the most recent calibration. The calibration can be verified with a known reference. Offsets may suggest calibration is necessary. Offsets may be mentally applied to results or applied to the reference oil.

## Customize Report

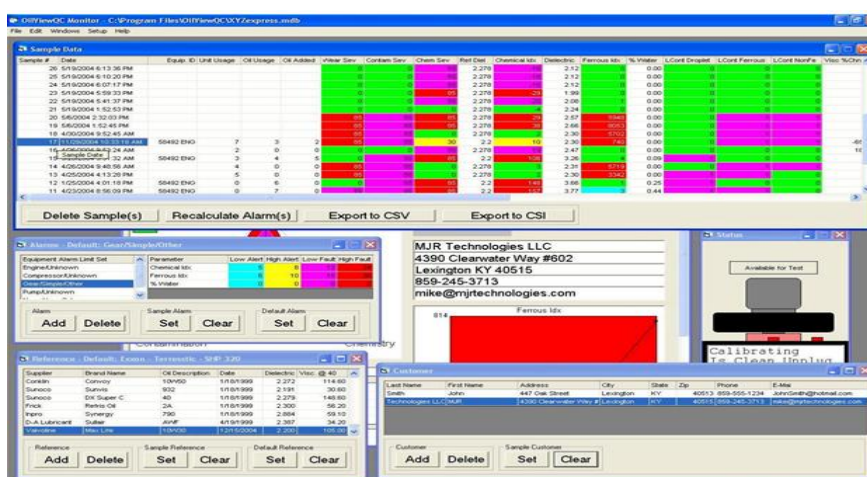
Company specific information may be entered in order to customize the supplied report. Of special note, a company logo may be supplied “Logo Bitmap”, and the colors may be adjusted with the “Report Colors” slider bar.

## Database Open Screen



Click the “File name:” field, enter the name of the database you wish to create and select open. Ordinarily, the most recent database will be opened automatically. New databases may be created by selecting “Create New Database” from the “File” dropdown menu.

## Main Program Window



The default window size and placement may be improved by the user and will be restored in future program executions. For example if there are no Customers for this application, or no interest in Alarm settings, these screens may be closed, minimized, or moved towards the edge of the screen. Windows may be moved by positioning the mouse on the title bar, depressing the left mouse button, and dragging to the desired location. Windows may be resized by selecting the lower right hand corner of the window. Selecting a window will move it to the top of any windows covering it. The “Sample Data” window should figure prominently in any re-layout since the other screen are synchronized with the sample selection. A closed window may be restored by selecting it from the “Windows” menu. Best results are achieved by selecting higher resolution setting for the computer monitor and running the program in full screen mode.

**Note:** Selections on the “Alarms”, “Reference”, “Customer”, and “Report” windows are synchronized with the current selection on the “Sample Data” window

## Sample Data

Sample #	Date	Equip. ID	Unit Usage	Oil Usage	Oil Added	Wear Sev	Contam Sev	Chem Sev	Ret Det	Chemical Idx	Dielectric	Ferrous Idx	% Water	LCont Droplet	LCont Ferrous	LCont NonFe
12	11/09/2004 10:23:18 AM	58492 EHO	7	0	0	85	85	30	2.2	10	2.30	745	0.00			
15	4/05/2004 9:53:24 AM	58492 EHO	2	0	0	75	75	45	2.278	105	2.47	0.00				
14	4/05/2004 9:51:32 AM	58492 EHO	3	4	0	75	75	45	2.2	105	3.26	0.00				
13	4/05/2004 9:48:56 AM	58492 EHO	4	0	0	85	85	30	2.278	105	2.31	5718	0.00			
13	4/05/2004 4:13:26 PM	58492 EHO	5	0	0	85	85	30	2.278	105	2.30	5342	0.00			
12	1/05/2004 4:01:18 PM	58492 EHO	0	6	0	85	85	30	2.2	148	3.66	0.25				
11	4/23/2004 8:56:09 PM	58492 EHO	0	7	0	85	85	30	2.2	127	3.77	0.44				
10	4/23/2004 8:45:08 PM	58492 EHO	0	8	0	85	85	30	2.278	105	2.32	959	0.00			
9	4/23/2004 8:41:47 PM	58492 EHO	0	0	9	85	85	30	2.270	105	2.46	0.00				
8	4/23/2004 8:24:15 PM	58492 EHO	0	0	1	85	85	30	2.270	105	2.45	0.00				
7	4/23/2004 8:12:02 PM	58492 EHO	0	0	2	85	85	30	2.270	105	2.45	0.00				
6	4/23/2004 1:26:59 PM	2234234234	0	0	3	85	85	30	2.270	105	2.30	562	0.00			
5	12/23/2003 11:46:39 AM	58492 EHO	0	0	0	30	30	30	2.270	105	2.30	309	0.00			

