

Estudio comparativo de torque y potencia en combustibles estatales distribuidos en la C.A.N. a 2800MSNM

**Torque power comparative study in gasoil distributed
in C.A.N. on 2.800 Meters above sea level**

Autores:

Gorky Reyes

Escuela Politécnica Nacional

Santiago Andrade

Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Cristian Beltran

Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Universidad Internacional del Ecuador

RESUMEN

En la actualidad aumenta la cantidad de personas interesadas en adquirir vehículos diésel, sean para trabajo o turismo. Los resultados de la investigación permitieron conocer cuál es la mejor vía para la obtención de un combustible óptimo, en lo que respecta torque y potencia en los automotores con diésel. La contaminación ambiental disminuye si la calidad del combustible es mejorada en conjunto entre naciones cercanas que comparten una geografía similar. Es importante identificar qué país de la Comunidad Andina de Naciones, cuenta con mejor calidad en el diésel que comercializa y la contaminación emitida resultante del proceso de funcionamiento del motor a una altura de 2800 metros sobre el nivel del mar. La realización de estas pruebas se realizó en el laboratorio del Centro de Transferencia Tecnológica para la capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV). Este, normado, es el único en el Ecuador en autorizar y homologar los vehículos que ingresan al país. Con los datos obtenidos se realizó una comparación estadística y se ponderaron los resultados. Luego de ejecutar las pruebas de laboratorio el combustible que obtuvo mejores prestaciones en torque y potencia fue el ecuatoriano. Sin embargo, su opacidad estática es alta, comparada con las muestras de otros países. Los combustibles de países de la C.A.N. tienen similitud en la cuantificación de los resultados obtenidos.

Palabras Clave: Diésel; Contaminación Ambiental; Opacidad.

ABSTRACT

Actually more people is interested in cars that work with diesel fuel, could be for work or tourism, the results of this investigation allowed to know which is the best way to obtained an optimal fuel for the torque and power of the vehicle. The environmental contamination could be less if the quality of the diesel is improved with a team work between nations that are near and share a similar geography. Is important to identify which country of the A.C.N. count with the best quality of fuel that distributed and the emission of the contaminants of the internal combustion engine that works with diesel in normal conditions with 2.800 meters above sea level in Quito. The laboratory used in this investigation was CCICEV, this laboratory gets all the specifications to give real results in the dynamometer, and is the only one that can approved the international machinery that is imported to Ecuador. With the results, proceed to make a statistical analysis. After the test in the laboratory the fuel that gets best results in torque and power was the Ecuadorian, however the static opacity is high upon a comparison with the other countries. The fuels of the A.C.N. countries have a similar quantification of the final data.

Keywords: Diesel, Environmental Contamination; Opacity.



Las capitales de los países que integran la Comunidad Andina de Naciones (C.A.N.) enfrentan problemas de contaminación. La región andina tiene bajos estándares para combatir las emisiones contaminantes. Para demostrar la calidad de combustible que se comercializa en las diferentes ciudades de la región andina se realizaron pruebas en el vehículo comercial de mayor venta en la C.A.N. al conocer la calidad del combustible mediante pruebas en laboratorio, la guía del mejor, es el camino para que la región apuntele su desarrollo en esa vía de refinación de combustible. La ciudad de Quito al ser una de las ciudades más altas sobre el nivel del mar en Sur América, presenta condiciones geográficas tangibles diferentes, con elevaciones montañosas en sus extremos (Paez, 2014, pág. 1), posee complicaciones ambientales de gran magnitud, adicionalmente la carga de tránsito que se maneja en la ciudad ha llevado a generar soluciones, que continúan llevando problemas al medio ambiente de la ciudad, por su requerimiento de transporte la mayoría de vehículos de carga utilizan combustible diésel gracias a la potencia que estos brindan para transporte de carga y personas, la configuración de estos vehículos fue

