



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3481>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Comparative - deductive study of the characteristics of competition fuel and its influence on performance and emissions based on the NTE INEN 935 standard

Estudo comparativo - dedutivo das características do combustível de competição e sua influência no desempenho e nas emissões com base na norma NTE INEN 935

Carlos Alejandro Salazar Quelal ^I

casalazarqu@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-0360-1958>

Juan Carlos Terán Rubio ^{II}

jrubio@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5815-0154>

Correspondencia: casalazarqu@uide.edu.ec

***Recibido:** 04 de junio de 2023 ***Aceptado:** 12 de junio de 2023 * **Publicado:** 30 de julio de 2023

- I. Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Uide; Quito, Ecuador.
- II. MBA, Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Uide; Quito, Ecuador.

Resumen

En este artículo se investiga y se compara las características de las diferentes gasolinas de competición que existen en el medio ecuatoriano y su influencia en el rendimiento y las emisiones de un Motor de Combustión Interna (MCI), basándose en la normativa NTE INEN 935. Se utilizan cuatro diferentes gasolinas de competición: Sunoco (GT 260 Plus), Racing Fuel, y dos gasolinas oxigenadas experimentales realizadas por los autores, para realizar una comparativa de sus características físico-químicas y su influencia en el rendimiento y las emisiones. En cuanto al comportamiento en la prueba de potencia, la gasolina Racing Fuel proporciona 84 Hp. Respecto al torque, la gasolina Sunoco 260 GT Plus aporta 10.4 Kg.m. En las pruebas químicas, la gasolina experimental oxigenada TBA + Et (OH) + MMT ostenta el mayor octanaje con 111 octanos en términos de rendimiento en carretera y 96.6 octanos en el laboratorio. Se puede decir que las gasolinas de competición estudiadas presentan diferencias significativas en sus características, las cuales pueden tener un impacto considerable en el rendimiento y las emisiones de los MCIs. Por lo tanto, la elección de la gasolina de competición adecuada puede ser un factor determinante para el desempeño en las carreras automovilísticas, así como para el cumplimiento de las normativas de emisiones. Aún queda mucho por investigar en este campo, y los hallazgos presentados en este artículo podrían ser el punto de partida para futuras investigaciones.

Palabras Claves: Gasolina competición; Octanaje; Poder calorífico; Emisiones; INEN 935.

Abstract

This article investigates and compares the characteristics of the different competition gasolines that exist in the Ecuadorian environment and their influence on the performance and emissions of an Internal Combustion Engine (MCI), based on the NTE INEN 935 standard. four different competition gasolines are used: Sunoco (GT 260 Plus), Racing Fuel, and two experimental oxygenated gasolines carried out by the authors, to make a comparison of their physical-chemical characteristics and their influence on performance and emissions. Regarding the behavior in the power test, Racing Fuel gasoline provides 84 Hp. Regarding torque, the Sunoco 260 GT Plus gasoline provides 10.4 Kg.m. In chemical tests, the experimental oxygenated gasoline TBA + Et (OH) + MMT shows the highest octane number with 111 octane in terms of performance on the road and 96.6 octane in the laboratory. It can be said that the competition gasolines studied present significant differences in their characteristics, which can have a considerable impact on the performance and emissions of MCIs.

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Therefore, choosing the right racing gasoline can be a determining factor for performance in motor racing, as well as compliance with emissions regulations. There is still much to be investigated in this field, and the findings presented in this article could be the starting point for future research.

Keywords: Competition gasoline; Octane rating; calorific power; emissions; INEN 935.

Resumo

Este artigo investiga e compara as características das diferentes gasolinas de competição existentes no ambiente equatoriano e sua influência no desempenho e nas emissões de um Motor de Combustão Interna (MCI), com base na norma NTE INEN 935. São utilizadas quatro gasolinas de competição diferentes: Sunoco (GT 260 Plus), Racing Fuel e duas gasolinas oxigenadas experimentais realizadas pelos autores, para fazer uma comparação de suas características físico-químicas e sua influência no desempenho e nas emissões. Em relação ao comportamento no teste de potência, a gasolina Racing Fuel fornece 84 cv. Em relação ao torque, o Sunoco 260 GT Plus a gasolina fornece 10,4 Kg.m. Em testes químicos, a gasolina oxigenada experimental TBA + Et (OH) + MMT apresenta a maior octanagem com 111 octanas em termos de desempenho na estrada e 96,6 octanas em laboratório. Pode-se dizer que as gasolinas de competição estudadas apresentam diferenças significativas nas suas características, o que pode ter um impacto considerável no desempenho e nas emissões dos MCIs. Portanto, escolher a gasolina de corrida certa pode ser um fator determinante para o desempenho no automobilismo, bem como o cumprimento das normas de emissões. Ainda há muito a ser investigado nesse campo, e os achados apresentados neste artigo podem ser o ponto de partida para pesquisas futuras.

Palavras-chave: Gasolina de competição; Classificação de octanas; poder calorífico; emissões; INEN 935.

Introducción

En Ecuador la producción de gasolina ha sido siempre un problema importante, por aquello en diciembre de 2018, el gobierno de Lenin Moreno liberó los precios de la gasolina super. Y en 2020, en colaboración con el Fondo Monetario Internacional (FMI), se propuso eliminar el sistema de precios fijos de la gasolina extra y eco-pais, y el diésel, en su lugar se utilizaría un nuevo método de bandas de fluctuación del 5%. (BBC News Mundo, 2019)

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

En Ecuador en el año 2020 se produjeron 60,4 millones de barriles de derivados de petróleo, pero esto no es suficiente para cubrir la demanda interna del país, que fue de 74,3 millones de barriles en el mismo año. (Sanchez, 2021)

En el Ecuador existen tres gasolinas (Super, Extra y Ecopais). En el 2021 el consumo de super de 92 octanos fue de 8.575.625 galones. Y extra de 85 octanos fue de 41.210.000 galones aproximadamente. El parque automotor ecuatoriano ha ido creciendo aceleradamente en los últimos años. De acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en el periodo 2012-2021, el parque automotor se incrementó en 977.695 vehículos, hasta alcanzar la cifra de 2.535.853, un crecimiento promedio anual de 5,6%. (Dirección de Estadísticas Económicas, 2022).

Al mismo ritmo aumentaron las emisiones contaminantes. Según un estudio realizado por el Ministerio del Ambiente en el 2018, el sector del transporte es responsable del 56% de las emisiones contaminantes como: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos y partículas en suspensión.