As tests are completed the results are automatically uploaded and stored in the current database. Calculations will use the current Default Alarm and Default Reference. The “Sample #” defaults to an internal number and may be modified. “Date” will be set to the current date/time and cannot be modified. “Equip. ID” is a unique identifier for that sample point. When a sample with an Equip. ID is selected, prior samples with the same ID are located to populate the “Report” screen. If results are to be exported for a CSI database the “Equip. ID” should match the CSI “Lab Unit ID”. “Unit Usage” can be used to report miles, hours, kilometers, etc. “Oil Usage” can record miles/hours oil has been in use, and “Oil Added” can record adds.

“Wear Sev”, “Contam Sev”, and “Chem Sev” represent the maximum alarm level in that category for the sample. The Ferrous Idx and Large Contaminant Ferrous is used to determine the Wear Severity. Contamination Severity is determined from the % Water Estimate, Large Contaminant Droplets, and Large Contaminant Non Ferrous. The Chemistry Severity is calculated with the Chemical Idx and Visc %Chg. The severity is compatible with the CSI 0 – 100 scale.

**Note:** You may modify editable fields such as “Sample #”, “Equip. ID”, “Unit Usage”, “Oil Usage”, “Oil Added”, “Visc 40C”, and “Comments”.

**Note:** You may sort the display by any column by clicking the column header. This could be a useful technique for finding and/or grouping results. Subsequent clicks will toggle between ascending and descending order. Sort order reverts to the default “Date descending” next program activation.

**Note:** Multiple samples may be selected by dragging the mouse. Current selection will be reflected with highlights for the “Sample #” and “Date” fields.

## Delete Sample(s)

This will cause the software to generate a confirmation message: “Are you sure you want to DELETE the selected Sample(s)?” If “Yes” is selected the data will be removed from the database.

## Recalculate Alarm(s)

Will recalculate alarms for the selected sample(s). A popup window displays “Finished” at completion. Recalculation may become necessary if alarm limits are changed.

## Export to CSV

Will write the selected sample(s) to a text file with values separated by comas. This format can be easily manipulated and imported into Excel or Access.

## Export to CSI

Use this to write the selected sample(s) to the “Generic” file format for import into CSI software. “Equip. ID” should match the desired “Lab Unit ID” to assure proper data import.

## Reference Window

Supplier	Brand Name	Oil Description	Date	Dielectric	Visc. @ 40
Conklin	Convoy	10W/50	1/18/1999	2.272	114.60
Sunoco	Sunvis	932	1/18/1999	2.191	30.60
Sunoco	DX Super C	40	1/18/1999	2.279	148.60
Frick	Retris Oil	2A	1/18/1999	2.300	56.20
Inpro	Synergy	790	1/18/1999	2.884	59.10
D-A Lubricant	Sullair	AMWF	4/19/1999	2.367	34.20
Valvoline	Max Life	10W/30	12/15/2004	2.200	105.00

The Reference oil is extremely important. The Chemical and Visc % index readings are relative to a reference sample and will not be correct if the correct Reference is not used. The reference oil sample should be a new oil of the same type and from the same source as the used test oil. If for any reason a known reference oil is not available, it is probably best to conduct your used oil tests without a reference oil or against a previous test from the same machine. In selecting a reference oil, remember that oil suppliers may change additive packages, refineries, and oil sources without notice. Therefore, there is no assurance that a reference sample taken after the fact from a new oil drum can be applied to a test oil that originated from a previous drum—even though the oil is of the same type and from the same supplier.

## Reference Add/Delete

Oils can be added to the list of Reference oils by selecting the “Add” key. Enter the required information in each field. You may delete a Reference with the “Delete” key as long as the Reference is not being used by any of the oil samples.

