

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR DE GASOLINA CHEVROLET LUV 2200 UTILIZANDO BIOETANOL A PARTIR DEL RESIDUO DE PAPA CON LA MEZCLA E10

Andrés Lomas
aalomasp@utn.edu.ec
Universidad Técnica del Norte

Resumen

En el presente trabajo de grado se analizó el comportamiento del motor a gasolina Chevrolet Luv 2200, utilizando la mezcla E10 a partir de la biomasa residual de la papa, el cual es una alternativa al uso de gasolina convencional comúnmente utilizado. Cabe destacar que su uso contribuye con la reducción de emisiones de gases nocivos para el medio ambiente y para los seres vivos. En esta investigación se realizó la caracterización de la mezcla E10 y se estudió el funcionamiento del motor durante la combustión con los dos combustibles tratados. Las pruebas se las realizó en el dinamómetro de rodillos para obtener los datos de: torque, potencia, emisiones de gases (ciclos ASM 5015) y consumo de combustible (ciclo IM240). Para dar inicio a los ensayos se realizó la preparación de la mezcla E10 la cual consta de 90% de gasolina súper y 10% del alcohol etílico en estudio, esta mezcla fue aplicada al vehículo para luego simular sobre el dinamómetro un recorrido específico de acuerdo a cada tipo de prueba. Con la mezcla E10 se obtuvo como resultado en el caso del torque un incremento del 1,8 % al igual que la potencia con un 4,3 %. En las pruebas de emisiones de gases contaminantes en el ciclo ASM (5015) dieron como resultado un valor de: CO 7,3 %, HC un 58,333 % y NOx 14 %.

Dichos valores demuestran una diferencia en cuanto a la reducción de emisiones de gases con la mezcla E10. Además existe un incremento en el consumo de combustible al utilizarse la mezcla E10, con un valor de 3,41 %. Por esta razón se evidencia que al mezclar 10% de alcohol etílico a la gasolina de 92 octanos, desde el punto de vista ambiental es favorable por la reducción de las emisiones contaminantes, del mismo modo existe un mejor desempeño mecánico del motor, sin embargo hay un mayor rendimiento de 1,15 km/gal de combustible con la gasolina de 92 octanos.

Índice de términos

Mezcla E10, estudio del comportamiento del motor a gasolina, contaminación ambiental.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente con los problemas medio ambientales y en la búsqueda de una alternativa al uso de los combustibles derivados del petróleo, se estudia nuevas fuentes de energía alternativa para mitigar la emisión de gases contaminantes y promover la utilización de combustibles renovables. El etanol es un componente viable para la reformulación de combustible, de esta forma se logra cumplir con regulaciones ambientales que cada día son más exigentes.

La presente investigación busca una alternativa al problema referente a la dependencia del petróleo y sus derivados, la información presentada en este documento está respaldada con fuentes bibliográficas. Los datos obtenidos corresponden al funcionamiento del motor ciclo Otto, eficiencia energética, desempeño mecánico, emisiones contaminantes, entre otras pruebas realizadas al motor durante su funcionamiento con la utilización de la mezcla E10 como combustible.

En el desarrollo de las pruebas se conocen los parámetros de funcionamiento del motor con la mezcla E10 y la gasolina súper de 92 octanos, especificando los procedimientos, materiales o equipos utilizados. Cada prueba se divide en las siguientes etapas como: preparación de la mezcla y su caracterización, pruebas dinámicas de torque, potencia, emisiones de gases y consumo entre estos dos combustibles. Consecuentemente se analizan los datos obtenidos durante el estudio y se realiza la respectiva comparación.

Se ejecutó un análisis de los resultados adquiridos durante las pruebas del desempeño mecánico del motor, la emisión de gases en el ciclo 5015 y el consumo de combustible en el ciclo IM240. Estos valores permitirán determinar cuáles son las ventajas y desventajas del uso del Etanol en la mezcla E10, tanto mecánicas, rendimiento del combustible en el motor ciclo Otto y ambientales.