La gasolina comercial está compuesta por propiedades que son afectadas por diferentes factores, como el origen del petróleo, los procesos de refinación y la incorporación de aditivos, los cuales buscan mejorar el rendimiento y reducir las emisiones de los vehículos que utilizan este combustible. Además, las características ideales de la gasolina también afectan significativamente la eficiencia de un motor de gasolina, tales como el octanaje, la presión de vapor Reid, la destilación, la densidad, el poder calorífico, el contenido de gomas y el nivel de corrosión.

La combustión mejorada lograda mediante el uso de aditivos oxigenados (alcoholes y éteres terciarios) en lugar de compuestos aromáticos ha llevado a un creciente interés en el Metil terc-butil éter (MTBE) y el Etanol que son los compuestos oxigenados más empleados para aumentar el octanaje de la gasolina (Cataluña et al., 2005).

El octanaje es 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 mezclado con aire, antes de llegar a auto detonarse al alcanzar la temperatura de autoignición” (Bosch Automotive, 2005).

La auto detonación es un proceso de combustión no deseado que puede ocurrir en un motor y que depende del diseño del mismo y las características del combustible utilizado. Una forma de prevenir este fenómeno es mediante el uso de combustibles con un alto índice de octano, que son comúnmente

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

conocidos como combustibles de competición. Estos combustibles permiten un mejor rendimiento del motor y una mayor eficiencia en la combustión.

Se revela que el Ecuador importó gasolina de 95 octanos con la finalidad de mezclar con el combustible que se destila o se procesa obteniendo una gasolina extra de 81 a 87 octanos, súper de 90 a 92 octanos. El gobierno actual tiene como objetivo implementar programas para mejorar la calidad del combustible en las refinerías del país, con el fin de cumplir con las normativas de calidad EURO 5 (EP Petroecuador, 2022).

Con estos antecedentes el principal objetivo de esta investigación es comparar las características de las diferentes gasolinas de competición que existen en el medio y su influencia en el rendimiento – emisiones de un motor de gasolina de 4 cilindros (ciclo Otto). También enfocándonos en explicar la influencia de las pruebas de laboratorio tales como el octanaje, la destilación, la densidad, el poder calorífico, basados en la normativa NTE INEN 935.

Metodología

En la metodología se establecen los enfoques de investigación, esto es, cuantitativo, cualitativo o mixto. En este estudio se compararán las características físico - químicas de dos gasolinas de competición que se encuentran en el medio local, incluyendo dos gasolinas oxigenadas fabricadas por el autor. Estas gasolinas serán comparadas mediante análisis químicos basados en las normativas NTE INEN 935 Y ASTM en el Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación (DPEC) de la Universidad Central del Ecuador. También se utilizará el analizador portátil Oktis - 2 analizadores de combustible medidor de octanaje que mide resistencia eléctrica en la gasolina y esta calibrado para leer muestras de alcoholes.

También se compararán la eficiencia de estos combustibles mediante una prueba de torque y potencia realizado mediante un dinamómetro en iguales condiciones en la ciudad de Quito a 2800 metros sobre el nivel del mar, con una presión atmosférica de 1024 milibar y una humedad relativa promedio de 81%. Por último, también se realizará un estudio de emisiones mediante el equipo (NGA 6000) Es un analizador de gases diseñado para los estrictos requerimientos en emisiones en la ciudad de Quito.

Materiales

Gasolinas de competición

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Actualmente en el Ecuador existen diversas marcas de gasolina de competición, en este estudio nos centraremos en las mejores opciones del mercado e introduciremos dos gasolinas oxigenadas experimentales realizadas por el autor.

Sunoco 260 GT Plus

Es un combustible de carrera sin plomo altamente oxigenado y de alto octanaje. Solo para uso fuera de carretera y carreras. Su ficha técnica es:

Tabla 1: Ficha técnica Gasolina Sunoco 260 GT Plus.

Detalles técnicos Sunoco GT 260 Plus	
Color	Agua Verde
Octane (R+M)/2	104
MON	110
RON	98
Densidad API	761
T10	148
T50	212
T90	233
Mezcla Aire-Combustible	13,7
O2 (Volumen %)	4,7
Etanol (Volumen %)	13
Poder calorífico	17400

Fuente: Sunoco, 2022

Racing Fuel (Autos carreras).

Es un combustible de carreras de fabricación nacional, que entre las características proporcionados por el fabricante:

Oxigenado.

Elimina el “Knocking” en el motor.

Mejor combustión.

Mas aceleración.

Gasolinas oxigenadas experimentales.

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Son combustibles oxigenados experimentales de fabricación nacional, elaborados por el autor. Estos constan de mezclas oxigenadas y aditivos que permiten ramificar los hidrocarburos de cadena recta que tenemos en la gasolina base para convertirlos en hidrocarburos ramificados.

Estos combustibles se desarrollaron basados en una investigación bibliográfica sobre la influencia de los alcoholes y otros compuestos en las características químicas de la gasolina. Están basados en una serie de estudios químicos ya realizados anteriormente. Para esto se utilizó mezclas en diferentes porcentajes de volumen (V%), mediante ensayos experimentales tenemos como resultado dos gasolinas:

Gasolina Oxigenada TBA +Et (OH)+ MMT: Esta gasolina cuenta con una mezcla, la base es de gasolina comercial super y para oxigenar la mezcla utilizamos etanol Et (OH) como alcohol, que recordemos que tiene un octanaje de 130 octanos. (Liondell Basell, 2020)

Además, utilizamos otro alcohol que mejora el octanaje de manera exponencial como lo es el TBA o El terbutanol (también llamado 2-metil-2-propanol).

Y por último añadimos MMT Metilciclopentadienil Tricarbonil Manganeso es un aditivo para la gasolina que ayuda a subir el índice de octano. La ganancia de número de octano de 18 mg Mn/L de concentración límite de MMT en gasolina es equivalente a la de 10% de MTBE en gasolina. (Liondell Basell, 2020)

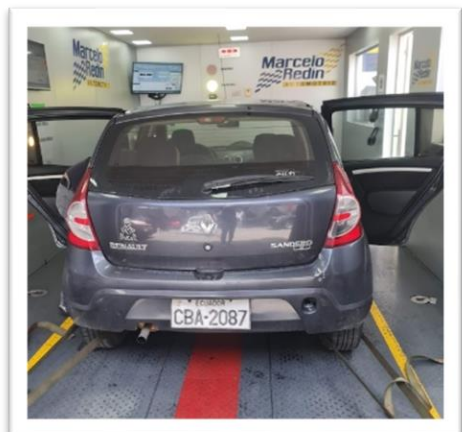
Gasolina Oxigenada + Me (OH): Esta gasolina cuenta con una mezcla, la base es de gasolina comercial super y como alcohol para oxigenar la mezcla utilizamos Metanol Me (OH). El metanol también se utilizó debido a su alto índice de octano que es de 114 octanos aproximadamente en condiciones ambientales normales.

