

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz

Análisis comparativo, DEL COMPORTAMIENTO DEL TBN EN LOS ACEITES DE MOTORES DIESEL, efectos y formación de ácido sulfúrico en el proceso de combustión, determinando la vida útil del aceite.

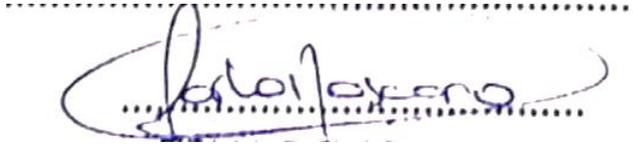
TOSCANO MOSQUERA CARLOS ANDRES

Director: Msc Juan Carlos Rubio Terán

Quito, 2020

CERTIFICACION

Por medio del presente certificado damos a conocer que el artículo presentado es de la autoría de Carlos Andrés Toscano Mosquera, yo declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi propiedad intelectual; este documento no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o certificado profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo los derechos a la Universidad Internacional del Ecuador para su divulgación.



Carlos Andrés Toscano Mosquera

Yo, Ing. Juan Carlos Rubio Terán certifico que conozco los autores de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y de su autenticidad, como de su contenido.



DIRECTOR

DEDICATORIA

El presente lo dedico a mis familiares, a mi esposa y profesores quienes han sido indispensables en esta etapa de mi vida. Con mucho esfuerzo, sacrificio y cariño nos han guiado, formado e inculcado todos los valores que hemos podido aplicar a lo largo de estos años.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer de una manera muy especial a mis familiares a mi padre a mi madre a mi esposa y a todas las personas que han guiado mi camino desde el principio hasta el final, que me han brindado su apoyo incondicional, sus consejos motivadores y su animo para que siempre siga adelante, a todas la personas que han estado junto a mi en lo largo de esta carrera brindándome su apoyo y que han aportado para poder culminar esta etapa de mi vida profesional tan importante, agradecer de manera sincera a mis profesores y en especial mi director por su apoyo incondicional que a sido de gran importancia para culminar con mis estudios, Finalmente, de manera especial quiero agradecer a la Universidad Internacional del Ecuador por haberme brindado la oportunidad de poder formarme dentro de esta institución tan prestigiosa.

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACION	iii
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
INDICE DE CONTENIDOS	7
ARTÍCULO	9
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
FUNDAMENTACION TEORICA	13
Motor de combustión interna.....	13
Motor diésel	13
Ciclo Diésel.....	13
Proceso de admisión:	13
Proceso de compresión:	14
Proceso de combustión	14
IMPORTANTE.....	14
Proceso de escape	14
Residuos producidos de la combustión a diésel.....	15
Acido sulfúrico	16
La correcta aplicación de lubricantes.....	16
MATERIALES Y METODOS	17
Herramienta y metodología.	18
Categoría del aceite.....	19

Tabla 1	20
Tabla 2	21
CONCLUSIONES	22
RECOMENDACIONES.....	22
REFERENCIAS.....	22

ARTÍCULO

Análisis comparativo, DEL COMPORTAMIENTO DEL TBN EN LOS ACEITES DE MOTORES DIESEL, efectos y formación de ácido sulfúrico en el proceso de combustión, determinando la vida útil del aceite.

Ing. Juan Carlos Rubio Terán

UIDE, Quito, Ecuador

Email: jrubio@uide.edu.ec

Carlos Andrés Toscano Mosquera

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: leto.ale.th@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo, analizar el comportamiento del TBN (número básico) en los aceites de motor a diésel, frente a los efectos en la formación de ácido sulfúrico en el proceso de combustión, determinar y comprobar la vida útil de los aceites, se requiere algunos factores correctivos para controlar este aspecto de manera responsable, esta excesiva contaminación puede generar daños al medio ambiente cuando son expulsados a través de la combustión de un motor a diésel, así como producir oxidación en partes importantes de nuestro motor que provocan desgaste prematuro, la combustión de un motor a diésel produce varios componentes tóxicos como es el caso del dióxido de azufre y el ácido sulfúrico, este ácido desgasta y envejece al aceite, produciendo la pérdida de todas sus propiedades de una manera prematura. Programar un mantenimiento preventivo no es una solución completamente efectiva, es importante saber que aceite es el más recomendable en cuanto al nivel de azufre en el combustible diésel, que contenga propiedades adecuadas que interfieran directamente con la oxidación del aceite. Tomando en cuenta estas medidas el artículo busca satisfacer las necesidades del motor corrigiendo las especificaciones adecuadas para el uso de aceite dentro de un motor a diésel, que usa altos contenidos de azufre tal y como pasa en Ecuador. Obteniendo los resultados de la revisión anual que controla los índices de contaminación arrojados en el Distrito Metropolitano De Quito (Revisión Técnica Vehicular) empresa cual aprueba la libre circulación de un vehículo dentro de la capital.

