

ARTÍCULO ORIGINAL

La contaminación del aceite de motor SAE 15W40, en tractores del Estado de Anzoátegui, Venezuela

Contamination of the motor oil SAE 15W40, in tractors of the Anzoátegui State, Venezuela

Dr.C. Pedro Paneque Rondón^I, Dr.C. Annia García Pereira^I; M.Sc. María de los Ángeles Ruiz Meneces^{II};
Dr.C. Eugenio Romantchik Kruskova^{III}; M.Sc. María Victoria Gómez Águila^{III}

^IUniversidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{II} Universidad Tecnológica Territorial José A. Anzoátegui, El Tigre, Edo. Anzoátegui, Venezuela.

^{III} Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Chapingo, Texcoco, Edo. México.

RESUMEN. La investigación fue desarrollada en la Empresa Integral de Producción Agraria Socialista José Inácio de Abreu e Lima, del Tigre, Municipio Simón Rodríguez del Estado Anzoátegui, Venezuela, tuvo como objetivo determinar el nivel de contaminación del aceite de motor SAE 15W40, usado en los motores de los tractores New Holland T8.360, en relación a sus propiedades más importantes, trabajando bajo las condiciones de la agricultura de dicha empresa. La investigación teórica así como los datos experimentales y estadísticos, permitieron evaluar las propiedades y características más importantes de los aceites de motor provenientes del mantenimiento de dichos tractores, en tres tiempos diferentes: al comienzo, a mediados y al final de la campaña agrícola. Para estudiar el aceite de motor en dos tractores se utilizaron experimentos que se diseñaron completamente aleatorios. Los resultados de la investigación realizada permitieron presentar como conclusiones que en las muestras de aceites analizadas, el contenido de agua fue menor al 0,1%, la viscosidad del aceite no fue significativa entre los tractores, pero varió con respecto al tiempo, arrojando valores medios de 121 cSt, la cantidad de partículas se incrementaron con respecto al tiempo, llegando a 68 469 las partículas > 4 µm al final de la campaña, y los aceites evaluados durante los tres periodos de toma de las muestras, quedaron por debajo o igual al nivel de contaminación aceptado por la la norma ISO 4406, para aceite de motor.

Palabras clave: contenido de agua, viscosidad, partículas contaminantes.

ABSTRACT. The research was carried out in the Integral Company of Agrarian Socialist Production José Inácio de Abreu e Lima, of the Tiger, Municipality Simón Rodríguez of the State Anzoátegui, Venezuela, having as objective to determine the level of contamination of the motor oil SAE 15W40, used in the motors of the tractors New Holland T8.360, in relation to its more important properties, working under the conditions of the agriculture in this company. The theoretical research as well as the experimental and statistical data allowed to evaluate the properties and more important characteristics of the motor oils coming from the maintenance of this tractors, in three different times: at the beginning, at the half and at the end of the agricultural campaign. The results of the research allowed presenting as conclusions that in the analyzed samples of oils, the content of water was smaller to 0.1%, the viscosity of the oil was not significant among the tractors, but it varied with regard to the time, throwing mean values of 121 cSt. The quantity of particles was increased with regard to the time, arriving at 68 469 the particles > 4 µm.m to the end of the campaign, and the oils evaluated during the three periods of taking of the samples, were for under or similar to the level of contamination accepted by ISO 4406, for motor oil.

Keywords: content of water, viscosity, polluting particles.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aceite es el factor que más influye en el rendimiento y en la vida útil de un sistema, debido a que le ocasiona daños catastróficos y degradantes (Amoroso, 2001).

Así mismo, para garantizar el correcto funcionamiento de los camiones, tractores, vehículos en general y la vida útil de

estos complejos elementos, cada vez más sofisticados y con tolerancias de fabricación más estrictas, se hace necesario que la limpieza de los sistemas de lubricación, su filtrabilidad y la no formación de residuos en los aceites, sean exigencias prioritarias de los usuarios, sobre estos tópicos hacen referencias

manuales como Volvo (2003), también autores como Arnal y Laguna (2000), lo refieren en su trabajo, así como el *Grupo Empresarial Prince*, (2015).

Además del problema ecológico que representa desechar el aceite lubricante usado, tiene una seria repercusión en la economía nacional, ya que cada vez los recursos provenientes del petróleo van disminuyendo (Pérez *et al.*, 2003a). El mantenimiento de los tractores es de suma importancia debido a la necesidad de conservarlos, ya que la reposición de éstos, por nuevos, es una inversión demasiado costosa (Licona, 2006). Las labores de mantenimiento del tractor involucran el cuidado que se debe tener sobre los componentes mecánicos, así como el manejo adecuado de los combustibles y lubricantes (Albarracina, 2012).