Vehículo

El vehículo seleccionado para la prueba de torque y potencia fue un Renault Sandero Dynamique 1.6 del año 2011 que se muestra en la figura 1.

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Figura 1: Vehículo de prueba



El Renault Sandero Dynamique 1.6 del año 2011, tiene un motor gasolina de 1598 cc con 4 cilindros ubicados en línea que alcanza una potencia máxima de 85 HP a 5500 rpm y par máximo de 128 nm a 3000 rpm. Como se especifica en los datos técnicos del automóvil tabla 2.

Tabla 2: Ficha técnica Renault Sandero Dynamique 2011.

Motor de Combustión (Renault Sandero)	
Combustible	Gasolina
Situación	Delantero transversal
Potencia máxima	85 HP
Revoluciones potencia máxima	5500 rpm
Par máximo	128 Nm
Revoluciones par máximo	3000 rpm
Número de cilindros	4
Disposición de los cilindros	En línea
Material del bloque	Hierro
Diámetro	79.5 mm
Carrera	80.5 mm
Cilindrada	1598 cm ³
Relación de compresión	9.5 a 1
Válvulas por cilindro	2

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Tipo de distribución	Un árbol de levas en la culata
----------------------	--------------------------------

Fuente: (Motor Giga, 2023).

Normativa

En este estudio se realizarán una serie de pruebas físicas – químicas, es por eso que es primordial tener en cuenta una base referencial para poder realizarlas, con estos antecedentes nos basamos en las normativas NTE INEN 935 y ASTM.

Tabla 3:Requisitos gasolina Norma INEN 935

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	93	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	190	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor - líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	62	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,03	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	35	ASTM D1319

Fuente: (Ecuador Patente n° 75.080, 2016).

Las pruebas se realizaron en la ciudad de Quito en el Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación (DPEC) de la Universidad Central del Ecuador, dicho laboratorio está acreditado por la SAE (N° SAE-LEN 06-010). Las pruebas consistieron en:

Poder Calórico Bruto: Norma ASTM D-240: Método de prueba estándar para el calor de combustión de hidrocarburos líquidos mediante calorímetro de bomba.

Octanaje: Norma NTE INEN 2102:98: Determinación de las características antidetonantes. Método Research (RON). Para la determinación de las características antidetonantes método Motor Octane (MON) se utilizará la normativa ASTM D-2700.

Destilación ASTM: Norma ASTM D-86: Método de ensayo estándar para destilación de productos de petróleo a presión atmosférica (Destilación de fracciones de crudo de petróleo)

Densidad API: Norma ASTM D-287: Método de prueba estándar para la determinación de la gravedad API de petróleo crudo y sus derivados (Método del Hidrómetro).

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Con estos antecedentes abarcamos la influencia de los combustibles mencionados en el rendimiento y emisiones, para esto tenemos dos tipos de pruebas:

Medir desempeño (Dinamómetro): Norma NTE INEN 961: Determinación de la potencia bruta de un motor.

Medir Emisiones contaminantes (Analizador de gases NGA 6000)

El tipo de prueba realizado en esta investigación son pruebas estáticas, para determinar las emisiones contaminantes con la variable de combustibles. Dichas pruebas cumplen con la norma NTE INEN 2204, especificada para pruebas estáticas. El método de ensayo de la prueba en ralentí, 2500rpm se destaca en la sección 4 de la norma NTE INEN 2204 para pruebas estáticas, el cual explica los parámetros a seguir en el método de ensayo. El método de ensayo de la prueba para la aceleración repentina será la de tipo TSI (Two Speed Idle) para aceleraciones repentinas.

Los resultados de gases se evaluarán con los requisitos establecidos por la norma NTE INEN 2204 sección 4 que se detallan en la tabla 4.

Tabla 4: Límites máximos de emisiones permitidos INEN 2204.

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200

* Volumen
**Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

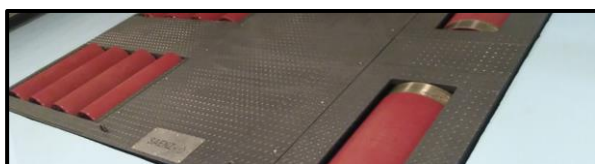
Fuente: (Ecuador Patente n° 13.040.50, 2017).

Equipos

Los equipos que utilizaremos en las pruebas de desempeño y emisiones contaminantes son:

Dinamómetro Sáenz BPV1800: Es un dinamómetro de rodillos que permite la lectura del rendimiento del motor expresado en las curvas de potencia y torque (Saenz, 2016).

Figura 2: Dinamómetro Saenz



Fuente: <https://www.lagrantiendadelmecanico.com/nga6000/> (Saenz, 2016).

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Analizador de gases NGA-6000: Es un analizador de gases moderno diseñado para los estrictos requerimientos en emisiones. Puede medir 4 gases (CO; HC; CO₂ y O₂) y además muestra la relación aire/combustible. Este equipo cumple con las normas NTE INEN 2349 para equipos de medición.

Figura 3: Analizador de gases.



Fuente: <https://www.saenzdynos.com.ar/bco-rodillos-in-comp.php?lang=es> (La tienda del mecánico, 2018).

Resultados

Para realizar las pruebas experimentales de torque y potencia se tomó en cuenta las condiciones geográficas y atmosféricas en la ciudad de Quito a 2800 metros sobre el nivel del mar, con una presión atmosférica de 1024 milibares y una humedad relativa promedio de 81%. Para lograr una comparativa en condiciones equitativas para cada combustible se utilizó el mismo vehículo de prueba (Renault Sandero 2011) equipado con un mecanismo auxiliar de bombeo de combustible elaborado por el autor, cumpliendo con las especificaciones del fabricante. Dicho mecanismo es necesario para tener un tanque exento de impurezas y restos de combustibles, que se muestra en la figura 4.

