

Avances

Centro de Información y Gestión Tecnológica

Estudio de comportamiento del lubricante Extra Diésel en motores Yuchai

Performance study of Extra Diesel lubricant in Yuchai engines

Jesús Domínguez Aguiar¹, Yandy de la Caridad Pimentel Lazo², Pedro Luis Díaz Navarro³

¹Ingeniero Mecánico de la UEB Comercial Cubalub Pinar del Río. Calle Obispo 118 Final, esquina Frank País, Pinar del Río, Cuba. Teléfono: +53 (48) 778317. CP 20100, jesus@pr.cubalub.cupet.cu ID: 0000-0002-8669-022X

²Ingeniero Mecánico de la UEB Almacenes Universales SA. Sucursal Pinar del Río. Vial del Constructor. Zona Industria 7 Matas, Pinar del Río, Cuba. Teléfono: +53 (48) 767722 Ext 4336. CP 20100, esptransp@pinar.causa.cu

³Máster en Eficiencia Energética, profesor Asistente de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", Pinar del Río, Cuba. Martí 270 final, Pinar del Río, Cuba. Teléfono: +53 (48) 728618. CP 20100, pedrin@upr.edu.cu

Para citar este artículo / to reference this article / para citar este artigo

Domínguez, J., Pimentel, Y. de la C. & Díaz, P.L. (2018). Estudio de comportamiento del lubricante Extra Diésel en motores Yuchai. *Avances*, 20(3), 285-297. Recuperado de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/373/1296>

RESUMEN

Se realizó el estudio de comportamiento del lubricante Extra Diésel comercializado y producido por

Cubalub y empleado en los motores Yuchaide los ómnibus Girón en la Empresa de Transporte de Escolares de Pinar del Río. En la metodología

empleada se establecieron los procedimientos para la correcta extracción de las muestras, se realizaron los ensayos de laboratorio de viscosidad, contenido de agua, número básico y punto de inflamación, para obtener un criterio claro del grado de degradación del lubricante y la periodicidad de muestreo necesaria. Se realizó la validación de los parámetros seleccionados teniendo en cuenta los valores condenatorios normados para los mismos, su relación con el estado real de la salud del lubricante y su grado de contaminación permitieron demostrar que en el momento del recambio del aceite (8000 km) este cumple todavía con las exigencias necesarias para su explotación.

Palabras Clave: lubricante, motores, eficiencia energética, comportamiento de lubricantes.

ABSTRACT

A performance study of the Extra Diesel lubricant marketed and produced by Cubalub and used in the Yuchai engines of the School Transport Company of Pinar del Rio was carried out. The methodology used, procedures were established for the correct extraction of the samples, the laboratory tests necessary, viscosity, content of water, number basic, flash point, to obtain a clear criterion of the degree of degradation of the fuel and the necessary periodicity of sampling were determined. The validation of the selected parameters taking into account the condemnatory values set for them, their relationship with the actual health of the lubricant and its degree of contamination showed that at the time of the oil change of oil (8 000 km) still with the necessary requirements for its exploitation.

Key Words: lubricant, motors, energetic efficiency, behavior of lubricants.

INTRODUCCIÓN

El proceso de lubricación y los lubricantes constituyen temas que en el mundo entero son muy difundidos y

analizados por las grandes compañías e industrias, esto está motivado por los ahorros circunstanciales que se pueden obtener desde el punto de vista

económico y de eficiencia energética si se cuenta con una calidad elevada en la realización de dicho proceso. Los análisis del lubricante durante diferentes etapas de su vida útil en los equipos donde realizan su función, ayudan a obtener un diagnóstico de la maquinaria y son una base para planificar su mantenimiento, así como para llegar a tener una noción aceptada del grado de degradación del mismo. El análisis y monitoreo del aceite lubricante, brinda mayor confiabilidad acerca del estado real en el que se encuentra el motor, previene fallas y paradas no planificadas. Quesnel (2017) plantea que el beneficio real del análisis de aceite es utilizar los datos para guiarlo hacia soluciones para eliminar problemas de lubricación.