La contaminación del aceite se debe a la presencia de materias extrañas, ajenas a su naturaleza, tales como partículas sólidas, líquidas y gaseosas, que alteran sus propiedades y características, particularmente, su viscosidad (Paneque, 1998). A consecuencia de la contaminación, el aceite contaminado se convierte en el principal factor causante de fallos, en razón a que las partículas mencionadas provocan obstrucciones, desgastes y roturas de los componentes (Paneque y Pérez, 2006).

Los deterioros por degradación normalmente están en función del tiempo y son causados por micro partículas de dimensiones iguales o más pequeñas que las tolerancias de las partes en movimiento, originando un desgaste acelerado y fugas excesivas, hasta un punto que se hace necesario la sustitución del componente (Vickers, 2015).

El análisis de laboratorio del aceite lubricante se emplea para saber qué es lo que está pasando en el interior del motor, que lo ayuda a reducir tiempo, reducir costos de reparación, prolongar la vida de la máquina, entre muchas otras ventajas, además de que dicho análisis nos ayuda a tener una idea más clara de las condiciones en que se encuentra el aceite lubricante (*El sistema de lubricación, 2015; Manual técnico para el manejo de aceites lubricantes usados, 2015*). Después de su uso el aceite adquiere concentraciones elevadas de metales pesados debido al desgaste del motor y por el contacto con los combustibles, es por ello, que es necesario determinar las condiciones del aceite nuevo así como el resultado obtenido después de lubricar el motor con el fin de determinar las condiciones del aceite, puesto que una vez que ha alcanzado los límites de su utilidad debe ser cambiado para identificar los problemas a tiempo y antes de que causen un daño permanente en la máquina (Fernández *et al.*, 2001).

Como en el país los trabajos realizados sobre el tema son insuficientes, principalmente en máquinas de uso agrícola, el análisis de aceites contaminado se presenta como una medida importante para afrontar de forma decisiva la problemática planteada (Pérez y Paneque, 2007). Sin embargo, como todo tipo de aceite, se encuentra siempre expuesto a algún tipo de contaminante (Norma Venezolana, 2002). La eliminación total de su contaminación es prácticamente imposible, pero es necesario hacer un análisis científico de los características y

propiedades de los aceites en dependencia de la contaminación del aceite; lo cual fundamenta el presente trabajo, cuyo objetivo es: “Evaluar las propiedades y características más importantes de los aceites de motor provenientes del mantenimiento de los tractores New Holland T8.360”.

MÉTODOS

Características del análisis de aceite

El análisis de aceite consiste en una serie de pruebas de laboratorio que se usan para evaluar la condición de los lubricantes usados. Al estudiar los resultados del análisis se obtiene la información suficiente que permite tomar decisiones en cuanto a la necesidad de cambiar el lubricante o de someterlo a un proceso de filtración o de diálisis. Con este análisis también se puede elaborar un diagnóstico sobre la condición de desgaste del equipo y sus componentes.

Consideraciones para el muestreo (Pérez, 2005)¹

- Las muestras de aceite lubricante deben ser tomadas del aceite en circulación y con el motor en operación;
- La muestra debe ser tomada en el puerto de muestreo ubicado después del equipo de separación y filtrado, antes del motor;
- Es recomendable tomar la muestra antes de refrescar con aceite nuevo al motor;
- La primera muestra de aceite que se tome al abrir la válvula no debe considerarse, sino la siguiente, porque de lo contrario se estaría analizando el aceite acumulado en esa sección de la tubería;
- El recipiente empleado para la muestra debe ir debidamente marcado para su completa identificación. Los datos que se deben especificar con la muestra de aceite son: Nombre y marca del aceite, volumen de aceite que utiliza el equipo, compensación y fecha de toma de la muestra de aceite. Las muestras deben enviarse inmediatamente;
- Los resultados deben ser interpretados por un técnico certificado.

Interpretación del análisis de aceite

Numero Básico Total: El TBN mide la reserva alcalina del aceite lubricante. El azufre en el combustible es convertido en productos ácidos, durante su combustión. Niveles bajos de TBN pueden conllevar a una corrosión ácida, esto incrementa la tasa de desgaste del motor y reduce la vida útil de sus componentes. Niveles altos de número base, pueden formar depósitos en el motor. Se recomienda el uso de aceites con TBN entre 50–55 cuando se opera con combustibles pesados con niveles de azufre >2% por peso. El nivel máximo permitido cuando se opera en HFO (Fuel Oil Pesado) es de 50% del nivel original del aceite (Norma ISO 4406, 1999).

