

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

ARTICULO INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Tema:

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS TERMODINÁMICOS DE UN
MOTOR DE COMBUSTIÓN
INTERNA UTILIZANDO UN IONIZADOR A 2800 MTS APROX
SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Fernando Martínez

Francisco Proaño

Víctor Puertas

Director: Ing. Andrés Castillo

Codirector: Ing. Gorky Reyes

Quito, Septiembre 2018

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

Nosotros, Martínez Fernando, Puertas Víctor, Proaño Francisco declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Firma del graduado
Martínez Guerrero
Fernando Mauricio

Firma del graduado
Proaño Castro
Luis Francisco

Firma del graduado
Puertas Santamaría
Víctor Darío

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Yo Ing. Andrés Castillo certifico que, conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable, tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.

Firma del Director del trabajo de grado

Ing. Andrés Castillo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar a culminar una de mis metas, a mis profesores por sus enseñanzas, cabe recalcar que no hubiera podido llegar sin el sacrificio de mis padres Julia y Willie mis dos pilares gracias por todo.

Fernando Martínez

DEDICATORIA

Este artículo es dedicado a las personas que quieran ampliar sus investigaciones y conocimientos a mis padres que sacrificaron su tiempo y esfuerzo por darme un mejor futuro Julia y Willie.

Al sr. Guillermo Guerrero mi abuelo, mecánico desde los 15 años y oficial de la construcción del ferrocarril Ibarra-San Lorenzo, uno de los primeros mecánicos en prestar su servicio para

Fernando Martínez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi mamá Ximena por darme la fuerza para cumplir mis objetivos y su paciencia a lo largo de mi carrera universitaria.

A mi papá Víctor por guiarme hacia mis objetivos, por empujarme a ser alguien mejor.

A mis hermanos Christian y Paul por siempre ayudarme cuando los necesitaba.

A mis amigos Andrés, Luis, José, María Gracia, Paola, Roberto, Daniel, Juan Carlos y Sebastián que siempre me apoyaron en las buenas y en las malas y me ayudaron en momentos de necesidad.

A mi novia Kerly por ser un gran apoyo en mi vida y enseñarme lo que puedo lograr.

Al ingeniero Gorky Reyes por su paciencia y conocimientos en el desarrollo de este proyecto.

Al ingeniero Andrés Castillo por toda su ayuda en mi carrera universitaria.

Víctor Puertas

DEDICATORIA

Quiero dedicarles este trabajo a mi familia y amigos, sin los cuales no tuviera el apoyo para completar mi carrera universitaria.

A mi padre Víctor quien ha sido mi modelo a seguir y mi inspiración, una gran persona a quien siempre he admirado.

A mi madre Ximena quien ha sido mi mayor apoyo y me ha ayudado en los momentos más difíciles de mi vida y siempre ha creído en mí, sobre todo a ella quien me ha demostrado que hay que luchar mucho para vencer los obstáculos de la vida.

A mis maestros y a la universidad por darme la mejor educación y por darme muchas enseñanzas.

Víctor Puertas

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a mi familia por ser el núcleo fundamental de mi vida.

A mi Padre Luis agradezco sus sabias palabras en los momentos indicados, pues son sus palabras las cuales retumban entre mis pensamientos en el diario vivir, son sus palabras las cuales están ahí siempre en los momentos más difíciles. Gracias por ser la persona quien guía mi camino

A mi Madre Sonia, Que con tan solo un abrazo hace que todo esté bien, Esa Madre que siempre está para ti en todo momento sin importar las circunstancias, que sin importar nada estará ahí cuidando, que estés sano y salvo. Le agradezco Madre por darme fuerzas e iluminar mi camino

A mi hermana Camila por ser mi mejor amiga en casa y ser mi bofetada en la mejilla ante los malos pasos, Gracias por siempre estar conmigo

A mi Hermano David por darme ánimos en todo momento y sacarme una sonrisa aun en los peores días

A mi hermano Esteban por darme su cariño y amistad todos los días, por entenderme y ser mi sabio confidente

A mi novia Nicole por cada día impulsarme a ser mejor persona, por darme todo su amor y cariño de manera incondicional, gracias por ser la persona quien me da el impulso para seguir mejorando a cada paso y siempre juntos.

Gracias a mis amigos y compañeros con quienes formamos muchas veces equipos de trabajo compartiendo anécdotas, lágrimas y risas

Gracias a mi Universidad Internacional del Ecuador y a mi facultad de Ingeniería Automotriz.

Francisco Proaño

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a las personas quienes desde un principio han sido mi apoyo incondicional, llenando mis días de sabias palabras de aliento, de fuerza, pero sobre todo de cariño

A ustedes mis padres dedico este trabajo, dando finalización a una pequeña etapa de mi vida, esperando como siempre ir por más, esperando siempre llenarlos de orgullo a sabiendas del inmenso amor que siento por ustedes

A mi facultad de Ingeniería Automotriz que con el pasar de los años superó mis expectativas, haciendo de esta experiencia, la mejor de mi vida

A mis profesores quienes me han guiado a lo largo de la carrera, llenándome de conocimiento y de valores

Dedico todo este esfuerzo fundamentalmente a mi familia

Francisco Proaño

ÍNDICE DE CONTENIDO

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.....	i
CERTIFICACIÓN DE AUTORIA.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ANÁLISIS DE LOS PARAMAETROS TERMODINAMICOS EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA UTILIZANDO UN IONIZADOR A 2800 MTS APROX SOBRE EL NIVEL DEL MAR.....	1
RESUMEN.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1. Combustible.....	4
2.2. Contaminación.....	5
2.3. Termodinámica.....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
3.1. Vehículo.....	6
3.2. Normativa.....	7
3.3. Ciclo de conducción.....	7

3.4. Equipo medidor.	7
3.5. Ionizador.	8
3.6. Combustible.	8
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..	8
5. DESARROLLO Y COMPARATIVA..	9
6. CONCLUSIONES.	10
7. REFERENCIAS.	11

ANEXO 1 El biodiesel de aceite de higuera como combustible alternativo para motores Diésel.....	12-25
ANEXO 2 Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina.....	26-35
ANEXO 3 Resultados.....	36-52
ANEXO 4 5,1 millones de toneladas de CO ₂ , en el año.....	53-54
ANEXO 5 Informe Final Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio, DMQ 2014.....	55-71
ANEXO 6 Control de emisiones vehiculares.....	49-50
ANEXO 7 Normativas Europeas EURO para la Reducción de Emisiones Vehiculares.....	51-54
ANEXO 8 Equipos de Medición para Controles de Emisiones Vehiculares.....	55-60
ANEXO 9 Magnetizador de Combustible.....	61-75
ANEXO 10 Funcionamiento e Instalación del Magnetizador.....	76-83

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS TERMODINÁMICOS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA UTILIZANDO UN IONIZADOR A 2800 MTS APROX SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Fernando Mauricio Martínez Guerrero, Luis Francisco Proaño Castro, Víctor Darío Puertas Santamaría

Estudiantes egresados de la Facultad de Ingeniería Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

RESUMEN

Introducción: En el presente trabajo investigativo se toman en cuenta las variables principales que inciden en el comportamiento termodinámico de un motor, como temperatura ambiente, presión atmosférica, altitud para analizarlas con el objetivo de determinar las diferencias de su funcionamiento a 2800 más a nivel del mar. **Metodología:** A través de instrumentos de medición y pruebas de laboratorio se determinan en datos cualitativos el rango de diferencia entre una variable y otra tomando en cuenta indicadores del manual del automóvil e indicadores propios de la investigación a 2800mts sobre el nivel del mar. **Resultados:** Se espera concluir y en base a las mediciones la diferencia del rendimiento del motor considerando sus especificaciones de fábrica bajo una medición específica a su contra parte en una medición de campo. **Conclusiones:** Teniendo analizado los datos arrojados por la medición se determinará a que altitud y bajo qué condiciones un motor aprovecha más su rendimiento termodinámico.

Palabras Clave: Variable, Termodinámico, Medición, Pruebas, Rendimiento

ABSTRACT

Introduction: The main variables that affect the thermodynamic behavior of an engine, such as ambient temperature, atmospheric pressure, altitude, are taken in order to analyze them to determine the operational differences at 2800 meters above sea level. **Methodology:** Through measuring instruments and laboratory tests, the range of difference between one variable and another is determined using qualitative data, taking account on the indicators from the car's manual and indicators of the investigation at 2800mts above sea level. **Results:** It is expected to conclude and based on the measurements, the difference of the motor performance considering the factory specifications under a specific measurement to its counterpart in a field measurement. **Conclusions:** Having analyzed the data obtained from the measurement, it will be determined at what altitude and under witch conditions an engine takes advantage of its thermodynamic performance

Key Words: Variable, Thermodynamic, Measurement, Tests, Performance

Independent variables such as the height that at 2450 meters above sea level influences the measurements made, therefore the use of the additive is only recommended with super gasoline, under the mentioned conditions, because any other combination causes an increase in pollution in high percentages.

Keywords: Additives, Gasoline, Octane, contaminants, emissions.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel nacional existen diferentes vehículos que ingresan a este medio que usando diferentes fuentes primarias de energía, a esta zona andina llegan varios vehículos con tecnología diésel que varían las especificaciones primarias ya que influyen variables como la altura, densidad del aire, viscosidad de los fluidos, entre otros. Siendo el estudio realizado a 2800 más sobre el nivel del mar, a esta altura las condiciones de emisiones de gases comienzan a variar exponencialmente, para ello se utilizará un elemento extra que disminuya esa cantidad de emisiones contaminante, siendo el ionizador, al momento de usar el dispositivo se estudiará la emisión de gases contaminantes del vehículo propulsado a diésel tipo CRDi y se evidenciará termodinámicamente que sucede con este elemento, debido a que un factor importante en cuanto a emisiones de gases por vehículos diésel son los Nox, dependiendo este último de la temperatura interna de la combustión, lo que se pretende es que con este Ionizador es determinar que sucede termodinámicamente en el motor, si la temperatura se mantiene, aumenta o disminuye,

Según la Universidad Nacional Autónoma de México, los motores ciclo Otto, llamados máquinas térmicas o de combustión interna, funcionan de tal manera que los gases de combustión se escapan y se reemplazan por una nueva mezcla de aire combustible, al terminar cada ciclo buscando así una mezcla estequiometría que corresponde a una relación aproximada de hidrocarburos de 7 a 11 átomos de carbono por molécula ordenados en forma de cadena con el hidrógeno, su rango de destilación varía entre 40 y 200°C. Con base en experimentaciones a 2500 revoluciones por minuto y simulaciones previas a 2976mt sobre el nivel del mar, se propone un mecanismo magnético, en el que destaca la rápida disminución de CO₂; PM y de los NO_x en presencia del dispositivo. Liberando así hasta un 25% menos de gases contaminantes y el aprovechamiento de un 12% de potencia

gracias a la ionización del combustible formando un enlace covalente purificado, que genera una mezcla ideal.

De un Estudio realizado en una Universidad cercana a la Capital a 2800 mts sobre el nivel del mar aprox, aplicado a la alimentación de combustible (gasolina) de una caldera un dispositivo de tipo centro magnético también conocido como ionizador se constató que activando y polarizando las moléculas de combustibles. La molécula activada de dicho combustible atrae iónicamente a los átomos de oxígeno en las cámaras de combustión creando una molécula de combustible altamente oxigenada, lo cual produce un incremento en la eficiencia del proceso de combustión. El estudio da como resultado un ahorro de no menos del 10% a comparación del uso de combustible sin ionizadores, no obstante, queda aclarar cuáles son los factores que inciden para que un sistema alimentado con combustible y siendo este ionizado funcione correctamente, en esta investigación se estudiarán dichos factores y su influencia para determinar si el dispositivo de tipo centro magnético deriva en un ahorro de combustible y una disminución de gases contaminantes. (Wuato, 2011)

En la Universidad Nacional de Colombia se realizó un estudio experimental con biodiesel de aceite de higuera como combustible alternativo y verificando si reduce las emisiones y mejora el rendimiento. Las mezclas hasta B15 pueden cumplir con las especificaciones de calidad. El rendimiento efectivo del Diésel es del 13.7%, con el biodiesel B15 subió a un 14.1%. El consumo específico cuando se aumenta la cantidad de biodiesel. El porcentaje de CO con Diésel es de 0.035% y con el biodiesel es de 0.030%. El CO₂ tiene la misma variación que con el CO. Los resultados arrojaron que el nuevo combustible no presenta diferencias con el diésel convencional en cuestión de emisiones y eficacia. Mas el biodiesel tiene que estar en condiciones específicas para que este se pueda usar y también se necesita usar más combustible para cumplir el trabajo. Lo que la investigación realizara bajo condiciones de un

elemento magnético en el combustible si se crearían variaciones en las emisiones y consumo sin necesidad de implementar un biocombustible.

El Presente estudio generará ensayos para obtener datos cuantitativos en base al estudio de un solo Diésel ofertado a nivel nacional utilizando el combustible que tenga mejores especificaciones como el diésel Premium para posteriormente y con la obtención de un ionizador determinar las variaciones termodinámicas en la combustión seguido por la tabulación de los datos obtenidos para ser comparados en condiciones ideales y verificar si con estos elementos disminuye o aumenta las condiciones normales de funcionamiento refiriéndonos al manual técnico del usuario del vehículo.

2. FUNDAMENTACION TEORICA

2.1 COMBUSTIBLE

Tabla 1. Propiedades de Diésel. Manual de Combustibles Diésel y Biodiésel

Parámetro	Norma en ISO	Unidades	UNE EN 590 Diésel #2
Densidad 15°C	12185	g/cm ³	0,820 - 0,845
Viscosidad Cinemática a 40°C	En ISO 3104 En 22719	cSt	2,0 - 4-5
Punto de inflamación	ISO CD 3679	C	55 min
Azufre	En ISO 14596	ppm	350 máx.
Residuo Carbonoso (10%)	En ISO 10370	%	0,30 máx.
Contaminación total	EN 12662	ppm	24 máx.
Agua	EN ISO 12937	ppm	200 máx.
Corrosión al cobre	EN ISO 2160		clase 1
Cenizas sulfatadas	EN ISO 6243 ISO 3987	%	0,001 máx.
Estabilidad Oxidación	EN ISO 12205 pr En 14112	mg/l	25 máx.

Número de cetano	EN ISO 5165	51 min
Índice de cetano	EN ISO 4264	46 min

Fuente: [1] Manual combustibles diésel y biodiesel. J.Ignacio .Ciria. (2015)

El gasoil es una mezcla compleja de hidrocarburos compuesta principalmente de parafinas y aromáticos, con un contenido de olefina que alcanza solamente un pequeño porcentaje por volumen. El número de carbonos que lo forman se encuentra entre 10 y 22 aproximadamente, El gasoil es un líquido viscoso de un tono entre transparente y ligeramente rojizo. Las propiedades físico-químicas más relevantes son conocidas como el índice de cetanos y su viscosidad.

El número de cetanos se considera un elemento importante para obtener un funcionamiento suave del motor Diésel, este combustible tiene la propiedad que a medida que va entrando en contacto con el aire la cámara se combustiona. Para cuantificar esta facilidad de ignición se utiliza el NM, si este valor no es lo suficientemente elevado se retrasa la combustión y esto provoca un aumento de la presión en el cilindro no deseado.

Una disminución de la viscosidad del gasoil hace más fácil la pulverización del combustible, sin embargo si es demasiado baja no se consigue la lubricidad adecuada en la bomba de inyección, a continuación se detallan las propiedades químicas del combustible diésel.

A diferencia del ciclo Otto, en el ciclo Diésel el suministro de calor se considera un proceso a presión constante. El proceso de combustión de la mezcla aire combustible se da debido a que se presenta una combustión espontánea ocasionada por la alta temperatura que resulta de llevar la mezcla hasta una presión elevada, a continuación se mostrará un chorro de combustible que se atomiza en finas gotas, una vez el aire llegado a los 1000°K , el combustible se evapora con facilidad, la entrada de aire forma un torbellino evaporando más fácilmente el diésel al arrastrar parte del spray y

mezclándose con él, creando zonas ricas y pobres en combustible, la inflamación suele ocurrir muy cerca del punto estequiométrico, quemándose toda la mezcla disponible instantáneamente. La mezcla que no se puede quemar por su pobreza tiende a oxidarse en parte, pero no se quema.

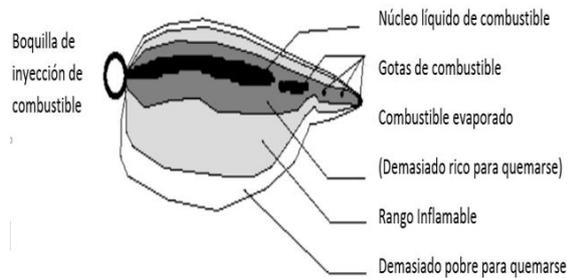


Figura: Spray Diésel

Fuente: [2] Manual combustibles diésel y biodiesel. J. Ignacio .Ciria. (2015)

2.2 CONTAMINACION

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre [3] (Romero, Diego, & Álvarez, 2006). Para enfrentar esta problemática el Ecuador se basa en normativas, las cuales son las encargadas de regular la seguridad y el control de emisiones de los vehículos que ingresan al país cumpliendo todos los requisitos para su movilización dentro del mismo, “ así el proceso de medición y ensayo de las pruebas estáticas de un vehículo tipo liviano; a esta categoría pertenecen aquellos vehículos que poseen al menos 4 ruedas diseñados para el transporte de personas con 8 asientos o menos, se desarrollan bajo la norma NTE INEN 2207:2002, considerándose las condiciones a ralentí a 820 RPM y régimen de alto giro entre 2500 y 3000 RPM, en ambos casos, a una temperatura del aceite del motor constante de 94°C a 96°C, las pruebas dinámicas se ejecutaron, con los ciclos FTP-75. La agencia norteamericana EPA y la agencia europea EURO. En la resolución Norma INEN

2203:2000 – 2207:2002, Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017.

Ecuador es responsable de apenas el 0.15% del total de emisiones de dióxido de carbono en los últimos años, según los especialistas, hay una reducción de alrededor del 40% de los glaciares de los volcanes como el Chimborazo, Cotopaxi, Carihuairazo y Antisana (Sosa, 2017). Cuantos más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo. Las Directrices de la Organización Mundial de la Salud sobre la Calidad del Aire ofrecen una evaluación de los efectos sanitarios derivados de la contaminación del aire, así como de los niveles de contaminación perjudiciales para la salud. La disminución de la contaminación del aire reduce las emisiones de CO₂ y de contaminantes de corta vida tales como las partículas de carbono negro y el metano, y de ese modo contribuye a mitigar el cambio climático a corto y largo plazo.

“Las fuentes móviles representan a todas las fuentes de contaminación que no poseen una posición geográfica determinada. En esta categoría caben los vehículos propulsados por un motor de combustión interna, que por naturaleza, emiten diversos contaminantes tales como CO₂, CO, NO_x y Material Particulado” (Caballero & Tolvett, 2011). Dentro de los gases contaminantes producidos por una combustión incompleta del carbón y sus compuestos, un vehículo automotor Diésel liviano no puede exceder sus niveles de CO de 2,10 g/km, HC de 0,25 g/km, NO_x de 0,62 g/km. Con un porcentaje de opacidad de 50% en los modelos 2000 en adelante.

Tabla 2, Concentración de los compuestos oxigenados presentes en los combustibles de hidrocarburos.

Compuesto	Concentración (ppm)
Acetaldehído	0.8 - 4.9
Acroleína	0.2 - 5.3
Benzaldehído	0.1 - 0.7
Acetona	2.3 - 14.0
Metiletilcetona	0.1 - 1.0
Acetofenona	0.1 - 0.4
Metanol	0.1 - 0.6
Etanol	0.1 - 0.6
Fenol+cresoles	0.1 - 6.7
Benzofurano	0.1 - 2.8
Nitro metano	0.1 - 5.0

Fuente: [4] Ingeniería ambiental: contaminación y tratamientos RS Fonfría, J de Pablo Ribas - 1989

Los hidrocarburos presentan en general una baja toxicidad, el problema principal que tienen es la reactividad fotoquímica en presencia de la luz solar para dar compuestos oxidados.