II. Métodos y Materiales

2.1 Método

En la presente investigación se utilizó la mezcla E10 (10% de alcohol etílico y 90% de gasolina de 92 octanos), del cual se caracterizó las propiedades físico-químicas como son;

octanaje, ensayo de destilación, presión de vapor reíd, corrosión a la lámina de cobre, contenido de azufre, contenido de gomas. De igual manera con la ayuda del dinamómetro de chasis se realizaron las pruebas de; torque, potencia, emisiones y consumo.

En cuanto a las pruebas de emisiones, existen diferentes normativas para ser medidos, en esta investigación se optó por utilizar la normativa chilena, debido al uso del ciclo ASM 5015. La metodología utilizada para la misma comprende en la medición de la carga al motor mediante un dinamómetro de chasis, aplicando una resistencia a la rodadura del vehículo con lo cual se obtendrá la medición de los gases CO, HC y NOx.

2.1 Caracterización de la mezcla E10.

La caracterización de la mezcla (E10) se realizó en el laboratorio de petróleos de la Escuela Politécnica Nacional (EPN).

2.2 Preparación de la mezcla.

En la obtención de la mezcla se midió 900 ml de gasolina de 92 octanos y 100 ml de etanol etílico para depositarlo en un recipiente hermético, a continuación se agitó el recipiente permitiendo una mezcla homogénea.



Figura 2. 1 Preparación de la mezcla E10

2.3 Ensayo de la mezcla E10.

Tabla 2. 1 Resultados de la mezcla E10

Ensayo	Norma – Método	Unidad	Resultados	
Numero de Octanos (Ron)	NTE INEN 2102	-----	96.4	
Ensayo de Destilación	Temperatura al 10%	°C	55	
	Temperatura al 50%	ASTM D86-15	°C	101
	Temperatura al 90%		°C	171
	Punto final		°C	211
	Residuo		%	1.0
Presión de vapor reíd.	ASTM D323-15*	KPa	48.3	
Corrosión a la lámina de cobre.	ASTM D130-12	-----	1 A	
Contenido de azufre.	ASTM D4294-16	%	0.030	
Contenido de gomas.	ASTM D318-12	mg/100 mL	0.2	

2.4 Pruebas dinámicas

2.4.1 Procedimiento para las pruebas de torque y potencia.

Para efectuar las pruebas de torque y potencia se realiza con la norma SAE J1349 que proporciona un método para obtener mediciones repetibles del rendimiento del motor. De igual manera para la realización de las pruebas primero se lo ubica al vehículo en el dinamómetro de chasis que esta calibrado con la norma SAE J1349, será el encargado de realizar una carga al motor mediante los rodillos para que exista una resistencia a la rodadura y a los elementos de transmisión, del mismo modo se mide 5 litros de gasolina súper y 5 litros de la mezcla E10, para posteriormente desconectar las mangueras de entrada y retorno de combustible y se conecta el tanque de presión en el sistema de alimentación del automotor. Para la realización de las pruebas se aplicaron tres repeticiones donde se obtiene información para su procesamiento y desarrollo

de las gráficas. Los equipos utilizados son:

- Dinamómetro de chasis.
- Fajas de sujeción.
- Ventilador.
- Cajas de interfaz.

2.4.2 Procedimiento para las pruebas de emisiones

En las pruebas de emisiones dinámicas permite evaluar los gases contaminantes del automotor bajo las condiciones del 50% de carga a 24 km/h o 15 mph (ciclo ASM 5015). De tal manera que se procedió a medir 5 litros de la mezcla E10 y la misma medida a la gasolina de 92 octanos, para posteriormente depositar en tanque de presión de combustible para la realización de pruebas en el ciclo, también se conecta el analizador de gases en el tubo de escape del automotor mediante la sonda y los datos a obtener son: CO, CO₂, HC, O₂ y los NO_x. La consola de mando procesa las mediciones de la emisión de los gases.