Viscosidad: Es un factor importante para predecir el desempeño, la fatiga de cojinetes y engranajes. La viscosidad

¹ PÉREZ, L.: *Influencia de la contaminación en los parámetros de funcionamiento y régimen de trabajo de bombas y motores hidráulicos*, Tesis de Doctorado, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2005.

típica para un aceite SAE 40 es de 13,5 a 15,0 cSt a 100 °C. Los límites máximos y mínimos son del -20% y +25% de los niveles del aceite fresco. Y la viscosidad típica a 40°C es de 135 a 150 cSt. Con límite mínimo -25% y límite máximo +45%.

Índice de Viscosidad: La mayor parte de los motores de velocidad media tienen un aceite con un índice de viscosidad (IV) entre 95 y 110. Los cambios de viscosidad del aceite recomendados para el desempeño óptimo del motor son: máximo $\pm 15\%$ de los niveles originales del aceite fresco a 100°C y máximo $\pm 25\%$ de los niveles originales del aceite fresco a 40°C.

Agua: Si se incrementa el número de moléculas de agua en el aceite, este se satura tomando un aspecto turbio y agua libre aparece en el aceite. Productos de la corrosión también pueden contribuir a la formación de desperdicios sólidos y a la formación de picaduras en las superficies del metal. Los efectos de estas reacciones son productos indeseables, tales como barnizado, laqueado, lodos, ácidos orgánico e inorgánicos, depósitos en las superficies y espesado del lubricante (polimerización). El contenido máximo de agua en el aceite es de 0,3% por volumen o peso.

Materiales:

Dos tractores New Holland T8.360.

Siete envases de agua mineral de 120 mL.

Aceite lubricante ultradiésel multigrado con desempeño SAE 15W40.

Descripción del diseño experimental a utilizar

Para estudiar el aceite de motor en dos tractores se utilizaron experimentos que se diseñaron completamente aleatorios, debido a que se podían conseguir unidades experimentales similares (motores de los tractores y cantidad de partículas). En el estudio, se evalúa el aceite SAE 15W40 como elemento principal, utilizado en dos tractores de una misma marca (trabajando en condiciones similares) y en función del tiempo de trabajo (tres observaciones espaciadas a cada tres meses).

Para el desarrollo de la investigación se realizaron tres observaciones (5 muestras de aceite por tractor), para el estudio se parte de una muestra inicial (I) de aceite nuevo, a su vez tomado como testigo y luego, se completa la muestra al realizar dos observaciones, una a los tres meses (II) y otra al completar seis meses (III), siguiendo el mismo procedimiento en cada una. En cada observación, se tomaron 5 muestras por tractor (500 mL) activo en labores agrícolas, entre las labores desarrolladas está la preparación de suelo y atenciones culturales a diferentes variedades en desarrollo. Posteriormente la muestra obtenida fueron trasladadas cuidadosamente en frascos herméticamente cerrados, cumpliendo los requisitos establecidos en la norma y se llevaron al laboratorio de fluidos de la Universidad de Oriente, Municipio Barcelona, Estado Anzoátegui, Venezuela, para determinar algunas las propiedades que se mencionan a continuación: viscosidad, contenido de agua y cantidad de partículas.

Determinación experimental de las principales propiedades y el nivel de contaminación del aceite de motor SAE 15W40, empleado en tractores New Holland T8.360, mediante pruebas de laboratorio

Una vez en el laboratorio se determinaron según los procedimientos establecidos para tal efecto, la viscosidad, el contenido de agua y la cantidad de partículas contaminantes en el aceite según los tamaños de partículas recomendadas.

Viscosidad

La viscosidad se obtuvo en el laboratorio de fluidos de la Universidad de Oriente, Municipio Barcelona, Estado Anzoátegui, Venezuela, La prueba estándar de Viscosidad Cinemática es la ASTM que reporta los resultados en Centistokes (cSt) a 100 °C ó 40 °C (Pérez *et al.*, 2003b).

Contenido de agua

El contenido de agua de las muestras se midió en el laboratorio de fluidos de la Universidad de Oriente. Debido a los efectos adversos del agua en el aceite, se ha determinado el nivel máximo del contenido de ésta para aceites hidráulicos en un rango de 200 a 300 partes por millón (ppm) Sandino (1999), que de forma práctica significa no exceder aproximadamente del 0,30% del volumen (Steve1994)².