En los motores de combustión interna, donde el combustible es quemado, la lubricación se ve enormemente dificultada debido a los fenómenos adicionales y más exigentes a los que se debe enfrentar: altas temperaturas, productos de la combustión y residuos que pueden contaminar el lubricante, altos esfuerzos, entre otros. El aceite lubricante usado que se genera en Cuba, constituye una peligrosa fuente de contaminación que casi en su totalidad, por una u otra vía, va a parar a los suelos, arroyos, ríos, mares y atmósfera.

Hoy la reducción de la fricción se ha convertido en un punto clave para los nuevos motores automotores debido a las restricciones para reducir emisiones del CO₂ (Ligier & Noel, 2015). De esta situación se deriva que el país establezca normas para la recolección del aceite usado, encargándose de esto los organismos comprometidos y responsabilizados, CUBAPETRÓLEO y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, estos se han dado a la tarea de desarrollar e implementar un Sistema de Gestión para Aceites Usados (SGAU), pero problemas objetivos y de infraestructura, administrativos, limitaciones financieras y falta de cultura y conciencia ambiental, atentan directamente contra la eficacia del sistema, quedando como alternativa viable la disminución del consumo y la reutilización.

Por otra parte, se ha demostrado que estos aceites son considerados potencialmente peligrosos para el medio ambiente. En el caso de los aceites usados existe el riesgo adicional de la liberación de contaminantes tóxico. Por estas razones, la reducción de los consumos de lubricantes representa un elemento muy importante en la reducción de la carga contaminante al medio ambiente (Hechavarría-Pérez; Castañeda-Sandes; Iskander-Concepción, 2014).

Mederos (2011) refiere las consecuencias del impacto provocado por una deficiente gestión del aceite usado como: un litro de aceite usado es capaz de contaminar 1000000 de litros de agua; cinco litros de aceite usado quemado sin control contamina el aire que un ser humano puede respirar en tres años (1000000 m³); un litro de aceite motor vertido puede llegar a formar una mancha de 4000 m² sobre el agua, área equivalente a un campo de fútbol y en el mar, un compuesto hidrocarbonado como el aceite usado puede perdurar 10 ó 15 años.

De ahí la importancia de esta investigación, ya que un estudio de comportamiento del lubricante es la base para la toma de decisiones encaminadas a optimizar el período de explotación de un lubricante, ya sea en la industria como en el transporte automotor. Esto a su vez se traduce en un impacto positivo en varias aristas, dentro de estas una de las más importantes es la eficiencia energética de los procesos, pues el lubricante es considerado por las bibliografías especializadas en el tema como un portador energético y acciones encaminadas al ahorro del mismo se traducen en acciones dirigidas a mejorar el factor eficiencia energética. Las condiciones para llevar a cabo investigaciones relacionadas con este tema estaban creadas en la base de

Transportes Escolares de Pinar del Río, en la misma existe un parque de 64 Ómnibus marca Girón de los modelos V y VI remotorizados con motor Yuchai 4D. Estos emplean como lubricante el Extra Diésel 15W-40, este aceite es del catálogo de Cubalub y el mismo tiene una calidad homóloga a la recomendada por el fabricante de dichos motores.

El aceite Extra Diésel 15W-40, es un aceite para motores de combustión interna, que se elabora a partir de aceites básicos minerales de gran calidad, a los que se le incorporan paquetes de aditivos capaces de mejorar su rendimiento y eficacia. Por su desempeño, el aceite Extra Diésel 15W-40 se clasifica como API CH4 (Quintana-Tamayo; Martínez-Pérez; Vázquez-Jorge & Ramírez- Arzuaga, 2014).

La investigación realizada tuvo por objetivo monitorear el comportamiento de las principales propiedades físico químicas del lubricante Extra Diésel 15W-40 durante un recorrido de 8000 km en los motores Yuchai de los ómnibus Girón de la empresa Provincial de Transportes Escolares de Pinar del Río, demostrando así que al llegar a este recorrido el lubricante aún está apto para su uso.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para la realización de los ensayos llevados a cabo en la investigación se basó en las Normas establecidas por la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales, (ASTM, por sus siglas en inglés), ASTM D 92, 95, 445, 2896 (ASTM International 2005, 2006, 2007).