Palabras claves: TBN (Numero Base), Aceite, Acido Sulfúrico.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the behavior of the TBN (basic number) in diesel engine oils, against the effects in the formation of sulfuric acid in the combustion process, to determine and prove the useful life of oils for diesel engine. It's important to have some correctives aspect for the responsible control of pollution; this excessive pollution can be harmful for the environment, as well as for the combustion of the diesel engine. The combustion of a diesel engine produces several toxic components for example, sulfur dioxide and sulfuric acid, the oil can be deteriorated with the presence of sulfuric acid on the combustion, for this reason the oils properties are lost very fast, a schedule preventive maintenance is not an effective solution. It is important to know which oil is most recommended for a diesel engine and for diesel fuel that has adequate properties to avoid oxidation of the oil. The vehicle inspection controls contamination in the Distrito Metropolitano De Quito (Revisión Técnica Vehicular) a Company that approves the free movement of a vehicle within the capital.

Keywords: TBN (Basic Number), oil, Sulfuric Acid.

INTRODUCCION

La presente investigación tiene como objetivo, analizar el comportamiento del TBN(número básico total) en los aceites de motor a diésel, frente a los efectos en la formación de ácido sulfúrico en el proceso de combustión y determinar la vida útil de los aceites, debido a que el TBN expresada en términos del número equivalente de miligramos de hidróxido de potasio (mg KOH/g); es el encargado de neutralizar la acidez producida por la combustión en la cámara y el alto contenido de azufre en el diésel Ecuatoriano. El ministro Carlos Pérez citado por diario El Comercio (2018) menciona que el diésel que se producía en Ecuador antes del 2018 sobrepasaba las 350ppm (partes por millón) y a partir del 12 de marzo del mismo año se confirmó que el diésel en promedio tiene cerca de 227ppm. Por otro lado, Verónica Arias, secretaria de Ambiente Del Municipio De Quito, comenta que en base al último reporte de La Agencia De Regulación y Control Hidrocarbúrico (ARCH) indicó que existe una mejora a partir del mes de agosto, donde se despacha diésel Premium para la ciudad de Quito con un promedio de 110ppm.

Se requiere algunos factores correctivos para controlar o mitigar este aspecto de manera responsable, esta excesiva contaminación puede generar daños al medio ambiente cuando son expulsados a través de la combustión de un motor a diésel, así como producir oxidación en partes importantes de nuestro motor que provocan desgaste prematuro del mecanismo biela manivela (pistones, anillos, cojinetes) y desgaste del mecanismo de distribución de gases (válvulas, guías de válvulas), la combustión de un motor a diésel produce varios componentes tóxicos como es el caso del

dióxido de azufre que en combinación con la humedad que existe en el aire producen ácido sulfúrico, este ácido desgasta y envejece al aceite, produciendo la pérdida de todas sus propiedades de una manera prematura, Cuando se producen daños debido a la presencia de azufre en el combustible, comenzara a aparecer algunos cambios en la potencia del motor. Lo más notable será el desgaste corrosivo que traerá consigo un consumo excesivo de aceite y escape de gases, causando la reconstrucción prematura del motor. (Valderrama, Flores, Bejar, Quispe 2009)

Programar un mantenimiento preventivo en el cambio de aceite y filtros de partículas no es una solución completamente efectiva, es importante saber que aceite es el más recomendable en cuanto al nivel de azufre en el combustible diésel, que contenga propiedades adecuadas que interfieran directamente con la oxidación del aceite, de manera que se neutralice los ácidos producidos por el motor.

El estudio denominado DIAGNOSTICO DE MOTORES DIESEL MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL ACEITE USADO realizado por (Tormos, 2005) concluye e indica que los parámetros más importantes que clasifican a un aceite de motor son:

La viscosidad, la cual está encargada de indicar la capacidad de carga o soporte por parte del aceite usado en nuestros motores.

Su reserva básica o TBN expresada en términos del número equivalente de miligramos de hidróxido de potasio (mg KOH/g), que es directamente proporcional al tipo de combustible a utilizar en el motor.

La detergencia del aceite

Los aditivos en el aceite

El número básico total (TBN) evita que el ácido sulfúrico producido por la combustión de los motores a diésel y sus elevadas partes por millón de azufre, desgaste y envejezca al aceite, disminuyendo sus propiedades y protección al motor y a sus partes móviles. Con la presente investigación se busca determinar si la vida útil del aceite se puede conservar en óptimas condiciones, manteniendo el buen funcionamiento del motor y mejorando su combustión; con el fin de disminuir el porcentaje de contaminación (hidrocarburos) emitido por dichos motores diésel en base al análisis utilizado en la Revisión Técnica Vehicular,

FUNDAMENTACION TEORICA

Motor de combustión interna.

Un motor de combustión interna es básicamente un tipo de maquina que produce energía mecánica directamente de la energía química que se produce de una mezcla de aire y combustible dentro de una cámara de combustión, que vendría a ser la parte principal del motor.