Contaminación por partículas

El análisis de las partículas se realizó en el laboratorio de fluidos de la Universidad de Oriente, tomando en cuenta el tamaño, así se analizó la cantidad de partículas > 4 µm; > 6 µm; >de 14µm. La cantidad de partículas está dada mL (Norma ISO 4406, 1999).

Niveles de contaminación del aceite en motores de tractores

Para la determinación del nivel de contaminación se emplea la norma ISO 4406 a través de la asignación de los códigos de limpieza para los fluidos, en este caso para el aceite de motor. En esta norma los códigos se asignan a un determinado número de partículas de contaminación, a través de las cuales se expresa la limpieza del fluido en códigos (Norma ISO 4406, 1999).

Según la norma ISO 4406 (Tabla 1) los niveles de contaminación permisibles no pueden exceder el rango de 24/21, ya que entonces se encuentra completamente contaminado el aceite y es necesario cambiarlo, las contaminaciones por debajo del rango 20 se consideran moderadas y por debajo de 15, bajo nivel de contaminación.

² STEVE, D. U.: *Is there water in your oil?* Technical Manager. Article Reproduced from: Issue of fluid & Air Technology, USA, 1994

TABLA 1. Códigos de limpieza según la norma ISO 4406

Número de partículas por ml		
mas de	Hasta	Número de rango
80,000	160,000	24
40,000	80,000	23
20,000	40,000	22
10,000	20,000	21
5,000	10,000	20
2,500	5,000	19
1,300	2,500	18
640	1,300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9

Metodología para el procesamiento y análisis estadístico de los datos referidos al nivel de contaminación que se produce en el motor del tractor New Holland T8.360 en función del tiempo de trabajo

Una vez obtenidos los resultados de laboratorio de las propiedades estudiadas para el aceite de cada tractor, en los tiempos evaluados, los datos son exportados al software especializado STHATGRAPHIC v 5.1 para realizar un análisis de varianza doble, a través de la determinación del cumplimiento de las hipótesis plantea-

das, tomando como variables, las propiedades y como tratamientos los tractores y el tiempo transcurrido entre las observaciones.

El análisis se realizará buscando si existe diferencia significativa para cada propiedad en estudio según los tractores evaluados y el tiempo transcurrido entre cada observación. Para ello se establece como hipótesis que en cada propiedad, exista o no (H_0 y H_1) diferencias significativas entre los resultados por tractores, y en función del tiempo para un nivel de confianza del 95%. De particular interés será la interacción que se establece entre las propiedades y los factores estudiados

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la Empresa

La Empresa Integral de Producción Agraria Socialista “José Inácio de Abreu E Lima S.A.” (EIPAS) se encuentra ubicada en la carretera Nacional vía Pariaguán sector Cerro El Policía, campamento Soya No. 41, el Tigre, Estado Anzoátegui, la cual ocupa una superficie de más 40000ha (Figura 1).

Esta empresa ha sido dotada con maquinaria nueva, tractores New Holland de procedencia brasileña y Belarus de procedencia bielorrusa, máquinas agrícolas e implementos de Argentina y Brasil, así como tecnología de riego de procedencia española.

Para garantizar el cumplimiento de los planes de siembra y cosecha de los diferentes cultivos, la empresa cuenta con un amplio y diverso parque mecanizado compuesto por más de 158 tractores de diferentes marcas, 79 implementos agrícolas, 30 máquinas de pivote central destinadas al riego, 60 equipos de transporte y 16 cosechadora.