El término NO_x se refiere a la combinación de los compuestos NO₂ y NO, de los cuales el dióxido de nitrógeno NO₂ es el principal contaminante de los óxidos de nitrógeno, y se forma como subproducto en todas las combustiones llevadas a cabo a altas temperaturas como lo son en motores diésel. Es una sustancia corrosiva para la piel y el tracto respiratorio, provocando enrojecimiento y quemaduras cutáneas graves. Los valores recomendados según la OMS para que este gas no sea nocivo para el ambiente son 40 µg/m³ de media anual y 200 µg/m³ de media en 1 hora.

El monóxido de carbono el cual está considerado como un gas asfixiante porque se combina fuertemente con la hemoglobina de la sangre reduciendo la oxigenación de los tejidos celulares. Otro ejemplo es el plomo, principalmente en forma de sus alquenos derivados utilizados en la obtención del

combustible y emitidos a la atmósfera por los automotores cuando se excede su mezcla.

Se busca una combustión óptima la cual nos permita reducir los gases de invernadero en la ciudad de Quito mejorando la calidad del aire, para ello se busca implementar un Ionizador de combustible según su estudio genera una mejor aleación covalente de la cadena química de los compuestos que conforman la gasolina “súper y ecopaís”, como resultado obtener una mejora de dicho combustible, permitiéndose la introducción de innovaciones en la tecnología vehicular.

2.3 TERMODINAMICA

Solo una parte de la energía suministrada en forma de calor se convierte en trabajo de salida y la fricción de calor y la fracción del calor suministrado que se convierte en trabajo es una medida del rendimiento de una máquina térmica.

La eficiencia térmica representa la magnitud de la energía que se desperdicia con la finalidad de completar el ciclo, solo parte del calor transferido a la máquina térmica se convierte en trabajo. La eficiencia térmica del motor diésel aumenta tanto con la relación de compresión como con la relación de calores específicos. Un segundo parámetro que afecta la eficiencia térmica es la relación de calores específicos. La eficiencia térmica de máquinas varía de aproximadamente 25 a 30 por ciento.

Cuando la relación de corte de admisión disminuye. La eficiencia del ciclo diésel aumenta. La eficiencia del motor diésel varía entre el 35 y 40%.

El motor de encendido por compresión no realiza la combustión de la mezcla aire-combustible ni a volumen constante ni a presión constante, por lo que parte del proceso de combustión es isotérmico y el resto se realiza de una manera isobárica.

A mayor temperatura al final del calentamiento isobárico, mayor será el trabajo neto del ciclo. Para una relación de compresión dado, el rendimiento térmico del ciclo decrece

rápidamente al aumentar la relación de cierre de admisión del motor. La eficiencia térmica se incrementa con la relación de compresión. Si el valor de la relación de compresión no varía, el rendimiento térmico se mantiene constante cuando se incrementa la relación de presiones del motor.

En un ciclo dual altos valores de la relación de compresión y de la temperatura máxima del ciclo incrementan en rendimiento térmico y el trabajo neto.

3. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación analizará la estructura y la estabilidad de los gases contaminantes al utilizar el dispositivo magnético, por lo que es muy importante comparar con las normativas vigentes nacionales de una forma cuantitativa, estudiando únicamente el combustible al reaccionar con un ozonizador a la entrada de la toma de alimentación, observado si con este elemento disminuye las emisiones de gases contaminantes.

3.1 VEHICULO

Se utilizó un vehículo que cumpla con normativas internacionales, de acuerdo a la reglamentación de emisiones de gases contaminantes, en este caso que cumplan con la norma LEV II, quien determina mediciones a vehículos que no sobrepasen las 3,85t, por tal motivo se utilizó un vehículo europeo marca VW, que es comercializado en el país, y poseen elementos electrónicos indispensables para mejorar las emisiones de gases contaminantes, tanto en pruebas de laboratorio de su marca estáticas y dinámicas.



Figura 2. Vehículo de pruebas

Fuente: [5] Volkswagen Amarok 3.0 V6 TDI 224CV Bluemotion 4Motion Highline

3.2 NORMATIVA

Para las pruebas de laboratorio se utilizó una normativa que valide las de pruebas dinámicas, y así obtener los valores de emisiones de gases que no sobrepase los valores límites establecidos, utilizando el ciclo de marcha FTP-75, bajo la normativa TIER 2

Tabla 3. Límite emisiones de gases contaminantes

Categoría	Peso bruto vehicular (kg)	Peso neto de marcha (kg)	emisiones de escape g/km			
			C	Nox	HCT+Nox	MP
Vehículos livianos de pasajeros	<2700	todas	0,5	0,18	0,23	0,005
Vehículos comerciales clase 1	<2700	<=1305	0,5	0,18	0,23	0,005
Vehículos comerciales clase 2	<2700	>1305 y <=1760	0,63	0,235	0,295	0,005
Vehículos comerciales clase 3	<2700	>1760	0,74	0,28	0,35	0,005

Fuente: [6] Normas Sobre Emisiones De Vehículos Motorizados Livianos

3.3 CICLO DE CONDUCCION

Para la presente investigación se utilizó un ciclo de conducción dinámica, en este caso el ciclo US FTP-72(UDDS), igualmente conocido como el programa de conducción de dinamómetro urbana.

El ciclo simula una ruta urbana de 7.5 mi (12.07 km) con paradas frecuentes. La velocidad máxima es de 56.7 mph (91.25 km / h) y la velocidad promedio es de 19.6 mph (31.5 km / h). El ciclo consta de dos fases: la primera es la 505 s (5,78 km a 41,2 km / h de velocidad promedio) y la segunda llamada 867 s. La primera fase comienza con un arranque en frío. Se aplican factores de ponderación de 0,43 y 0,57 a la primera y a la segunda fase, respectivamente. Las emisiones se expresan en g / milla o g / km. El mismo ciclo de manejo del motor se conoce en Australia como el ciclo ADR 27 (*Reglas de diseño australiano*) y en Suecia como el ciclo A10 o CVS (*Muestra de volumen constante*). En Suecia, ambas fases tienen los mismos factores de ponderación. Una variante más común de la prueba, conocida como FTP-75, incluye un tercer segmento de inicio en caliente. [7]

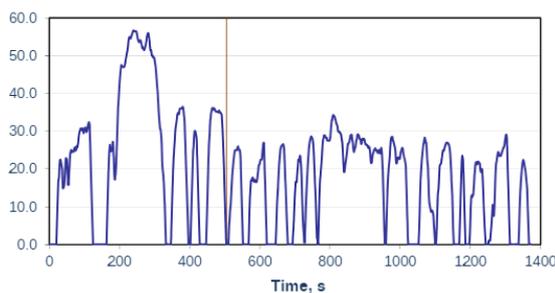


Figura 3. Ciclo de conducción FTP-75
Fuente: [8] DieselNet Emission Test Cycles - FTP-75

3.4 EQUIPO MEDIDOR

El equipo es un elemento móvil, inalámbrico que mide de una forma dinámica la incidencia de emisiones de gases contaminantes, igualmente logra monitorear los datos de los diferentes sensores y actuadores que tiene el vehículo, y comparar o revisar con el aumento o disminución de emisiones de gases

contaminantes., el equipo posee un manómetro incorporado para la medición de presión diferencial, mejorando y garantizando los datos a obtener, ya que tiene como parámetro importante la altura a la que se va a medir los gases evaporativos.



Figura 4. Equipo medidor emisiones
Fuente: Fernando Martínez, Víctor Puertas, Francisco Proaño.

3.5 IONIZADOR

Se utilizó un dispositivo magnético, cuyo elemento se ubicó en la cañería de entrada de combustible, antes de la bomba principal de presión. Lo que determina que cuando se aplica un campo magnético a un elemento, se desarrolla una fuerza magnética. La fuerza magnética genera un campo magnético no uniforme, como se expresa en la siguiente relación.

$$F_1 = \left(\frac{1}{2}\mu_0\right) \rho\gamma_1 X_1 \nabla(B^2)$$

Figura 5. Ecuación
Fuente: [9] campo magnético y fuerzas magnéticas

Con el elemento magnético utilizado para las pruebas de campo, se determina que la fuerza magnética es directamente proporcional a la densidad de la masa. La relación entre magnetización y la intensidad del campo magnético, dependerá de la temperatura del combustible a ionizar.



Figura 6. Elemento magnético

Fuente: ALGAE-X

3.6 COMBUSTIBLE

El combustible a utilizar en las pruebas dinámicas, será el comercializado en la actualidad, utilizando un combustible Diésel Premium con 140 ppm de azufre, quien es el que suministra a vehículos con tecnología EURO III, según el porcentaje de Azufre.

Tabla 4. Diésel en Ecuador.

Parámetro	Ecuador	Colombia	Perú	Chile	Mexico	Costa R	El Salv	Uruguay
Índice de Cetano	45 45	45	46 350	50	45 45	48	45	48 48
Contenido de Azufre (ppm)	7000 500	500	50 3,01	50	500 15	400	5000	7000 500
Costo US\$/Galón	1,03 1,03	4,2	3,01	5,08	3,14 3,14	4,73	4,05	6,69 8,39

Fuente: [10] características del diésel

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Durante las pruebas a realizar, tanto en laboratorio como en carretera se encontró con 2 variables, la tasa de flujo de combustible ($Q - m^3/h$) se la ajustó paulatinamente la velocidad (m/s) hasta correlacionar que la intensidad del campo electromagnético (Tesla - t) trabaje paralelamente con el caudal del combustible.

Tabla 5. Datos de entrada

Prueba	V (m/s)	Q(m3/h)	C. Mag. (t)
1	0,2	0,18	0,7
2	0,33	0,16	0,5
3	0,28	0,13	0,7
4	0,3	0,15	0,7
5	0,3	0,15	0,7

Fuente: Fernando Martínez, Víctor Puertas, Francisco Proaño

Se utilizó una prueba de laboratorio en un dinamómetro simulando el ciclo de conducción FTP-75 apropiado para vehículos diésel, para luego compara con un ensayo de carretera, tomando de la misma manera el ciclo de conducción. Se estandarizaron varios parámetros para garantizar los resultados que sean lo más semejantes posibles, como carga (*cantidad de combustible, conductor, carga posterior*), diámetro de neumáticos, tipo de combustible y temperatura ambiental, pendiente a la calzada y horario de pruebas, como se observa en la tabla 1.

Tabla 6. Datos de entrada

Prueba	carga	t °C	pendiente	horario
1	0,30 Ton	23,4	2,05°	10:10
2	0,30 Ton	22,5	2,05°	11:05
3	0,30 Ton	24,04	2.10°	10:15
4	0,30 Ton	23,7	2,07°	9:45

Fuente: Fernando Martínez, Víctor Puertas, Francisco Proaño

Las variables a revisar serán del CO, el NOx, y El O2 al colocar el dispositivo magnético, realizando pruebas estáticas y dinámicas, tomando en cuenta los valores en un rango de 30 segundos en el tiempo en que mayor contaminación genera el vehículo.

En la figura 4 se observa los valores de emisión de gases contaminantes del CO, colocado el ionizador comparando con el vehículo en condiciones normales.

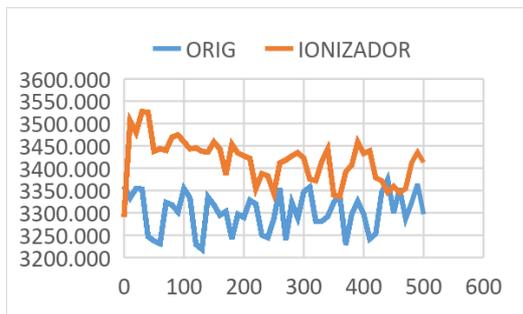


Figura 7. Medición de CO

Fuente: Fernando Martínez, Víctor Puertas, Francisco Proaño

Se observa en la gráfica que los valores de CO, bajan en un 15%, lo que significa que la combustión es completa y controlada, mejorando en la emisión de gases contaminantes, esto se debe a que internamente en la cámara de combustión se homogeniza de mejor manera la relación aire combustible, disminuyendo el valor del CO.

Los valores de NOx, que se mantienen casi en los mismos parámetros, pero tienen una peculiaridad que los valores no oscilan mayormente, y lo que hace es estabilizarse en función del tiempo.

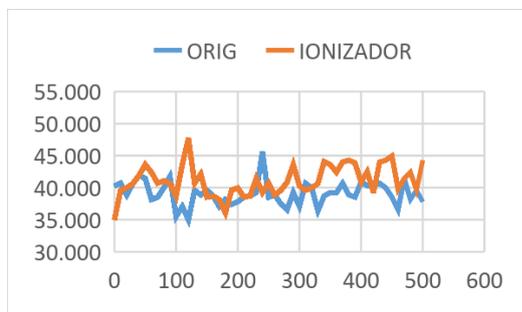


Figura 8. Medición de Nox

Fuente: Fernando Martínez, Víctor Puertas, Francisco Proaño

Se observa que, a partir de los 300 segundos los valores se estabilizan, esto se debe a que el ionizador afianza de una forma laminar el ingreso de combustible en la cámara de

combustión, disminuyendo la temperatura en la cámara de combustión evitando puntos calientes que eleva la emisión de NOx.

5. DESARROLLO COMPARATIVA

Y

Se compararon los datos de las emisiones de gases contaminantes sin el elemento magnético y con el ionizador, teniendo en cuenta que el valor del combustible con una intensidad del campo magnético se establecería a los 0,15T.

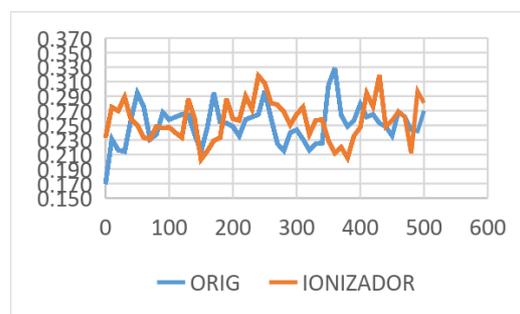


Figura 9. Medición de O2

Fuente: Fernando Martínez, Víctor Puertas, Francisco Proaño

Lo que se puede observar que, para un valor de oxígeno constante, hay una disminución en el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno.

Ya considerada en el proceso de combustión tanto el monóxido de carbono como el óxido de nitrógeno influyen directamente de los valores de oxígeno, de tal manera que si se aumenta el oxígeno en la combustión disminuye la emisión del CO, pero aumenta el NOx. [11,12]

En la posterior fase de pruebas a una velocidad de 0,2m³/h, con el dispositivo magnético montado, se observa una estabilización a un nivel bajo y estable del monóxido de carbono, que igualmente se puede evidenciar un resultado similar al NOx, y una ligera caída del nivel de oxígeno en combustión.

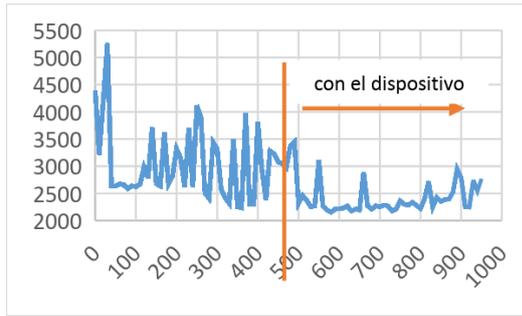


Figura 10. Estabilizador del CO
Fuente: Fernando Martínez, Víctor Puertas,
 Francisco Proaño

Los cambios producidos en la combustión al tener un combustible con mayor afinidad, las moléculas al momento de la combustión mejoran y estabiliza los valores de los gases evaporativos como se observa en las gráficas 7 y 8, lo que determina que se estabilizan los valores en el caso del CO reduciendo las emisiones en un 56%.

Para la instalación del elemento magnético deberá colocarse a una distancia mayor o igual a los 300, ya que los efectos del campo magnético sobre el combustible se reducen, por tal motivo se tuvo en cuenta que la distancia entre la bomba principal de alta presión y el dispositivo es inversamente proporcional al efecto del campo magnético en el combustible fluido.

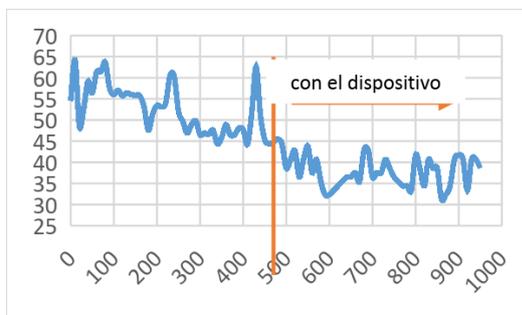


Figura 11. Estabilizador del Nox
Fuente: Fernando Martínez, Víctor Puertas,
 Francisco Proaño

Las pruebas dinámicas muestran que los valores de NOx se estabilizan en un 46% comparando con los valores iniciales de 59ppm

y 64 ppm, lo que significa que mejora la combinación del oxígeno estabilizando la temperatura en la cámara de combustión

Al aplicar ciertas sucesiones y alternancias de los gradientes de los campos magnéticos al fluido de combustible, aparece una intensificación del proceso de cambio en la estereoquímica de las moléculas que producen los frenos que conduce al aumento del momento magnético característico y a una ionización más fuerte.

El proceso térmico que se produce en la cámara de combustión al utilizar el dispositivo magnético ayuda a obtener una combustión completa obteniendo un rendimiento de temperatura estable eliminando puntos calientes en la cámara, obteniendo una reducción de gases contaminantes. Esto significa que las dispersiones de las moléculas del hidrocarburo producen una mayor área de superficie obteniendo una oxidación más completa del combustible, lo que se puede evidenciar en los resultados obtenidos a partir de mediciones experimentales.

6. CONCLUSIONES

Se realizó el análisis de emisiones contaminantes en ambos casos con las mismas condiciones utilizando el ciclo de marcha FTP-75, bajo la normativa TIER 2, en conclusión con el uso del dispositivo conectado presento una mejora en la homogenización de la mezcla (aire – combustible) generado por el campo magnético del ionizador, en condiciones reales se obtuvo una combustión completa y controlada reduciendo en un 15% los valores de emisiones en CO.

Debido al uso del dispositivo de centro magnético la concentración de CO disminuye a comparación al estudio sin el mismo, esto, gracias a que internamente en la cámara de combustión la mezcla se homogeniza brindando una mejor combustión lo que supone una mayor evaporación del carburante teniendo a su vez las moléculas del mismo por

ende hay mayor afinidad y como resultado la disminución de dicho del gas en consideración.

Usando el Ionizador se logra que las gotas de combustible tengan un diámetro más homogéneo siendo más laminar el flujo, aunque no en su totalidad por factores de diseño de la cámara de combustión, siendo una buena atomización un factor importante y responsable de lograr la correcta transferencia de calor entre los gases de combustión que salen paralelamente con la mezcla que entra a la cámara de combustión

Podemos concluir en relacion a los enlaces de la cadena covalente del Diésel, como resultado se obtuvo una mejora en el ingreso de combustible a la cámara de combustión disminuyendo así la temperatura en puntos calientes que elevan las emisiones de NOx.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

[1] Manual combustibles diésel y biodiesel. J.Ignacio .Ciria. (2015)

[2] Manual combustibles diésel y biodiesel. J.Ignacio .Ciria. (2015)

[3] (Romero, Diego, & Álvarez, 2006)

[4] Ingeniería ambiental: contaminación y tratamientos RS Fonfría, J de Pablo Ribas - 1989

[5] Volkswagen Amarok 3.0 V6 TDI 224CV Bluemotion 4Motion Highline

[6] Ficha técnica Amarok, tomado de:
<https://www.volkswagen.com.ec/es/modelos/nvw-amarok.html#home>

[7] emisiones en vehículos motorizados, tomado de:
www.subtrans.cl/pdf/DEC_211.1991.pdf

[8] FTP-75, tomado de:

<https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.php>

[9] Ciclo Conducción FTP-75
<https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp72.php>

[10] Campo magnético y fuerzas magnéticas
http://www.astro.ugto.mx/~rcoziol/Cursos/EM/EM2013s2_cap8.pdf

[11] Biodiésel o green diésel, tomado de:
<http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2012/02/24/131486>.