## Sample Reference Set/Clear

These buttons only apply to the currently selected sample. As samples are selected in the “Sample Data” window, their corresponding Reference Oil will be selected in the Reference window. To change the Reference for a Sample, select the sample in the “Sample Data” window, select the Reference window and select the desired reference. Press the “Set” button. Pressing the “Clear” button will clear the Reference oil. Either selecting will cause a recalculation of the Alarm levels.

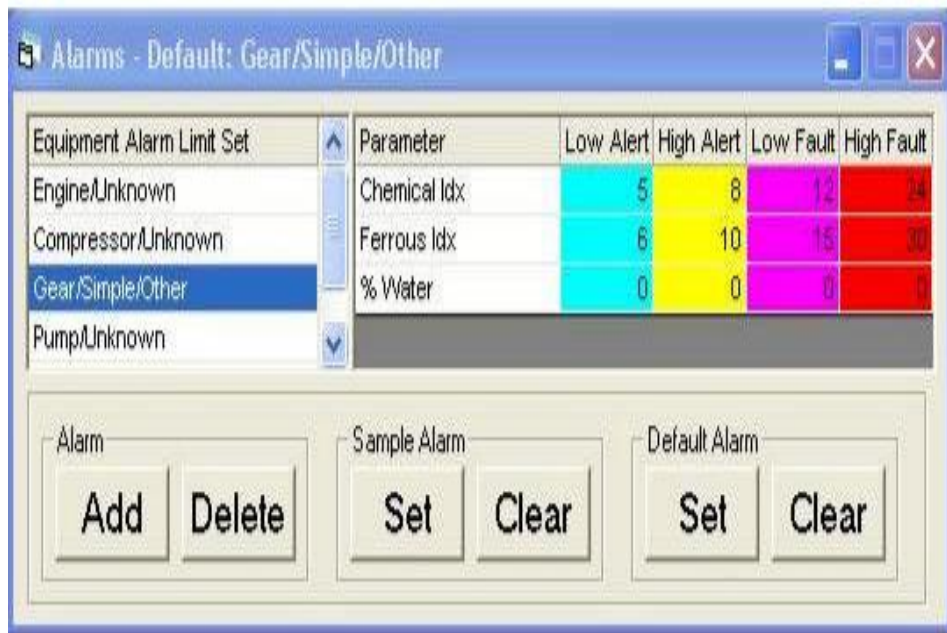
## Default Reference Set/Clear

The “Default Reference” will be automatically applied to all future tests. If possible, it may be convenient to group test samples by Reference oil to reduce the need to change this setting. Observe that the current default Reference is displayed in the caption of the Reference window.

**Note:** You may sort the display by any column by clicking the column header. This could be a useful technique for finding and/or grouping results. Subsequent clicks will toggle between ascending and descending order. Sort order reverts to the default next program activation.

**Note:** You may change the values in any of the Reference window fields by selecting the desired field and typing the new values.

## Alarm Window



Test results are displayed with colors that correspond to the calculated alarm level. This facilitates a quick assessment of the sample status.

### Alarm Add/Delete

Alarms can be added to the list of Alarm Sets by selecting the "Add" key. You may delete an Alarm Set with the "Delete" key as long as the Alarm Set is not being used by any of the oil samples.

### Sample Alarm Set/Clear

These buttons only apply to the currently selected sample. As samples are selected in the "Sample Data" window, their corresponding Alarm Set will be selected in the Alarm window. To change the Alarm for a Sample, select the sample in the "Sample Data" window, select the Alarm window and select the desired Alarm Set. Press the "Set" button. Pressing the "Clear" button will clear the Alarm Set. Either selecting will cause a recalculation of the Alarm levels.