El motor Diésel, llamado así en honor al ingeniero nacido en Francia Rudolf Diésel, funciona con un principio diferente. (Ferreruela, Charif)

Motor diésel

Rudolf Diésel en 1892 quien planteo comprimir solo el aire hasta que este alcanzara una elevada temperatura que le permitiera encender el combustible inyectado en el final de la carrera de

compresión, basándose en que el trabajo de compresión rápida en un medio, incrementa su energía interna y su temperatura.

Es decir que el motor diésel se entiende como un embolo con formación de la mezcla interna, heterogénea y autoencendido, en el tiempo de compresión se comprime el aire entre 30 y 50 bar, mientras que en los motores sobrealimentados se comprime entre 80 y 110 bar y su temperatura asciende hasta los 900 grados Celsius, dicha temperatura es suficiente para provocar el autoencendido del combustible inyectado en la cámara de combustión justo antes de alcanzar el punto muerto superior.

Esta inyección del diésel y la posterior combustión del mismo constituyen el factor principal de la combustión del motor.

Ciclo Diésel

Proceso de admisión:

En este primer tiempo del ciclo de combustión, se produce el llenado del aire en la cámara de combustión ya que la válvula de admisión permanece abierta, mientras el pistón desciende hasta el punto muerto inferior, siempre se logra un llenado completo de aire en cualquier condición de carga, y cuanto mas frio menos densidad, y mayor contenido de moléculas de aire podrán llenar la cámara y así aumentar la combustión, por eso tenemos incorporados intercooler o radiadores de aire en el motor.

El aspecto fundamental de este proceso consiste en que a través de la válvula de admisión abierta ingresa el aire aspirado del ambiente o a su vez ingresa aire sobrealimentado, que procede a tomar el

calor las válvulas, pistones y paredes del cilindro. (Gutiérrez, 2015)

Proceso de compresión:

Aquí es cuando la válvula de admisión se cierra por completo una vez que el pistón ya a llegado al punto muerto inferior, y de nuevo asciende hacia el punto muerto superior generando una compresión del aire dentro de la cámara de combustión con una relación aproximada de 18:1 y con un grado alto de temperatura.

Elementos a considerar para el proceso de compresión:

Los elementos que se comprimen constan de aire en su gran parte y de residuos no combustionados, el exceso de aire favorece totalmente a la combustión,

los cuales son combustionados en su totalidad disminuyendo los elementos contaminantes.

La relación de compresión en los motores de encendido por compresión (MEC) es mas elevado, con relaciones de 14:1 y 22:1 a diferencia de los motores de encendido provocado (MEP) que por lo general son sobrealimentados. .(Gutiérrez, 2015)

Proceso de combustión

Ya bastante cerca de llegar el pistón al punto muerto superior, se inyecta combustible pulverizado dentro de la cámara de combustión, y este se inflama inmediatamente al contacto con el aire caliente, sin necesidad de una chispa para activar la combustión, es decir sin una bujía.

Este proceso se realiza por autoencendido y esta controlado por la inyección. Existe un breve periodo que se denomina retraso a la inyección el cual se produce cuando se da el comienzo de la inyección de impulsión por la bomba.

El inyector ubicado en la antecámara envía el combustible por encima del ingreso de aire dando inicio a la ignición en el interior de la misma.

La expansión de gas expulsa el combustible ya mezclado con el aire hacia la primera cámara de combustión, donde termina el proceso químico de combustión del mismo.

IMPORTANTE

Se debe tener muy en cuenta que existe una bujía de precalentamiento (bujía de incandescencia), es una resistencia eléctrica que eleva la temperatura de las moléculas de aire existentes en la precámara de combustión antes del arranque, y durante un tiempo aproximado de 10 segundos, con lo cual mejora y facilita la puesta en funcionamiento del motor. Son usados principalmente en motor a diésel con cámara de inyección indirecta, ya que su baja relación de compresión (14/1 a 17/1), dificulta su arranque. .(Gutiérrez, 2015)

Proceso de escape

La energía que se produce dentro de la cámara de combustión, impulsara el pistón hacia el punto muerto inferior con fuerza y parte de esa energía servirá para regresar el pistón al punto muerto superior expulsando así los gases residuales y quemados de la combustión permitiendo que la inercia vuelva a comenzar el ciclo de combustión. .(Gutiérrez, 2015)

Residuos producidos de la combustión a diésel

En los motores de ciclo diésel, la combustión se realiza de manera que el combustible es inyectado al final de la fase de compresión, donde encuentre en el interior del cilindro las condiciones de temperatura y de presión ideales para provocar el autoencendido.

El principal elemento contaminante del motor diésel es el material conocido como hollín, que está formado principalmente por partículas de carbono generadas en el cilindro.