Figura 4: Mecanismo Tanque – Bomba auxiliar.

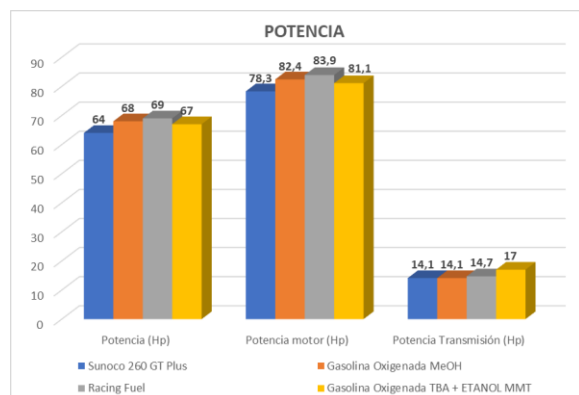


Fuente: <https://www.saenzdynos.com.ar/bco-rodillos-in-comp.php?lang=es> (La tienda del mecánico, 2018).

Análisis de potencia

Resultados Potencia.

Figura 5: Resultados potencia.



Fuente: Elaboración propia

Para la prueba de potencia se utilizó el dinamómetro de rodillos Sáenz modelo BPV1800, que nos permite ver las curvas de potencia del motor y transmisión, con lo cual mediante el cambio de combustibles en el sistema de bombeo auxiliar nos permitió visualizar los siguientes resultados de las diferentes gasolinas de competición, que se comparan en la figura 5.

Mediante los datos obtenidos por el dinamómetro de rodillos Sáenz BPV1800, se detalla que tenemos cuatro tipos de combustible de diferente octanaje que se utilizaron en el vehículo de prueba, en las

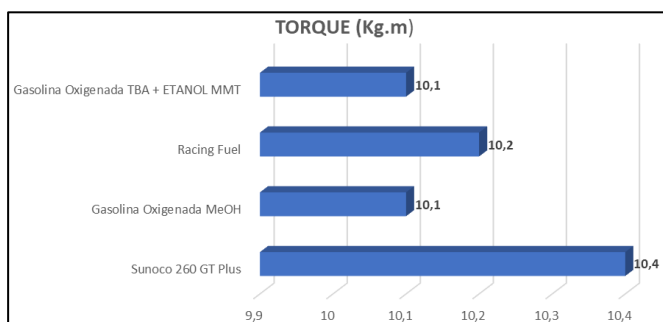
Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

curvas se puede evidenciar que tenemos un mejor rendimiento en potencia con el uso de la gasolina Racing Fuel que provee de 84 caballos de fuerza al motor, seguido de la gasolina oxigenada Me(OH) con 82.4 caballos de fuerza a 5400 Rpm, antepenúltimo tenemos a la Gasolina oxigenada TBA +Et (OH) + MMT con 81.1 caballos de fuerza a 5400 Rpm, por último tenemos a la gasolina Sunoco GT plus con 78.3 caballos de fuerza. Esta prueba evidencia que las gasolinas oxigenadas tales como son Racing Fuel y las gasolinas oxigenadas tienen un mejor rendimiento debido a su capacidad antidetonante, lo que les permite una mejor combustión en el interior del cilindro. Sin embargo, esta capacidad tiene que venir acompañada de una preparación de motor para alcanzar su máximo rendimiento, por lo cual podemos evidenciar que estos resultados no son absolutos ya que no solo depende de la calidad del combustible sino también de la configuración del motor para la misma. También observamos algo muy importante que conforme vamos subiendo las revoluciones del motor vamos consiguiendo un mejor rendimiento de la gasolina TBA + Et (OH) + MMT, esto debido a su octanaje mayor a las anteriores mencionados, lo que nos permite evidenciar que necesitamos una configuración diferente para tener mejores resultados en potencia.

Resultados Torque.

En la figura 6 visualizamos los resultados de torque en los que evidenciamos un cambio, ya que el rendimiento máximo se logra con la gasolina Sunoco GT Plus con 10.4 Kg.m de torque a 3000 Rpm, seguido por la gasolina Racing Fuel con 10.2 Kg.m a 4200 rpm, y por último las dos gasolinas oxigenadas con 10.1 Kg.m a diferentes revoluciones, esto se debe a que en el caso de la gasolina sunoco 260 GT Plus tenemos un poder calorífico más alto que se muestra en la tabla 1 con respecto las gasolinas oxigenadas que al tener alcoholes que ramifican los hidrocarburos, tienen un menor poder calorífico que la gasolina antes mencionada.

Figura 6 :Resultados Torque.



Fuente: Elaboración propia

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Análisis Emisiones

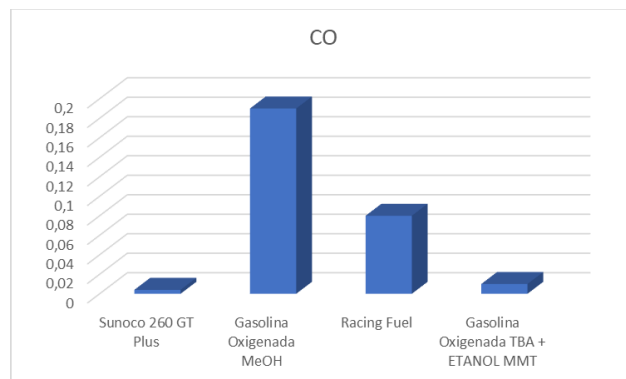
En esta investigación, utilizamos el ciclo de prueba de motor en marcha mínima, según lo descrito en la normativa INEN NTE 2204 sección 4, el proceso a realizar está de acuerdo al procedimiento TSI (Two Speed Idle) OM 136. Que es el proceso avalado por la ordenanza municipal 136 del concejo metropolitano de Quito.

Para dicho análisis se utilizó el analizador de gases NGA-6000 que cumple con las normas NTE INEN 2349 para equipos de medición, para este estudio utilizaremos los valores de aceleración a 2500 Rpm como datos estables a estudiar.

Monóxido de carbono (CO)

La formación de monóxido de carbono se da cuando la combustión es incompleta, esto nos da un indicio de falta de oxígeno en la mezcla durante la combustión, como se observa en la figura 7, tenemos que la concentración más baja es de la gasolina Sunoco 260 GT Plus con 0.04%, seguido de la mezcla Gasolina TBA + Et (OH) + MMT con 0.01%, penúltima Racing Fuel con 0.08% y por último la gasolina oxigenada Me (OH) con 0.19% que denota la mezcla más rica de aire-combustible, produciendo más emisiones contaminantes al medio ambiente. Sin embargo, cumplen con la normativa INEN 2204

Figura 7: Resultados monóxido de carbono.