[12] Eisuke Yamada, et all, Experimental and numerical analyses of magnetic effect on OH radical distribution in a hydrogen-oxygen diffusion flame, Combustion and Flame 135 (2003) 365–379;

[13] Tong Jingshan et al, “The molecular Thermodynamics Model of Magnetized Fluid and the Study of Combustion Performance of Magnetized Oil Fuels”, Energy Conservation Technology (China), 1989, 9
Conclusiones

ANEXO 1

EL BIODIESEL DE ACEITE DE HIGUERILLA COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA MOTORES DIESEL

CASTOR OIL BIODIESEL AS AN ALTERNATIVE FUEL FOR DIESEL ENGINES

ALIRIO BENAVIDES

*Grupo Combustibles Alternativos, Universidad Nacional de Colombia Sede
Medellín, aybenavi@unalmed.edu.co*

PEDRO BENJUMEA

*Grupo Combustibles Alternativos, Universidad Nacional de Colombia Sede
Medellín, pbenjume@unalmed.edu.co*

VESELINA PASHOVA

*Grupo Combustibles Alternativos, Universidad Nacional de Colombia Sede
Medellín, vpashova@unal.edu.co*

Recibido para revisar agosto 23 de 2006, aceptado febrero 09 de 2007, versión final marzo 29 de 2007

RESUMEN: En este artículo se presenta un estudio experimental sobre la producción y utilización del biodiesel de aceite de higuera. El máximo rendimiento de metilésteres en la reacción de transesterificación del aceite de higuera usado se obtiene bajo las siguientes condiciones: temperatura ambiente, una relación molar metanol/aceite de 9 y una concentración de catalizador de 0.8%. El biodiesel de aceite de higuera puede ser mezclado con el combustible diesel convencional derivado del petróleo en proporciones hasta del 15%, sin que la mezcla resultante se salga de las especificaciones de calidad estipuladas en los estándares nacionales e internacionales para combustibles diesel. La mayor dificultad para el uso del biodiesel de aceite de higuera en motores es su alta viscosidad. Sin embargo este biocombustible presenta excelentes propiedades de flujo a baja temperatura (valores bajos para los puntos de nube y fluidez). Las pruebas en motor con mezclas biodiesel de higuera/diesel convencional, en el rango de proporciones de biodiesel ensayadas, muestran que a medida que se incrementa la proporción de biodiesel en la mezcla aumenta el consumo específico de combustible, disminuye el dosado relativo, la opacidad de humos se disminuye levemente, mientras que el rendimiento efectivo y las emisiones de CO y CO₂ prácticamente permanecen constantes.

PALABRAS CLAVE: aceite de higuera, biodiesel, transesterificación.

ABSTRACT: In this paper, a study related to the production and use of castor oil biodiesel is presented. The maximum methyl esters yield of the castor oil transesterification reaction is obtained under the following conditions: ambient temperature, a molar ratio of methanol to vegetable oil equal to 9 and a catalyst percentage equal to 0.8%. The castor oil biodiesel can be blended with petroleum diesel as far as 15% in such way that the resulting blend complies with national and international technical standards for diesel fuels. Its high viscosity becomes the main difficulty for using castor oil biodiesel in engines. However this biofuel exhibits excellent cold flow properties (low values of cloud and pour points). The motor tests using castor oil biodiesel/petroleum diesel blends, for the biodiesel proportion tested, show that a biodiesel percentage increase leads to an increase in the specific fuel consumption, a decrease in the fuel/air ratio, a slight decrease in smoke

opacity, while the fuel conversion efficiency and the CO and CO₂ emissions practically remain constants.

KEYWORDS: castor oil, biodiesel, transesterification.

1. INTRODUCCIÓN

La preocupación general por el carácter no renovable de los combustibles fósiles y la alta participación del sector transporte en el consumo total de energía primaria y en la contaminación atmosférica urbana, se han

convertido en las fuerzas jalonadoras que están impulsando la investigación mundial sobre combustibles alternativos para motores, especialmente aquellos derivados de la biomasa.

En lo referente a motores diesel, el biodiesel, dadas las ventajas técnicas, estratégicas y ambientales que ofrece, constituye la mejor alternativa para sustituir parcial o totalmente al combustible diesel derivado del petróleo. El biodiesel se obtiene mediante la reacción de un aceite vegetal o grasa animal con un alcohol de bajo peso molecular en presencia de un catalizador.

La clave de la economía de la producción del biodiesel se encuentra en las materias primas utilizadas. El reto para cualquier país o región consiste en la implementación de procesos de producción basados en materias primas con disponibilidad local. Dichos procesos se deben optimizar con el objetivo de obtener un biocombustible con un costo de producción competitivo, y que además posea una calidad adecuada. En Colombia se han realizado varias investigaciones, a nivel de laboratorio y planta piloto, con el fin de obtener biodiesel a partir de diversas materias primas, tales como aceite de palma, aceite de higuera, aceites fritos y subproductos de la industria avícola [1-4].

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio relacionado con la obtención en laboratorio de biodiesel de aceite de higuera mediante metanolisis básica y su utilización, mezclado en diferentes proporciones con el combustible diesel convencional, en un motor diesel instalado en un banco de ensayos.

El aceite de higuera pertenece al grupo de materias primas consideradas estratégicas para la producción de biodiesel en el país, de acuerdo con el proyecto *Transición de la Agricultura* del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.

2. TRABAJO EXPERIMENTAL

El trabajo experimental se realizó en dos fases. La primera de ellas incluye la caracterización de la materia prima, el proceso de producción del biodiesel y la determinación de las principales propiedades del biocombustible obtenido. En la segunda fase se estudian aspectos del comportamiento mecánico y ambiental de un motor diesel instalado en un banco de ensayos, funcionando con mezclas de biodiesel de aceite de higuera y un combustible diesel corriente adquirido en una estación de servicio.

2.1 Obtención del Biodiesel

2.1.1 Caracterización de la materia prima

El aceite de higuera llamado también aceite de ricino o de castor se extrae de las semillas de la higuera (*Ricinus Communis*). Su principal componente es el ácido ricinoleico, el cual se encuentra formando el triglicérido simple denominado triricinoleina, cuya concentración en porcentaje por peso es cercana al 90%. Adicionalmente, en el aceite de higuera se pueden encontrar pequeñas

cantidades de tripalmitina, triestearina y otros triglicéridos mixtos. Dada su naturaleza química, el aceite de higuera es un líquido altamente viscoso, miscible en alcohol y ácido acético y de bajo punto de solidificación [5]. La caracterización del aceite de higuera fue realizada en el Laboratorio de Crudos y Derivados de la Facultad de Minas. Para ello se le determinaron sus principales propiedades físicas e índices característicos de acuerdo con las normas ASTM correspondientes.

2.1.2 Proceso de producción de biodiesel

El biodiesel fue obtenido mediante la transesterificación del aceite de higuera con metanol (metanolisis) utilizando NaOH como catalizador. El aceite de higuera fue facilitado por Proquimcol S.A. El metanol y el hidróxido de sodio fueron facilitados por Interquim S.A. Se utilizó un metanol con un 99.93% de pureza.

Para la reacción de transesterificación se utilizó un reactor discontinuo de vidrio con salidas para acoplar un agitador y un condensador. Al reactor se agregó inicialmente el aceite y luego el metóxido previamente preparado mediante el mezclado del metanol con el NaOH. La reacción se llevó a cabo a presión y temperatura constantes durante un lapso de dos horas. Como productos de la reacción se obtuvieron metilésteres de los ácidos grasos presentes en el aceite de higuera (biodiesel) y glicerol. La separación de las fases metilésteres y glicerol se realizó en un embudo de decantación durante un lapso de 24 horas. Para facilitar la separación de dichas fases se agregó agua en el decantador. La fase metilésteres una vez separada se sometió a un proceso de lavado utilizando una cantidad de agua igual al volumen del fluido a lavar. El agua se agregó por la parte superior del recipiente contenedor previamente pulverizada. Este método de lavado presentó menos problemas relacionados con la formación de emulsiones que el método de burbujeo con aire recomendado en trabajos previos con otros tipos de biodiesel [6-7]. El secado del biodiesel se llevó a cabo por evaporación del agua remanente. El tiempo de secado fue fijado en 15 minutos.

Al biodiesel obtenido y a las diferentes mezclas biodiesel-diesel convencional preparadas, se le determinaron sus principales propiedades como combustibles de acuerdo con las normas ASTM D-975 e ICONTEC 1438.

2.2 Utilización del Biodiesel

El biodiesel obtenido mezclado con diesel convencional, fue probado en el Laboratorio de Máquinas Térmicas de la Universidad de Antioquia en un motor monocilíndrico de encendido por compresión acoplado a un freno dinamométrico. En la [figura 1](#) se muestra un esquema del banco de ensayos.

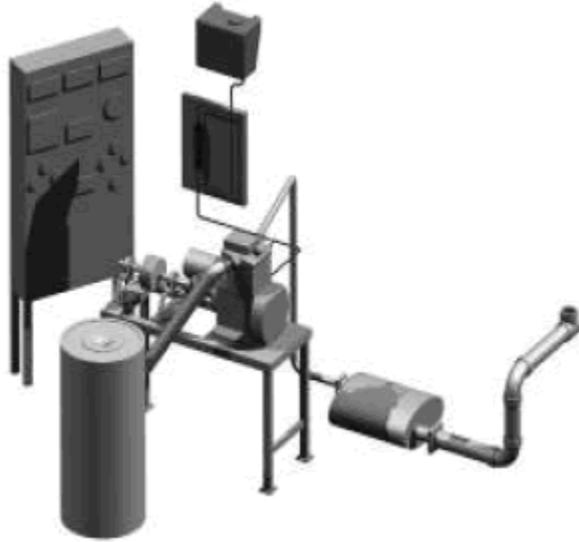


Figura 1. Esquema del banco de ensayos

Figure 1. Test bed scheme

En la [tabla 1](#) se presentan las principales especificaciones técnicas del motor utilizado. En la [Tabla 2](#) se presentan las variables mecánicas y ambientales medidas y los dispositivos con los cuales se llevo a cabo la medición.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del motor

Table 1. Engine technical specifications

Especificación	Magnitud
Referencia	HATZ D-94099 TIPO E673R47
Número de cilindros	1
Ciclo	4 tiempos Diesel
Refrigeración	Por Aire
Suministro combustible	Inyección Directa
Diámetro de pistón	73mm
Carrera	67mm
Cilindrada	280cm ³
Peso	~40kg
Presión de inyección	135+8Bar

Tabla 2. Instrumentación del banco de ensayos**Table 2.** Test bed instrumentation

Parámetros Mecánicos				
Variable Efectiva a Medir	Instrumento de Medición	Marca	Rango	Precisión
Caudal de Aire	Flujómetro de Turbina	ELSTER	2-25m ³ /h	0.01m ³ /h
Caudal de Combustible	Bureta Graduada	PYREX	0-500ml	10ml
Fuerza	Celda de Carga	UTILCELL	0-50000g	10g
Temperatura	Termopar Tipo K	SHIMADEN	-40-1250°C	1°C
Régimen de Giro	Sensor de Proximidad	GIACOMO PATRONE	0-6000rpm	200 rpm
Parámetros Ambientales				
Monóxido de Carbono	Analizador NDIR	MAIHAK	0-5% Volumen.	5% de Lectura
Dióxido de Carbono	Analizador NDIR	MAIHAK	0-5% Volumen.	5% de Lectura
Opacidad de Humos	Opacimetro	GALIO	0-100%	2%

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Obtención del Biodiesel

Las principales variables que influyen en el rendimiento, conversión y cinética de la reacción de transesterificación son la calidad de la materia prima, el tipo y cantidad de catalizador, el tipo de alcohol, la relación molar alcohol/aceite y las condiciones de reacción como temperatura, presión y agitación [8-10].

El objetivo de este estudio experimental fue la optimización de la metanólisis básica del aceite de higuera. A continuación se identifican las variables que fueron bloqueadas y aquellas cuyo efecto individual y combinado se quiso analizar. La calidad del aceite, la velocidad de agitación, la presión y el tiempo de reacción fueron mantenidos constantes. La temperatura influye en la cinética de la reacción. Un valor alto de esta variable puede ser negativo, ya que puede afectar el rendimiento de metilésteres al promover la reacción de saponificación de los triglicéridos o de la fase biodiesel a medida que se forma [11]. El metanol suele ser el alcohol preferido en la producción de biodiesel por razones técnicas y económicas [12]. Una vez fijado el tipo de alcohol, la variable de interés es la cantidad de este reactivo a utilizar, la cual se expresa como relación molar metanol/aceite (RMA). Tal relación indica el exceso de alcohol a utilizar en la reacción. Para las condiciones estequiométricas, cero exceso de alcohol, el valor de dicha variable es tres. Para este estudio experimental se seleccionó como catalizador el hidróxido de sodio, NaOH, por ser el más económico.

Teniendo fijo el tipo de catalizador, la variable de análisis más relevante es la cantidad utilizada de éste. Tal cantidad se expresa comúnmente como porcentaje por peso con respecto a la masa de aceite utilizada. Cuando se usa una materia prima conteniendo ácidos grasos libres (AGLs), en el cálculo de la cantidad de catalizador (CC) que efectivamente se debe utilizar, hay que tener en cuenta la cantidad adicional de base fuerte que se consume en la neutralización de los AGLs.

Como variable respuesta se seleccionó el rendimiento final de metilésteres, el cual se puede expresar como la relación entre la masa de biodiesel purificado obtenida y la masa de aceite original.

Los valores para los niveles de los factores en estudio, CC, RMA y Temperatura, fueron seleccionados de acuerdo con una serie de preensayos llevados a cabo con el fin de constatar la viabilidad de la reacción bajo tales condiciones. En la [tabla 3](#) se muestran los valores definitivamente seleccionados para los niveles de los factores en estudio. El diseño experimental ejecutado fue un diseño factorial 3^3 con dos réplicas.

Tabla 3. Factores y niveles del diseño experimental. Producción de biodiesel

Table 3. Factors and levels of the experimental design. Biodiesel production

Factor	Nivel Inferior	Nivel Medio	Nivel Superior
CC (% por peso)	0.8	1.4	2.0
RMA (mole/mole)	9:1	12:1	15:1
Temperatura	Ambiente	35°C	50°C

La [figura 2](#) muestra los resultados experimentales del rendimiento del proceso de obtención del biodiesel del aceite de higuera para las diferentes combinaciones de las variables.

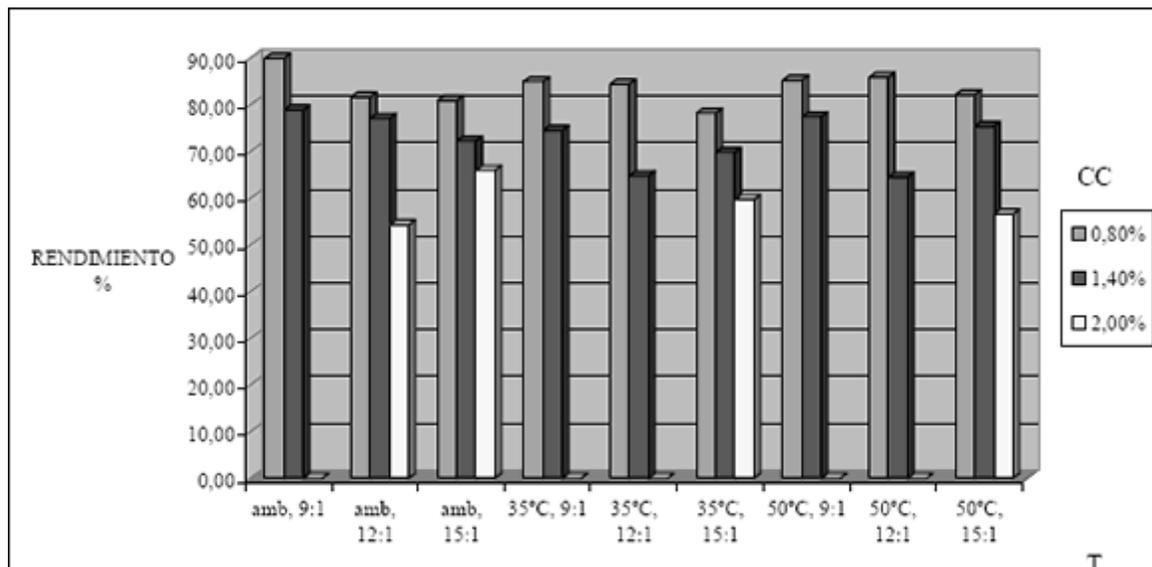


Figura 2. Rendimiento del proceso de producción de biodiesel

Figure 2. Biodiesel production process yield

De acuerdo con un análisis de varianza (tabla Anova) se pudo constatar que los tres factores tenidos en cuenta tienen influencia sobre el rendimiento del proceso, siendo más significativo el efecto de la cantidad de catalizador, luego la temperatura y por último el exceso de alcohol.

Mediante análisis de medias se encontró que el punto óptimo que permite el máximo rendimiento de la reacción corresponde a los niveles inferiores considerados.

Para valores de RMA y de CC inferiores a 9 y 0.8%, respectivamente, la reacción no transcurre. Valores altos de CC promueven la formación de geles, mientras que valores altos de la temperatura promueven la reacción secundaria de saponificación de los triglicéridos o de los metilésteres a medida que son producidos.

3.2 Caracterización Materia Prima Y Combustibles Utilizados

En la tabla 4 se muestran las principales propiedades del aceite de higuera y se comparan algunos de los valores obtenidos con valores típicos reportados en la literatura. [5].

Tabla 4. Principales propiedades del aceite de higuera

Table 4. Main properties of castor oil biodiesel

Propiedad	Unidades	Estándar ASTM	Resultado	Valor típico
Densidad	g/cm ³	D-5	0.9707	0.96
Agua y sedimentos	% Volumen	D-96	0.0	-
Corrosión	-	D-665	1A	-
Contenido de cenizas	% por peso	D-482	0.015	< 0.01
Residuo carbonoso	% por peso	D-189	0.101	0.22
Punto de inflamación	°C	D-93	279.3	270
Punto de fluidez	°C	D-97	-2	-10
Viscosidad a 40 °C	cSt (mm ² /s)	D-445	266.81	297
Índice de acidez	mg KOH/g aceite	D-1980	2.1	-
Índice de saponificación	mg KOH/g aceite	D-5558	187.4	-
Índice de Yodo	g yodo/100 g aceite	D-5554	84.3	81-97

En la tabla 5 se contrastan las propiedades del biodiesel de aceite de higuera con las de un combustible diesel convencional adquirido en una estación de servicio y con las especificaciones para combustibles diesel contempladas en las normas ASTM D-975 e ICONTEC NTC 1438.

Tabla 5. Comparación propiedades entre el biodiesel de higuera, diesel corriente y mezclas preparadas

Table 5. Properties comparison among castor oil biodiesel, conventional diesel and prepared

blends

Análisis	B100	B60	B30	B15	B5	Diesel	Especificación ASTM D-975	
							Min.	Máx.
Agua por Destilación, % por volumen	0.8	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	N/A (No Aplica)	
Cenizas, % por peso	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.01
Color Saybolt	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5		3.0
Corrosión Lámina Cobre	1A	1A	1A	1A	1A	1A		2.0
Destilación (T en °C)								
Punto Inicial de Ebullición	204.3	191.1	190.1	171.8	174.9	182.0	Reportar	
50% recobrado	333.3	327.2	319.1	299.8	298.8	297.8		300
90% recobrado	345.5	347.5	352.6	350.6	354.6	357.7		360
Punto Final de Ebullición	353.6	351.6	362.8	362.8	372.9	380.0		390
Densidad a 60°F (kg/m ³)	926.05	901.85	882.17	871.30	868.63	865.97	Reportar	
Índice de Cetano	38.0	45.0	49.0	50.5	51.0	50.0	45	
Poder Calorífico, MJ/kg	37.52	40.0	42.95	44.2	45.01	45.43	N/A	
Punto de Inflamación, °C	84.3	64.3	64.3	62.3	62.3	62.3	52	
Punto de Fluidez, °C	-18.0	-12.0	-13.0	-18.0	-14.0	-14.0		4
Punto de Nube, °C	-4.0	4.0	3.0	2.0	1.0	1.0	N/A	
Residuo Carbonoso, % por peso	<0.05	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		0.2
Viscosidad Cinemática a 40 °C, mm ² /s	14.89	8.75	6.11	5.02	4.79	4.66	1.9	5.0

En dicha tabla, adicionalmente, se presentan las propiedades de las mezclas biodiesel-diesel denominadas B5, B15, B30 y B60. En dicha denominación el número indica el porcentaje de biodiesel en la mezcla.