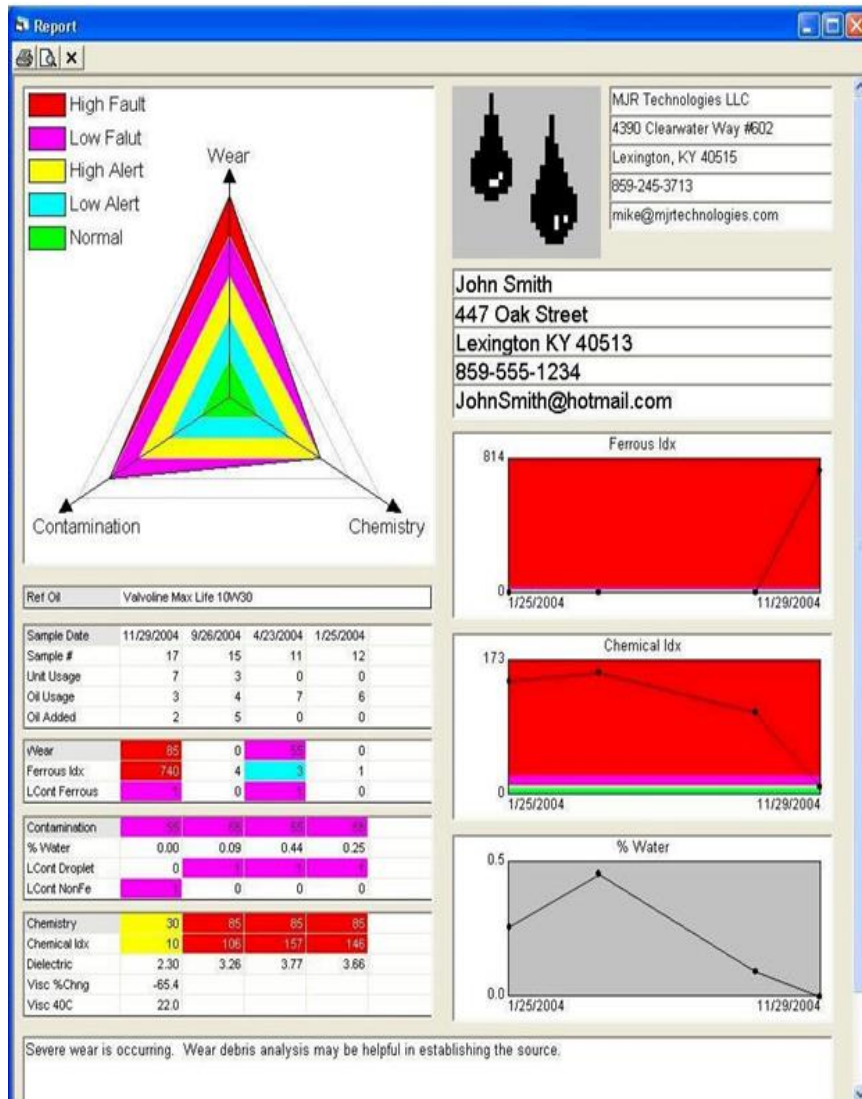
### Default Alarm Set/Clear

The "Default Alarm" will be automatically applied to all future tests. Observe that the current default Alarm Set is displayed in the caption of the Alarm window.

**Note:** You may change the values in any of the Alarm window fields by selecting the desired field and typing the new values.

## Report Window

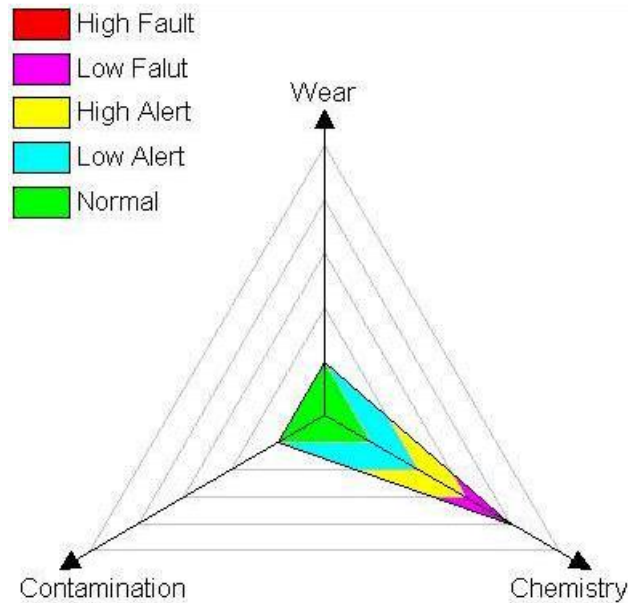




The Report window summarizes test and trend data for a sample. A non-blank “Equip. ID” is required before data can be displayed. Prior samples with a matching “Equip. ID” will be retrieved for historical trending. “Sample #”, “Unit Usage”, “Oil Usage”, “Oil Added”, “Visc 40C”, and “Comments” for the current sample may be modified by selecting the field and typing the new values. Customer information may also be modified temporarily, however permanent changes should be made on the Setup or Customer windows. The Report window may be printed or previewed by selecting the appropriate toolbar buttons. The “X” button is used to close the preview mode and return to the Report window.