Los procedimientos y accesorios utilizados para el muestreo de lubricantes son fundamentales para un análisis de lubricantes de calidad. Entre los accesorios se incluyen las válvulas de muestreo, mangueras de transferencia, dispositivos de succión y cualquier accesorio que facilite la transferencia del lubricante desde el puerto de muestreo en zona viva hacia la botella de muestreo, evitando que la muestra se contamine durante el proceso (Fitch, 2014).

La toma de muestras se efectuó teniendo en cuenta el recurso de los equipos a analizar: a los motores objetos de estudio de este trabajo se le realizaron cambios de aceite con una periodicidad establecida por el sistema de mantenimiento vigente en la entidad a la que pertenecen.

Con el objetivo de disminuir el error en los datos obtenidos se tomaron dos muestras por cada recurso a evaluar, calculando

posteriormente la media aritmética de cada variable analizada.

Requisitos para la realización del muestreo

Los requisitos que se siguieron con el objetivo de obtener muestras en buen estado y con la calidad requerida para su posterior análisis en el laboratorio son los siguientes:

1. Mantener niveles constantes de aceite en el depósito con un valor de 13 L, revisando frecuentemente y procediendo a rellenar el aceite consumido.
2. Mantener limpios y guardados dentro de bolsas de nylon las mangueras, útiles y equipos empleados en el muestreo, para evitar que la contaminación altere los resultados.
3. Cumplir en todo momento con las normas y procedimientos para el muestreo.
4. Almacenar las muestras extraídas en recipientes limpios y con cierres herméticos, los cuales deben estar previamente identificados, y con todos los datos necesarios, como lo exigen los procedimientos de muestreo y análisis.
5. Realizar el análisis de las muestras extraídas en un laboratorio certificado por la ISO 9000:2015

Pasos a seguir para la realización del muestreo

Para realizar la toma de muestras se procedió según los pasos enumerados a continuación:

1. Colocar el carro en la ranfla en posición horizontal.
2. Limpiar el puerto de la toma de la muestra.
3. Mantener encendido el motor durante 20 a 30 minutos, a la potencia nominal de trabajo.
4. Escoger el frasco para tomar la muestra de aceite, de 1000 ml de capacidad (suministrado por Cubalub).
5. Escoger el dispositivo de extracción (Bomba de vacío manual) y accesorios complementarios. Introducir la manguera (sonda) de longitud suficiente en la zona activa (de trabajo) del lubricante, en el cárter por debajo de la superficie superior del lubricante y encima de la zona de asiento (lodo del aceite), teniendo cuidado de no contaminar la manguera al hacer contacto en su extremo de muestreo, con los bordes interiores del puerto de muestra.
6. Extraer una muestra de aceite (100 ml), para asegurar que todos los contaminantes se han eliminado del puerto de muestreo (purga).

7. Accionar la bomba y llenar la botella hasta el nivel especificado máximo 800 ml.

8. Identificación de la muestra de aceite. Empresa, Marca y modelo del vehículo, numeración que lo identifica, fecha de la toma, tipo de aceite, horas de servicio del aceite, lectura acumulada del hodómetro o kilometraje acumulado, observaciones relevantes sobre las características del motor (potencia y RPM), capacidad del cárter y cantidad de lubricante circulando en el sistema, presión de aceite y temperatura del motor.

9. Limpiar los utensilios de muestreo con un solvente orgánico (nafta).

Selección de los carros a emplear en el proceso de muestreo.