realizada en condiciones ideales de trabajo y, en ciudades con mayor altura su desempeño varía; en el caso de un auto para carga mediana en personas particulares las camionetas diésel son las preferidas. Bajar la carga contaminante en la ciudad de Quito es algo que muchos gobiernos han buscado desde la alcaldía, uno de los proyectos que hasta la actualidad se mantienen es de CORPAIRE para mantener niveles controlados de contaminación en la ciudad sin embargo se observa como el aire de la ciudad ha desmejorado. Las estaciones con mayores superaciones fueron San Antonio de Pichincha, Guajaló, Tababela y Quitumbe. Durante el año, San Antonio de Pichincha se mantuvo el 36% del tiempo sobre Norma NECA, mientras que Guajaló el 45%. Las excedencias en material sedimentable, en la mayoría de casos se deben a la afectación de sectores que explotan áridos y pétreos en canteras. Además, hay zonas donde se realizaron trabajos de adecuación de vías en el año 2014 (Suárez, 2015, pág. 8). Es preciso observar a los vehículos en la ciudad que emanan mayor cantidad de contaminación visible. Los automotores diésel se caracterizan por emanar material particulado a la atmósfera con diferentes tonalidades, lo que afecta a la salud de las

personas que habitan y respiran en ese ambiente. La cantidad de partículas determinadas por millón en los combustibles de la Comunidad Andina de Naciones, en promedio de los cuatro países, es de 187,5 PPM. El requerimiento de normas EURO V (normativa Europea para vehículos que usan Diésel en el mercado mundial) para la C.A.N solo es aplicado en Perú y Colombia. Ello se debe a que la calidad del combustible en Ecuador y Bolivia es mayor a las 50 PPM (PORTAFOLIO, 2014, pág. 1). Un estudio realizado en Europa demostró que los combustibles de bajo contenido de azufre reducen significativamente los costos totales, lo cual redundó en un mejor rendimiento del combustible y una potencial disminución en la emisión de gases de efecto invernadero, causando un impacto positivo sobre la salud y el ambiente.

En países en vías de desarrollo, los combustibles con alto contenido de azufre continúan siendo producidos, impidiendo la implementación de nuevas tecnologías. Con normas para reducir los niveles de azufre, se disminuyen los impactos negativos sobre la salud humana y el ambiente derivados del creciente parque automotor. Los esfuerzos de cooperación en los países miembros de la C.A.N mejorarían la calidad del combustible y lograrían implementar en su mercado los vehículos de baja emisión. (Telegrafo, 2014, pág. 1).

Las normas EURO contemplan algunos requisitos técnicos que permiten implementar avances tecnológicos para reducir emisiones e incrementar la potencia producida por los motores, tanto de gasolina como diésel. Con ellas se controla que estos no superen los límites establecidos de emisiones contaminantes. La normativa busca controlar y reducir las emisiones de material particulado y de óxido nítrico, producto del proceso de la combustión en motores de gasolina y diésel (Brito, 2013, pág. 1). El cetano es el periodo entre la inyección del Diésel a la cámara de combustión y la combustión de éste, a mayor número de cetanos menor es el retardo del encendido del combustible, algunas propiedades en el Diésel bajan cuando las (P.P.M.) de azufre son menores una de ellas es lubricidad, de igual manera cuando bajamos el porcentaje de azufre el combustible se inunda con hidrogeno permitiendo la caída de los cetanos entre 5 y 10 puntos

(Diesel Engine, problemas usando Diesel bajo en azufre, 2012). En Quito se tiene como carga contaminante una cantidad de 2.8 millones de toneladas de Dióxido de Carbono al año, siendo el parque automotor el mayor aportante con el 56% de la contaminación (QuitoAmbiente, 2014, pág. 2), en el 2014 circularon 468.776 vehículos en la ciudad y la expectativa para el 2015 era de 50.000 carros que se incorporarían al parque automotor, una de las zonas con mayor concentración de material particulado grueso fue en Carapungo el 9 de Mayo del 2015, sin embargo no se ha excedido con la Norma ambiental y el aire en la ciudad de Quito está dentro de parámetros aceptables de contaminación (Puente, 2015, pág. 1).