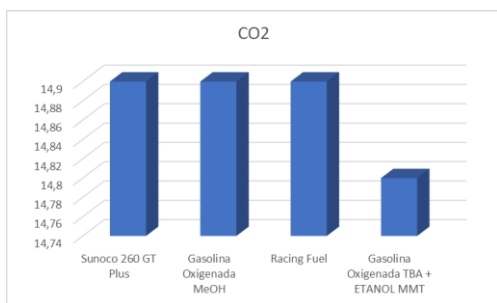


Fuente: Elaboración propia

Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas de riesgo para el ambiente moderado, este se considera como la energía de combustión. En este caso podemos ver en la figura 8 que la mayoría tienen el mismo valor de 14.9% y en el caso de la gasolina oxigenada TBA+ Et (OH) + MMT tiene una reducción de 14.8%

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

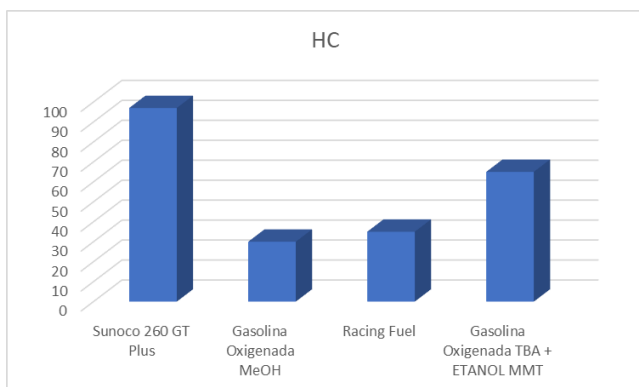


Fuente: Elaboración propia

Hidrocarburos (HC)

La formación de hidrocarburos se da por una combustión incompleta, este proceso se da por el apagado del trabajo térmico (llama) cerca de la cámara de combustión y produciendo depósitos en el interior del motor. Como observamos en la figura 9 el resultado más alto lo tenemos con la gasolina Sunoco 260 GT Plus con 97ppm, esto se da porque los aditivos que posee producen una gran cantidad de depósitos en relación a las gasolinas de estudio. El segundo lugar es para la gasolina oxigenada con TBA+ Et (OH) + MMT con 65ppm, penúltimo Racing Fuel con 35ppm y por último Gasolina oxigenada Me (OH) con 30ppm. Sin embargo, todas las gasolinas en cada instancia cumplen con la normativa ecuatoriana INEN 2204, que cita que estos valores en vehículos del año 2000 en adelante de cilindrada 1500cc en adelante pueden emitir hasta 200ppm.

Figura 9: Resultados Hidrocarburos



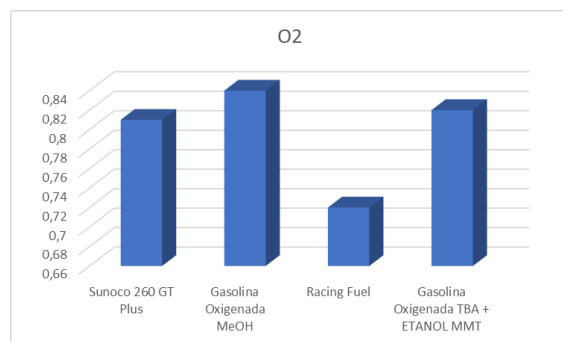
Fuente: Elaboración propia

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Oxígeno (O₂)

Este gas representa la cantidad de oxígeno que sobra en la mezcla, y es un gas que no tiene ninguna amenaza al medio ambiente. Tomemos en cuenta que el valor máximo está en porcentaje y es de 2%. Como observamos en la fig 10 tenemos que el valor más alto es de la gasolina oxigenada Me (OH) esto debido a su alta cantidad de ramificaciones en los hidrocarburos por presencia de metanol, seguido de la gasolina oxigenada TBA+ Et (OH) + MMT por su cantidad de Etanol en la mezcla. Penúltimo tenemos a la gasolina Sunuco 260 GT Plus con 0.81% y por último a la gasolina Racing Fuel con 0.72% dando a notar un mejor aprovechamiento del oxígeno en la combustión.

Figura 10: Resultados Oxígeno.



Fuente: Elaboración propia

Análisis físico – químico

Las pruebas se realizaron en la ciudad de Quito en el Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación (DPEC) de la Universidad Central del Ecuador, con las siguientes condiciones ambientales presión 542.2 a 543.2 mmHg y Temperatura 17.2 a 19.6 °C, con los siguientes resultados:

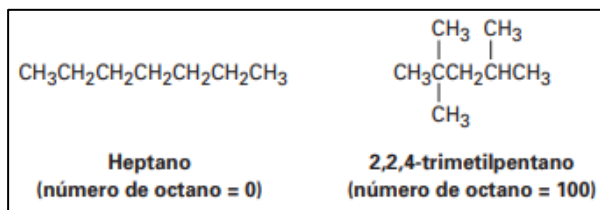
Octanaje

El Octanaje es la capacidad del carburante para resistir a la detonación en el interior del cilindro durante la explosión. Es por eso que, a mayor número de octanaje la explosión aumenta su eficiencia. Esto hace que se evite el “Knocking” en motores de alta compresión. (Jimenez, 2018)

Se ha reconocido por mucho tiempo que los hidrocarburos de cadena recta son mucho más propensos a inducir el cascabeleo que los compuestos altamente ramificados. Al heptano, un combustible especialmente malo, se le asigna un número de 0 octano como valor base y al 2,2,4-trimetilpentano, conocido comúnmente como isooctano, tiene un valor de 100 (Mc Murry, 2008).

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Figura 11: Hidrocarburos ramificados.



Fuente: <https://fcen.uncuyo.edu.ar/catedras/john-mcmurry-quimica-organica-2008-cengage-learning.pdf> (Mc Murry, 2008).

Se observa que en caso de estudio del octanaje RON (Research Octane Number) tenemos dos tipos de medición de octanajes tales como:

-Medición de octanaje RON basados en normativas ASTM en el laboratorio Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación (DPEC) de la Universidad Central del Ecuador, con las siguientes condiciones ambientales presión 542.2 a 543.2 mmHg y Temperatura 17.2 a 19.6 °C.