Dada las grandes diferencias existentes entre los ómnibus Girón V y VI que conforman el parque de la Empresa de Transportes Escolares de Pinar del Río, estos no pudieron ser considerados como una población, pues se pudo constatar que los mismos solo tenían en común el motor con el que fueron remotorizados. Debido a que estos tenían mucho tiempo en explotación y son disímiles las innovaciones a las que han sido sometidos para mantenerlos operativos sus sistemas de lubricación, de enfriamiento, eléctrico, de alimentación de combustible, entre

otros presentaban varias diferencias. Por tales motivos la selección de los ómnibus se realizó de manera aleatoria. Se realizaron dos extracciones para cuatro valores de recurso diferentes. El valor del recurso entre una extracción y otra se determinó por la siguiente ecuación, aunque fue conveniente que este coincidiera con el momento de entradas de los ómnibus al taller para realizar acciones de mantenimiento.

$$I_m = I_t / 4$$

Donde:

I_m - Recurso de muestreo.

I_t - Recurso de explotación del lubricante.

Durante el recurso de explotación del lubricante Extra Diésel 15W-40 (8000 km) en los motores Yuchai, se establecieron cuatro muestreos a cada ómnibus, valor este admitido por el laboratorio donde se realizaron los ensayos.

Ensayos realizados al lubricante Extra Diésel 15W-40

El agua afecta a la lubricación tanto física como químicamente. El agua es el peor contaminante del aceite; de hecho, es incluso más dañina que las partículas sólidas (Gómez, 2013). Por tal razón se analizó el contenido de

agua en el lubricante según método ASTM D 95 (ASTM International 2005).

- Para ello se vertieron 100 ml de aceite en un balón con 100 ml de solvente (tolueno) se colocó una trampa aforada que va del balón a un condensador por el que circuló agua. Durante 45 minutos el aceite disuelto en el solvente dentro del balón fue calentado, el agua se vaporó y subió al condensador donde se enfrió y quedó en la trampa llena con tolueno, el agua va al fondo.
- Método de ensayo estándar para viscosidad cinemática a 100 OC. (ASTM D 445), se define y determina midiendo el tiempo en segundos que tarda en pasar a través de un tubo capilar, una determinada cantidad de aceite a 40°C o a 100°C (Rivero-Gorgas, 2015).
- Método de ensayo estándar por valoración potenciométrica con ácido perclórico para determinar los números de bases totales según ASTM D 2896 (ASTM International, 2007). El número básico (BN), mide el nivel de reserva alcalina de los aditivos detergentes.
- Método de ensayo estándar para determinar el punto de inflamación según lo normado en el ensayo ASTM D 92 (ASTM

Internacional, 2005). La prueba midió la temperatura mínima a la cual se evaporó suficiente líquido para crear una mezcla, conjuntamente con el aire la cual fue quemada al ser encendida. Flash Point significa que la combustión a esta temperatura dura solamente un instante.

Se tomaron como valores de referencia establecidos por Widman (2014) para comparar los resultados del análisis de las muestras de lubricante en el laboratorio para determinar la salud del aceite en los diferentes valores de recurso muestreado (*tabla*).

Tabla. Valores de alerta y condenatorios para los parámetros del lubricante a evaluar.

Parámetros Evaluados	Valores de alerta y condenatorios establecidos		Unidad de Medida
	Alerta	Condenatorio	
Contenido de agua	0,2	0,25	% v/v
Variación de la viscosidad (Valor Máximo)	18	20	cSt
Variación de la viscosidad (Valor Mínimo)	10	8	cSt
Variación del número básico (BN)	4	3	mg KOH/g
Punto de inflamación	180	160	°C

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Atendiendo a lo planteado en la metodología establecida para llevar a cabo la investigación se seleccionaron un total de ocho ómnibus. Para la primera toma de muestra se trabajó con los carros número 35 y 60 según la designación de la Base. Para la segunda toma de muestras se utilizaron los carros número 36 y 44. En la tercera se trabajó con los carros 63 y 53. Ya en el último y cuarto muestreo se trabajó con los ómnibus

56 y 39. Se determinó según la expresión establecida un recurso de muestreo de 2000 km.

Resultados de los ensayos de laboratorio.

Contenido de agua.

El contenido de agua en el aceite mantuvo un valor constante de 0.10% v/v durante los 8000 km de la investigación, siendo este un valor permitido, evidenciándose buenas condiciones de explotación y buen estado técnico de los motores.