El valor del poder calorífico del biodiesel puro presenta una disminución cercana al 17.5% con respecto al diesel corriente. Tal diferencia se reduce a un 11.7% cuando dicha propiedad se expresa en unidades de energía por unidad de volumen, dada la mayor densidad del biodiesel.

Las principales deficiencias de calidad del biodiesel de aceite de higuera obtenida son su bajo índice de cetano y su alta viscosidad. Hay que tener en cuenta que el índice de cetano aquí reportado se calculó utilizando una correlación que en principio es recomendada para combustibles tipo hidrocarburo. De otro lado, el biodiesel de aceite de higuera posee puntos de nube y fluidez que le dan ventajas para su uso a bajas temperaturas

Las propiedades particulares del biodiesel de aceite de higuera están muy ligadas a su naturaleza química. Tal biocombustible posee un alto contenido de metilésteres del ácido ricinoleico, el cual es de carácter insaturado (presenta un enlace doble en su estructura). Adicionalmente el ácido ricinoleico, a diferencia de los otros ácidos carboxílicos comúnmente presentes en los aceites vegetales, posee un grupo hidróxilo en su estructura que le confiere su alta viscosidad.

Un bajo valor del índice de cetano significa baja calidad de ignición de un combustible diesel y puede conducir al fenómeno denominado “golpeteo diesel” que se presenta por un pico de presión consecuencia de un alto tiempo de retardo en el inicio de la combustión. Un combustible con alta viscosidad no será pulverizado adecuadamente por los sistemas de inyección que poseen los

motores diesel de inyección directa modernos. Las mezclas B60 y B30, aunque cumplen con la especificación del índice de cetano poseen valores de la viscosidad por fuera del rango recomendado en las normas. Con las mezclas B15 y B5, las cuales cumplen especificaciones, es de esperar un funcionamiento adecuado en los motores que las utilicen.

3.3 Utilización del Biodiesel

Las condiciones de régimen de giro y par se fijan en el banco de ensayos con la ayuda del acelerador y del freno dinamométrico. Su producto es la potencia del motor, la cual se debe seleccionar procurando reproducir las condiciones más típicas a las que se encuentra sometido un motor de automoción en ruta. Este método presenta la ventaja de proporcionar datos estadísticamente confiables y muy repetitivos [1].

Para el análisis de los parámetros mecánicos y ambientales que determinan el desempeño del motor se realizó un diseño experimental factorial, en el cual, los factores a variar son la composición del combustible (% de biodiesel en la mezcla) y el modo de operación o grado de carga del motor (caracterizado por un régimen de giro y una potencia dadas). La tabla 6 muestra en detalle los factores y niveles del diseño experimental.

Tabla 6. Factores y niveles del diseño experimental. Utilización del biodiesel
Table 6. Factors and levels of the experimental design. Biodiesel Utilization

Factor	Característica nivel			Designación nivel
Combustible	Diesel Común			B0
	Diesel común 95% - Biodiesel 5%			B5
	Diesel común 85% - Biodiesel 15%			B15
	Diesel común 70% - Biodiesel 30%			B30
Modo de operación	Régimen de giro (rpm)	Fuerza (kg)	Potencia (kW)	
	1800	0.5	0.22	1
		1.0	0.45	2
		1.5	0.67	3
		2.0	0.90	4

Combinando los diferentes modos de operación y tipos de combustible se obtiene la matriz de ensayos que indica las combinaciones posibles para la realización del análisis. Cada combinación se llevo a cabo con dos réplicas calculadas para obtener una confiabilidad del 95% en el diseño experimental planteado.

Los parámetros mecánicos se refieren a la operación intrínseca del motor, evaluada desde el punto de vista de las magnitudes de lo que se entrega como trabajo útil, lo que se requiere para su movimiento (consumos) y la energía que se desperdicia como consecuencia de su funcionamiento. En este trabajo solo se tuvieron en cuenta los denominados parámetros efectivos, o sea, aquellos que se obtienen en el eje del motor [13]. Entre tales parámetros se analizan: el consumo específico de combustible (gef), el rendimiento de conversión de combustible o rendimiento efectivo (h_e) y el dosado relativo (FR). Los parámetros ambientales tenidos en cuenta fueron la opacidad de humos y las emisiones de monóxido y dióxido de carbono.

3.3.1 Rendimiento efectivo (h_e)

Este parámetro indica la proporción de energía que realmente se aprovecha, partiendo de toda la que puede suministrar el combustible por unidad de masa. La figura 3 muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento efectivo del motor, en otras palabras, la proporción

entre la cantidad de energía suministrada al motor y la energía útil obtenida del mismo se conserva al utilizar los diferentes combustibles. La máxima variación en el rendimiento efectivo se da entre los combustibles B5 y B15 siendo del 3.21%.

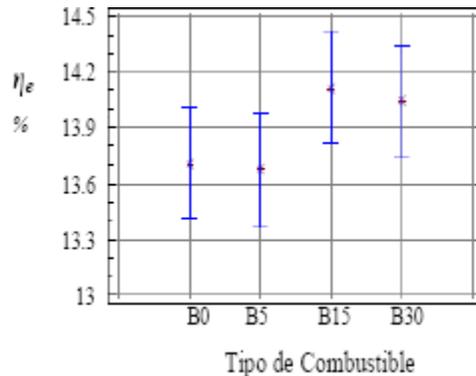


Figura 3. Variación del rendimiento efectivo con el tipo de combustible

Figure 3. Variation of efficiency with fuel type

3.3.2 Consumo específico de combustible

Este parámetro se define como la relación entre la masa de combustible utilizada y la potencia efectiva generada. Representa el aprovechamiento que se da al combustible para obtener potencia, de tal forma que la idea es obtener siempre el menor *gef* posible. La [figura 4](#) ilustra la variación del *gef* con la proporción de biodiesel en la mezcla para los diferentes modos de funcionamiento del motor. Dicha tendencia corresponde con la reportada ampliamente en la literatura para diferentes clases de biocombustibles [14]; e indica que para una misma potencia, el *gef* aumenta con el incremento de biodiesel en la mezcla. Este aumento es una consecuencia del menor poder calorífico volumétrico que posee el biodiesel con respecto al combustible diesel derivado del petróleo.

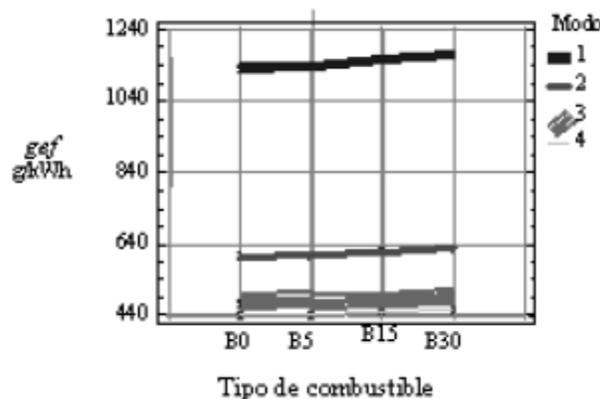


Figura 4. Variación del *gef* con el tipo de combustible y el modo de operación

Figure 4. Variation of *gef* with fuel type and operation mode

3.3.2 Dosado relativo (FR)

El *FR* es la relación entre el dosado absoluto o real (F_a) y el estequiométrico (F_{stq}). El dosado se define como la razón entre las tasas máscas de combustible y de aire que se usan durante la combustión de cualquier carburante, sea quemado en condiciones estequiométricas (ideales) o fuera de estas. El *FR* indica sí la combustión se realiza con exceso de aire o con defecto. En motores diesel el *FR* siempre debe ser inferior a 0.7 (mezcla ligeramente pobre).

De la [figura 5](#) se observa que al incrementar el porcentaje de biodiesel en la mezcla, el *FR* disminuye. Esto se debe al aporte extra de oxígeno molecular del biodiesel. Así, el aumento

en la proporción de biodiesel demanda cada vez menos aire atmosférico para efectuar la combustión. La [figura 4](#) también ilustra la influencia que tiene el modo de operación sobre el *FR*. Claramente, a medida que aumenta la demanda sobre el motor por el incremento en la carga, el gasto de combustibles es mayor y con ello, el *FR* se hace mayor.

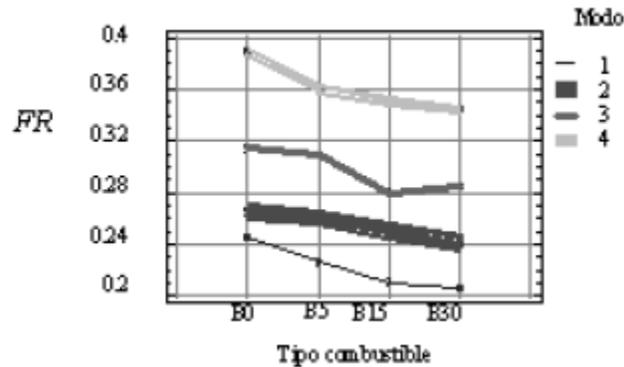


Figura 5. Variación del dosado relativo con el modo de operación y el tipo de combustible

Figure 5. Variation of equivalent ratio with operation mode and fuel type

3.3.3 Monóxido de carbono

De acuerdo con el análisis de varianza, el grado de carga y el tipo de combustible no tienen una influencia estadísticamente significativa sobre el comportamiento de las emisiones de monóxido de carbono. No obstante en la [figura 6](#) se observa una ligera tendencia ascendente para las emisiones de CO con el aumento en la carga sobre el motor; situación razonable por el incremento del gasto de combustible. Las variaciones en el porcentaje de CO son pequeñas y analizar con más detalle este parámetro, requiere de dispositivos de mayor precisión.

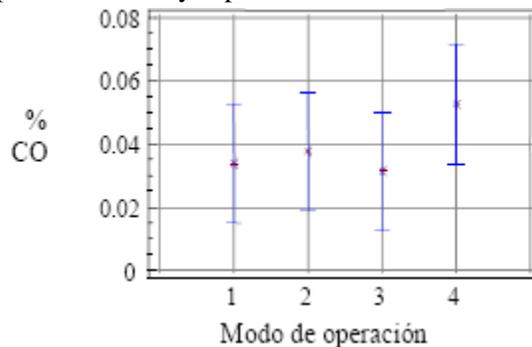


Figura 6. Variación de las emisiones de CO con el modo de operación

Figure 6. Variation of the CO emissions with operation mode

Con respecto al tipo de combustible, el porcentaje de CO no tiene variaciones significativas. En general las emisiones de CO no son un problema en la combustión diesel debido a los altos excedentes de aire (bajos dosados relativos) que se utilizan.

3.3.4 Dióxido de Carbono

De acuerdo con la [figura 7](#), las variaciones de las emisiones de CO₂ con el combustible y con el modo de operación siguen una tendencia muy similar a las presentadas con el CO. Dichas emisiones se incrementan con el grado de carga y no se ven muy afectadas con el tipo de combustible.

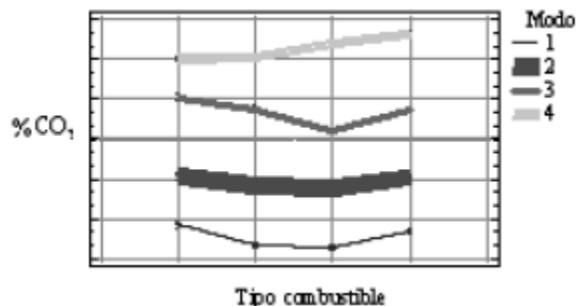


Figura 7. Variación de las emisiones de CO₂ con el modo de operación y el tipo de combustible

Figure 7. Variation of CO₂ emissions with operation mode and fuel type

3.3.4 Opacidad de Humos (OH)

La figura 8 muestra que el modo de operación tiene un efecto significativo sobre la opacidad de los humos ya que dicho parámetro ambiental es proporcional a la carga.

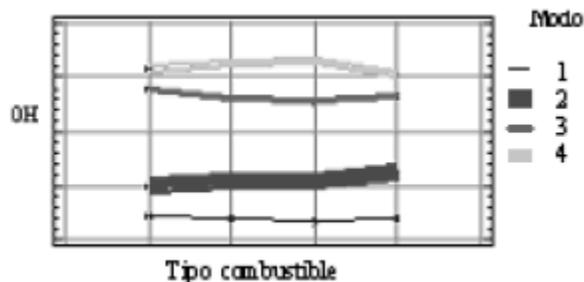


Figura 8. Variación de la opacidad de humos con el modo de operación y el tipo de combustible

Figure 8. Variation of smoke opacity with operation mode and fuel type

En lo que respecta al tipo de combustible, es de esperarse que al incrementarse la proporción de biodiesel en la mezcla se presente una disminución considerable en la opacidad de los humos, dado que se está usando un combustible oxigenado y prácticamente libre de azufre. Sin embargo, tal tendencia no se ve bien marcada en los resultados experimentales ilustrados en la figura 8. Por el contrario, con la mezcla B30, en la mayoría de los modos de operación, se observan ligeros incrementos en la opacidad de humos con respecto a cuando se usa combustible diesel puro. Tal comportamiento anómalo puede ser debido a la alta viscosidad de la mezcla B30 que puede ocasionar una mala atomización del combustible.

3. CONCLUSIONES

Las condiciones que permiten obtener los mayores rendimientos de biodiesel de aceite de higuera mediante metanolisis básica son temperatura ambiente (25°C), una relación metanol/aceite de 9 y un porcentaje de 0.8% en peso de NaOH. El hecho de que la reacción transcurra a temperatura ambiente es muy ventajoso ya que implica una reducción importante en los costos de producción. El biodiesel obtenido presenta ventajas en sus propiedades de flujo a baja temperatura como los puntos de nube y fluidez. Sin embargo, su alta viscosidad y bajo número de cetano limitan su aplicación en motores de automoción. Con mezclas hasta B15, el producto resultante cumple con las especificaciones de calidad contempladas en los estándares para combustibles diesel. El consumo específico de combustible (*gef*) en el motor aumenta con el porcentaje de biodiesel de higuera en la mezclas biodiesel/diesel. Si en una aplicación dada se quiere conservar el *gef*, esto

se logra a expensas de disminuir la potencia. Ambas variaciones se dan en la misma proporción en la que varía el poder calorífico de la mezcla ensayada.

El rendimiento efectivo del motor no se ve afectado con el uso del biodiesel de aceite de higuierilla. Para mantener la misma potencia en el eje es necesario consumir más biodiesel, sin embargo este tiene menor poder calorífico, por lo que finalmente la relación entre las energías a la salida y a la entrada es la misma que para el combustible diesel.

En las proporciones en que se utilizaron las mezclas biodiesel/diesel en el motor no se alcanzaron a observar diferencias estadísticamente significantes en las emisiones de CO y CO₂. En lo que respecta a la opacidad de los humos se encontró que este parámetro disminuye con el porcentaje de biodiesel de higuierilla en la mezcla, no obstante las reducciones no son de la misma magnitud que las obtenidas con otros tipos de biodiesel, como el proveniente del aceite de palma.

4. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a las siguientes entidades:

La dirección de investigaciones de la Universidad de Colombia Sede Medellín.

Laboratorio de Crudos y Derivados de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.

Laboratorio de Maquinas Térmicas de la Universidad de Antioquia.

REFERENCIAS

- [1] AGUDELO, J. R., BENJUMEA, P. Biodiesel de aceite crudo de palma colombiano: Aspectos de su obtención y utilización. Universidad de Antioquia. 2004.
- [2] BENAVIDES, A. Y. Biodiesel de aceite de higuierilla. Una evaluación de su obtención y utilización. Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 2004.
- [3] BARAJAS, C. L. Obtención de biodiesel a partir de la higuierilla (*ricinus communis*). 1er Seminario Internacional de Biocombustibles. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. 2004.
- [4] CORTES, J. Producción de biodiesel a partir de subproductos de la industria avícola. Megaproyecto para el futuro. 1er Seminario Internacional de Biocombustibles. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. 2004.
- [5] GOERING, C. E. et al. Fuel properties of eleven vegetable oils. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE). Vol. 25. 1982. Pág.1472 – 1483.
- [6] PÉREZ, J. F.; GÓMEZ, E. Caracterización del comportamiento mecánico y ambiental del éster metílico de aceite de palma, utilizado como combustible para motores diesel. Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 2003.
- [7] ZAPATA, P. A., MENDOZA, R. E. Obtención de un biocombustible mediante la transesterificación de aceite de palma con metanol. Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 2003.
- [8] BENJUMEA, P., AGUDELO, J. R., ZAPATA P., MENDOZA, R. Biodiesel: Una revisión del proceso de obtención mediante la transesterificación de aceites vegetales. Revista Energética. No. 29. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 2003. pp 9-18.
- [9] FREEDMAN et al., Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils". JAOCS, Vol. 61, No. 10. 1984. pp 1638-1643.
- [10] MA, F., HANNA, M. Biodiesel Production: A Review. Bioresource Technology, No. 70. 1999. pp 1-15.
- [11] VICENTE, G., et al. Biodiesel: una alternativa real al gasoleo mineral. Ingeniería Química,

2001. pp. 135-145.

[12] KNOTHE, G., VAN GERPEN, J. KRAHL, J. The Biodiesel Handbook. AOCS Press. Campaign Illinois. 2005.

[13] HEYWOOD, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill. New York. 1988.

[14] GRABOSKY, M., MCCORMICK, R. Combustion of Fat and Vegetable Oils Derived Fuels in Diesel Engines. Prog. Energy Combust. Sci., Vol. 24. 1998. pp 125-164.

ANEXO 2

Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina.

*(Comparative study of emission of pollutant gases in vehicle M1, using fuel
of the Andean Community)*

Jaime Fernando Antamba Guasgua¹, Guillermo Gorky Reyes Campaña¹,
Miguel Estuardo Granja Paredes¹

Resumen:

La contaminación ambiental es una problemática que afecta a todos los países alrededor del mundo como resultado de esta contaminación se producen los fenómenos de cambio climático, efecto invernadero, lluvia acida, y enfermedades sobre el ser humano. Para delimitar la problemática en estudio, se seleccionó los países que integran la comunidad Andina, siendo el objetivo del proyecto comparar mediante pruebas estáticas y dinámicas los valores de emisiones de gases contaminantes, con el combustible que se distribuye en cada uno de los países seleccionados. El proceso de medición y ensayo de las pruebas estáticas se desarrollaron bajo la norma NTE INEN 2203:1999, considerándose las condiciones a ralentí (820 RPM) y régimen de alto giro (2500 RPM), en ambos casos, a una temperatura del aceite del motor constante de 94° C y las pruebas dinámicas se ejecutaron, según los ciclos americanos ASM 25/25 y 50/15, confrontando los resultados obtenidos con los diferentes combustibles en un vehículo Chevrolet modelo Sail, uno de los más vendidos en el medio nacional. Con base a las pruebas desarrolladas, el vehículo evaluado podrá circular sin ningún inconveniente utilizando cualquiera de los combustibles de la Comunidad Andina cumpliendo con la norma NTE INEN 2204:2002, en consecuencia, el combustible con los niveles más bajos de emisiones gaseosas es el distribuido en Perú.

Palabras clave: gasolina, monóxido de carbono, INEN 2204, hidrocarburos no combustionados.