Las partículas de hollín generadas por un motor Diésel son apreciables por el denso humo negro que deja tras de sí un vehículo propulsado por este tipo de motor en plena aceleración. (Meganeboy, 2014)

El diésel esta compuesto por varias cadenas de hidrocarburos mucho mayores y mas pesadas que la gasolina, cuando el motor diésel trabaja a carga baja o media se inyecta muy poca cantidad de combustible en comparación a la cantidad de aire introducida en el cilindro, de manera que en todo el volumen de la cámara existe una gran cantidad de oxígeno para completar la combustión, sin embargo cuando se trabaja con el motor a plena carga o a una aceleración, se puede dar que el combustible inyectado no encuentre una cantidad apropiada de oxígeno dentro de la cámara como para terminar el proceso de oxidación, haciendo que tras la combustión queden largas cadenas de hidrocarburos no combustionados y parcialmente oxidados

que tienden a reagruparse formando el hollín.

En lo que relaciona a los efectos nocivos para el medio ambiente y la salud de las personas, los gases producidos por la combustión de los motores diésel contienen diversos componentes contaminantes, a parte de los gases contaminantes producidos por los motores Otto, el motor diésel agrega a estos el dióxido de azufre y las partículas de hollín.

De la combustión interna producida por parte de los motores a diésel, obtenemos partículas de hollín que son esferas microscópicas de 0,05 μm . el núcleo del hollín está compuesto de carbono puro.

En este núcleo se combinan con diversas cadenas de hidrocarburos, óxidos metálicos y azufre. Algunos de estos componentes son catalogados como sustancias críticas y nocivas para la salud. El dióxido de azufre se genera en un principio al quemarse un combustible con contenido de azufre, el cual es un gas de olor penetrante e irritante característico del mismo que es bastante perceptible dependiendo obviamente de la sensibilidad, de color ligeramente amarillo, no es inflamable, no es explosivo y es congruentemente estable, en comparación al aire su densidad es dos veces mayor y es altamente soluble en agua. (Monín, 2009)

El dióxido de azufre SO_2 en combinación con membranas húmedas forma ácido sulfúrico (H_2SO_4), según Komarnisky et al (2003) el ácido sulfúrico es el principal causante de fuerte irritaciones en los ojos, membranas mucosas y piel (Komarnisky et al, 2003). El ácido sulfúrico (H_2SO_4), su origen viene después de que el dióxido de azufre

SO₂, gas producido por la combustión de un motor diésel, se convino o mezcla con la humedad o las partículas de agua **H₂O** donde el ácido sulfúrico desgasta o oxida al aceite que lubrica y protege al motor, perjudicando potencialmente al mismo y a su combustión ya que el aceite pasa por un proceso de envejecimiento prematuro y empieza a ser consumido por el mismo motor, dando como resultado una sobre producción de contaminación y por supuesto de hollín que es el principal contaminante.

Cuando el motor esta en plena aceleración a carga completa, este ácido sulfúrico a parte de aportar en la contaminación también reduce la vida útil del motor, atacando principalmente al aceite que pierde por completo sus propiedades dejando indefenso al motor y produciendo un desgaste prematuro en el mecanismo biela manivela (pistones, anillos, cojinetes) y desgaste del mecanismo de distribución de gases (válvulas, guías de válvulas), el ácido sulfúrico acelera el desgaste de los pistones, válvulas, bujías de incandescencia y los émbolos de la bomba de inyección diésel. También atacando directamente a la vida útil de las toberas, produce carbonización de las válvulas, genera un ralentí inestable, dificultad en el arranque inicial, modifica la combustión elevando la cantidad de emisiones generadas por el motor donde se incrementa y se origina la corrosión prematura y excesiva de tuberías de combustible, tanques de almacenamiento, bombas y demás elementos. (Valderrama, Flores, Bejar, Quispe 2009)

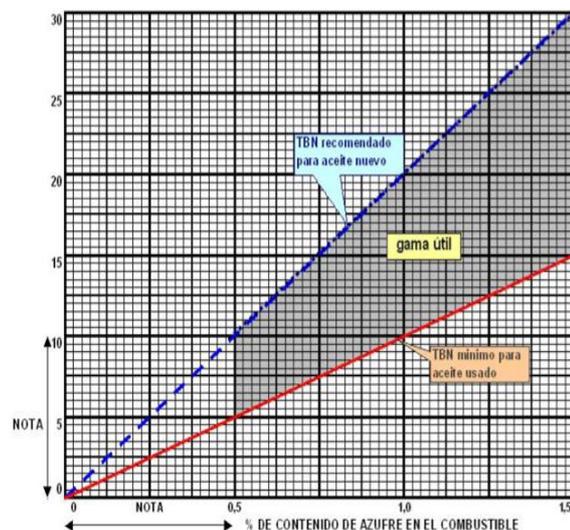
Acido sulfúrico

La composición química del ácido sulfúrico es (**H₂SO₄**), y su peso molecular es de 98.079 g/mol, siendo un compuesto líquido viscoso ligeramente amarillento con un olor muy penetrante, posee una densidad de 1,84g/mL, su punto de ebullición es de 337 grados Celsius y su punto de fusión de 10 grados Celsius. (Mol Sci, 2010)

La correcta aplicación de lubricantes

En el aceite la contaminación se puede producir por muchos factores, pero ninguna es mas agresiva y rápida en deteriorar que el ácido sulfúrico producido por el alto contenido de azufre que posee el combustible, en este caso el diésel ecuatoriano.