Comportamiento de la Viscosidad Cinemática a 100 °C.

La viscosidad es la resistencia que opone el aceite a fluir libremente; esta es considerada como una de las propiedades más importantes de un aceite lubricante. La operación satisfactoria de una pieza dada de un equipo, depende fundamentalmente del uso de un aceite con la viscosidad adecuada a las condiciones de operación estimadas (Coba-Salcedo, Ramírez-Restrepo, Ahumada-Morales, 2013).

La viscosidad cinemática del aceite en uso durante el desarrollo de la investigación alcanzó valores que se movieron dentro del túnel de lo permisible alcanzando valores máximos de 15.58 cSt a la altura de los 6000 km, pero al final esta variable se acomoda con un valor de 13.44 cSt, alejándose de los valores condenatorios máximo 20 cSt (Widman, 2014).

Número Básico (BN).

La línea base para el Número Básico del aceite Extra Diésel 15W-40 tenía un valor de 15 mgKOH/g, el valor de esta variable durante la investigación presentó un normal decrecimiento hasta alcanzar valores de 6.84 mgKOH/g al cabo de los 8000 km, este decrecimiento se debió al normal agotamiento de los aditivos

básicos del lubricante, por lo que la capacidad de este para neutralizar los ácidos provenientes de la combustión y la degradación propia del aceite decreció, pero aun al máximo recurso analizado no se puso en peligro la vida de la máquina, quedando reservas alcalinas para una posible extensión del plazo de recambio de aceite.

Temperatura de Inflamación.

La temperatura de inflamación del lubricante presentó poca variación manteniendo en todo momento valores muy próximos a la línea base (230°C) y bastante alejados del valor condenatorio (160°C) según Widman (2014), indicando este comportamiento poca o nula dilución con combustible Diésel, evidenciando el buen funcionamiento del sistema de inyección de combustible, la ligera disminución de su valor puede obedecer a una ligera contaminación con combustible. A los 8000 km el lubricante analizado posee una baja contaminación con combustible y esta propiedad posee aun valores que permiten continuar explotando el aceite sin peligro para los motores.

En la *figura* se aprecian los resultados obtenidos en el laboratorio para cada parámetro evaluado según el recurso de muestreo correspondiente. Esto permitió demostrar claramente que en ningún momento del período de explotación

establecido por las normativas de mantenimiento de la Empresa de Transporte de Escolares de Pinar del Río el lubricante Extra Diésel 15W-40 utilizado en los motores Yuchai 4D, ubicados en los vehículos Girones V y VI, sobrepasó los valores límites

(condenatorios) establecidos para la explotación del mismo. Por lo que se puede plantear que el aceite mantuvo buena salud durante esta etapa, garantizando así una adecuada lubricación de las diferentes partes y piezas del motor.