Abstract:

The environmental pollution is a problematic that concerns all countries about the world as result of this pollution there take place

the phenomena of climate change, greenhouse effect, acid rain, and diseases in people. To delimit the issues, there were selected the countries that integrate the Andean Community, the project goal is compare by means of static and dynamic tests the values of emission of pollutant gases, with the fuel that is distributed in each of the selected countries. The process of measuring and testing of static tests were developed under NTE INEN 2203:1999 standard, considering the idle condition (820 rpm) and high engine speed (2500 RPM), in both these cases, an constant engine oil temperature of 94 ° C and dynamic tests carried out according to ASM 25/25 and ASM 50/15 cycles, the results that have been achieved with the different fuels in a vehicle Chevrolet Sail, the best-selling in the country. Based on tests developed, the evaluated vehicle will be able to circulate without any disadvantage with any of the fuels of the Andean Community according NTE INEN 2204:2002 standard. Accordingly, the fuel with the lowest levels of emissions of gaseous pollutants is the distributed one in Peru.

Keywords: fuel, carbon monoxide, INEN 2204, unburned hydrocarbons.

¹ Universidad Internacional del Ecuador, Quito – Ecuador (jaantambagu@uide.edu.ec)

Introducción.

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre (Romero, Diego, & Álvarez, 2006). La emisión de contaminantes relacionados a los hidrocarburos depende del tipo de combustible utilizado (nafta, gasoil, etc.) y del consumo de las manufactureras de los vehículos de mayor circulación. (Ravella, Discoli, & Aón, 2000).

“Las fuentes móviles representan a todas las fuentes de contaminación que no poseen una posición geográfica determinada. En esta categoría caben los vehículos propulsados por un motor de combustión interna, que por su naturaleza, emiten diversos contaminantes tales como CO₂, CO, NO_x y Material Particulado (MP)” (Caballero & Tolvett, 2011), dadas las condiciones de operación de los vehículos, sometidos a una variación permanente del régimen de motor, la emisión de contaminantes es variable.

Los países de la comunidad Andina en los últimos años han desarrollado planes para mejorar la calidad del aire y lograr reducir la contaminación del medioambiente, para esto, los gobiernos de la comunidad distribuyen diferentes tipos de combustibles normados a nivel mundial. Este proyecto tiene por objetivo comparar mediante pruebas estáticas y dinámicas los valores de emisiones de gases contaminantes, con el combustible que se distribuye en cada uno de los países integrantes de la Comunidad Andina (CAN).

El octanaje, la característica más importante, determina la calidad y la capacidad de consumo en la gasolina, “indica la presión y la temperatura a la cual un combustible debe someterse para ser carburado, o mezclado con aire, antes de llegar a auto detonarse al alcanzar la temperatura de autoignición” (BOSCH, 2005). Otra característica de la gasolina con incidencia en las emisiones contaminantes nocivas para la salud humana es el contenido de azufre, según la normativa EURO 5, el límite permisible de contenido de azufre para la gasolina premium o super es de 10 ppm.

Para este estudio, se empleó de Bolivia (gasolina Premium 92), Colombia (gasolina extra 92), Ecuador (gasolina super 92) y Perú (Gasohol 95 Plus) siendo la de mayor octanaje, “a mayor octanaje son mejores las características antidetonantes de las gasolinas” (BOSCH, 2005). Una gasolina con mayor grado de octanos mejora la potencia y el rendimiento del motor favoreciéndose la vida útil del motor de combustión interna, a la vez, reduce las emisiones contaminantes primarias.

La mejora de la condición del aire es uno de los objetivos principales de la gestión

ambiental urbana en las grandes ciudades del país, según investigaciones del Banco Mundial señalan a América Latina y África como los continentes más fuertemente afectados por la contaminación de aire. En el caso de la ciudad de Quito, se han tomado diversas medidas, para reducir la contaminación del aire, tales como, la Revisión Técnica Vehicular, controles públicos a las industrias de alto impacto y el progreso de los co

Metodología

Las mediciones de las emisiones gaseosas se efectuaron en la ciudad de Quito a 2800 metros sobre el nivel del mar, tomando como vehículo de prueba un clase turismo Chevrolet Sail, el vehículo más vendido en el Ecuador (AEADE, 2015). Las pruebas realizadas en esta investigación son pruebas dinámicas y estáticas, para determinar las emisiones de gases de escape del vehículo seleccionado, con los diferentes combustibles proveniente de cada país que conforma la Comunidad Andina, se ha elegido las pruebas estáticas: en ralentí y en rpm altas, según la norma NTE INEN 2203, norma técnica vigente en el Ecuador, y las pruebas dinámicas, según el método ASM (Acceleration Simulation Mode) en ciclos 25/25 y 50/15, procedimientos que rigen en el Ecuador para el control de emisiones de gases contaminantes de vehículos.

El método de ensayo de la prueba estática a ralentí, se describe en la sección 5 de la norma NTE INEN 2203, con el vehículo de prueba a 820 RPM (ralentí) y una temperatura del aceite del motor constante de 94 °C, el proceso de medición se repite en tres pruebas ocasiones para obtener valores promedio de las emisiones. El analizador de gases utilizado para las pruebas estáticas, corresponde a la marca alemana MAHA, modelo MTG 5, es un analizador de gases de corriente parcial para analizar monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂), Oxígeno (O₂), hidrocarburos (HC), calculador del valor lambda, con certificado de calibración vigente a la fecha de los ensayos. El convertidor catalítico utilizado en el vehículo es nuevo para garantizar los resultados obtenidos a ser comparados en todos los ensayos y evitar que esta variable no cambie en función del recorrido del vehículo.

Las pruebas dinámicas corresponden a un análisis de gases con la aplicación de carga externa al motor a diferentes regímenes de carga y velocidad en los ciclos ASM 5015 y ASM 2525. En la primera, el vehículo adquiere una velocidad constante de 40 Km/h con el dinamómetro ajustado para que alcance un 25% de la aceleración máxima. En la segunda, el vehículo circula a 24 km/h con el dinamómetro ajustado para que alcance el 50% de la aceleración máxima (CCICEV 2015). Para el proceso de ensayos se utilizó los siguientes equipos: Analizador de gases, marca MAHA modelo MTG-5 y el dinamómetro de rodillos marca MAHA FPS 2700 de 8.5” (21,6 cm), ambos con certificados de calibración vigentes.

Los resultados de las emisiones de gases se analizaron bajo la norma NTE INEN 2204

determinando los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres a gasolina evaluando como gases ponderantes el CO y HC, es decir, el monóxido de carbono es el más peligroso ya que no se puede distinguir ni olfatear, formándose cuando la mezcla de combustible es rica y hay poco oxígeno para quemar completamente todo el combustible y los hidrocarburos son el producto de la gasolina sin quemar y la existencia de los vapores de aceite siendo los mayores contribuyentes para el smog y la contaminación atmosférica.

Resultados

Pruebas Estáticas a ralentí

Estas pruebas se realizaron a 2800 metros de altura sobre el nivel del mar con el vehículo Chevrolet Sail a un régimen de giro de 820 RPM (ralentí), con una temperatura del aceite del motor constante de 94° centígrados. En la *Figura 1*, el combustible de Bolivia y Colombia emite 0,12% volumen de monóxido de carbono (CO), el combustible ecuatoriano tiene un ligero aumento en el porcentaje de emisiones teniendo así el 0,13% de volumen de monóxido de carbono y las emisiones del combustible peruano con un porcentaje de emisiones menor al de los anteriores países emitiendo el 0,08% de volumen de monóxido de carbono.

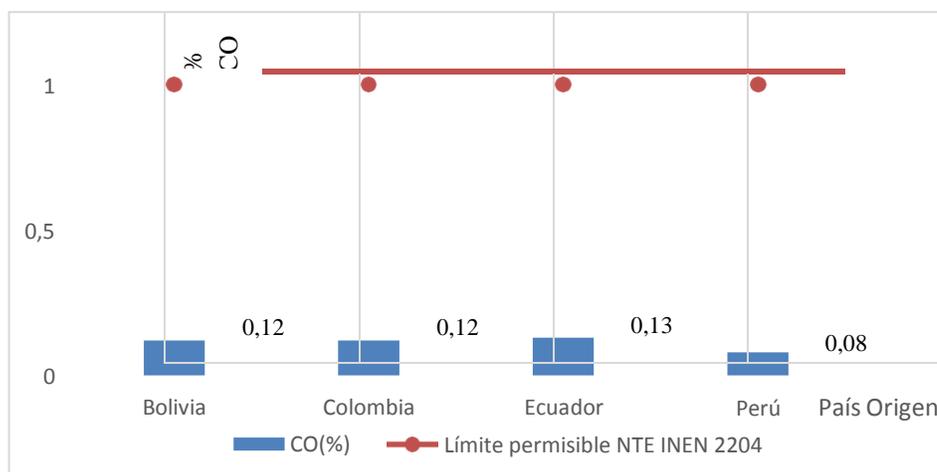


Figura 1. Emisiones de monóxido de carbono (Prueba a ralentí)

En la *Figura 2*, se muestra para el combustible boliviano el número de hidrocarburos no combustionados (HC), es de 63,5 partículas por millón (ppm), el combustible colombiano decrece a 41,4 HC ppm, obtiene una diferencia del 35%, el combustible ecuatoriano genera 60,4 ppm, la diferencia del 30 % con respecto al colombiano, mientras tanto, el combustible peruano emitió 62,1 ppm, todos los combustibles cumplen con la norma NTE INEN 2204, siendo el máximo permitido de emisiones de HC para vehículos a gasolina en ralentí de 200 ppm de HC.

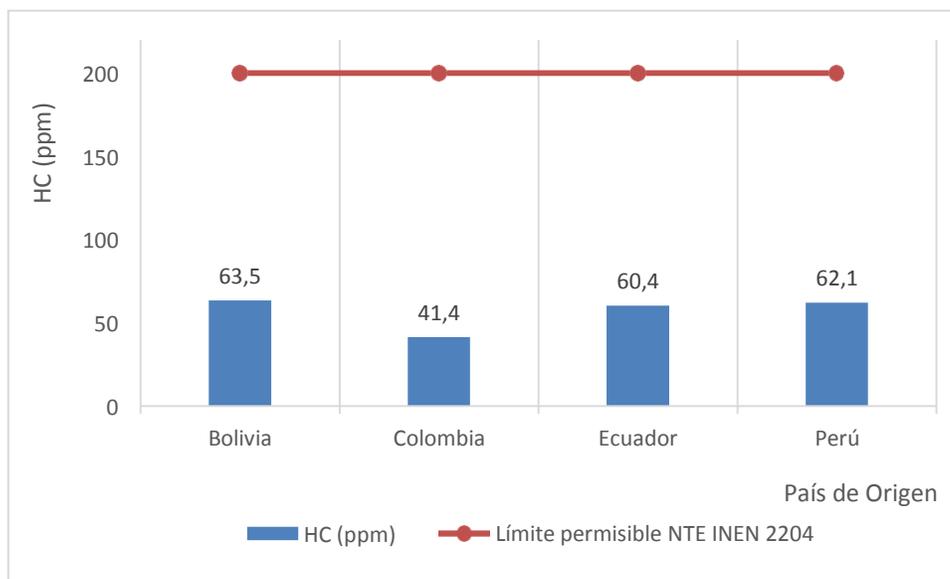


Figura 2. Emisiones de hidrocarburos (Prueba a ralentí)

Pruebas estáticas a régimen de giro alto

Las pruebas se ejecutaron a un régimen de giro del motor de 2500 rpm. En la *Figura 3*, el combustible boliviano obtuvo una medición de porcentaje de monóxido de carbono de 0,15%, el combustible colombiano muestreo una ligera alza emitiéndose 0,18% de monóxido de carbono, el combustible ecuatoriano muestreo una ligera baja de emisiones de monóxido de carbono llegando al 0,13%, mientras el combustible peruano obtuvo una medición de 0,09% de emisiones de monóxido de carbono, con una diferencia del 50% con el combustible de mayor emisión, siendo el combustible que emite el menor porcentaje de CO de los países de la Comunidad Andina.

En la *Figura 4*, el combustible boliviano obtuvo una medición de 41,3 ppm de HC, el combustible colombiano muestreo una ligera disminución a 39,9 ppm, el combustible ecuatoriano muestreo una alza moderada de 40,4 ppm de HC, y finalmente el combustible peruano muestra una significativa baja a 35,3 ppm de HC, la diferencia porcentual entre la mayor y menor emisión es del 12%, teniendo en cuenta que el límite permitido según la norma NTE INEN 2204 es de 200 ppm de HC, los cuatro combustibles de la Comunidad Andina no superan el límite permisible.

Pruebas dinámicas ciclo ASM 25/25

En la *Figura 5*, se muestran las mediciones de CO, el combustible boliviano obtuvo una medición de 0,16% CO, el combustible colombiano tuvo una ligera diferencia con el 0,15% CO, el combustible ecuatoriano obtuvo mediciones similares al combustible boliviano de 0,16% CO y finalmente el combustible peruano tuvo una medición del 0,11% CO, valores inferiores al 0,5% de CO, límite permitido para emisiones de gases contaminantes, según la norma NTE INEN 2204.

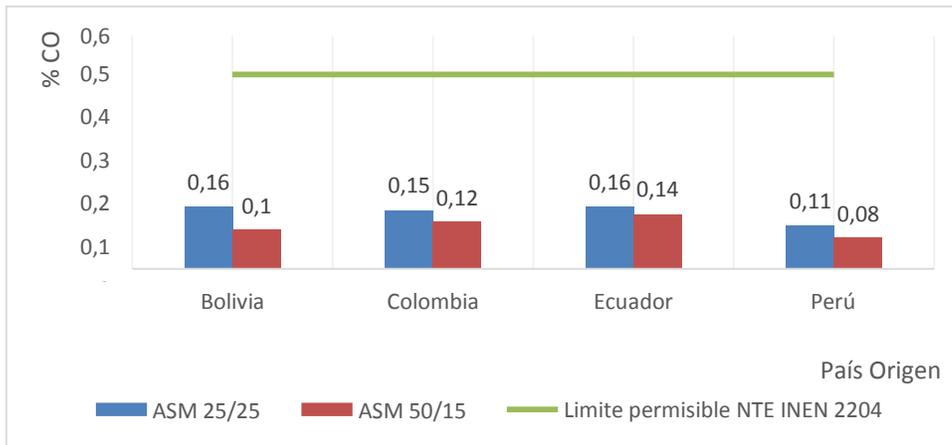


Figura 5. Emisiones de monóxido de carbono (Pruebas dinámicas Ciclo ASM)

Los resultados de HC, se muestran en la *Figura 6*, el combustible boliviano generó emisiones de 12,3 ppm de HC, el combustible colombiano evidenció una ligera diferencia y emitió 12,2 ppm de HC, el combustible ecuatoriano generó emisiones de 12,1 ppm de HC, con una mínima disminución comparándolo con los otros combustibles, y finalmente el combustible peruano generó una emisión de 8,1 ppm de HC, siendo la emisión más baja de los combustibles utilizados.

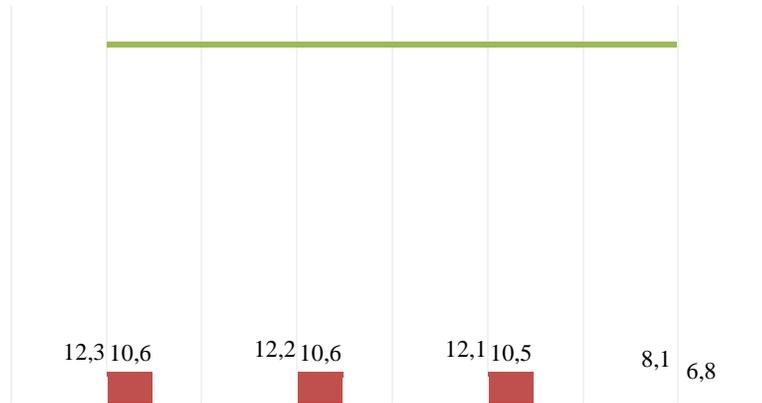


Figura 6. Emisiones de hidrocarburos (Pruebas dinámicas Ciclo ASM)

Pruebas dinámicas bajo el ciclo ASM 50/15

Los resultados de emisiones de CO bajo el ciclo ASM50/15, se observa en la *Figura 6*, el combustible boliviano obtuvo una medición de 0,10 % CO, el combustible colombiano muestreó un ligero incremento con un 0,12% CO, en el combustible ecuatoriano existió mínima variación con relación a los combustibles de Bolivia y Colombia con una medición de 0,14% CO, y finalmente las emisiones del combustible peruano bajó a un 0,08% CO, sin superarse el límite permisible de la norma NTE INEN 2204 de 0,5% CO.

Las mediciones de HC, para ciclo ASM 50/15, se muestra en la *Figura 6*, en el combustible boliviano y colombiano, las emisiones fueron de 10,6 ppm de HC, el combustible ecuatoriano obtuvo una ligera disminución emisiones a 10,5 ppm de HC y el combustible peruano emitió 6,8 ppm de HC, siendo el combustible que emite menos HC al ambiente bajo las condiciones de la prueba.

Discusión

La calidad de combustible tiene incidencia en las emisiones contaminantes gaseosas vehiculares, pero no es el factor principal, existen factores críticos, tales como, la movilidad, el estado de las vías, la edad del parque automotor y la tecnología del vehículo, con mayor influencia en la generación de emisiones contaminantes.

Según Humberto (2009), la concentración de azufre incide en las emisiones gaseosas, en el caso colombiano la concentración es inferior a 900 ppm, la menor concentración de azufre es del combustible peruano siendo inferior a 200 ppm, esto favorece la reducción de contaminantes.

En condiciones operativas de un vehículo, se tiene que las emisiones de monóxido de carbono se producen en mayor nivel antes de los 30 km/h de velocidad, por ello, en horas picos de tránsito, la calidad del combustible no tendrá influencia en las emisiones de este tipo de contaminante, como también, en las altas emisiones de HC, dependiendo estas emisiones completamente de la movilidad de la ciudad, las pruebas dinámicas evidencian una reducción de emisiones de HC y CO, con respecto a los resultados de las pruebas estáticas.

Según la norma NTE INEN 2204, es obligatorio la medición de CO y HC, en el caso de los vehículos a gasolina, en condiciones operativas, es poco probable la condición de mezcla pobre en el motor, esta condición favorece la emisión del monóxido de nitrógeno (NO_x), que es muy común en el caso de los motores a diésel.

Cuando menor es la relación de compresión de un motor menor es el número de octanos requerido, por ello, la reducción de emisiones gaseosas, se obtiene al combinar el menor contenido de azufre (30 ppm) y un elevado número de octanos (90-100), obteniéndose una gasolina de calidad, así en las ciudades de altitud, se puede utilizar combustibles con menor número de octanos, en este estudio, se evidencia, en la gasolina de 95 octanos la menor cantidad de emisiones contaminantes, con relación a las gasolinas de 92 octanos.

Según Portilla (2010), el HC aumenta con la altitud en mayor medida que los CO y NO_x , por lo tanto, una gasolina de mayor calidad y mejor tecnología de inyección de combustible, reducirían la tendencia de aumento, en este estudio, en las gasolinas de 92 octanos la variación de emisiones de HC es inferior al 1%, entre ellas.

Conclusiones

Una gasolina de mejor calidad con un número mayor de octanaje ayuda en la disminución de las emisiones de gases contaminantes, por su composición y la reducción del contenido de azufre, por ello, la decisión del gobierno ecuatoriano para vender combustible de mayor octanaje es oportuna para contrarrestar la contaminación proveniente de las emisiones gaseosas vehiculares, a la vez, apoyado por la renovación del parque automotor. Las diferentes gasolinas de la Comunidad Andina empleadas en la investigación aprueban los requerimientos exigidos en la normativa INEN 2204, así como las pruebas ASM 50/15 y 25/25 para emisiones en vehículos a gasolina, el combustible de Perú permite una reducción de emisiones del 30%.

El combustible peruano emite menos gases contaminantes tanto CO como HC, entre los combustibles de Bolivia Colombia y Ecuador no existe diferencia marcada, resultado favorecido por la diferencia de octanaje del combustible, ayudado por bajo contenido de azufre en su composición.