-Medición a temperatura ambiente de 21 °C y presión atmosférica de 541.2 mmHg, mediante el medidor portátil de índice de octano Oktis-2 que tiene un rango de 70 a 110 octanos.

Basados en esto tenemos en la tabla 5 que resume la comparativa de octanajes de las cuatro gasolinas. La más efectiva en rotaciones baja, es la gasolina oxigenada TBA + Et (OH) + MMT con 96.6 octanos en prueba RON de laboratorio, seguidos de la gasolina Sunoco 260 GT Plus con 95.3 octanos como penúltimo se posiciona Racing Fuel con 90.3 octanos y por último la gasolina oxigenada Me (OH) con 87.6 Octanos.

En la medición de octanaje con el medidor portátil Oktis – 2 tenemos que en el caso de la gasolina Oxigenada TBA + Et (OH) + MMT y Racing Fuel superan la medida como se puede observar en la figura 12. Por lo cual se define que supera el rango de medida máxima del equipo y se les asigna el valor más próximo para evitar margen de error un octanaje de 111 octanos.

Figura 12: Resultados Oktis 2.



Fuente: Elaboración propia

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

La gasolina oxigenada Me (OH) dio un resultado de 110 octanos y por último la gasolina de competición Sunoco 260 GT Plus con 99 octanos.

A posteriori se llegó a la conclusión de que se necesita un promedio de las dos mediciones debido a la diferencia de condiciones ambientales. Esto nos da como resultado 103.8 Octanos para la Gasolina oxigenada TBA + Et (OH) + MMT seguido de Racing Fuel con 101.15 octanos, penúltimo a la gasolina oxigenada Me (OH) con 98.8 octanos, y por último Sunoco GT Plus con 97.15 Octanos.

Tabla 4: Octanajes.

Tipo Octanaje	Sunoco 260 GT Plus	Gasolina O. Me (OH)	Racing Fuel	Gasolina O. TBA + Et (OH)+MMT
Octanaje RON (Lab)	95,3	87,6	90,3	96,6
Octanaje RON (Oktis 2)	99	110	111	111
Octanaje Promedio	97,15	98,8	100,65	103,8

Fuente: Elaboración propia

Poder calorífico

Mediante el ensayo de laboratorio realizado cumpliendo la norma ASTM D240-17 mediante una bomba de líquidos de hidrocarburos obtuvimos los siguientes resultados:

En la tabla 6 se puede visualizar el poder calorífico de cada uno de los combustibles, tenemos que el mayor poder calorífico tiene la gasolina Sunoco 260 GT Plus con 44890 MJ/Kg lo que denota una superioridad de casi 1200MJ/Kg sobre la gasolina Racing Fuel con 43491Mj/Kg, penúltima esta la Oxigenada TBA + Et (OH) + MMT con 43312MJ/Kg esto debido a la cantidad de alcoholes que tenemos en la mezcla a de esta gasolina. Y por último tenemos a la gasolina oxigenada Me (OH) con 41318MJ/Kg.

Tabla 5: Poder calorífico de las gasolinas

Poder calorífico (MJ/Kg)	
Sunoco 260 GT Plus	44890
Gasolina Oxigenada Me(OH)	41318
Racing Fuel	43491

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Gasolina Oxigenada TBA + Et (OH) +MMT	43312
---------------------------------------	-------

Fuente: Elaboración propia

Recordemos que el poder calorífico es igual de importante que todas las variables debido a que es la cantidad de calor que puede generar el combustible al entrar en proceso de oxidación, en el caso de los motores en la fase de combustión (proceso isocoro).

Sin embargo, esta falta de poder calorífico se lo puede solucionar con una mayor dosificación de combustible aumentado la lambda de la mezcla.

Densidad API

La densidad nos permite regular la cantidad de combustible inyectada en la cámara de combustión, evitando un exceso de variaciones en la relación aire/combustible. Además, la densidad nos ayuda a definir la calidad de la gasolina. Cuando su valor es bajo contiene hidrocarburos de bajo peso molecular contiene hidrocarburos de bajo peso molecular que representan moléculas de cuatro a siete átomos de carbono. (Palencia y otros, 2014)

Mediante el ensayo de laboratorio realizado cumpliendo la norma ASTM D287 llevado a cabo por un hidrómetro tenemos los siguientes resultados reflejados en la tabla 7, en grados API.

La gasolina de mayor densidad es la gasolina Sunoco 260 GT Plus con 65.2 °API, seguida de la gasolina oxigenada TBA + Et (OH) + MMT con 58.3 °API, penúltima esta Racing Fuel con 57.3 °API y por último la gasolina oxigenada Me (OH) con 56.2 °API.

Tabla 6: Densidad API.

Densidad API	
Sunoco 260 GT Plus	65,2
Gasolina Oxigenada Me(OH)	56,2
Racing Fuel	57,8
Gasolina Oxigenada TBA + Et (OH) + MMT	58,3

Destilación ASTM

Mediante el ensayo de laboratorio realizado cumpliendo la norma ASTM D-86 para destilación tenemos los siguientes resultados reflejados en la figura 13, en términos de temperatura, contra porcentaje de evaporación.

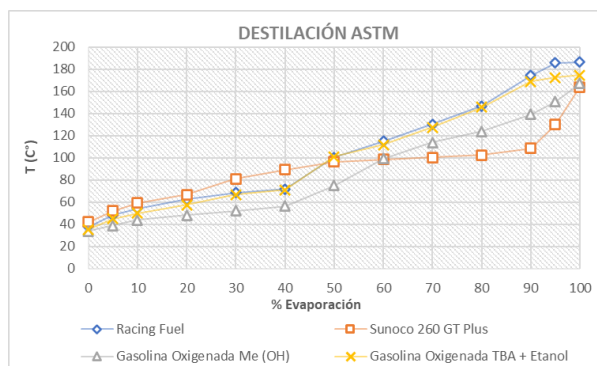
Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Las curvas de destilación son representadas en tres puntos básicos T10, T50 Y T90, que representan el porcentaje de vaporización, en este caso en el eje x. Dichas temperaturas caracterizan la volatilidad de las gasolinas en tres puntos específicos igual que lo especifica en la norma que rige los requisitos de las gasolinas INEN NTE 935. (Moreno & Picon, 2015)

La falta de volatilidad en la gasolina provoca dificultades de arranque en frío. Esto se debe a que la mezcla de gasolina y aire no se encuentra en forma gaseosa adecuada, lo que afecta el encendido del motor. Estos problemas pueden generar depósitos en la cámara de combustión y en la bujía. (Soheil y otros, 2012)

Si la gasolina es demasiado volátil, puede vaporizar en el propio tanque de almacenamiento o en las conducciones a los inyectores. Si la cantidad de vapor formada es muy elevada el régimen de inyección no es adecuado y no se suministra la cantidad necesaria de combustible con lo que el motor se ahoga, es el fenómeno del “vapor lock” (Universidad de Cantabria, 2017).