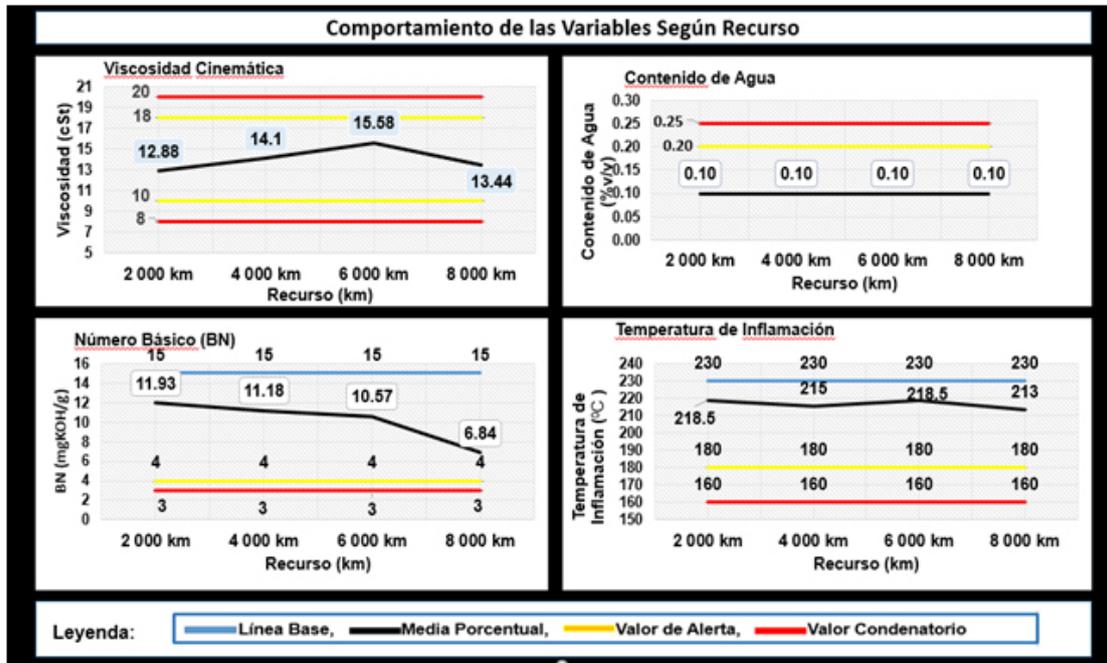


Figura. Resultados de las pruebas realizadas en el laboratorio.

El deterioro de la salud del lubricante, demostró en los experimentos que está acorde con lo regido en las Normas ASTM establecidas para comprobar este factor. También cumple con las diferentes curvas de envejecimiento del lubricante.

Los resultados obtenidos dejaron abierta las puertas a una nueva investigación relacionada con la posibilidad de extender el recurso de recambio del lubricante a 10000 km, o sea 2000 km más que lo establecido

por las normativas de mantenimiento vigentes en el momento de la realización del estudio de comportamiento, las cuales están basadas en tiempo y no en condiciones del lubricante. Esto incurriría en significativos ahorros desde el punto de vista económico y también se traduciría en un positivo impacto ambiental ya que se disminuiría la carga contaminante generada por concepto de recambio del lubricante.

Impactos económicos del estudio de comportamiento.

La presente investigación demostró la efectividad del lubricante de fabricación nacional Extra Diésel 15W-40 para lubricar los motores Yuchai 4D instalados en los ómnibus Girón V y VI de la Empresa de Transportes Escolares de Pinar del Río. Cubalub comercializa dicho aceite con un costo de 2,23 CUP por litro. Los motores Yuchai 4D tienen una capacidad en su cárter para 13 litros de aceite, según la periodicidad de recambio del lubricante establecida en el régimen de mantenimiento diseñado para los mismos se consumen 65 litros de aceite Extra Diésel 15W-40 anual por cada ómnibus, esto genera un costo anual por este concepto para la Empresa de Transportes Escolares de Pinar del Río de 9276,8 CUP ya que esta tiene en su parque 64 ómnibus Girón remotorizados con motores Yuchai 4D. El empleo del lubricante Vecton 15W-40 de la marca Castrol, aceite homologado al Extra Diésel 15W-40, en las mismas condiciones generaría un costo anual, dado su precio de 3,99 CUP por litro, de 16598,4 CUP. Este valor comparado con los resultados anteriores permite afirmar que el empleo del lubricante de factura nacional, además de constituir una sustitución de importaciones, genera un ahorro de 7321,6 CUP al año.

Impactos medioambientales.

Los aceites usados constituyen un residuo peligroso del que se pueden derivar graves daños medioambientales como consecuencia de que estos no son totalmente biodegradables y además porque se generan en volúmenes elevados. Una gestión inadecuada en la manipulación y reciclaje de los mismos puede, entre otras cosas, provocar daños importantes en el medio ambiente.

Los resultados obtenidos en la investigación constituyeron el paso inicial para valorar y proponer el aumento del recurso de recambio del lubricante estudiado, esto garantizaría una disminución del volumen de aceite residual generado por estos ómnibus y por consiguiente menos índices de contaminación atmosférica, coincidiendo con los criterios de Mederos (2011).