Tabla 1 Contenido de Azufre en el Diésel en cada País

País	PPM Azufre PPM
Ecuador Petroecuador (Petroecuador, 2013)	150
Colombia Combustible Estatal (PORTAFOLIO, Diésel en Colombia, el segundo más limpio de Suramérica, 20114)	50
Perú Combustible Estatal (PetroPeru, 2011)	50
Bolivia Diferente origen (ANH, 2014, pág. 1)	500

La evolución tecnológica que se ha desarrollado en torno a la inyección de combustible en estos motores permite que hoy por hoy sean conocidos como vehículos confiables con un excelente desempeño y menos carga contaminante, en Europa más de la mitad de los autos de turismo utilizan Gasoil (Motor, 2015, pág. 1). El parque automotor es la mayor fuente de emisión de material particulado hacia la atmosfera, siendo el responsable de la emisión de entre 25% y 75% del total de emisiones de material particulado en los centros urbanos en Colombia. El principal responsable es el parque automotor a Diésel (Hernández, 2012, pág. 2). Varios estudios apuntan a que los beneficios de la reducción de azufre superan con mucho a los costos, sin duda la inversión requerida en el proceso de refinación es significativa. Estudios realizados por la Agen-



cia De Protección Ambiental de los Estados Unidos indican que los beneficios ambientales y en la salud asociados con la reducción de azufre fueron diez veces más elevados que los costos (Rodríguez, 2009, pág. 2).

Un ejemplo de la incidencia de la altura en los motores, es un viaje en Ecuador, desde Guayaquil, ciudad que se encuentra a 4 metros sobre el nivel del mar. (Aviles, pág. 2) a Cuenca que está a 2.500 M.S.N.M. (Martínez, 2009, pág. 2) Si se viaja a una velocidad promedio de 60 km/h se llega a Cuenca en 3 horas lo que exige a que el motor considere esta variable de altitud para su respuesta inmediata a la solicitud del conductor, el usuario no podrá sentir la diferencia de altura geográfica gracias a que el automotor autorregula las diferencias de presión atmosférica con sus sensores y actuadores.

METODOLOGIA

Los combustibles de la prueba fueron obtenidos de su origen, previo viaje a cada uno de los países integrantes de la Comunidad Andina de Naciones, gracias a permiso de la Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos obteniendo un permiso especial para transporte e importación (ARCH, 2015), de igual manera el vehículo a ser usado se determinó por haber sido la marca con mayor número de ventas a nivel de la región. En base a un análisis inductivo, en este estudio existen variables dependientes e independientes las que fueron tomadas en cuenta para la obtención de resultados y el análisis de los mismos. Por lo cual las variables dependientes como el automotor, altura, temperatura, necesitan del combustible diésel para este estudio (Buendía, 2001, págs. 4,5). Los datos cuantitativos de estas pruebas se obtuvieron en función de la variable independiente, para poder obtener un resultado promedio se realizaron 3 pruebas para la obtención de cada uno de los resultados.

Combustible

Actualmente el diésel es el combustible requerido para motores de vehículos pesados y para transporte tales como buses, vehículos de trabajo. Sin embargo cabe destacar que con el paso de los últimos tres años se ha mejorado notablemente la cantidad de azufre presente en el diésel (PPM) per-

mitiendo así, las nuevas tecnologías en el mercado, llegando a la implementación de la normativa de emisiones Euro III, misma que en Europa estuvo vigente entre los años 2000 y 2005. Con los nuevos sistemas de inyección y gestión electrónica como la denominada CRDI o riel común se presenta la adición al sistema de turbocompresor, Intercooler, catalizador y filtros de partículas, los nuevos motores diésel presenta un mejor desempeño y cuidado del medioambiente en relación a tecnologías anteriores en los mismos (Carburando, 2015, pág. 1).