To create a pdf of the report, go to this site and download the free PDF995 program: <http://www.pdf995.com/> This will let you create a pdf by 'printing' (it prompts you for a file name to create) to the pdf995 printer. In the Quick-Check software, select the 'preview' icon on the top of the report window to view the formatted report. The 'print' icon will let you print the report (the pdf995 will need to be set as your default printer).

The shape of the “TriVector” plot is also helpful because it lets you quickly identify areas of concern. For example, a sample with normal wear and contamination readings but bad lube chemistry would appear as below.



A plot may show high wear but otherwise healthy oil, good oil contaminated with water, or any other combination of problem. It is not unusual for an oil to first experience a Chemistry problem as additives are depleted and soluble contaminants build up. Left uncorrected, the oil problem can develop a Contamination problem, and eventually an abnormal Wear condition.

## Customer Window



For reporting purposes a customer may be assigned to a sample. If there is no need to assign customers this window can easily be closed, minimized, or moved.

### Customer Add/Delete

Customers can be added to the list by selecting the “Add” key. You may delete a Customer with the “Delete” key as long as the Customer is not being used by any of the oil samples.

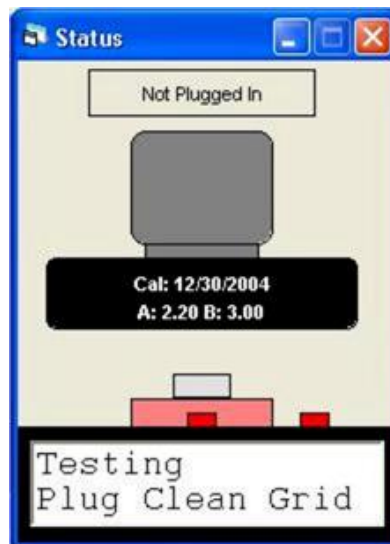
### Sample Customer Set/Clear

These buttons only apply to the currently selected sample. As samples are selected in the “Sample Data” window, their corresponding Customer will be selected in the Customer window. To change the Customer for a Sample, select the sample in the “Sample Data” window, select the Customer window and select the desired Customer. Press the “Set” button. Pressing the “Clear” button will clear the Customer.

**Note:** You may sort the display by any column by clicking the column header. This could be a useful technique for finding and/or grouping results. Subsequent clicks will toggle between ascending and descending order. Sort order reverts to the default next program activation.

**Note:** You may change the values in any of the Customer window fields by selecting the desired field and typing the new values.

## Status Window



The Status window will reflect the various states and conditions of the OilView® Quick-Check analyzer. The text status may be easier to read than the device display. Also, the Calibration information can easily be verified for correct date and dielectrics. This window is not required for successful operation of the system and may be closed, minimized, or moved if desired.

## Cal History

At the completion of calibration a history chart is displayed. The chart may also be displayed by selecting 'Cal History' from the main menu. A 'frequency' (see appendix for explanation) and suggested error band for the 220 and 300 fluids is graphed. The suggested limit is based on the median value for all previous calibrations. A data point near or beyond the suggested limit does not necessarily mean that the calibration is incorrect. However, verification is advisable.