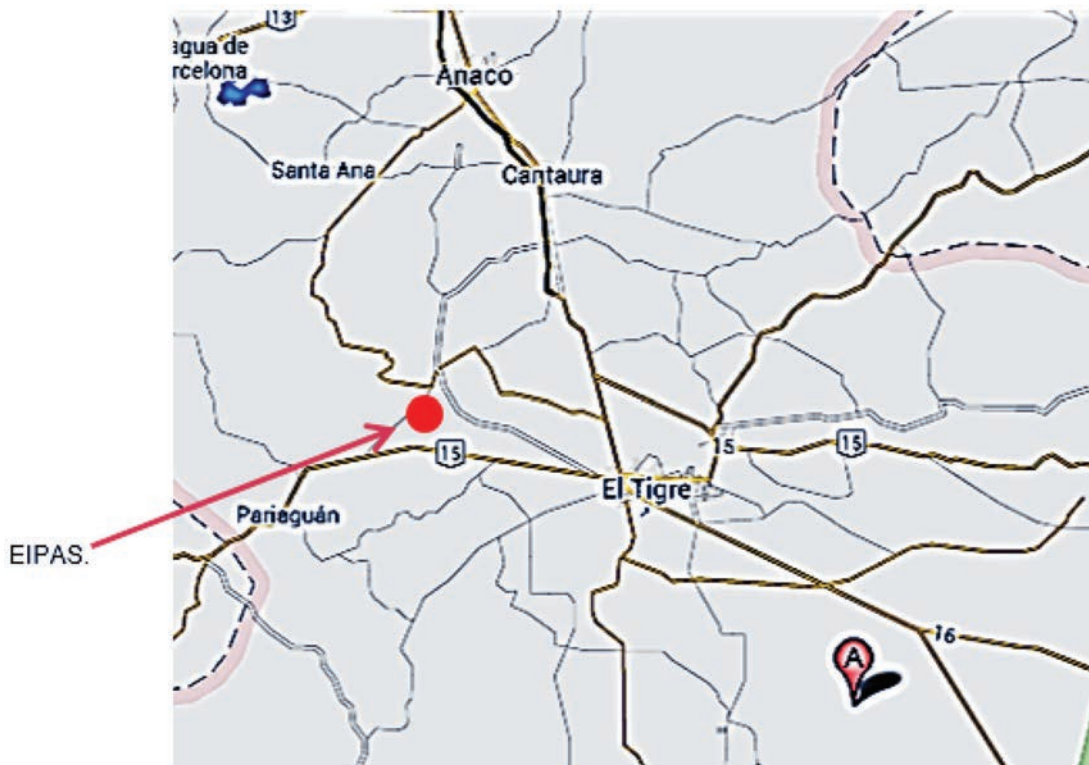


FIGURA 1. Mapa referencial. Fuente: Google (2015).

En pro de garantizar el cumplimiento de los planes de siembra y cosecha, la EIPAS a través del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Tierra, dio inicio a comienzos de 2009 la producción del cultivo de soya como parte del proyecto integral de desarrollo y transferencia tecnológica entre Venezuela y Brasil; el cual contempla la ejecución de 35 000 ha, destinada a la obtención de este cultivo para la elaboración de alimentos concentrados para el consumo animal, además de otros productos como lácteos de soya, aceites comestibles y semillas.

A partir del año 2012 se conforma la EIPAS con el fin de independizar la empresa generando autonomía para la consolidación de la producción agrícola en la mesa de Guanipa.

Resultados de la determinación experimental de las principales propiedades y el nivel de contaminación del aceite de motor SAE 15W40, empleado en tractores New Holland T8.360, mediante pruebas de laboratorio

Los resultados del estudio realizado del aceite en los tractores (Tabla 2), mostraron que el comportamiento del contenido de agua fue similar en ambos tractores todo el tiempo, no comportándose así la viscosidad y la cantidad de partículas, que se incrementaron con respecto al tiempo, con valores ligeramente superiores en el tractor número 2.

TABLA 2. Propiedades del aceite de motor SAE 15W40 en cada observación realizada

Característica	Al inicio.		A los tres meses		A los seis meses.	
	Tractor 1	Tractor 2	Tractor 1	Tractor 2	Tractor 1	Tractor 2
Viscosidad (cSt)	120,752	120,426	121,81	123,038	123,038	123,124
Contenido de agua (%)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cantidad de partículas > 4µm	20637	35109	35888	61986	54938	68469
Cantidad de partículas > 6 µm	5335	12978	10893	24336	19087	63585
Cantidad de partículas > 14 µm	743	1140	1244	1586	2257	2389

Al analizar el cambio de la viscosidad se aprecia un incremento de 2,33 y 2,37 cSt desde la primera observación hasta transcurrido seis meses (tercera observación) para los tractores 1 y 2, respectivamente. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Pérez y Paneque (2007), para aceites en condiciones de explotación y se ratifica que el aumento de esta propiedad viene dado por la introducción de partículas contaminantes que llegan desde el medio circundante y aquellas que se desprenden por el rozamiento con las partes componentes del motor.

El contenido de agua se mantuvo constante durante todas las observaciones, lo cual es lógico teniendo en cuenta que el motor se encuentra herméticamente cerrado y que el efecto de condensación no es tan marcado ya que debido a las altas temperaturas de trabajo más bien el efecto sobre el aceite es de evaporación de su contenido de agua coincidiendo con Pérez *et al.* (2003).