Actualmente en el Ecuador se comercializa diésel Premium que cuenta con 150 PPM de azufre, sigue siendo elevado en comparación de países vecinos, Colombia comercializa diésel entre 21ppm - 50ppm (Vivir, 2015, pág. 1) y Perú comercializando diésel con 50ppm según informe de su empresa estatal Petroperú. Por otro lado en la Comunidad Andina de Naciones el diésel con mayor contenido de azufre comercializado es el de Bolivia, mismo que no cuenta con una refinería y todo su diésel es importado desde Venezuela con un alto contenido de azufre el cual está alrededor de 350ppm - 500ppm de azufre (ANH-Bolivia, 2014, pág. 1). En los motores diésel, la cantidad del contenido de azufre da como resultado la contaminación que éste emite al medio ambiente, las partículas contaminantes del combustible al quemarse arroja partículas de sulfatos que se emiten por el tubo de escape afectando de igual manera al motor (Ortiz, 2014, pág. 32). El tipo de diésel genera mayor o menor torque y potencia por la cantidad de elementos en su composición.

Vehículo

En el 2014 se vendieron 120060 vehículos en el mercado Ecuatoriano, de los cuales 23244 son camionetas, siendo Chevrolet la primera marca con su modelo D-Max la más vendida con 10657 unidades (AEADE, 2014, pág. 39). Es por esto que al realizar las pruebas con cada uno de los combustibles de los países miembros en la C.A.N en el Territorio Ecuatoriano, se ha seleccionado la camioneta marca: Chevrolet modelo: Luv D-Max, debido a que posee mayor presencia en el mercado nacional. De igual manera, la marca seleccionada es una de las más vendidas en los países restantes miembros de la C.A.N. como es el caso de Colombia con 2123 camionetas vendidas en el año 2014 (Andemos,

2014, pág. 6), en Perú (AAP, 2014, pág. 8) y Bolivia (Moya, 2014, pág. 1) la marca se encuentra entre las 10 más vendidas.

NORMA SAE J1349

Las normas garantizan los datos que se obtienen de la prueba realizada gracias a que los equipos de medición son normados permitiendo veracidad en los resultados. En el Ecuador bajo Normas Técnicas emitidas por el ente regulador que es el INEN existe la RTE.INEN 017:2008 la misma que tiene como propósito el control de las emisiones contaminantes e indica los límites de emisiones de fuentes móviles ya sean estos importados o de producción nacional (Reyes, 2016, pág. 1), ésta norma trabaja con normas internacionales como la SAE J1349, la misma que determina los valores de torque y potencia en un dinamómetro tomando en cuenta que el motor se debe encontrar a plena carga, tomando en cuenta las referencias de los datos atmosféricos en el momento de la prueba. Esta norma considera en los análisis a realizar el funcionamiento (CCICEV, 2016).

Para dar cumplimiento a la norma las pruebas se basan en un protocolo, siendo este un programa sistemático de verificación e inspección aplicado

por una organización para el control de la calidad de la tecnología y operación de un equipo, proceso o servicio así como sus condiciones de seguridad y confiabilidad donde la autoridad competente emitirá un dictamen al concluir la prueba (Ruymbeke, 1996, pág. 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos oficiales de cada uno de los combustibles de los países miembros de la C.A.N. revelan la diferencia que cada uno de ellos tiene en la refinación de su diésel, de manera que la investigación se basa en cómo funciona cada uno de estos combustibles a 2.800 M.S.N.M, con las pruebas de Torque y Potencia se obtiene el comportamiento del vehículo con cada muestra, obteniendo el desempeño de cada combustible, se realizaron pruebas de opacidad estática y dinámica con tres mediciones de cada una para un resultado promedio. En el equipo del laboratorio para la corrección de las variables dependientes se usó factores ISO 1585, de esta manera se cumple con la norma SAE J1349. Los resultados obtenidos a continuación demuestran que, manteniendo las variables dependientes, si existe diferencia en la relación torque-potencia de la camioneta Chevrolet.