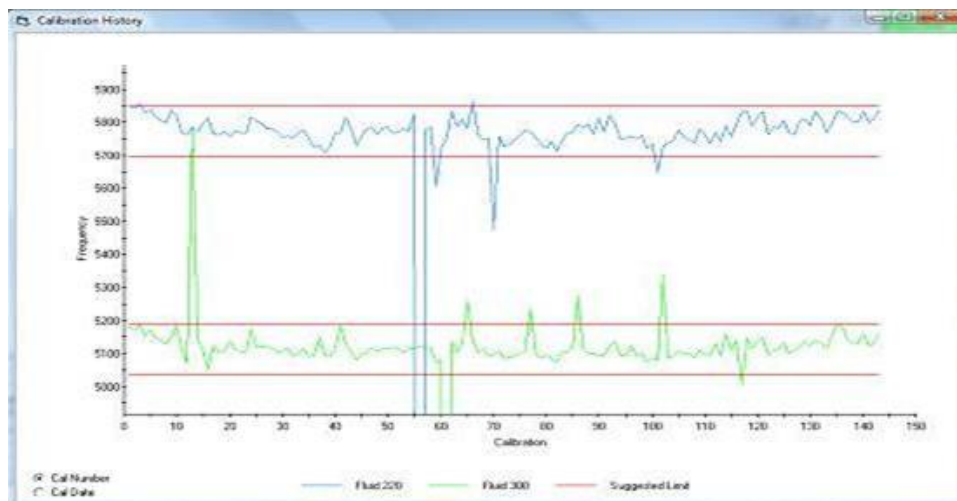
**Note:** Five calibrations are required before a chart will be displayed.

**Note:** Incorrect calibration will not interfere with the units' ability to detect wear and contamination. However, the 'Chemical Idx' and 'Chem Sev' will be incorrect.

**Note:** Temperature, humidity, grid cleanliness, switching grids, grid wear, etc can affect calibrations. Calibration fluids may also become contaminated as air replaces the fluid.

**Note:** Calibration history is stored in the currently opened database. For continuity, the same database could be used for all calibrations





## Appendix B

### Dielectric constant

The dielectric constant is a measure of a materials response to an electric field. The dielectric constant, along with melting point, boiling point, refractive index, and viscosity, is a fundamental property of a material. For simple compounds, these properties correlate well with the dielectric constant. A dielectric constant represents the sum of two different component properties: the polarization, and the dipole moment. Polarization measures the interaction of a molecule at high electric fields so that only the electrons, rather than the entire molecule, can respond to the electric field frequencies. A dipole moment measures the center of gravity of the positive and negative charges in a molecule. By definition, the dielectric of a vacuum is 1.0.

Most lubrication oils will have a dielectric of 2.1 – 2.4. Many synthetic oils have dielectrics in excess of 6. Water has a dielectric of 75 at room temperature. When comparing a sample dielectric with the reference oil, a 0.02 change is negligible and a 0.10 change is large. For example, a 0.10 increase in dielectric could be caused by a 0.6 increase in TAN, or 0.11% water, or some combination of the two. These values will depend on the brand of oil used and can be established in cooperation with a commercial lab. Soot, oxidation, and fuel dilution can also change the dielectric constant.

### How the Quick-Check works

The Quick-Check measures the dielectric over time as contaminants settle onto the sensing grid. The sensor grid acts as a capacitor in an RC circuit with the oil in the vicinity of the grid as the dielectric medium. A timer/oscillator circuit outputs a frequency that varies with the capacitance. The unit calibration associates the output frequency with the known dielectric of the calibration fluids. Free water will sink to the grid and is easily detected due to the much higher dielectric constant of water. The instrument has a permanent magnet and an electromagnet to facilitate the detection and clarification of ferrous particles. Readings are taken with the electromagnet off, North, and South polarity. This will cause magnetic particles to stand up and lay down, changing the spacing between the grid lines, and resulting in diverging plot lines.