El combustible de mejor prestaciones respecto a la emisión de gases contaminantes luego de realizar las pruebas de laboratorio a 2800 metros sobre el nivel del mar es el distribuido en el Perú, tomando en cuenta como variable dependiente la altura y el vehículo, seguido del combustible ecuatoriano y colombiano con una mínima diferencia entre ellos, y finalmente el combustible boliviano, acorde a las pruebas ejecutadas según la norma NTE INEN 2203.

Bibliografía

AEADE. (2015). *Anuario 2015*. Quito: AEADE.

Ambiente, S. d. (2012). *Informe Técnico 2673 GCA-REC-12 Análisis de Combustibles de Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: DMQ.

Blumberg, K., Walsh, C., & Pera, K. (2003). Gasolina y diesel de bajo azufre: la clave para disminuir las emisiones vehiculares. *ICCT*.

BOSCH. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Alemania: Bosch.

Caballero, M., & Tolvett, S. (2011). *Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región metropolitana*. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile.

- Caiza, A., & Portilla, A. (2010). *Determinacion de la influencia de la altura en emisiones contaminantes en vehiculos con motor Otto*. Quito: EPN.
- EPA. (1996). *Acceleration Simulation Mode Test Procedures, Emission Standard, Quality Control Requirements, and Equipment Specifications, Technical Guidance*. Estados Unidos.
- Humberto, J. (2009, N° 29). Calidad de los combustibles en Colombia. *Revista de Ingeniería*, pp.100-108.
- INEN. (1999). *NTE INEN 2203:1999. Gestión Ambiental. Aire*. Quito: INEN.
- INEN. (2002). *NTE INEN 2204:2002. Límites permitidos de emisiones producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina*. Quito: INEN.
- Ravella, O., Discoli, C., & Aón, L. (2000). Emisión de contaminantes vehiculares de origen energetico. *Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*, 12- 17.
- Romero, M., Diego, F., & Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*.

ANEXO 3

5.4.- Pruebas y Análisis de Resultados

Finalizando el proceso de pruebas y obtención de datos a evaluar, se procede a realizar los cálculos necesarios para determinar la eficiencia de los magnetizadores de combustible.

5.4.1.- Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con los magnetizadores y sin los magnetizadores, bajo las condiciones preestablecidas se alistan en las siguientes tablas.

a.- Resultados con vehículo a carburador e Inyección electrónica

Tabla 5.1. Resumen de datos del análisis de gases sin magnetizador.

SIN MAGNETIZADOR (carburador)			
GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	3.90	1.83	0.22
CO2 [% Vol.]	11.85	12.53	12.81
HC [PPM]	1456	723	436
O2 [% Vol.]	1.93	3.40	3.59
λ	0.921	1.151	1.163

SIN MAGNETIZADOR (electrónico)

GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	0.00	0.01	0.00
CO2 [% Vol.]	15.61	15.63	15.63
HC [PPM]	90	111	112
O2 [% Vol.]	0.08	0.09	0.09
λ	0.999	0.999	0.999

Tabla 5.2. Resumen de datos del análisis de gases con magnetizador
FUEL OPTIMISER.

Mag. FUEL OPTIMISER (carburador)			
GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	1.62	1.12	0.18
CO2 [% Vol.	12.98	12.10	12.05
]			
HC [PPM]	1288	743	675
O2 [% Vol.]	2.32	4.02	4.73
λ	1.006	1.186	1.226

Mag. FUEL OPTIMISER (electrónico)			
GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	0.03	0.02	0.02
CO2 [% Vol.	15.99	15.95	15.93
]			
HC [PPM]	161	143	142
O2 [% Vol.]	0.09	0.07	0.07
λ	0.996	0.006	0.006

Tabla 5.3. Resumen de datos del análisis de gases con magnetizador GASMAGIC BUS.

Mag. GASMAGIC BUS (carburador)

GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	0.63	0.43	0.21
CO2 [% Vol.]	13.88	12.76	12.48
HC [PPM]	456	293	258
O2 [% Vol.]	1.61	3.22	3.70
λ	1.036	1.100	1.180

Mag. GASMAGIC BUS (electrónico)

GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	0.00	0.01	0.00
CO2 [% Vol.]	15.71	15.71	15.72
HC [PPM]	33	28	28
O2 [% Vol.]	0.07	0.07	0.06
λ	1.001	1.001	1.001

Tabla 5.4. Resumen de datos del análisis de gases con magnetizador GASMAGIC POWER.

Mag. GASMAGIC POWER (carburador)			
GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	2.65	0.22	0.18
CO2 [% Vol.]	13.37	13.02	12.92
HC [PPM]	279	194	171
O2 [% Vol.]	0.74	1.17	3.31
λ	0.954	1.099	1.158

Mag. GASMAGIC POWER (electrónico)			
GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	0.00	0.00	0.00
CO2 [% Vol.]	15.76	15.73	15.72
HC [PPM]	42	34	31
O2 [% Vol.]	0.11	0.7	0.06
λ	1.003	1.000	1.000

Tabla 5.5. Resumen de datos del análisis de gases con magnetizador GASMAGIC MASTER.

Mag. GASMAGIC MASTER (carburador)			
GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	2.50	0.75	0.21
CO2 [% Vol.]	13.52	13.33	13.20
HC [PPM]	381	305	226
O2 [% Vol.]	0.77	1.44	3.32
λ	0.954	1.033	1.157

Mag. GASMAGIC MASTER (electrónico)			
GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	0.02	0.04	0.05
CO2 [% Vol.]	15.94	15.65	15.58
HC [PPM]	38	36	35
O2 [% Vol.]	0.07	0.06	0.06
λ	1.001	0.999	0.998

Tabla 5.6. Resumen de datos del análisis de gases con magnetizador GASMAGIC TURBO.

Mag. GASMAGIC TURBO (carburador)

GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	3.40	0.88	0.17
CO2 [% Vol.]	13.48	13.02	12.68
HC [PPM]	303	199	156
O2 [% Vol.]	0.38	1.55	3.49
λ	0.914	1.103	1.182

Mag. GASMAGIC TURBO (electrónico)

GAS	1000	2000	2500
	rpm	rpm	rpm
CO [% Vol.]	0.02	0.01	0.01
CO2 [% Vol.]	15.69	15.90	16.00
HC [PPM]	33	88	119
O2 [% Vol.]	0.07	0.07	0.07
λ	1.001	0.999	0.998

ANEXO 4

5,1 millones de toneladas de CO₂, en el año



En esta cantidad se contemplan todas las emisiones que son generadas por el transporte, la industria, los residuos sólidos y las actividades comerciales y domésticas, cada año. A este valor se lo conoce como Huella de Carbono. Se trata de un proyecto internacional que incluyó a las capitales de Ecuador, Perú y Bolivia. Es la primera vez que se conoce este valor con cifras concretas. De este total, 2,8 millones de toneladas de dióxido de carbono son producidas por el transporte público y particular. Para algunos habitantes de la ciudad no es necesario manejar la estadística para darse cuenta de esta realidad. En sectores como La Marín, San Blas, la avenida Maldonado o la calle Necochea, se palpa a diario la contaminación que genera, principalmente, las unidades de servicio público. Por ejemplo, por la calle Necochea, 350 buses cumplen sus recorridos entre 06:00 y 19:30. Con un parque automotor que bordea los 460 000 vehículos y con un crecimiento

anual de 44 000 unidades, la situación preocupa. Por eso, temas como la revisión vehicular y medidas como el pico y placa serán analizadas. Así se anunció durante la presentación de los resultados en el Centro Cultural Metropolitano. Esto, incluso, fue planteado por el alcalde de Quito, Mauricio Rodas, durante la campaña electoral. Él se refirió a la necesidad de evaluar el proceso de revisión vehicular. El Burgomaestre, al referirse a los 5,1 millones de toneladas y al monto que corresponde al transporte, comentó que es “urgente” pensar en reducir los gases de efecto invernadero y aseguró que sus planes de movilidad están por ejecutarse. “Estamos impulsando mecanismos de transporte público que no son contaminantes, por ejemplo, la construcción de metrocables en la ciudad”. Actualmente, el alcalde Rodas tiene en sus manos el pedido de sectores del transporte que desean reducir de dos a una la revisión vehicular anual. Adicionalmente, la

construcción del Metro de Quito está por confirmarse. El incremento en los costos planteados por los cuatro grupos oferentes, en relación con el precio inicial (USD 1 500 millones), abre un período de espera en este proyecto. La administración municipal anterior lo promocionó como la alternativa para mejorar el transporte, ya que implicaba menor uso de vehículos y aumento en los tiempos de desplazamiento entre el norte y el sur de la ciudad. Natalia Green, representante de la Coordinadora Ecuatoriana para la Defensa de la Naturaleza y el Medio Ambiente (Cedenma), aseguró que mientras el Gobierno subsidie con USD 6 600 millones a los combustibles, las personas no dejarán de comprar y movilizarse en vehículos particulares. “La gasolina es tan barata que la gente no busca opciones de movilidad”. Ella considera que Quito, además, enfrenta el problema de la altura que hace que la combustión de estos gases sea más lenta. También dice que el Municipio debe implementar un nuevo sistema de transporte amigable con el ambiente. Si bien no hay datos comparativos, los 5,1 millones de toneladas de dióxido de carbono son considerados altos. Según la Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano, esa contaminación anual es comparable con la que genera el consumo eléctrico de 15 millones de habitantes. María José Ayala, asesora del concejal Eduardo Del Pozo, presidente de la Comisión de Ambiente, señala que esta cifra equivale a las emisiones que generan 13 millones de vehículos cada año y Quito ‘solamente’ tiene 460 000 vehículos. Incluso, la secretaria de Ambiente, Verónica Arias, sostuvo que las emisiones de la ciudad son más altas que el promedio calculado para el resto del país. “Estamos un poquito por encima de las otras ciudades”, dijo. Otro aspecto por trabajar se relaciona con la actitud de los habitantes de Quito, para mejorar sus hábitos de consumo. El Alcalde señaló que se

debe cambiar su forma de pensar. En contexto La presentación de las cifras que muestran cuáles son las actividades que generan gases y que alteran la atmósfera es importante para la ciudad, ya que permite delinear acciones para reducir esas cifras. Sin embargo, el trabajo de concienciación ciudadana debe ser sostenido. El uso de la bicicleta puede transformar ciudades, según expertos El esmog es crítico en seis sectores En Quito se debaten estrategias agrícolas para enfrentar el cambio climático TAGS QUITO CIFRAS CONTAMINACION NACIONAL GASES DE EFECTO INVERNADERO HUELLA DE CARBONO 5624 ¿Te sirvió esta noticia?: Si (7) No (5) POR SI TE LO PERDISTE Actriz de 'Yo soy Betty la fea' cuenta que fue abusada sexualmente Moreno dice que él no decidió otorgar la nacionalidad ecuatoriana a Assange Exhibición y remate de vehículos de lujo en la Plataforma Financiera en Quito Nicolás Maduro ordenó tomar los mercados municipales de Venezuela.

Este contenido ha sido publicado originalmente por **Diario EL COMERCIO** en la siguiente **dirección:** <http://www.elcomercio.com/actualidad/quito-produce-millones-dioxido-carbono.html>. Si está pensando en hacer uso del mismo, por favor, cite la fuente y haga un enlace hacia la nota original de donde usted ha tomado este contenido. **ElComercio.com**

ANEXO 5

Informe Final Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio, DMQ 2014

PRESENTACIÓN

Los contaminantes del aire provienen de una variedad de fuentes tales como las fuentes móviles, los procesos industriales, la combustión de hidrocarburos y la madera, maquinaria para la construcción y el transporte aéreo. Además de estas fuentes antropogénicas, los contaminantes del aire se emiten también a través de procesos naturales como las erupciones volcánicas e incendios forestales. En las grandes zonas urbanas y ciudades como el Distrito Metropolitano de Quito, DMQ, la principal fuente de emisiones de contaminantes atmosféricos es las fuentes móviles.

Como parte de esta gestión de la calidad del aire del DMQ es necesario la actualización permanente del inventario de emisiones atmosféricas, tanto de la información básica como de la referente a los métodos de estimación. De esta manera, es posible contar con datos de la contribución de cada tipo de fuente generadora de contaminantes y además se dispone de una herramienta para estudiar la eficacia de las medidas de control y mitigación sobre la calidad del aire. Adicionalmente a la desagregación de las emisiones por tipo de fuente, categoría o subsector, se ha efectuado la distribución espacial y temporal de las emisiones contaminantes generadas en el DMQ.

El presente trabajo se ajusta a los requerimientos del modelo de predicción de la calidad del aire de la Secretaría de Ambiente. Por lo tanto, los métodos de selección y evaluación de la información, así como las metodologías de cálculo y la estimación de las emisiones, han sido ejecutados basándose en rigurosos procedimientos de aseguramiento y control de la calidad, para contar con una sólida referencia para los futuros inventario bienales del DMQ y de otras ciudades del país.

El presente documento incluye en forma resumida los principales resultados del inventario de emisiones atmosféricas y se dirige a las autoridades encargadas de la gestión de la calidad del aire del DMQ y del país, a los profesionales e investigadores dedicados al mejoramiento ambiental y a la ciudadanía, socializando y transparentando de esta forma el trabajo que realiza la Secretaría de Ambiente.

Consumo de combustible

Finalmente, el consumo de combustibles para el año 2011 en el DMQ y en la Malla de Inventario se muestra en la Tabla 1. Tomando en cuenta que los valores calóricos netos de la gasolina, del diesel y del gas son de 44,3, 41,8 y 47,3 TJ/10³ t, respectivamente, de acuerdo a los datos de EPPetroecuador, se puede afirmar que la demanda energética del DMQ y de la Malla de Inventario está cubierta principalmente por gasolina y diesel. El sector que más consumo energético presenta es el transporte y, en menor medida, el uso doméstico de

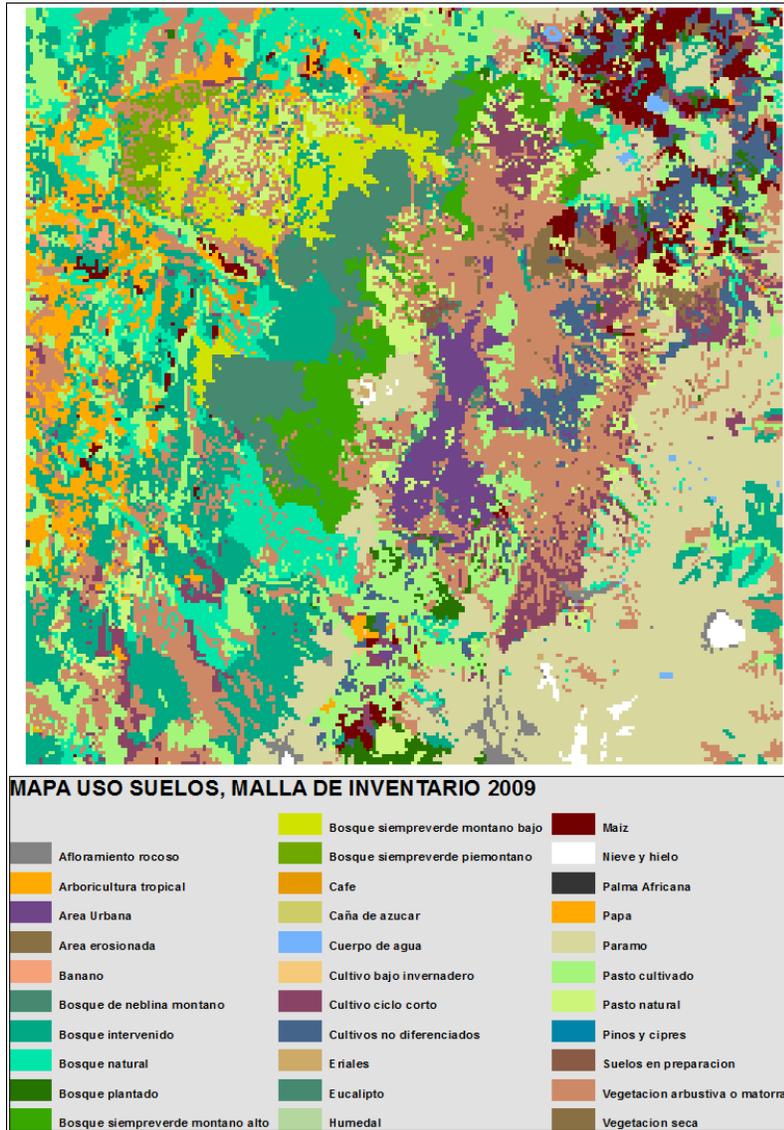
Tabla1: consumo de energía por sector y tipo de combustible, 2011

Combustible	Unidad	Consumo DMQ				Consumo Malla de Inventario					
		F. Móviles	F. Fijas	Otras	Energía Total (TJ)	Total (%)	F. Móviles	F. Fijas	Otras	Energía Total (TJ)	Total (%)
Gasolina Extra ^{1, 2, 3}	gal	105 513 295			13 162,8	28,1	129 055 267			16 099,7	27,9
Gasolina Super ^{1, 2}	gal	45 585 467			5 694,5	12,2	51 421 478			6 423,5	11,1
Diesel Premium ^{1, 3}	gal	78 421 000			10 508,9	22,4	84 372 570			11 306,5	19,6
Diesel ^{1, 4}	gal	13 965 108	16 434 490		4 073,7	8,7	34 247 919	16 434 490		6 791,8	11,8
Diesel Electrico ⁴	gal		2 101 455		281,6	0,6		2 101 455		281,6	0,5
Bunker ⁴	gal		21 774 847		2 970,2	6,3		21 774 847		2 970,2	5,1
GLP ^{4, 5}	kg		3 568 072	198 845 240	9 574,1	20,4		3 568 072	277 718 105	13 304,8	23,0
Madera ⁴	kg		35 726 100		557,3	1,2		35 726 100		557,3	1,0
Total					46 823,3	100,0				57 735,4	100,0

Notas:

- 1 Estadísticas Eppetroecuador
- 2 Estimación en base a rendimientos medios de combustible de vehículos
- 3 Despachos por estación de servicios
- 4 Estadísticas de consumo de combustibles CONELEC y reporte de caracterizaciones de emisiones de Control Ambiental
- 5 Reportes EPPetroecuador despacho GLP a comercializadoras

Figura 4: mapa de uso y cobertura del suelo en el área de estudio



RESUMEN GENERAL DEL INVENTARIO

A continuación se incluye el resumen del inventario de emisiones para el año 2011, tanto para el DMQ como para la Malla del Inventario. La información ha sido ordenada de tal forma que inicialmente se muestran los resultados anuales globales, luego se presenta por sub-categorías y además se presenta la distribución espacial y temporal de las emisiones, referida para contaminantes específicos. En el anexo de este documento se presentan varios mapas que complementan la distribución geográfica de algunas fuentes.

**Tabla 2: emisiones anuales DMQ 2011
(ton/año)**

FUENTES	CONTAMINANTES PRIMARIOS							GASES EFECTO INVERNADERO		
	CO	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	COVNM	NH ₃	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Fuentes móviles	77 978	1 166	17 344	1 095	832	11 935	396	2 596 669	537	193
Fuentes fijas	686	3 582	7 037	372	226	5 614	88	487 108	16 773	12
Fuentes de área	462	5	680	1 825	278	20 792	1 442	649 781	12	45
Total	79 126	4 753	25 060	3 292	1 337	38 341	1 926	3 733 559	17 323	249

Tabla 3: emisiones anuales DMQ 2011 porcentaje)

FUENTES	CONTAMINANTES PRIMARIOS							GASES EFECTO INVERNADERO		
	CO	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	COVNM	NH ₃	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Fuentes móviles	98,5	24,5	69,2	33,2	62,2	31,1	20,5	69,5	3,1	77,3
Fuentes fijas	0,9	75,4	28,1	11,3	16,9	14,6	4,6	13,0	96,8	4,7
Fuentes de área	0,6	0,1	2,7	55,4	20,8	54,2	74,9	17,4	0,1	18,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

EMISIONES ANUALES

Las emisiones anuales del DMQ se presentan de manera resumida en las Tablas 2 y 3 y, con un mayor nivel de desagregación, en las Tablas 6, para cada uno de los contaminantes y fuentes de emisión considerados. Debido a que las fuentes no contribuyen de igual manera a la generación de todos los contaminantes, es necesario diferenciar su aporte en la generación de cada uno de ellos:

- **CO**: es el contaminante más abundante en peso, con 79.126 toneladas. En cuanto a su origen, el 98,5% del CO es originado por las fuentes móviles, principalmente por vehículos particulares livianos (29%), pesados a diesel (21%) y camionetas (14%).
- **SO₂**: se generaron 4.753 toneladas anuales, el 75,4 % de las cuales provienen de las

fuentes fijas, la mayor parte de lo cual corresponde a las centrales de generación termoeléctrica (39,9%) y combustión en fuentes fijas (33,5%). En las fuentes móviles, los principales aportes provienen de los buses, vehículos pesados a diesel y particulares a gasolina, que en conjunto alcanzan un 16,8%.