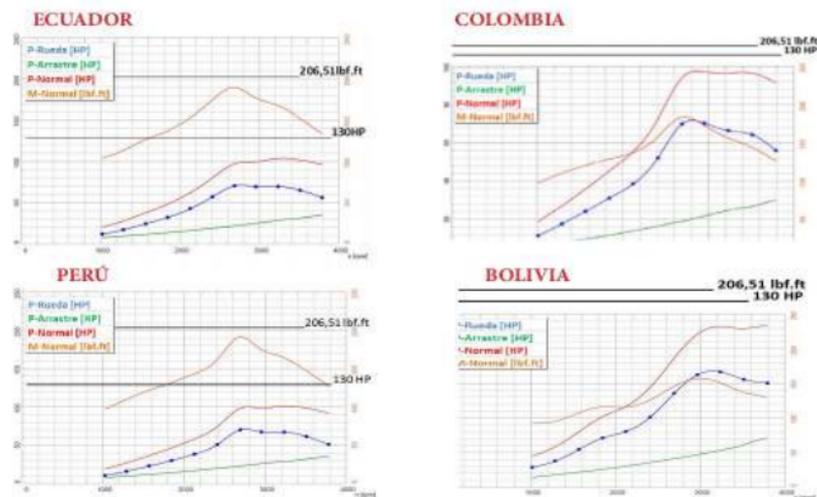


FIG. 1 Análisis de Torque-Potencia CAN

Fuente: (CCICEV, 2016)



Existe un protocolo para el inicio de las pruebas, este se cumple a cabalidad por seguridad de los investigadores y operarios, y que los resultados dependan de las muestras del diésel, sin que exista un factor exógeno que altere una prueba o medición, parte del protocolo es asegurar el vehículo en la fosa del dinamómetro, el uso obligatorio de EPP, sensor de temperatura del aceite, y determinar la muestra usada.

Se observa mayor desempeño con el combustible Ecuatoriano ya que en promedio se obtiene 104,3 HP, a continuación el combustible de Perú brindando 100,1 HP, en tercer lugar se encuentra Colombia con 97,13 HP, y por último Bolivia con 96,97HP. Lo que significa que el desempeño es mejor con el diésel ecuatoriano, la calibración del vehículo se encuentra configurada para la altitud en la cual circula con mayor frecuencia (Martínez, 2010), manteniendo así las variables independientes bajo control, por ejemplo la bomba se encuentra configurada para combustible ecuatoriano, con la finalidad de obtener un resultado específico es ideal el estudio químico de las muestras de diésel de la C.A.N. No obstante y debido a la altura a la cual se realizan las pruebas los caballos de fuerza no llegan a cumplir con la tabla que el fabricante proporciona, esto porque el fabricante brinda estos

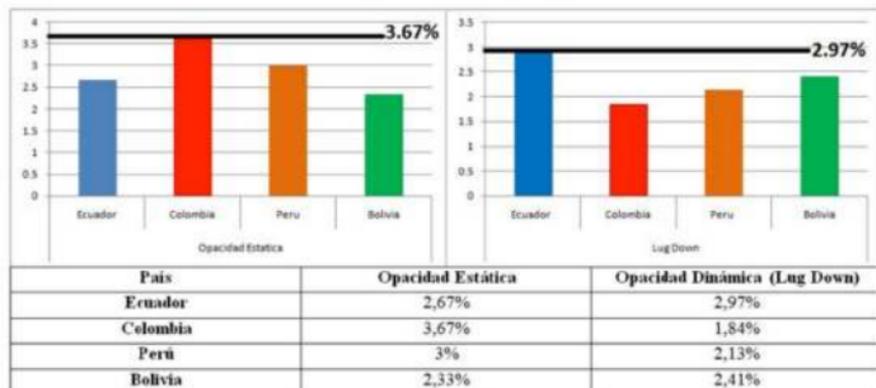
datos en condiciones ideales. Es por esta razón que los vehículos son recalibrados para un desempeño mínimo a esta altura.