Al analizar la presencia de partículas contaminantes entre la observación inicial y final (a los seis meses), clasificada por su tamaño, en todas las tallas estudiadas se aprecia un incremento en aproximadamente del 50% del número de estas lo que se manifiesta por la entrada de agentes como: polvo, limallas, residuos de gomas, etc. que son materiales propios de los componentes de los sistemas donde circula el aceite y del medio donde trabajan los tractores, en este caso labores agrícolas, que son consideradas altamente nocivas.

Resultados del procesamiento y análisis estadístico de los datos referidos al nivel de contaminación

que se produce en el motor del tractor New Holland T8.360 en función del tiempo de trabajo

Viscosidad

La viscosidad dado por sus valores promedio muestran que el valor de ésta propiedad en el tractor 2 supera en un 27% a la del tractor 1.

Como se aprecia en la Figura 2, el comportamiento de la viscosidad en los dos tractores se incrementa en el tiempo, con valores ligeramente superiores en el 1er trimestre, lo que está asociado a un mayor número de horas de trabajo dedicadas a la roturación de suelo, según reporte de la empresa; en el segundo trimestre analizado no se aprecian diferencias de relevancia.

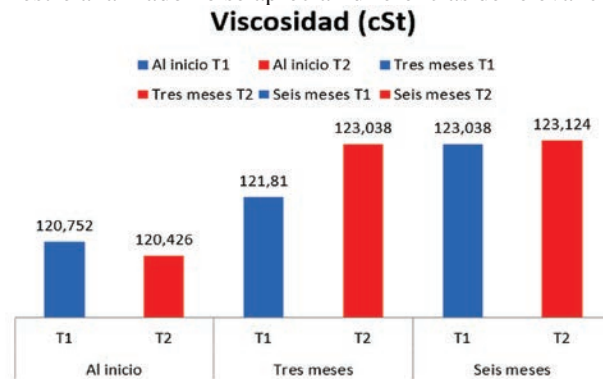


FIGURA 2. Valores promedio de viscosidad en función de los factores estudiados.

Los resultados del laboratorio arrojaron que en todas las muestras el contenido de agua fue menor al 0,1% por lo que no fue necesario realizar el análisis estadístico, además este valor es menor que el límite máximo aceptable de agua en los motores de tractores (0,3%).

Contaminación por partículas

El análisis de las partículas se realizó tomando en cuenta el tamaño de las mismas, así se analizó la cantidad de partículas > 4 µm; >6 µm; >14 µm. La cantidad de partículas está dada por mL.

Las medias de los tratamientos para las partículas >4 se muestran en la Figura 3 las mismas muestran un incremento gradual, significativo en función del tiempo.

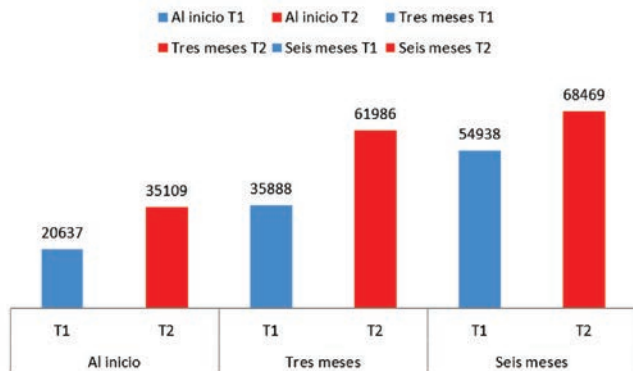


FIGURA 3. Cantidad de partículas >4 µm de los dos tractores, al inicio, a los tres meses y a los seis meses de trabajo.

Las medias de los tratamientos para las partículas >6 se muestran en la Figura 4, las mismas muestran un incremento gradual, significativo en función del tiempo, sobresaliendo en este sentido el tractor dos (T2) en el segundo trimestre de observación.

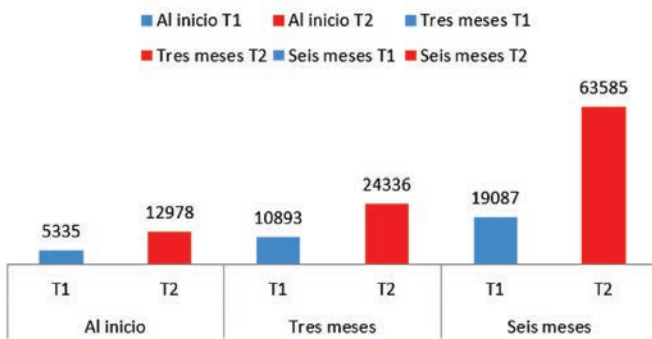


FIGURA 4. Cantidad de partículas >6 µm de los dos tractores, al inicio, a los tres meses y a los seis meses de trabajo.