- **NO_x**: se emitieron 25.060 toneladas, 69,2% de las cuales fueron generadas por fuentes móviles, esencialmente de buses y pesados a diesel (40,8%) y de particulares livianos, taxis y camionetas a gasolina (24,7%). Las fuentes fijas significativas son las centrales de generación termoeléctrica (23,1%).

- **PM₁₀**: se generaron 3.292 toneladas; el 55,4% fue producida por fuentes de área como: canteras, resuspensión de vías no asfaltadas, y erosión eólica del suelo. Adicionalmente, las fuentes móviles generan el 33,2%, en su mayor parte producidas por los buses y vehículos pesados a diesel (25,4%). Las fuentes fijas generan el 11,3% de las emisiones, la mayor parte tiene su origen en la combustión en fuentes fijas (7,1%).

COMPARACIÓN AÑOS 2007-2011 Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL - SECTORIAL

El análisis que a continuación se detalla está referido a la Malla de Inventario y a los siguientes contaminantes: CO, SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5} y COVNM. En general no se incluye a los gases de efecto invernadero GEI, por tratarse de sustancias de interés global. Además, dentro de la Secretaría de Ambiente se ha desarrollado un inventario específico sobre las emisiones GEI del DMQ.

Para la comparación anual se ha tomado como referencia los resultados de los inventarios 2007, 2009 y 2011, debido a que dichos estudios cuentan con un aceptable nivel de confiabilidad.

Emisiones de CO

Como se puede observar en la figura 7, entre los años 2007 y 2011 se produjo una disminución considerable de las emisiones de CO. Esto se debe principalmente a dos razones: por un lado, la modernización del parque vehicular y la revisión técnica vehicular (RTV), que permiten que las emisiones por vehículo se reduzcan paulatinamente. Por otro lado, la medida de restricción vehicular “Pico y Placa”, implementada en el año 2010, generó una reducción en el tráfico vehicular durante las horas pico, lo cual repercute positivamente en las emisiones de los vehículos. Sin embargo, el efecto positivo de esta medida podría verse limitado en el tiempo, debido al paulatino crecimiento del parque vehicular.

La distribución espacial de las emisiones de CO está dominada por la distribución del tráfico vehicular a lo largo de las principales vías de la ciudad como son la Av. 10 de Agosto, Amazonas y 6 de Diciembre, entre otras (Figuras 5 y 6). En promedio se emiten 270 toneladas por día, el 70% del total anual (ca. 70.000 t) se concentra dentro del límite urbano, a pesar de que esta zona representa menos del 4% del área total de la Malla de Inventario. Fuera del límite urbano de Quito se presentan emisiones importantes de CO en ejes viales como la Autopista General Rumiñahui, Manuel Córdova Galarza y Av. Interoceánica. La máxima emisión anual se observa en la intersección de la Av. Maldonado y Morán Valverde al sur de la ciudad, producto de la actividad vehicular e industrial en esta zona. Las emisiones originadas por la central térmica Guangopolo de Termopichincha y Gualberto Hernández de la Empresa Eléctrica Quito – EEQ alcanzan las 302 toneladas anuales.

Emisiones de SO₂

En la figura 10 se muestra la comparación entre los resultados del año 2007 hasta el año 2011. Las emisiones han sufrido un decremento, el cual está principalmente relacionado con la mejora en la calidad de los combustibles. Las emisiones de SO₂ (Figuras 8 y 9) para el 2011 están dominadas por las fuentes fijas. En promedio se emiten 18,5 toneladas diarias, más del 30% de las cuales se concentra en el sitio de emplazamiento de las generadoras térmicas Guangopolo y Gualberto Hernández. El 79% del SO₂ se origina dentro del límite urbano del DMQ.

Emisiones de NO_x

La tendencia de las emisiones de NO_x a partir del 2007 muestra un decremento continuo (figura 13), de manera similar que el monóxido de carbono. Esta disminución se debe principalmente a la modernización del parque vehicular, la RTV y, a partir del 2010, la medida "Pico y Placa". La distribución de este contaminante se encuentra estrechamente vinculada a la distribución del tráfico vehicular y la ubicación de fuentes fijas (figuras 11 y 12). La emisión promedio diaria es del orden de 82 t. El 77% de las emisiones anuales se producen dentro del límite urbano del DMQ y el 19,0% en Guangopolo, sitio de emplazamiento de las centrales termoeléctricas de Termopichincha y de la EEQ.

Emisiones de PM₁₀

Las emisiones de PM₁₀ aumentaron entre el 2007 y el 2009 y luego sufrieron una disminución en el año 2011 (figura 16). Este comportamiento inestable se explica debido a que alrededor del 59% de las emisiones de PM₁₀ (canteras, vías no asfaltadas y erosión eólica) varían en función de condiciones meteorológicas como precipitación y velocidad del viento. Mientras que los años 2007 y 2011 fueron lluviosos, el año 2009 fue particularmente seco, por lo cual dichas emisiones aumentaron significativamente.

Las emisiones de PM₁₀ (Figuras 14 y 15) están altamente influenciadas por fuentes de área. El 28,0% de las emisiones de PM₁₀ se producen dentro del límite urbano (1.844 t). Por otra parte, las emisiones difusas de

ANEXO 6

CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES

3.- Control de Emisiones Vehiculares

El incremento del número de vehículos que circulan en las ciudades del mundo ha sido clasificados como las principales fuentes de contaminación ambiental, por esta razón, la industria automotriz está desarrollando nuevas tecnologías que incluyen: sistemas de control de emisiones, motores más eficientes, mejor calidad de combustibles entre otros, con el afán de contribuir con la reducción de los efectos contaminantes producto de la combustión en el interior de los motores, pretendiendo así reducir en un elevado porcentaje los elementos contaminantes.

El control de las emisiones contaminantes y específicamente las vehiculares ha ido desarrollándose con el paso de los últimos años, cada país ha diseñado los métodos y las normas para la prueba de emisión que se lo ha implementado a los ya existentes programas de inspección y mantenimiento de los vehículos, que ayudan a controlar que los sistemas y mecanismos para reducir las emisiones cumplan con los requisitos.

Dichas normas han sido creadas en base a otras ya existentes en países desarrollados como los pertenecientes a la Comunidad Europea así como también en los Estados Unidos donde a pesar de esto, existen aún diversos sectores que no poseen programas de inspección y mantenimiento vehicular.

Una manera de conocer los porcentajes de emisiones contaminantes de un automóvil es a través de los llamados analizadores de gases (para los vehículos a gasolina) y los opacímetros (para vehículos diesel) y los niveles de aprobación varían dependiendo de las normas establecidas por la ciudad o país donde se está realizando dicho procedimiento.

Para manejar de manera adecuada los valores admisibles de emisiones contaminantes, se ha formado una serie de normativas que muestran parámetros de trabajo y de emisiones vehiculares bajo los cuales los

vehículos deben funcionar para reducir los niveles de contaminación de éstos.

Tanto la Unión Europea como la EPA (Agencia de Producción del Medio Ambiente de los Estados Unidos), trabajan en la creación de normas que permitan mejorar la calidad del aire.

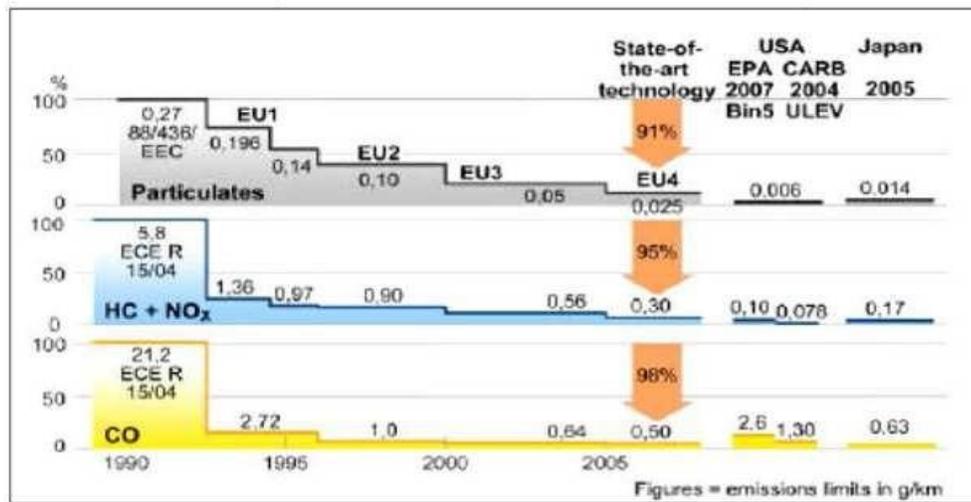
Dichas instituciones tienen sus propias normas bajo las cuales se rigen y las que han sido diseñadas en base a estudios y pruebas.

Ambas normas de reglamentación pretenden reducir drásticamente los niveles de contaminación, al igual que el material particulado fruto de las combustiones incompletas.

3.1.- Norma

Una norma no es más que un conjunto de requisitos que reglamentan o rigen procesos o productos para garantizar un grado óptimo de control.

En la Gráfica (Gráfica. 3.1) se muestra la evolución temporal de las normativas anticontaminantes.



Gráfica 3.1. Evaluación temporal de las normativas anticontaminación.³⁰

ANEXO 7

Normativas Europeas EURO para la Reducción de Emisiones Vehiculares

Las normas de emisión EURO es un programa de medidas reglamentarias creadas por la Comisión Europea y aprobadas por el Parlamento Europeo por el que se establece requisitos técnicos para la homologación de vehículos de motor en el campo de las emisiones vehiculares, creadas para evitar que difieran de un estado a otro, aplicable a países miembros de la Unión Europea, y sirve para determinar ya los límites máximos autorizados de emisiones contaminantes para vehículos móviles.

Estas normas son aplicables a los vehículos nuevos que se comercializan en la Unión Europea, y con el paso de los años van implementándose nuevos parámetros que cada vez registren más los niveles permitidos de emisiones para estos vehículos. Son aplicables además a los vehículos que se encuentran ya en circulación. Los gases de escape que regulan estas normas son:

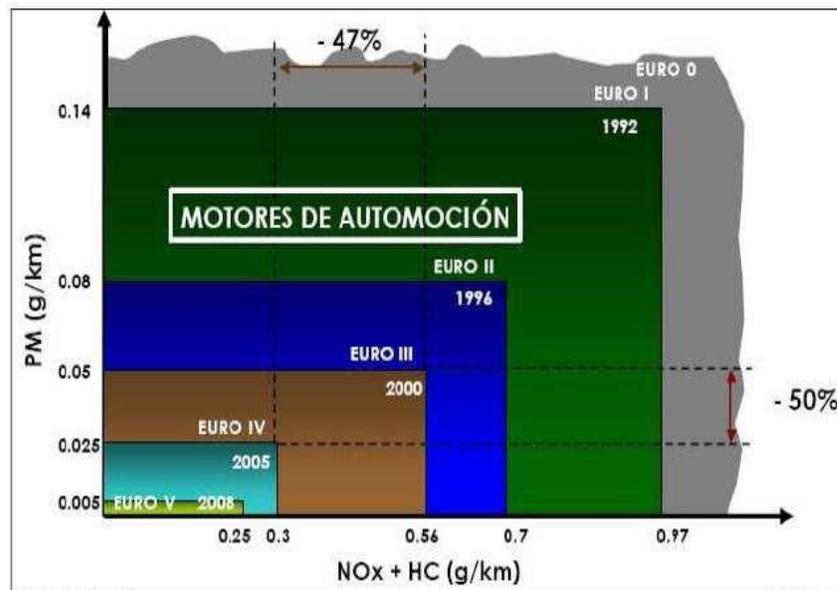
- Óxido de Nitrógeno NO_x.
- Monóxido de Carbono CO.
- Hidrocarburos no combustionados HC.
- Material Particulado.

Las normas EURO han sido establecidas según la fecha de puesta en servicio del vehículo y se las clasifica de acuerdo a la tabla 3.1 por ejemplo:

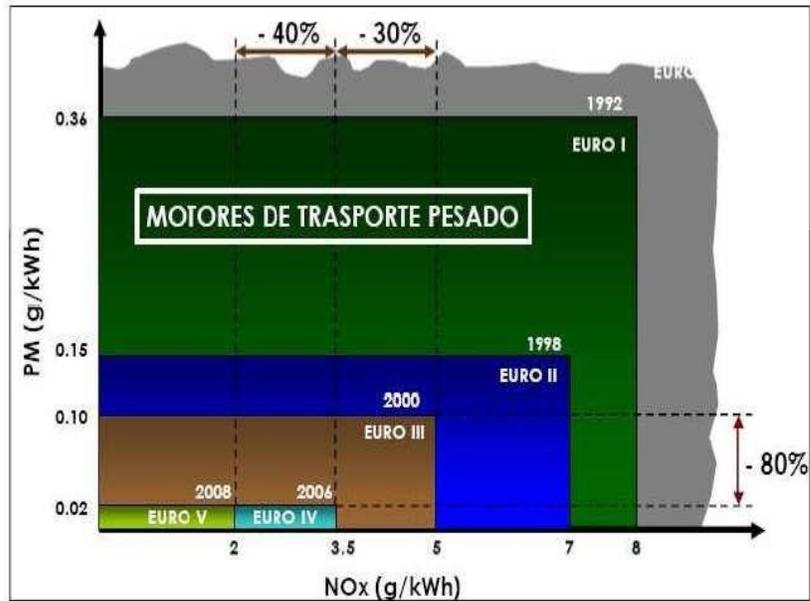
Tabla 3.1. Puesta en servicio de la norma EURO.

NORMA EURO	NORMA EURO	AÑO DE PUESTA EN SERVICIO
	0	Después de 1988
	I	Después de 1993
	II	Después de 1996
	III	Después de 2000
	IV	Después de 2005
	V	Después de septiembre de 2009 para la recepción y enero de 2011 para la matriculación de vehículos.
	VI	Después de septiembre de 2014 para la recepción y septiembre de 2015 para la matriculación de vehículos.

En Europa se ha venido aplicando varias normas de emisiones, desde la EURO 0, hasta la EURO V, la misma que entró en vigencia en el año 2008. En la Gráfica (Gráfica. 3.2) se muestra los límites de las normativas anticontaminación europea.



Gráfica 3.2: Límites de las Normativas Anticontaminación Europeas EURO, para Vehículos Livianos.



Gráfica3.3: Límites de las Normativas Anticontaminación Europeas EURO, para Vehículos Pesados.³¹

3.1.2.- Límites de Emisiones para las Normas EURO

Cada una de estas tiene un rango máximo de medida de los gases emitidos que se escriben a continuación:

Tabla 3.2. Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros ≤ a 1305Kg. (categoría N1- I), en g/Km.

TIPO	FECHA	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
Gasolina						
EURO I	Octubre 1994	2.72	-	0.97	-	-
EURO II	Enero de 1998	2.2	-	0.5	-	-
EURO III	Enero de 2000	2.30	0.20	-	0.15	-
EURO IV	Enero de 2005	1.0	0.10	-	0.08	-
EURO V	Septiembre de 2010	1.0	0.075	-	0.06	0.005

³¹ Tabla y Gráficos de las Normas EURO tomadas del anexo 1.

Tabla 3.3. Normas Europeas sobre Emisiones para Vehículos Industriales Ligeros 1305Kg-1760 kg. (Categoría N1- II), en g/Km.

Tipo	Fecha	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
Gasolina						
EURO I	Octubre de 1994	5.17	-	1.4	-	-
EURO II	Enero de 1998	4.0	-	0.65	-	-
EURO III	Enero de 2001	4,17	0.25	-	0.18	-
EURO IV	Enero de 2006	1.81	0.13	-	0.10	-
EURO V	Septiembre de 2010	1.81	0.13	-	0.075	0.005

Tabla 3.4. Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros 1760 kg-3500Kg. (Categoría N1- III), en g/Km.

TIPO	FECHA	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
Gasolina						
EURO I	Octubre de 1994	6.9	-	1.7	-	-
EURO II	Enero de 1998	5.0	-	0.8	-	-
EURO III	Enero de 2001	5.22	0.29	-	0.21	-
EURO IV	Enero de 2006	2.27	0.16	-	0.11	-
EURO V	Septiembre de 2010	2.27	0.16	-	0.082	0.005

Tabla 3.5. Normas Europeas sobre Emisiones para Vehículos N2 y N3.³²

Tipo	Fecha	CO (g/kWh)	NOx (g/kWh)	HC (g/kWh)	PM (g/kWh)
Euro 0	1988-1992	12.30	15.8	2.60	-
Euro I	1992-1995	4.90	9.00	1.23	0.40
Euro II	1995-1999	4.00	7.00	1.10	0.15
Euro III	1999-2005	2.10	5.00	0.66	0.10
Euro IV	2005-2008	1.50	3.50	0.46	0.02
Euro V	2008-2012	1.50	2.00	0.46	0.02

ANEXO 8

Equipos de Medición para Controles de Emisiones Vehiculares

3.2.1.- Analizadores de Gases

Los porcentajes de concentración de gases contaminantes emitidos por los motores de combustión interna requieren ser medidos con el fin de evaluarlos u compararlos con parámetros preestablecidos, se puede determinar las condiciones de funcionamiento de los motores de combustión interna. Dichas mediciones se realizan en equipos calificados y calibrados que permitan obtener los valores reales con un mínimo margen de error, obteniendo una medida real de lo que está ocurriendo en el motor.

Los analizadores de gases muestran el valor de la medición, la interpretación de estos datos se hacen a base de las normas nacionales o internacionales bajo parámetros preestablecidos.

Estos permiten realizar mediciones de la concentración de los productos presentes en los gases de salida. Dependiendo del analizador de gases, se pueden realizar mediciones de hasta cinco tipos diferentes de gases: HC, CO₂, CO, NO_x, O₂.

a.- Principios de Funcionamiento

Los analizadores de gases funcionan en base de dos principios de funcionamiento:

- El principio de medición infrarroja no dispersa, para el CO, CO₂, y HC.
- Las celdas electroquímicas para medir NO_x y O₂.

a.1.- Medición Infrarroja no Dispersa

Se realiza mediante detectores infrarrojos. La fuente principal de la radiación infrarroja es el calor o la radiación térmica, cualquier objeto que tenga temperatura superior de cero absoluto ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $0\text{ }^{\circ}\text{K}$) irradia ondas en la barra infrarroja, la que proporciona la información que no puede ser obtenida mediante una imagen de luz visible.

a.1.2.- Celdas Electroquímicas (galvánica)

Básicamente está formado por dos electrodos ya sea el mismo material o de diferente, que contiene un electrolito absorbente, la presencia del O_2 genera una reacción electroquímica entre los electrodos, similar al funcionamiento de una pila.

La corriente eléctrica resulta proporcional a la concentración de oxígeno. Este principio se utiliza en la determinación de la concentración de O_2 .

b.- Tipo de Analizadores de Gases

b.1.- Analizadores de un solo gas

Mide solo CO , generalmente el gas es medido en porcentaje, en volumen o relacionando con la mezcla estequiométrica. El analizador de CO determina, altos niveles de contaminación y problemas de preparación de la mezcla.

b.2.- Analizadores de dos gases

Monitorea el CO medido en porcentaje de volumen, mientras que los HC son medidos en ppm (partículas por millón).

b.3.- Analizadores de cuatro gases

Monitorea el CO , CO_2 , y O_2 en porcentajes de volumen, y los HC (Hidrocarburos) son medidos en ppm (partículas por millón). Mientras que

algunos analizadores presentan información sobre la mezcla estequiométrica, en peso relacionándola con la mezcla estequiométrica 14,1: 1 (Factor λ).