Figura 2. 2 Medición de las emisiones en el ciclo ASM

2.4.3 Pruebas de consumo

Con el fin de conocer el consumo entre estos dos combustibles se procede con la medición de 5 litros de gasolina de 92 octanos y la mezcla E10 por separado en el vaso Erlenmeyer, la

muestra fue suministrada al tanque de presión para proseguir con la prueba en los 2 ciclos IM240. Tras la realización de la prueba se procedió a depositar el sobrante de la prueba en el vaso Erlenmeyer.



Figura 2. 3 Comprobación del consumo de combustible

Con la ayuda de una probeta con 1000 ml se completó los 5 litros iniciales, siendo así el agregado de probeta el correspondiente al consumo durante el ciclo IM240.



Figura 2. 4 Resultante del consumo de combustible

III RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Resultados de la Caracterización en la mezcla (E10)

Se procede a la comparación de los resultados del análisis físico-químico de la mezcla E10, con la normativa INEN-935 para la gasolina de 92 octanos.

3.1.1 Octanaje

En la tabla 3.1 se observa que la mezcla E10 tiene una mayor capacidad antidetonante que la gasolina, se puede observar que es de 96.4 octanos con respecto a la gasolina súper que es de 92 octanos. Así mismo se evidencia mejoras en la potencia y combustión del motor.

Tabla 3. 1 Comparación de datos de octanaje

<i>Gasolina súper (Normativa INEN-935)</i>		<i>Mezcla E10</i>
<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	
92	-	96.4

3.1.2 Destilación

En la tabla 3.2 se observa las características físico-químicas referentes a la destilación con la mezcla E10 a razón de la gasolina súper de 92 octanos establecidos por la normativa INEN-935 en el cual se detalla a continuación:

La temperatura de destilación en la mezcla E10 al 10% es de 55°C a razón de la gasolina de 92 octanos es 70°C, se encuentra dentro del rango de la normativa y de esta manera se confirma la facilidad de encendido del motor a bajas temperaturas.

La temperatura destilación en la mezcla E10 al 50% es de 101°C, a razón de la temperatura de la gasolina súper de 92 octanos tiene un mínimo de 77°C y un máximo de 121°C por lo referente se encuentra dentro del rango de la normativa y

se comprueba la capacidad de alcanzar temperaturas de funcionamiento del motor.

La temperatura de destilación en la mezcla E10 al 90% es de 171°C a razón de la temperatura de la gasolina súper que es de 190°C como máximo se encuentra dentro de los valores de la normativa y se evidencia que el combustible se adapta a la temperatura de trabajo del motor.

Tabla 3. 2 Comparación de datos del ensayo de destilación

Ensayo de destilación	Gasolina súper (Normativa INEN-935)		Mezcla E10
	Mínimo	Máximo	
Temperatura al 10 %	-	70	55
Temperatura al 50 %	77	121	101
Temperatura al 90 %	-	190	171

3.1.3 Presión de vapor reíd

En la tabla 3.3 la presión del vapor reíd es de 60KPa según la normativa a razón de la mezcla E10 que es de 48.3KPa, de esta forma se encuentra dentro de los valores establecidos por la norma, por consiguiente no existirá pérdidas de funcionamiento .

Tabla 3. 3 Comparación de datos de presión de vapor reíd

Gasolina súper (Normativa INEN-935)		Mezcla E10
Mínimo	Máximo	
-	60	48.3

3.1.4 Corrosión a la lámina de cobre

En la tabla 3.4 el ensayo realizado a la corrosión de la lámina de cobre se puede observar que la mezcla E10 tiene una corrosión 1A y se encuentra dentro de la clasificación 1 como indica la normativa INEN-935.

(Torres, Molina , Pinto, & Rueda, 2002) Afirma que la mezclas formulada con 10% de volumen de etanol reportan una corrosión en la

lámina de cobre 1A, es decir la mezcla no presentara efecto corrosivo sobre las líneas de transporte y tanque de almacenamiento.