Combatir los efectos producidos por el contenido de azufre en el combustible no es un objetivo sencillo. Después de que se a dado la composición de ácidos al interior del cilindro la única forma de combatir sus efectos corrosivos es la correcta utilización y aplicación del lubricante con una adecuada base alcalina (TBN), que vaya de la mano con el porcentaje de azufre que contenga el diésel en el Ecuador.



Fuente: Diagnóstico de motores diésel mediante el análisis del aceite usado, 2005

Elaborado por: Tormos, 2005

El numero base no es el único aspecto a considerar dentro de las propiedades del aceite, pero si es fundamental utilizar el porcentaje adecuado para proteger al motor del desgaste corrosivo, el lubricante debe contener suficiente TBN en todo momento y nunca se debe descuidar o dejar que descienda por debajo del mínimo requerido, en cuanto al porcentaje de azufre del combustible utilizado.

Un lubricante es un compuesto químico que se ubica entre dos materiales o superficies móviles para disminuir o evitar la fricción o desgaste, también esta encargada de controlar y disminuir la temperatura dentro del motor, así como de sellar y transmitir fuerza entre componentes.

El lubricante está compuesto de agentes minerales, es decir mezcla de aceites básicos, y se añade un compuesto de aditivos, que dan características especiales requeridas por una determinada aplicación que, en este caso, es la reducción de la oxidación del aceite en tempranas condiciones.

La selección del combustible es un factor muy importante a la hora de realizar un mantenimiento en el vehículo diésel donde se debe escoger la normativa API (Instituto De Petróleos Americanos) y que posea un Numero Base Total (TBN) que vaya acorde al contenido de azufre del combustible.

El API es un sello certificado que indica la calidad del aceite que se utiliza en un motor para vehículos de gasolina y diésel. Este sello API esta encargada de identificar que el aceite cumpla con las normativas vigentes de protección del motor.

CATEGORIA	ESTADO	APLICACIÓN
CI-4	VIGENTE	Para motores diésel de alta velocidad, diseñados para cumplir las normas de emisiones de gases de escape para modelos de automóviles en carretera del año 2010 y las normas de emisiones Tier 4.
CI-4	VIGENTE	Para motores diésel de alta velocidad, diseñados para cumplir con las normas de emisiones de gases de escape del año 2004 implementadas en el año 2002.
CH-4	VIGENTE	Para motores de alta velocidad con ciclos de cuatro tiempos, diseñados para cumplir las normas de emisiones de gases de escape del año 1998.
CG-4	OBSOLETO	Para motores de trabajo severo, alta velocidad y ciclos de cuatro tiempos que utilizan combustibles con menos de 0.5 % de azufre en peso.
CF-4	OBSOLETO	Se comenzó a utilizar en el año 1990. Para motores de alta velocidad, con ciclos de cuatro tiempos, aspiración natural y turbocomprimidos.
CF-2	OBSOLETO	No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles diésel fabricados después del año 1994.
CE	OBSOLETO	No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles diésel fabricados después del año 1994.
CD-II	OBSOLETO	No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles diésel fabricados después del año 1994.
CD	OBSOLETO	No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles diésel fabricados después del año 1994.
CC	OBSOLETO	No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles diésel fabricados después del año 1994.
CB	OBSOLETO	No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles diésel fabricados después del año 1994.
CA	OBSOLETO	No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles diésel fabricados después del año 1994.

Fuente: Afton Chemical, 2018

Elaborado por: Toscano, 2019

MATERIALES Y METODOS

Este estudio fue realizado en el Distrito Metropolitano de Quito, en la Universidad Internacional del Ecuador, a una altura de 2800 metros sobre el nivel del mar, utilizando para el estudio de nuestra investigación un vehiculo hyundai Tucson con motor a diesel, así también para nuestra investigación contaremos con la ayuda de la Revisión Técnica Vehicular, la cual es una revisión anual para todos los vehículos que transitan en el Distrito Metropolitano de Quito.

Según el instructivo de La Revisión Técnica Vehicular tiene como objetivo el de garantizar las condiciones mínimas de seguridad de los vehículos, basadas en los criterios de diseño y fabricación de los mismos, verificando que cumplan con las normas técnicas y jurídicas según la normativa NTE INEN 2349, no así como el de asegurar que se mantengan un nivel de

emisiones contaminantes por debajo de los límites máximos establecidos en las regulaciones vigentes NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2202.