CONCLUSIONES

- Con la investigación se demostró que el aceite Extra Diésel 15W-40, a la altura de los 8000 km de explotación en los motores Yuchai 4D de los ómnibus Girón V y VI de la Empresa de Transportes Escolares de Pinar del Río, cumple con los parámetros establecidos para su funcionamiento.
- La investigación demostró que se puede optimizar el recurso

de explotación del lubricante, lo que generaría un impacto importante desde el punto de vista de eficiencia energética en la Empresa de Transportes Escolares de Pinar del Río.

- Se corroboró la existencia de gran potencial para disminuir la carga contaminante al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM International (2005). Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester D 92-05a. In: *Annual Book of ASTM Standard*. Section 05.1 Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/D92.htm>
- ASTM International (2005). Standard Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation. In: *Annual Book of ASTM Standard*. Section 05.1 Petroleum Products, Lubricants, And Fossil Fuels. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/D95.htm>
- ASTM International (2006). Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids D445-06. In: *Annual Book of ASTM Standard*. Section 05.1 Petroleum Products, Lubricants, And Fossil Fuels. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/D445.htm>
- ASTM International (2007). Standard Test Method for Base Number of Petroleum Products by Potentiometric Perchloric Acid Titration. In: *Annual Book of ASTM Standard*. Section 05.1 Petroleum Products, Lubricants, And Fossil Fuels. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/D2896.htm>
- Coba-Salcedo, M.F, Ramírez-Restrepo, R., Ahumada-Morales, C. (2013). Diseño y construcción de un viscosímetro Saybolt y su implementación como instrumento didáctico. *Scientia Et Technica*, 18(2), 387-393. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84929153015> ISSN 0122-1701.
- Fitch, B. (2014). Anatomy of a Representative Oil Sample: Part 2 - Sample Extraction Tools. *Machinery Lubrication* (4), 25-27. Recuperado de <http://machinerylubrication.com/Read/29705/oil-sample-extraction>
- Gómez, Y.A. (2013). Contribución al desarrollo y mejora para la cuantificación de la degradación en aceites lubricantes usados de MCIA a través de la técnica

- de espectrometría infrarroja portransformada de Fourier (FT-IR). (Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias). Valencia, España.
- Hechavarría-Pérez, J.R., Castañeda-Sandes, J.C. & Iskander-Concepción, Y. (2014). Análisis del consumo de aceite de motor en grupos electrógenos de la provincia de Holguín. *Ciencias Holguín*, 10(3), 1-12, ISSN 1027-2127. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181531517007>
- Ligier, J.L. & Noel, B. (2015). Friction Reduction and Reliability for Engines Bearings. *Lubricants*, 3(3), 569-596. doi:10.3390/lubricants3030569 Recuperado de www.mdpi.com/journal/lubricants
- Mederos, S.S. (2011). *Aceite lubricante usado*. La Habana: Centro de Investigación del Petróleo.
- Quesnel, B. (2017). Best Practices for Using Oil Analysis in Lubrication Management. *Machinery Lubrication* (4). Recuperado de <http://machinerylubrication.com/Read/30767/oil-analysis-practices>
- Quintana-Tamayo, J.F., Martínez-Pérez, F., Vázquez-Jorge, Y.G. & Ramírez-Arzuaga, J. (2014). Estudio de factibilidad para optimizar frecuencia de reemplazo del lubricante, en Grupos Electrógenos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(3), 60-68. Recuperado de <http://scieloprueba.sld.cu/pdf/rcta/v23n3/rcta10314.pdf> ISSN 1010-2760
- Rivero-Gorgas, R. (2015). *Una valoración a partir del análisis de lubricantes Estado técnico del motor diésel Kamaz*. (Tesis en opción al grado científico de Máster en Mantenimiento). Universidad de Holguín, Cuba.
- Widman, R. (2017). *Contaminantes en el Aceite*. Santa Cruz. Bolivia. Recuperado de <http://www.widman.biz/boletines/46.html>