Sea cual fuere el analizador de gases a utilizar, se realiza el mismo procedimiento para la obtención de los datos, esto es, se toma directamente la muestra de los gases del tubo de escape y éstos son llevadas al interior del analizador de gases a través de una sonda flexible insertada en la parte final del tubo de escape, la muestra circula por la cámara que analiza la misma y mide el contenido de cada componente, el cual puede ser observado en el monitor del computador.

Antes de iniciarse el ensayo y toma de datos, debe realizarse un breve estudio del manual de operaciones del analizador de gases seleccionando para familiarizarse con las partes y conocer el manejo del mismo, así como de la posibilidad de la variación de parámetros.

c.- Calibración de los analizadores de gases

La calibración de estos equipos puede ser automática, la cual se realiza al encender el equipo (auto-calibración), o puede ser manual, dependiendo los requerimientos del usuario, ésta debe realizarse como máximo cada tres meses.

c.1- Proceso de análisis de gases

- Encender el analizador de gases.
- Someter al equipo a la prueba de fugas.
- Someter al equipo a un periodo de calentamiento y estabilización.
- Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda sustancia extraña o agua, que se haya acumulado en la sonda de prueba ya que puede alterar la lectura de la muestra.
- Verificar que la transmisión del vehículo esté en neutro.

- Encender el vehículo y esperar un tiempo prudencial para que este alcance una temperatura adecuada de funcionamiento.
- Ubicar la sonda de temperatura en el orificio de medición de aceite.
- Verificar que la temperatura del vehículo esté estable.
- Verificar que no existan fugas a lo largo del tubo de escape (esto se consigue tapando el tubo de escape).
- Verificar que no exista emanación de humo azul, en el tubo de escape.
- Colocar el sensor de rpm en la primera bujía del motor y verificar el valor de rpm en la pantalla del computador.
- Introducir la sonda del analizador de gases en el tubo de escape.
- Preparar el sistema para realizar la prueba de gases.
- Esperar el tiempo de respuesta para el equipo.
- Acelerar el vehículo a las revoluciones requeridas.
- Cuando se tome los datos debe procurarse que éstos se hayan estabilizado lo más posible.
- Grabar los datos en el computador.
- Realizar el número de pruebas necesarias.
- Sacar la sonda del tubo de escape.
- Apagar el equipo.

d.- Analizadores de gases de prueba

d.1.- Analizadores de gases MGT5

- Analizador de gases para motores ciclo Otto, analiza cuatro de los cinco gases de escape: CO, CO₂, HC, y O₂. Opcional: NO_x.
- Funciona mediante el software EUROSISTEM, es de fácil manejo, y distintas posibilidades de visualización de datos.

- Puede ser conectado a una computadora así como también posee un terminal de mano con impresora integrada.

- De fácil mantenimiento gracias a su construcción sencilla, los componentes sujetos a desgastes y que necesitan ser intercambiados se encuentran bajo las tapas de mantenimiento.
- La calibración del equipo puede realizarse de manera sencilla siguiendo las indicaciones del menú sin necesidad de un técnico.
- Alto nivel de fiabilidad en la obtención de resultados.
- Posee una unidad filtrante que retira el condensado y lo elimina.
- La sonda flexible tiene un alcance de hasta 8 metros de largo.
- La sonda de los gases de escape de acero afinado (longitud 400m) con tubo de toma flexible de acero trenzado, con grapa retén y pieza de cierre.



Figura 3.3: Analizador de gases MGT5.

d.2.- Analizadores de gases NECTECH

Es un moderno analizador de gases diseñado para cumplir los rigurosos requerimientos en el control de emisiones. Tiene capacidad para medir cuatro gases (CO, HC, CO₂, y O₂) y proporciona además la medida del factor lambda y cálculos del cociente aire/ combustible. Los resultados de medición es controlada por seis paneles LED, además que los resultados de la prueba se pueden imprimir en la impresora incorporada.

Esta unidad además está provista por un software para computadora lo que permite el almacenamiento y análisis de los datos. Puede incrementarse además la medición de cinco gases.



Figura 3.4: Analizador de gases NEXTECH NGA 6000.

Características importantes:

- Exactitud, estabilidad y durabilidad excepcionales.
- Tiempo de reacción menor a 10 segundos.
- Ajuste automático de calentamiento 2 a 8 minutos.
- Software y cables para acoplar a la computadora.
- Portable tamaño ligero (compacta).
- Facilidad de cambio de repuestos.
- Prueba de HC residuales.
- Capacidad de selección del tipo de combustible: Gasolina, LPG, CNG, y etanol.
- Material de la carcasa: Acero inoxidable.
- Impresora integrada.

ANEXO 9

Magnetizador de Combustible

Es un elemento que funciona mediante un campo magnético, que incluye un imán permanente, para ionizar el combustible que alimenta a los dispositivos de combustión, con lo que podemos conseguir una combustión más completa, mejorando la eficiencia (obteniendo un ahorro de combustible) y reduciendo las emisiones contaminantes, ya que en la actualidad es un problema existente en el medio ambiente

Tipos de Ahorradores Magnéticos de Combustible

4.1.1.- Gasmagic Turbo

El GASMAGIC TURBO es ideal para automóviles. Su potencia es de 16800 Gauss, funciona para vehículos con motores hasta 2.0. c.c. (centímetros cúbicos). Ahorra más gasolina en altas velocidades con un mejor desempeño.



Figura 4.1: Magnetizador TURBO GASMAGIC.³³

4.1.2.- Gasmagic Platinum

EL GASMAGIC PLATINUM es ideal para vehículos de baja cilindrada. Su potencia es de 14000 Gauss. Es ideal para motores de cuatro cilindros mejorando su desempeño y no necesita mantenimiento.



Figura4.2. Magnetizador PLATINUM GASMAGIC.³⁴

4.1.3.- Gasmagic Supra

EL GASMAGIC SUPRA es ideal para vehículos de alto cilindraje. Su potencia es de 25000 Gauss, este magnetizador funciona para motores mayores de 2.8 Lts y para vehículos de 8 cilindros.

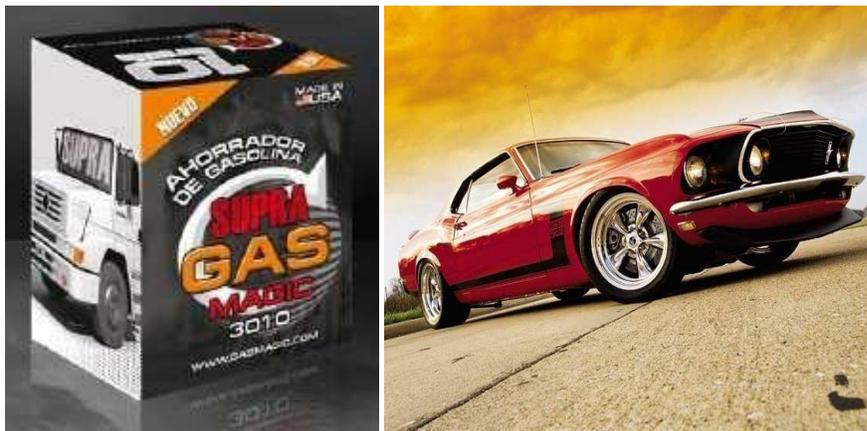


Figura4.3. Magnetizador SUPRA GASMAGIC.³⁵

4.1.4.- Gasmagic Bus

EL GASMAGIC BUS es ideal para vehículos de carga pesada. Su potencia es de 33500 Gauss, este magnetizador funciona para motores mayores de 3.0 Lts y para vehículos de 8 cilindros.



Figura4.4. Magnetizador BUS GASMAGIC.³⁶

4.1.5.- Gasmagic Power

EL GASMAGIC POWER es ideal para vehículos de cilindrada alta. Su potencia es de 26800 Gauss, este magnetizador funciona para motores mayores de 3.0 Lts y para vehículos de 8 cilindros.



Figura4.5. Magnetizador POWER GASMAGIC.

4.1.6.- Gasmagic Plus

EL GASMAGIC PLUS es ideal para cualquier tipo de moto. Su potencia es de 10000 Gauss, este magnetizador funciona para motos de baja, media y alta cilindrada.



Figura4.6. Magnetizador PLUS GASMAGIC.³⁷

4.1.7.- Gasmagic Master

EL GASMAGIC MASTER es ideal para vehículos de potencia extrema. Su potencia es de 60000 Gauss, este magnetizador tiene una gran fuerza de atracción, se debe tener mucho cuidado en su manipulación.



Figura4.7. Magnetizador MASTER GASMAGIC.

4.1.8.- Fuel Optimiser

EL FUEL OPTIMISER es ideal para vehículos de cuatro cilindros. Su potencia es de 16800.

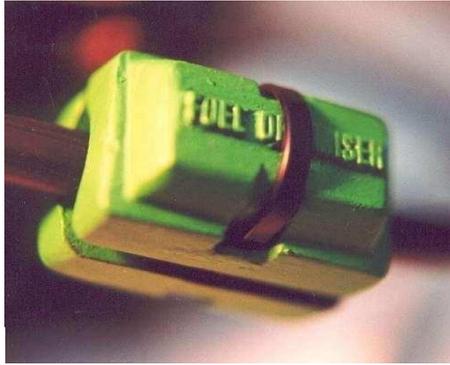


Figura4.8. Magnetizador FUEL OPTIMISER.

4.2.- Elementos del Magnetizador

4.2.1.- Imán de Neodimio



Figura4.9. Imán de Neodimio.

Los imanes de NEODIMIO son los que poseen mayor fuerza coercitiva, son resistentes a la alta temperatura y su resistencia a la corrosión y oxidación es baja.

4.2.2.- Revestimiento de Plástico



Figura4.10. Revestimiento de plástico.

Es una coraza de plástico que envuelve al imán de neodimio, con el propósito de proteger de cualquier golpe o ralladura que podría sufrir el imán y también sirve como colchón para amortiguar las vibraciones generadas por el motor.

4.2.3.- Correas de Seguridad



Figura4.11. Correas de seguridad.

Son correas de plástico y su finalidad es ajustar al magnetizador para evitar movimientos y conseguir un buen funcionamiento.

ANEXO 10

Este economizador es un inductor magnético. Este, se basa en los principios de la Magneto hidrodinámica, rama de la física moderna que entiende del comportamiento de los fluidos bajo la influencia de campos magnéticos.

La mayoría de motores de combustión interna utilizan combustibles líquidos, pero los combustibles líquidos no son combustibles (en estado líquido), es decir, solo se quema la parte vaporizada y mezclada con aire en el momento de la explosión.

Normalmente las emisiones de gases procedentes del motor de los vehículos son Hidrocarburos no quemados (CH), Monóxido de Carbono (CO), y Óxidos de Nitrógeno (NOx). Los Hidrocarburos no quemados y los Óxidos de Nitrógeno reaccionan con la atmósfera para formar humo. El humo es altamente oxidante en el ambiente y es la principal causante de la irritación de ojos y garganta, provoca mal olor, daña las plantas y reduce la visibilidad. Los Óxidos de Nitrógeno son también tóxicos. El Monóxido de Carbono perjudica la capacidad de la sangre de transportar oxígeno al cerebro, incrementando los tiempos de reacción y empeorando la capacidad de juicio.

Principalmente los combustibles son hidrocarburos. Estos hidrocarburos cuando pasan a través de un campo magnético, cambian su orientación de magnetización a la dirección opuesta a la del campo magnético. Las moléculas del hidrocarburo cambian su configuración, al mismo tiempo que la fuerza intermolecular se reduce considerablemente. Esta modificación ayuda a dispersar las partículas del combustible, de forma que éste se vaporiza más fácilmente y por tanto se facilita su combustión. El combustible líquido o gaseoso utilizado en motores de combustión interna está compuesto de grupos de moléculas. Cada molécula (Fig.4.13) incluye un determinado número de átomos, cada uno compuesto de su núcleo y de sus electrones orbitando su alrededor. Cada molécula tiene un campo magnético por sí misma, causado por la rotación de los electrones. ³⁸

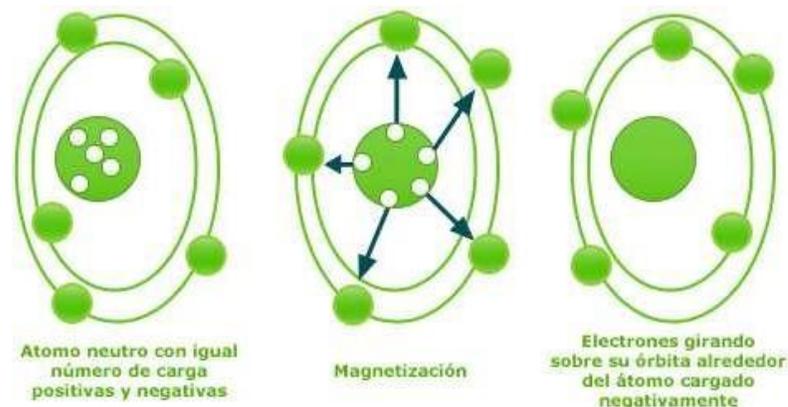


Figura 4.13 Moléculas magnetizadas.

De esta forma, existe una carga eléctrica, positiva (+) y negativa (-) en las moléculas de combustible. Por esta razón, las partículas de combustible de las cargas eléctricas positivas y negativas no se dividen en partículas más pequeñas (los polos opuestos se atraen).

Antes de la magnetización, los campos magnéticos de las moléculas de combustible ordinario están en desorden.

Después de la magnetización,

³⁸ <http://www.demacargentina.com/lista/economizador>

los campos se disponen en orden correcto, y se alinean justamente en una relación especial de línea recta uno con otro (Fig.4.14).



Figura 4.14. Alineación de las moléculas.

Por lo que, el combustible no está activamente interrelacionado con el oxígeno durante la combustión, provocando una combustión incompleta. Para mejorar esto, tenemos que descomponer o ionizar el combustible. Esta ionización la podemos conseguir con la aplicación de un campo magnético procedente de un imán permanente o de un electroimán, la ventaja que presentan los imanes permanentes sobre los electroimanes es que, los primeros, no consumen electricidad.

El combustible magnetizado produce una combustión más completa, proporcionando, ahorro de combustible y reducción de Hidrocarburos, Monóxido de Carbono y Óxido de Nitrógeno en los gases de escape. Además, el combustible cargado magnéticamente disuelve el carbón del carburador, inyectores de gasolina, y cámaras de combustión, ayudando a limpiar el motor y a mantenerlo limpio.

La alineación de estos átomos, favorece su circulación hacia los colectores de escape. En este proceso más iones de oxígeno se combinan con las moléculas de monóxido de carbono (CO), formando dióxido de carbono (CO₂) elemento mucho menos nocivos y contaminante que el CO, con lo que podemos hablar de un aparato ecológico.

a.- Efectos

En un principio, el magnetizador limpiará, a través del propio combustible, el circuito del motor y retirará todas las impurezas del mismo (carbonilla en bujías colectores etc.) logrando el efecto óptimo entre los 100 y 150 km recorridos. Un efecto que produce estos magnetizadores en el motor es la pérdida de potencia que también dependerá de:³⁹

- El combustible utilizado
- La antigüedad del motor
- La cilindrada del motor
- La fuerza que tenga que desarrollar
- La forma de conducción

4.3.2.- Pérdida de Potencia

La pérdida de potencia que sufre el motor con el magnetizador se debe a que la mezcla aire combustible entra al cilindro en forma vaporizada, evitando la condensación del vapor de agua y los hidrocarburos no oxidados debido a la explosión de la mezcla en la cámara de combustión. Por lo tanto no hay aporte adicional de calor, solamente se dispondrá del poder de oxidación del combustible, al cual por definición se denomina Poder Calorífico Inferior del Combustible.

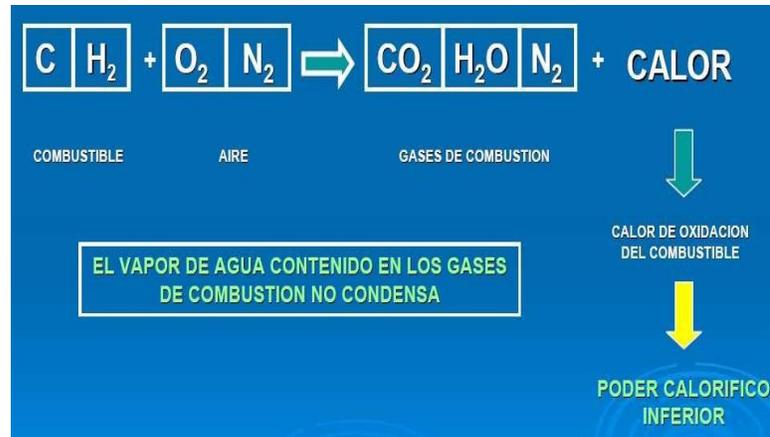


Gráfico 4.1. Interpretación Gráfica del Poder Calorífico Inferior.

³⁹ <http://www.demacargentina.com/lista/economizador>



Gráfico 4.2. Interpretación gráfica del Poder Calorífico Superior.

4.3.3.- Instalación del Magnetizador

a.- Instalación en el Vehículo a Carburador

Separe las dos mitades del magnetizador. Identificar la línea de entrada de combustible. Esto puede hacerse encontrando el filtro de combustible y siguiendo la cañería de combustible al motor. El magnetizador tiene que ir colocado entre el carburador y el filtro de combustible.⁴⁰



Figura 4.15 Vehículo a carburador

Una vez que las dos mitades se han establecido para envolver la línea de combustible, asegúrese de que el

dispositivo esté instalado en una línea de plástico o caucho,
de 25 mm. lejos de cualquier objeto de metal en la

⁴⁰ <http://gasolinaahorra.blogspot.com/2009/02/instalacion-de-ahorrador-de-gasolina.html>

línea de combustible. Asegúrese de que todos los imanes se han puesto en paralelo (Fig.4.16.)

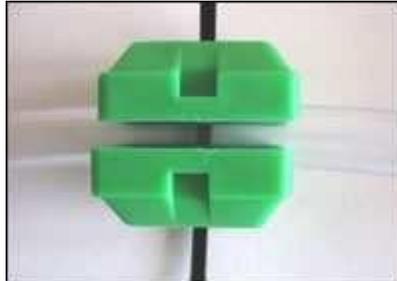


Figura 4.16 Magnetizador en Paralelo.

A continuación, poner las correas de seguridad de un lado y del otro al magnetizador (fig.4.17) y asegúrese de que las dos mitades se han ajustado correctamente. Las dos mitades no tienen que tocarse. Si eso ocurre, significa que el dispositivo no se ha ajustado correctamente en el tubo. Si esto ocurre, vuelva a colocar en la tubería.



Figura 4.17: Magnetizador con correas de seguridad

b.- Instalación en el vehículo con Inyección Electrónica

Se deberá indicar y seleccionar la tubería de alimentación (Fig.4.18) de combustible a los inyectores. Si es un motor en "V", deberá seleccionar la línea de abastecimiento que reparte para ambas líneas que van hacia los inyectores.



Figura 4.18 Vehículo con Inyección Electrónica.

Debemos tener muy en cuenta de no instalar el magnetizador en la tubería de retorno al tanque de gasolina, normalmente se encuentra dos tuberías juntas, la más gruesa por lo general es la de abastecimiento, y las delgada es la del retorno de combustible.



Figura4.19 Tuberías de combustible. Izq. Tub. Alimentación-Der. Tub. Retorno.

La instalación deberá realizarse lo más próximo a la entrada de los inyectores, en caso que no sea posible realizar la instalación directamente en el motor, se puede efectuar la instalación del dispositivo magnético en la línea de alimentación ubicada por debajo del chasis, que proviene del tanque y el filtro de gasolina.



Figura 4.20 Magnetizador en la tubería de Alimentacion