Las medias de los tratamientos para las partículas >14 µm se pueden observar en la Figura 5, las mismas muestran un incremento gradual, significativo a medida se aumenta el tiempo de observación, mostrando además un comportamiento similar al comparar ambos tractores.

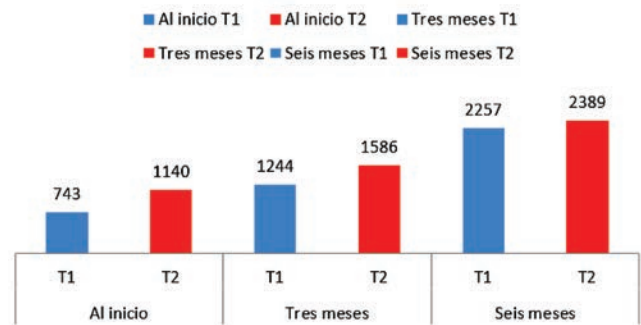


FIGURA 5. Cantidad de partículas >14 µm de los dos tractores, al inicio, a los tres meses y a los seis meses de trabajo.

Niveles de contaminación del aceite en motores de tractores determinados en las pruebas de laboratorio

Usando la norma ISO 4406 se obtuvo los códigos de limpieza (Tabla 1), para los niveles de contaminación, los cuales se presentan en la Tabla 3, donde se muestran los códigos obtenidos. Para aceites de motor el código normado es el 24/21 (Norma ISO 4406, 1999).

Teniendo en cuenta los resultados de la Tabla 3, el tamaño de partícula que mayor incidencia tiene sobre el nivel de contaminación es la > 4µm, con valores de 54938 y 68469 obtenidas de los aceites de los tractores I y II, respectivamente (Tabla 3) lo que ubica al aceite estudiado en el código 24/18, siendo 24 el límite permisible para la contaminación de un aceite de motor. En todos los casos el nivel de contaminación pasado seis meses de trabajo se clasifica como moderado.

De esta forma y con los resultados encontrados se debe mostrar al usuario los beneficios que puede significar controlar el nivel de contaminación presente en el aceite y siempre que sea posible eliminar aunque sea parcialmente esa contaminación indeseable y evitar que llegue a provocar daños catastróficos sobre el equipo, para evitar tanto las pérdidas para su economía, como para la reducción de la contaminación del medio ambiente.

TABLA. 3. Códigos de los niveles de contaminación

Tratamiento	Partículas >4µm	Partículas >6µm	Partículas >14µm	Códigos obtenidos
Aceite al inicio, tractor 1	20 637	5 335	743	23/17
Aceite al inicio, tractor 2	35 109	12 978	1 140	23/17
Aceite a los tres meses tractor 1	35 888	10 893	1 244	23/17
Aceite a los tres meses tractor 2	61 986	24 336	1 586	24/18
Aceite a los seis meses tractor 1	54 938	19 087	2 257	24/18
Aceite a los seis meses tractor 2	68 469	63 585	2 389	24/18