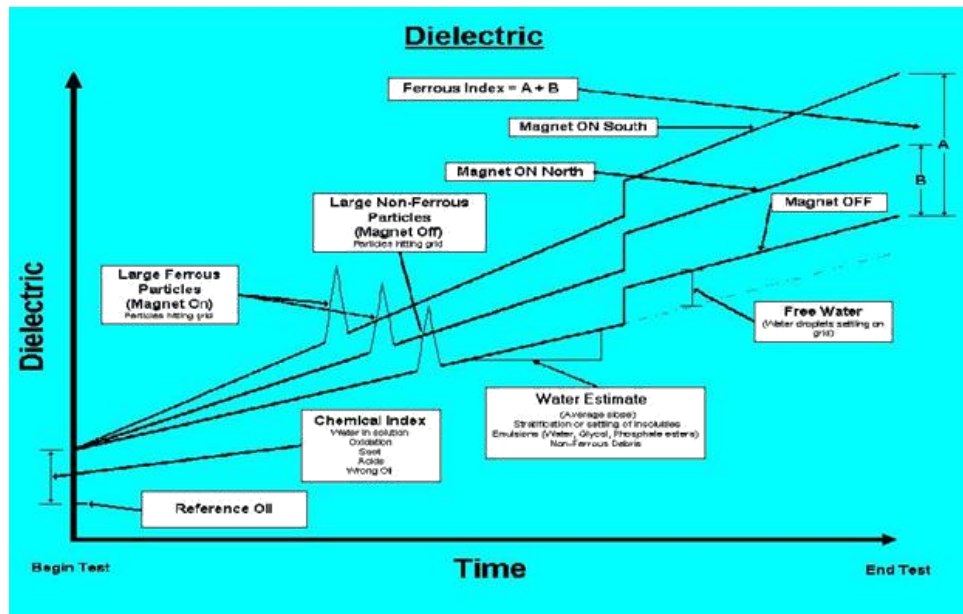
### Chemical Index

The chemical index is the change in dielectric between a reference oil and a test sample. Among the factors that may contribute to the chemical index are: soluble water, oxidation of the oil, soot, acids, and wrong oil. Fuel dilution, due to its lower dielectric, can reduce the Chemical index and result in a

negative index value. Since contaminants drive the dielectric in the opposite direction of fuel, it is best to rely on viscosity measurements to detect the fuel dilution. A change in dielectric constant of less than 0.02 is considered good. A change of 0.10 is considered extreme.

## Large Ferrous Particles

Large ferrous particles are detected as spikes in the dielectric constant during the north and south magnet states.



## Large Non-Ferrous Particles

Large non-ferrous particles are detected as short term spikes in the dielectric constant during the magnet off state.

## Water Droplets

Water Droplets are detected as an instantaneous and permanent change in dielectric constant.

## Water Estimate

The Water Estimate is derived from the slope of the dielectric over the test interval. This estimate reflects the level of insoluble contaminants in the sample such as water, coolant, and wear particles.

## Ferrous Index

The ferrous index is determined at the end of the test. It represents the sum of the difference of dielectric constant between the magnet off state with the magnet north and magnet south states

## OilView® Quick - Check Analyzer Detection Limits

Property	Indexes	Lubricant Type	Minimum Detectable Limits
<b>Lube Degradation</b>			
Oxidation	K, C, LC	Most Lubricants	<<10% by FTIR (K, C)
Soot	K, C	Heavy duty diesel	0.4% by TGA
<b>Lube System Contamination</b>			
Water	K, C, W, LC	Hydraulic	<0.01% (K, C, W) 0.06% (LC-Droplets)
Water	K, C, W, LC	Heavy Duty Diesel	<0.2% (K, C, W) 1% to 5% (LC Droplets; Water droplet formation begins when lubricant plus additive is saturated.)
Water	K, C, W, LC	Stern Tube Oil (used to lubricate the bearing at the aft end of a marine drive shaft.)	<0.2% (K, C, W)>15% (LC-Droplets)
Water	K, C	Polyol Alkaline Glycol (synthetic lubricant used in R-134a refrigerant compressors)	<0.04% (K, C)
Water	K, C	Perfluorinated Ether (synthetic lubricant used in hard vacuum pumps)	<0.05% (K, C)
Glycol	K, C	Heavy Duty Diesel	<0.2%
<b>Mechanical Wear</b>			
Iron	Fe, W, LC	All	1 ppm >5μ (Fe)<50 ppm >5μ (W)<1 ppm >40μ (LC-Ferrous)
Copper	W, LC	All	50 ppm >5μ (W)<1 ppm >40μ (LC-Nonfer)
Tin	W, LC	All	50 ppm >5μ (W)<1ppm >40μ (LC-Nonfer)
Lead	W	All	50 ppm >5μ (W; Instead of affecting the Water estimate, it may cause a chemical index response due to chemical oxidation of the lead particles. The process of oxidation makes them electrically nonconductive.)

**Legend:**

"K" the Dielectric constant. "Fe" the ferrous index. "C" the chemical index (calculated in PC software if Reference oil selected). "W" the water estimate. "LC" qualitative "large ferrous" or "large non-ferrous" or "droplets."