Tabla 3. 4 Comparación de datos a la corrosión a la lámina de cobre

Gasolina súper (Normativa INEN-935)		Mezcla E10
Mínimo	Máximo	
-	1	1ª

3.1.5 Contenido de azufre

En la tabla 3.5 los datos obtenidos de la cantidad de azufre en la mezcla E10 son del 0.030% a razón de la gasolina súper que es de 0.065%, se evidencia que hay una reducción del 53%, entre los dos carburantes, de esta manera se comprueba que los efectos corrosivos se reducen sobre las partes metálicas y emisiones hacia el medio ambiente.

Tabla 3. 5 Comparación de datos al contenido de azufre

Gasolina súper (Normativa INEN-935)		Mezcla E10
Mínimo	Máximo	
-	0.065	0.030

3.1.6 Contenido de gomas

En la tabla 3.6 los resultados obtenidos en la cantidad de gomas en la mezcla E10 son de 0.2 mg/ml a razón de la gasolina súper que es de 4.0 mg/ml como máximo, se evidencia que existe una reducción del 3.8 mg/ml, entre los dos combustibles reflejando que habrá menos presencia de residuos y sedimentos de combustible en el sistema de alimentación después de su evaporación.

Tabla 3. 6 Comparación de datos al contenido de gomas

Gasolina súper (Normativa INEN-935)		Mezcla E10
Mínimo	Máximo	
-	4	0.2

3.2 Pruebas dinámicas

3.2.1 Resultados de torque y potencia

A fin de proceder con el análisis de las curvas características de torque y potencia obtenidas en el dinamómetro de chasis con la mezcla E10 y la gasolina súper de 92 octanos, se desarrolla el análisis comparativo entre los dos combustibles.

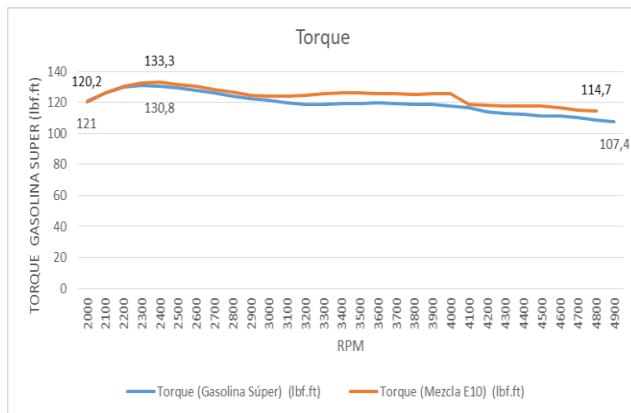


Figura 3. 1 Curvas de torque con la gasolina súper y la mezcla E10

Los resultados en la fig. 3.1 permiten observar que a partir de los 2000 rpm hasta 2200 rpm, no existe una variación significativa del torque en los dos combustibles. Por el contrario a 2300 rpm hasta 4800 rpm se aprecia un incremento en la mezcla E10 del 1.8% frente a la gasolina súper de 92 octanos.

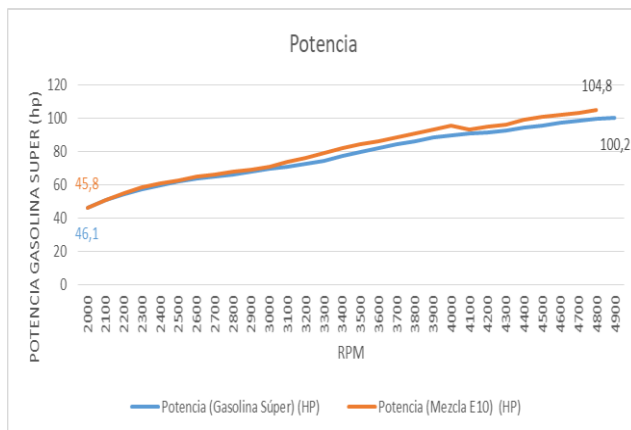


Figura 3. 2 Curvas de potencia con la gasolina súper y la mezcla E10

En la fig. 3.2 se indica las curvas de potencia generada por la gasolina súper de 92 octanos y la mezcla E10; desde las 2000 rpm hasta 2800 rpm no se aprecia una variación significativa en los dos combustibles. Mientras que desde las 3000 rpm hasta las 4800 rpm presenta un incremento en la mezcla E10 del 4.3 % en la potencia a razón del carburante de 92 octanos.