CONCLUSIONES

- La investigación teórica así como los datos experimentales y estadísticos, permitieron determinar las propiedades y el nivel de contaminación del aceite SAE 15W40, en función del tiempo de trabajo bajo condiciones de la agricultura del Estado de Anzoátegui, Venezuela.
- El aceite evaluado durante los seis meses de estudio incrementa los valores de viscosidad en 2,33 y 2,37 cSt; de partículas con tamaño > 4µm, a valores de 54938 y 68469; de partículas con tamaño > 6µm a valores de 19087 y 63585; de partículas con tamaño > 14 µm a valores de 2257 y 2389, para los tractores 1 y 2 respectivamente, mientras que el contenido de agua permanece <0,1% durante toda la investigación.
- El número de partículas como agentes contaminantes durante el tiempo de observación se incrementó en más de un 45%, y se corroboró que además existe diferencia significativa para esta propiedad en función de los tractores empleados en el estudio.
- Los códigos de limpieza obtenidos muestran que el aceite estudiado, presenta un nivel de contaminación moderado 24/19 según la norma ISO para este tipo de motor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMOROSO, A.: *Contaminación del aceite lubricante [en línea]* 2013, Argentina. Disponible en: http://www.viselubricantes.cl/PDF_Mobil/Contaminacion_del_lubricante_e.pdf [Consulta: 22 abril 2015].
- ALBARRACINA, G. P.: *Tribología y Lubricación, [en línea]* 2012, disponible en: www.pedroalbarracinaguillon.com/ [Consulta: 22 abril 2015].
- ARNAL, P. V. y A. LAGUNA: *Tractores y motores agrícolas*, Ed. Mundi-Prensa. ISBN 84-7114-645-2, España, 2000.
- El Sistema De Lubricación - Aprendiendo Mecánica Diésel: [en línea]* 21 de abril de 2015, disponible en: <https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanica-diesel/circuito-de-lubricaci%C3%B3n> [Consulta 5 de mayo 2015].
- FERNÁNDEZ, M., Y. NORES y D. LORA: “Determinación de la periodicidad real de cambio del aceite motor en una muestra de tractores ligeros de una unidad productiva”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 20 (3): 81-85, 2001.
- GRUPO EMPRESARIAL PRINCE: *Los productos con los cuales el Grupo Empresarial Princes hace presencia en el mercado mundial, [en línea]* 2015, Disponible en: <http://www.princesoil.com/Products/> [Consulta: 6 de mayo 2015].
- LICONA, L. E.: *El sistema de lubricación de los motores Diésel, [en línea]* 2006, Disponible en: <https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanica-diesel/circuito-de-lubricaci%C3%B3n> [Consulta: 6 de mayo 2015].
- NORMA ISO 4406. *Asignación de código de limpieza. [en línea]* 1999, Disponible en: <http://www.hidrafilter.com/normasiso4406.htm> [Consulta: abril 21 2015].
- NORMA VENEZOLANA COVENIN 829:2002 B: *02 Productos derivados del petróleo. Aceites básicos*, Vig. 2002.
- Manual Técnico para el Manejo de Aceites Lubricantes Usados, [en línea]* 2015, Disponible en: <https://www.uis.edu.co/.../Manejo%20de%20Aceites%20Lubricantes%2> [Consulta: abril 21 2015].
- PANEQUE, R. P. y L. PÉREZ S: “Fundamentos teóricos y la influencia de la contaminación en los parámetros de funcionamiento y régimen de trabajo de la máquina hidráulica rotatoria”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 15 (Esp): 26-29, 2006.
- PANEQUE, R. P.: “Módulo de Oleohidráulica”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 7 (1): 43-45, La Habana, Cuba.1998.
- PÉREZ, S. L. y P. PANEQUE: “Comportamiento del aceite hidráulico y la influencia de su contaminación en los sistemas hidráulicos de los tractores”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 16 (1): 81-85, 2007.
- PÉREZ, L.; P. PANEQUE y A. LLAMAS: “Análisis de tres bombas hidráulicas de engranajes con aceite en estados diferentes”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 12 (4):19-22, 2003.
- PÉREZ, L.; P. PANEQUE y A. LLAMAS: “Análisis de un aceite hidráulico en estados diferentes”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 12 (4): 23-26, 2003.
- SANDINO, C. A.: *Agua en el aceite. Problemas que causa la presencia de agua en sistemas de lubricación e hidráulicos. [en línea]* julio 1999, Disponible en: <http://www.revistamarina.cl/revistas/1999/1/sandino.pdf> [Consulta: abril 21 2015].
- VICKERS SYSTEM: *hydraulic system [en línea]* 2015, Disponible en: https://www.google.co.ve/?gws_rd=ssl#q=57.%09Vickers+System+ [Consulta: mayo 6 2015].
- VOLVO: *Manual de servicio camiones, NC USA [en línea]* 2003, www.volvotrucks.com/.../VTNA_Tree/.../PV776-TSPI88821.pdf [Consulta: mayo 6 2015].

Recibido: 10/12/2014.

Aprobado: 16/07/2015.

Publicado: 05/09/2015.

Pedro Paneque Rondón, Profesor e Investigador Titular, Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: paneque@unah.edu.cu

Annia García Pereira, Correo electrónico: annia@unah.edu.cu

María de los Ángeles Ruiz Meneces, Correo electrónico: mariadlosangelesruiz@gmail.com

Eugenio Romantchik Kruskova, Correo electrónico: eugenio.romantchik@gmail.com

María Victoria Gómez Águila, Correo electrónico: mvaguila@hotmail.com

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.