OPACIDAD ESTÁTICA Y LUG-DOWN

Con cualquiera de los combustibles que se realizó la prueba los límites proporcionados por la norma INEN 017:2008 no son superados, es decir que la revisión técnica vehicular en la ciudad de Quito sería aprobada, en términos de opacidad estática Bolivia a pesar de tener mayor cantidad de PPM en su composición obtuvo menos porcentaje en esta prueba, seguido por Ecuador, Perú en tercer lugar y por último Colombia; en las tablas descritas anteriormente se observa la cantidad oficial de PPM de cada combustible, la emisión en opacidad estática del combustible Boliviano guía a estudiar su composición para repetir los resultados obtenidos con esta prueba, Bolivia importa su combustible de diferentes orígenes, lo que podría darle diferente calidad dependiendo del origen de la muestra.

Con la prueba de Lug-Down los resultados varían la presión en la bomba es diferente y la reacción de cada combustible de igual manera, con esta prueba en primer lugar de baja contaminación es Colombia, seguido por Perú, tercer lugar Bolivia y

Tabla 2 Opacidad estática y Lug-Down



Fuente: (CCICEV, 2016)

sorprendentemente Ecuador posee la mayor contaminación en pruebas de opacidad Dinámica, la cantidad de PPM del combustible Colombiano está acorde con este resultado, las 50 PPM en el Diésel brinda menor emisión de material particulado en el motor a plena carga.

CONCLUSIONES

Cada uno de los combustibles para la prueba Torque-Potencia obtuvo diferentes temperaturas por ejemplo el Ecuatoriano llegó hasta 198°F los otros tres países mantuvieron una temperatura promedio de 190°F. El desempeño de la camioneta mantiene un caballaje promedio de 99 HP 31 menos que la tabla que proporciona el fabricante, las pérdidas mecánicas y de arrastre fueron compensadas por la norma ISO 1585 para I resultado final de cada prueba, ningún combustible brindó problemas de desempeño en el motor ni obstrucción de filtros en el vehículo. Los límites permisibles están dentro de parámetros normales en cuanto al reglamento CORPAIRE para la ciudad de Quito, es decir que con cualquiera de los combustibles de los

países miembros de la Comunidad Andina de Naciones la revisión técnica vehicular sería aprobado, sin embargo se observa que los niveles de opacidad en la prueba estática, dan altos niveles en el combustible nacional ecuatoriano, esto por algunas variables dentro del sistema de combustible, por ejemplo la calibración de la bomba de inyección de la camioneta. En términos de la prueba LUG-DOWN se observa que el mejor combustible es el Colombiano ya que en al obtener una temperatura de trabajo ideal más una inyección constante el diésel por tener mayores propiedades emite menos contaminación al ambiente. Los países tienen diferente geografía, por lo que podrían desarrollar un aditivo acorde a sus condiciones y requerimientos dependiendo de la calidad del diésel estatal el desempeño de ese combustible obtendría mejores características para su óptimo desempeño en su país de origen.

La temperatura del motor diésel, en condiciones ideales trabaja a 82°C (179°F); temperatura de funcionamiento del termostato, siendo esta la ideal en el motor 4JH1.



Referencias bibliográficas

Gestión de la contaminación atmosférica urbana: El caso de Quito

<http://www.flacoandes.edu.ec/web/images/FTP/10088.ContaminacionQuito.pdf>

Calidad del aire - Secretaría del Ambiente - Alcaldía

http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/real_monitoreo/informacion/iaca_2014.pdf

Diesel en Colombia, el segundo más limpio en Suramérica

<http://www.portafolio.co/negocios/empresas/diesel-colombia-segundo-limpio-suramerica-59504>

Petroecuador anuncia programa para mejorar calidad de combustibles

<http://www.telegrafo.com.ec/economia/itenu/petroecuador-anuncia-programa-para-mejorar-calidad-de-combustibles.html>