Los equipos necesarios para la revisión técnica vehicular de acuerdo a la norma NTE INEN 2349 son:

- Luxómetro
- Alineador al paso
- Frenómetro de rodillos
- Foso de inspección.
- Banco de suspensiones
- Detector de holguras
- Sonómetro Integral ponderado
- **Opacímetro y analizador de gases, según el tipo de motor**

Las inspecciones se realiza con la ayuda de aparatos e instrumentos mecatrónicos, electromecánicos y electrónicos de acuerdo a la Norma INEN NTE 2349 en este caso el aparato que nos ayudará a determinar el grado de contaminacion es el Opacímetro diseñado para la medida de emisión de humo (motores de encendido por compresión), Todos los equipos mencionados anteriormente están conectados a los ordenadores para recibir los valores medidos a un vehículo.

Esta colección de medidas se comparan posteriormente con los umbrales o rangos correspondientes y se convierten en defectos calificados.

Siendo este la medición de opacidad que controla las emisiones contaminantes por parte de los motores a diésel en el Distrito Metropolitano de Quito.

Umbrales

DESCRIP. UMBRAL	AÑO MOD	CAL-TIPO	UMBRAL	UNIDAD	COD. DEFEC.	CATEG.
OPACIDAD DIESEL	VEHI-	x<=2000 1	30%<=x<40%	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
OPACIDAD DIESEL	VEHI-	x<=2000 2	40%<=x<50%	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
OPACIDAD DIESEL	VEHI-	x<=2000 3	x>=50%	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
OPACIDAD DIESEL	VEHI-	x<=2000 0	0<x<30%	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
OPACIDAD DIESEL	VEHI-	x<=1999 1	30%<=x<40%	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
OPACIDAD DIESEL	VEHI-	x<=1999 2	40%<=x<50%	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
OPACIDAD DIESEL	VEHI-	x<=1999 3	x>=50%	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
OPACIDAD DIESEL	VEHI-	x<=1999 0	0<x<30%	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS

Fuente: Instructivo RTV, 2016

Elaborado por: Toscano, 2019

Herramienta y metodología.

3.1.Opacímetro

El Opacímetro es una equipo diseñado para medir la opacidad de la emisión de humo en vehículos diesel. visualizado en tiempo real de los valores en índice de opacidad N porcentaje(%). Según la metodología utilizada en la Revisión Técnica Vehicular.

Características generales: tiene una capacidad de medición y reporte automático del humo emitido por el tubo de escape del vehículo equipado con motores ciclo Diésel. Cumpliendo con la Normativa Técnica ISO 11614, lo que será demostrado mediante certificación del fabricante.



Figura 2: Mobil, Delvac 1300 Super

Fuente://www.mobil.com/es-mx/commercial-vehicle-lube/pds/gl-xx-mobil-delvac-1300-super

PARAMETRO	RANGO
Rango de medición opacidad () hasta	100%
Frecuencia de red	50hz
Peso	13kg
Peso de terminal de mano	0.76kg
Coefficiente de absorción	0-9,99 l/m
Ancho de producto	230mm

Fuente:

Maschinenbau Haldenwang, 2014

Elaborado por: Toscano, 2019

Categoría del aceite

Esta categoría API CJ4 pertenece a los aceites para motores diésel de alta velocidad con ciclo Otto diseñado para cumplir las normas de emisiones de gases de escape para vehículos en carretera del año 2010 y con normas Tier 4.

La formula de este aceite esta destinada para motores que usen combustibles con grandes cantidades de azufre de hasta 500ppm (0,05% en peso), según el Instituto Americano de Petróleos se debe considerar que estos aceites no están diseñados en lo absoluto para combustibles diésel con baja concentración de azufre de hasta 15ppm (0,0015%) puede ser perjudicial para la durabilidad de los sistemas de postratamiento de los gases de escape y al intervalo entre cambio y cambio de aceite. Mobil Delvac 1300 Super



Figura 1: Mobil, Delvac 1300 Super

Fuente://www.mobil.com/es-mx/commercial-vehicle-lube/pds/gl-xx-mobil-delvac-1300-super

Brinda protección óptima para el control de la contaminación en cuanto al catalizador, bloqueo de filtro de partículas, desgaste del motor, formación de depósitos en pistones, estabilidad a altas y bajas revoluciones. Contiene propiedades dispersantes de hollín, espesamiento debido a la oxidación, formación de espuma y pérdida de viscosidad debido a al cizallamiento.