Figura 13: Comparativa destilación gasolinas.



Fuente: Elaboración propia

Como podemos visualizar en la figura 13 tenemos que:

-T10: En el caso de T10 tenemos la primera etapa de destilación (10%), en la que se visualiza el arranque en frío de las gasolinas. Todas las gasolinas cumplen con un buen arranque en frío, cumpliendo como cita la normativa NTE INEN 935 que se observa en la tabla 3, el máximo valor de temperatura para el 10% de evaporación es hasta 70°C. La gasolina de mejor arranque en frío es la gasolina Sunoco 260 GT Plus con 59.4 °C. Esto visualiza una buena mezcla de hidrocarburos C4-C6.

-T50: En el caso de T50 tenemos la segunda etapa de destilación (50%), en la que se visualiza las pérdidas por evaporación y el fenómeno “vapor lock” de las gasolinas. En este caso la gasolina

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

oxigenada Me (OH) cumple con los estándares mínimos para gasolinas internacionales. Sin embargo, no cumple con la normativa NTE INEN 935 que cita para T50 un mínimo de 77°C de temperatura y máximo de 121 °C. Las otras tres gasolinas si cumplen con la normativa. En este análisis las otras tres gasolinas tienen un comportamiento similar llegando entre los 96.3 °C a 101.1 °C. Esto visualiza una buena mezcla de hidrocarburos C7-C9.

-T90: En el caso del T90 tenemos la tercera etapa de destilación (90%), en la que se visualiza la conducción en caliente y la dilución en aceite lubricante de las gasolinas. Todas las gasolinas cumplen con una buena conducción en caliente cumpliendo como cita la normativa NTE INEN 935 de máximo valor de temperatura 220 °C para 90% de evaporación. La gasolina de mejor comportamiento en esta etapa es la gasolina oxigenada TBA + Et (OH) + MMT llegando más cerca a la temperatura de 175 °C la cual es ideal en esta etapa, lo que garantiza la combustión completa de hidrocarburos y evita la formación de depósitos en la cámara de combustión y bujías.

Discusión

Nuestros hallazgos sugieren que las gasolinas de competición tienen muchas variables para tomar en cuenta al momento de analizar cada uno de los combustibles, observamos que el octanaje más alto es de 96.6 octanos obtenido por la gasolina oxigenada TBA + Et (OH) + MMT, de fabricación experimental avalado por Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación (DPEC) de la Universidad Central del Ecuador. Sin embargo, este fue diferente al encontrado con el equipo Oktis-2 de procedencia rusa dando un resultado de 111 octanos.

El poder calorífico de la gasolina importada Sunoco 260 GT Plus fue el mayor con 44890MJ/Kg superior a su competidor Racing Fuel con un pequeño margen del 3.11%. También podemos ver que la gasolina Sunoco 260 GT Plus tiene una superioridad en cuanto a Densidad API con 65.2 °API que habla de su calidad en Hidrocarburos, seguida de gasolina oxigenada TBA + Et (OH) + MMT.

En pruebas de destilación podemos ver que la gasolina oxigenada Me (OH) es la única que no cumple con la normativa NTE INEN 935.

Las creencias populares en torno a los combustibles hablan solo de octanaje como punto principal para el “performance” es por eso que siempre se busca una gasolina de mayor resistencia a la detonación. Sin embargo, no es eso lo que pasa en la realidad porque para sacar la mayor cantidad de potencia y torque en un auto debemos direccionarnos a un conjunto de variables como la relación de compresión, dosificación de combustible, sobrealimentación, mezcla aire- combustible, entre otros.

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

Todos los conjuntos antes mencionados deben ir de acuerdo al tipo de combustible a utilizarse. Es decir, si tenemos un auto de calle (Sin Modificaciones) y decidimos suministrarle una gasolina de alto octanaje, su potencia no aumentará, sino pasara todo lo contrario ya que las gasolinas de competición en su mayoría manejan alcoholes que les permiten aumentar su octanaje, pero a su vez bajan su poder calorífico que se traduce en menor rendimiento como pudimos ver en el dinamómetro con la gasolina Racing Fuel que dio el mejor resultado de potencia con 84 Hp a 5600 Rpm, esto sucedió porque el vehículo de prueba es un auto estándar que recibe gasolinas de diferente octanaje y la gasolina Racing Fuel tiene una mayor evaporación lo que permite que se procese en la cámara de combustión en forma gaseosa con mayor facilidad. Sin embargo, gasolinas con mayor octanaje como la gasolina oxigenada TBA + Et (OH) + MMT y la gasolina Sunoco 260 GT Plus obtuvieron menores resultados en torno a potencia esto debido a que la configuración del auto no nos permite sacar el mayor provecho a estas gasolinas, que según el estudio de laboratorio realizado deben permitir alcanzar mayores potencias debido a su capacidad antidetonante.

Los estudios de emisiones son un indicativo de eficiencia de combustión en la mayoría de casos. Sin embargo, como antes ya lo habíamos expuesto al no poseer la capacidad de cambiar la configuración del vehículo para obtener el punto óptimo de calibración para cada gasolina no puede ser un indicativo de rendimiento. No obstante, tenemos la certeza de que los alcoholes reducen las emisiones debido que sin necesidad de que el vehículo este configurado para una gasolina con alcoholes los resultados mantienen un denominador común que es la reducción de las emisiones contaminantes (CO, CO₂, HC), cumpliendo con la normativa NTE INEN 2204.

Conclusiones

En síntesis, de acuerdo con los resultados obtenidos, el octanaje es un valor fundamental a la hora de escoger una gasolina de competición, para así evitar el golpeteo excesivo del motor llegando así a mayores valores de potencia y torque. Sin embargo, no es el único parámetro a la hora de escoger un combustible de competición debido a que este debe estar de acuerdo con la configuración de nuestro vehículo.