La norma Euro V

<http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=1837&edi=92&cit=la-nueva-norma-euro-v>

Diesel Engine, problemas usando Diesel bajo en azufre

<http://www.pretessa.com/v6wAw5V5.html>

Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

<http://redmonitoreo.quitoambiente.gob.ec/paginas/articulos/remmaq.pdf>

Contaminación del aire de Quito se mantiene en niveles "deseables"

<http://www.elcomercio.com/actualidad/contaminacion-quito-automoviles-niveles-deseables.html>

Combustibles que produce EP Petroecuador superan metas de calidad - Boletín N. 086, 16 de Agosto 2013

<http://www4.epetroecuador.ec:8500/sistemanoticias/noticias/BOL%20086.pdf>

Diesel en Colombia, el segundo más limpio de Suramérica

<http://www.portafolio.co/negocios/empresas/diesel-colombia-segundo-limpio-suramerica-59504>

Diesel Perú - Características Técnicas

<http://www.petroperu.com.pe/portalweb/Main.asp?Seccion=444>

Diesel Bolivia - Especificaciones Técnicas - Agencia Nacional de Hidrocarburos

<http://www.anh.gob.bo/hsideFiles/Referencia/DafExep/ANH-14-2014.pdf>

Volkswagen: 25 años de innovación en tecnología Diesel

http://www.marca.com/marca_motor/tecnica/motorv10/25anos.html

Contaminación del aire y enfermedades respiratorias en menores de cinco años en Bogotá

<http://www.scielosp.org/pdf/rsapi/v15n4/v15n4a02.pdf>

Emissiones Contaminantes - Catalizadores para motores Diesel

http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R39_A7.pdf

Guayaquil

<https://es.wikipedia.org/wiki/Guayaquil>

Cuenca

<https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca>

Agencia de regulación y control hidrocarburiífero

Oficio Nro. ARCH-DE-2015-0625-of Autorización de permiso para importar combustible Gasoil con fines académicos

Baendia, L., Colas, P. y Hernández, F. (2001): *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Madrid: McGraw-Hill.

El Diesel plantea una opción

<http://www.elcomercio.com/deportes/diesel-combustible-gasolina-autos-vehiculos.html>

Colombia sigue usando gasolina de mala calidad

<http://www.elespectador.com/noticias/nacional/colombia-sigue-usando-gasolina-de-mala-calidad-articulo-542520>

Bolivia - Características Diesel Oil

http://www.anh.gob.bo/InsideFiles/Inicio/Banner/Banner_Id-13-140604-08-2.pdf

Estudio comparativo del uso del diesel entre Europa y Ecuador

M, Ortiz. (2014)

Anuario AEADE 2014

Asociación de empresas automotrices del Ecuador, Pág., 39

<http://www.aeade.net/>

Anuario ANDEMOS

Asociación Colombiana de vehículos automotores

<http://www.andemos.org/>

Asociación Automotriz del Perú - AAP

<http://aap.org.pe/>

Los vehículos más vendidos durante el 2014

https://www.eldia.com.bo/index.php?cat=357&pla=3&id_articulo=161323

Determinación de Torque y Potencia de un motor

<http://revistas.ucc.edu.co/index.php/ni/artic/1413>

CCICEV, Centro de Capacitación e Investigación en Control de Emisiones, Ladrón de Guevara y Toledo (Campus Rubén Orellana),

Quito-Ecuador

Formulación e Instrumentación de un protocolo de pruebas

<http://www.lvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep62/formula/formula.html>

CCICEV, Centro de Capacitación e Investigación en Control de Emisiones, Ladrón de Guevara y Toledo (Campus Rubén Orellana),

Quito-Ecuador

Trabajo de Investigación "Estudio del comportamiento de las variables en un motor de inyección electrónica respecto a la altura sobre el nivel del mar"

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8478/3/CD-3325.pdf>