También la categoría API Ck4 pertenece a los aceites para motores diésel de alta velocidad con cicló Otto, para cumplir con las normativas de emisiones en gases de escape para modelos de automóviles en carretera del año 2017. Este aceite contiene una formula diseñada para la utilización en todas las aplicaciones con combustión diésel, que posean un alto contenido de azufre de hasta 500ppm (partes por millón) (0.05%), esta diseñado para brindar mejor protección contra la oxidación del aceite y la pérdida de viscosidad debido al hollín y sus derivados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha seleccionado para este estudio un Hyundai Tucson 2.0 CRDi 2WD 2010, motor a diesel que entrega una potencia de 112 CV en 4000 RPM

Primera prueba

En esta, la primera prueba se llevo el auto a la revisión anual vehicular, (RTV), donde se realizaron pruebas de todo tipo tanto mecánicas como de seguridad como esta indicado en el instructiva de revisión técnica vehicular basado en la NORMATIVA INEN NTE 2202, entre estas pruebas, la prueba de opacidad de donde sacaremos los datos para determinar el porcentaje de opacidad (%), prueba que se realizar en motores diésel.

La prueba se realizó de la siguiente manera:

Procedimiento

Limpieza del sistema de escape:

Estabilizado el motor en ralenti acelerar rápidamente, hasta el máximo de aceleración estable, tan pronto como se alcance dicha aceleración se desacelera hasta que el motor recupere su condición de ralenti; repetir la operación al menos tres veces.

Introducir y fijar la sonda en el tubo de escape.

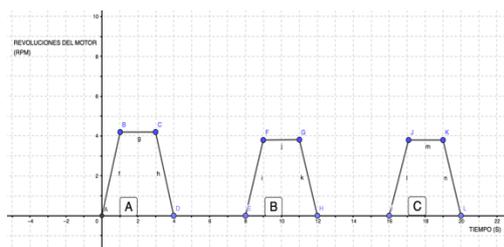
Se toman mínimo tres lecturas sucesivas (si existen indicadores visuales o auditivos de fallas en el funcionamiento

sincrónico del motor, no se realiza la prueba).

En esta prueba realizada en el motor diésel Hyundai Tucson 2.0 CRDi 2WD 2010 el resultado final fue la media aritmética de los valores de las tres mejores mediciones tomadas, es decir las mas estables y que no formen una secuencia decreciente de las tres lecturas obtenidas, donde el promedio de estas mediciones fue de 38% el cual se puede verificar en la calificación final, la cual es entregada por la Revisión Técnica Vehicular y subida a la pagina www.amt.gob.ec donde se puede tener un historial del desempeño del motor a través de los años.

Tabla 1

Prueba (Aceleración libre)	Velocidad Motor (RPM)	Tiempo (s)	Opacidad (%)
A	4200	3,94	40
B	3800	4	38
C	3800	3,84	36



$$\frac{Y_{max.1} + Y_{max.2} + Y_{max.3}}{3}$$

$$A = \frac{40_a + 38_b + 36_c}{3}$$

$$A = 38\%$$

Segunda Prueba

En la segunda prueba se realizó la medición en la revisión técnica vehicular el año en transcurso donde se llevo al auto Hyundai Tucson 2.0 CRDi 2WD 2010 donde se utiliza el aceite adecuado con las especificaciones técnicas requeridas para el alto contenido de azufre en el diésel ecuatoriano, en este caso el API CJ-4, el cual posee los valores alcalinos o grado TBN (numero base) correspondientes al diésel, Móvil Delvac 1300 Súper, es el aceite utilizado para nuestro motor, Se realizó el mismo procedimiento en la revisión del año anterior. Donde de igual manera se ejecuto los pasos establecido en la **NORMATIVA INEN NTE 2202**.

La prueba se realizó de la siguiente manera:

Procedimiento

Limpieza del sistema de escape:

Estabilizado el motor en ralenti acelerar rápidamente, hasta el máximo de aceleración estable, tan pronto como se alcance dicha aceleración se desacelera hasta que el motor recupere su condición de ralenti; repetir la operación al menos tres veces.

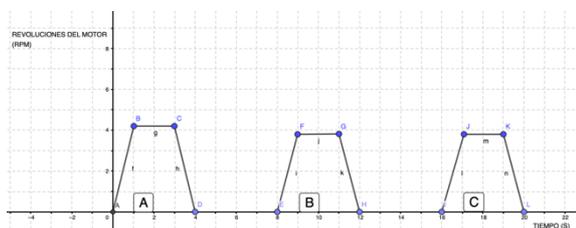
Introducir y fijar la sonda en el tubo de escape.

Se toman mínimo tres lecturas sucesivas (si existen indicadores visuales o auditivos de fallas en el funcionamiento sincrónico del motor, no se realiza la prueba).

En la segunda prueba realizada en el motor diésel Hyundai Tucson 2.0 CRDi 2WD 2010 el resultado final fue la media aritmética de los valores de las tres mejores mediciones tomadas, es decir las mas estables y que no formen una secuencia decreciente de las tres lecturas obtenidas, donde el promedio de estas mediciones fue de 10% el cual se puede verificar en la calificación final, la cual es entregada por la Revisión Técnica Vehicular y subida a la pagina www.amt.gob.ec, donde se puede tener un historial del desempeño del motor a través de los años.