Se evidenció que la medición de octanaje fue diferente con cada procedimiento realizado, el mejor resultado fue obtenido por la gasolina experimental oxigenada TBA + Et (OH) + MMT con 111 octanos en el medidor portátil Oktis – 2 de procedencia Rusa y en el Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación (DPEC) de la Universidad Central del Ecuador en diferentes condiciones

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

ambientales dando resultado de 96.6 octanos. También basados en los resultados podemos decir que la gasolina Sunoco 260 GT Plus no cumple con los datos proporcionados por su ficha técnica.

También basados en la prueba de poder calorífico cumpliendo con la normativa ASTM D240-17 los mejores resultados obtuvo la gasolina Sunoco 260 GT Plus con 44890MJ/Kg superando a las gasolinas Racing Fuel y TBA + Et (OH) + MMT con un 3.2%. Esto se debe a que sus hidrocarburos son de mejor calidad (más ramificados) y se lo puede evidenciar debido a su alta densidad de 65.2. °API.

Basados en la normativa INEN NTE 935 (Requisitos de la gasolina) podemos evidenciar que en el análisis sobre destilación ASTM solo una gasolina no cumple con la normativa. Dicha gasolina es la gasolina oxigenada Me (OH) debido a que su temperatura no cumple con los mínimos estándares para el 50% de evaporación (T50).

En el estudio de potencia realizado en el dinamómetro Saenz BPV1800 el vehículo Renault Sandero Dynamique 1.6 del año 2011 mostro el punto más alto de caballaje (Hp) con la gasolina Racing Fuel dando el resultado de 84 HP a 5600rpm, El torque más alto alcanzado fue con la gasolina Sunoco 260 GT Plus con 10.4 Kg.m a 3000rpm, estos resultados son circunstanciales debido a que el vehículo no cuenta con la configuración variable para buscar el punto óptimo de las gasolinas aprovechando su octanaje, como en el caso de la gasolina oxigenada TBA + Et (OH) +MMT que dio los resultados positivos en las pruebas de laboratorio.

Se demostró que en el estudio de emisiones contaminantes realizados por prueba estática cumpliendo con la normativa NTE INEN 2204 donde se utilizó el analizador de gases NGA-6000 tuvimos como resultado en todos los combustibles una disminución en emisiones contaminantes (CO, CO₂ y HC) esto debido a que están oxigenados con alcoholes que permiten una menor temperatura de combustión y mayor número de octano, así cumpliendo todas las gasolinas de competición con la normativa ecuatoriana.

Referencias

- BBC News Mundo. (6 de Octubre de 2019). Aumento de la gasolina en Ecuador: cuánto se paga por el combustible en América Latina y qué tanto cambió para los ecuatorianos. Retrieved 11 de Abril de 2023, from <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49940539>
- Bosch Automotive. (2005). Manual del Automóvil. Düsseldorf: Reverte.
- Cataluña, R., Silva, R., Piatnicki, C., & Samios, D. (2005). Effect of additives on the antiknock properties and Reid vapor pressure of gasoline. *Research Gate*, 1(1), 10.
- Dirección de Estadísticas Económicas. (Septiembre de 2022). Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Retrieved 11 de Abril de 2023, from https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/ESTRA_2021/2021_BOLETIN_ESTRA.pdf
- EP Petroecuador. (2022). EP Petroecuador comercializará en el mercado interno dos nuevas gasolinas de mejor calidad: Eco Plus de 89 octanos y Súper Premium de 95 octanos. Conferencia de Petroecuador. Quito.
- Jimenez, E. (2018). Estudio de mezclas de diferentes alcoholes con la gasolina base producida en la refinería de Iago Agrio por la empresa Petroamazonas EP, para mejorar sus propiedades y potencializar su uso como combustible. *Ingeniería química espe*, 1(4), 119.
- La tienda del mecánico. (2018). La tienda del mecánico. Retrieved 24 de Abril de 2023, from <https://www.lagrantiendadelmecanico.com/nga6000/>
- Liondell Basell. (2 de Febrero de 2020). MTBE y ETBE en Combustibles Avanzados. Retrieved 6 de Junio de 2023, from <https://www.lyondellbasell.com/48f322/globalassets/documents/chemicals-technical-literature/Cleaner-Fuels-for-Latin-America-with-MTBE-and-ETBE-Spanish>
- Mc Murry, J. (2008). En *Química Orgánica* (pág. 1347). Mexico D.F: Cengage.
- Moreno, J., & Picon, B. (20 de Enero de 2015). Universidad de Cantabria. Retrieved 16 de Junio de 2023, from <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2429/course/section/2454/Tema%206%20DERIVADOS%20DEL%20PETROLEO.pdf>
- Motor Giga. (30 de Mayo de 2023). Motor Giga. Retrieved 1 de Junio de 2023, from <https://motorgiga.com/dacia/sandero/sandero-stepway-16-90-cv2/2009/precio-ficha-tecnica>
-

Estudio comparativo - deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935

- Normalización, I. E. (1 de Febrero de 2016). Ecuador Patente nº 75.080.
- Normalización, I. E. (25 de Enero de 2017). Ecuador Patente nº 13.040.50.
- Palencia, F., Diaz, B., & Gomez, F. (2014). Influencia de los aditivos oxigenados sobre las propiedades de las gasolinas. Universidad de Oviedo, 1(1), 7.
- Saenz. (5 de Marzo de 2016). Saenzdynos. Retrieved 25 de Abril de 2023, from <https://www.saenzdynos.com.ar/bco-rodillos-in-comp.php?lang=es>
- Sanchez, R. (2021). Un análisis de la variación del consumo de los combustibles frente a fluctuaciones en sus precios, periodo 2019 – 2021. Repositorio Universidad Católica del Ecuador, 1(1), 36.
- Soheil, B., Morteza, S., & Fathollah, O. (2012). Effect of Oxygenates Blending with Gasoline to Improve Fuel Properties. CHINESE JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, 25(4), 6.
- Sunoco. (5 de Febrero de 2022). Sunoco Race Fuels. Retrieved 25 de Abril de 2023, from <https://www.sunocoracefuels.com/fuels/fuel/260-gt-plus>
- Universidad de Cantabria. (15 de Enero de 2017). Unicam. Retrieved 24 de Abril de 2023, from <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2429/course/section/2454/Tema%206%20DERIVADO%20DEL%20PETROLEO.pdf>