Tabla 2

Prueba (Aceleración libre)	Velocidad Motor (RPM)	Tiempo (s)	Opacidad (%)
A	4300	4	14
B	4000	4	10
C	3800	3,84	6



$$A = \frac{Y_{max.1} + Y_{max.2} + Y_{max.3}}{3}$$

$$A = \frac{14_a + 10_b + 6_c}{3}$$

$$A = 10\%$$

Siendo la segunda medición o el valor de opacidad en porcentaje (%) menor al primero, después del uso de un aceite acorde a la cantidad de azufre que posee el diésel ecuatoriano, Móvil Delvac 1300 Súper.

En la tabla de resultados finales se puede analizar como a disminuido importantemente el nivel de opacidad en el motor Hyundai Tucson 2.0 CRDi 2WD 2010 después del uso correspondiente de aceite que en este caso fue Móvil Delvac 1300 Súper, para poder concluir en base a las pruebas de opacidad realizadas en la Revisión Técnica Vehicular donde tenemos como resultado que el uso apropiado, y las características adecuadas del aceite si influyen en el desempeño en cuanto a contaminación y a mantener la vida útil del aceite puesto que este no se oxida con facilidad.

CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis comparativo del comportamiento del TBN (Numero Total) en los aceites de motores diésel, efectos y formaciones de ácido sulfúrico en el proceso de combustión, determinando o corroborando la vida útil del aceite, al haber culminado la primera prueba con el motor Hyundai Tucson 2010 CRDI, se obtuvo como resultado un porcentaje de opacidad de 38% de emisiones no combustionadas, en el primer análisis realizado en la revisión técnica vehicular, para esta prueba se el vehículo fue llevado sin ningún tipo de mantenimiento preventivo, en el segundo análisis realizado en la revisión técnica vehicular se obtuvo como resultado un porcentaje de opacidad del 10% de emisiones no combustionadas, mejorando significativamente el nivel de contaminación con respecto al primer análisis, para la segunda prueba se llevo el motor Hyundai Tucson 2010 CRDI, con un mantenimiento preventivo donde se empleo un aceite con TBN, API CJ-4 Móvil Delvac

1300 Súper, el cual esta diseñado para trabajar con altos contenidos de azufre, con este estudio se puede acotar de manera positiva a que el correcto uso del aceite, el cual debe tener un adecuado numero básico (TBN) que vaya acorde a las partes por millón de azufre (PPM) utilizado, reduce la cantidad de opacidad generada por los motores diésel, contribuyendo a la disminución de contaminación así como también al desgaste prematuro del motor.

RECOMENDACIONES

Partiendo de esta investigación, se recomienda realizar un estudio con mayor numero de autos con el fin de corroborar los datos expuestos en este análisis, se recomienda también el uso apropiado del aceite en nuestros motores diésel, es muy importante analizar las cualidades que el aceite proporcionan, el TBN en los aceites es tan importante como las certificaciones API ya que de igual manera protege al motor.

REFERENCIAS

Afton Chemical Corporation. (2018). Aceites Lubricantes, Afton Chemical, México.
Recuperado de:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/395704/2._Lubricantes.pdf

Blumberg, K., Walsh, M., Pera, Ch. (2003). Gasolina y diésel de bajo azufre. La Clave Para Disminuir Las Emisiones Vehiculares. California.

Recuperado de:

https://theicct.org/sites/default/files/publications/Low-Sulfur_ICCT_2003.pdf

Gutiérrez, D. (2015). Motor Diésel.

Recuperado de:

<https://www.monografias.com/trabajos104/motor-diesel/motor-diesel.shtml>

Monin, Ch. (2009). Caracterización del proceso de formación de hollín en una llama de difusión diésel de baja temperatura (Doctorado). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

Recuperado de:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6161/tesisUPV3085.pdf>

Tormos, B. (2005). Diagnóstico de motores diésel mediante el análisis del aceite usado. Temas Avanzados en Motores de Combustión Interna. España. Editorial: Reverte S.A. Recuperado de: https://books.google.com.ec/books?id=DqJ_uqL_UzjkC&printsec=frontcover&dq=DIAGNOSTICO+DE+MOTORES+DIESEL+MEDIANTE+EL+ANÁLISIS+DEL+ACEITE+USADO&hl=es-

[419&sa=X&ved=0ahUKEwjT4ua3hcHoAhVJmuAKHbV8DCoQ6AEIJzAA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=419&sa=X&ved=0ahUKEwjT4ua3hcHoAhVJmuAKHbV8DCoQ6AEIJzAA#v=onepage&q&f=false)

Valderrama, A., Flores, J., Bejar, M., Quispe, C. (2009). Desgaste de los sistemas de inyección diésel por efecto del elevado contenido de azufre en la combustión. Memorias del XV Congreso Internacional Anual de la Somim. México.

Recuperado de:

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/395704/2. Lubricantes.pdf>