3.2.2 Resultados de emisiones en el ciclo ASM (5015)

Los promedios obtenidos de varias repeticiones en las pruebas de ciclo simulado ASM con la gasolina súper y la mezcla E10, se puede observar las diferencias en las emisiones de CO₂, O₂, lambda (λ) entre los dos carburantes, así mismo podemos comparar las emisiones de los gases contaminantes: CO, HC, NO_x, con la normativa chilena como se detalla en la tabla 3.7.

Tabla 3. 7 Comparación de las emisiones contaminantes con la normativa chilena

Ciclo ASM 5015			
Emisiones contaminantes	CO (%v)	HC (ppm)	NO _x (ppm)
Gasolina 92 octanos	0,317	65,667	249
Mezcla E10	0,293	27,333	212
Normativa Chilena	0,66	117	907

3.2.2.1 Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas no tóxico a bajos niveles de emisión que resulta del proceso de la combustión del motor, también este gas es un indicativo de la eficiencia de la inflamación de la mezcla del aire combustible.

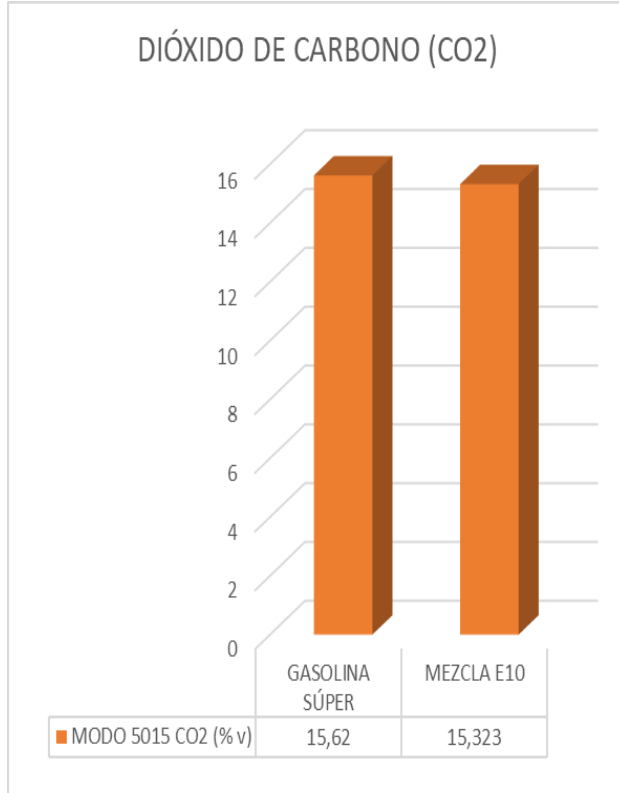


Figura 3. 3 Comparación del CO2 entre la gasolina súper y la mezcla E10

En la figura 3.3 se observa que en el ciclo ASM 5015, el dióxido de carbono existe menor emisión de este gas en la mezcla E10 con 1,9 % a razón de la gasolina súper. Por lo tanto indica que existe una combustión más completa en el motor.

3.2.2.2 Oxígeno (O2)

El oxígeno es un gas importante en el proceso de combustión del motor en una mezcla estequiométrica y el combustible tendría que ser totalmente quemado para que exista una mínima presencia de este gas, en cambio en una combustión incompleta el restante de O2 es emitido por el tubo de escape.

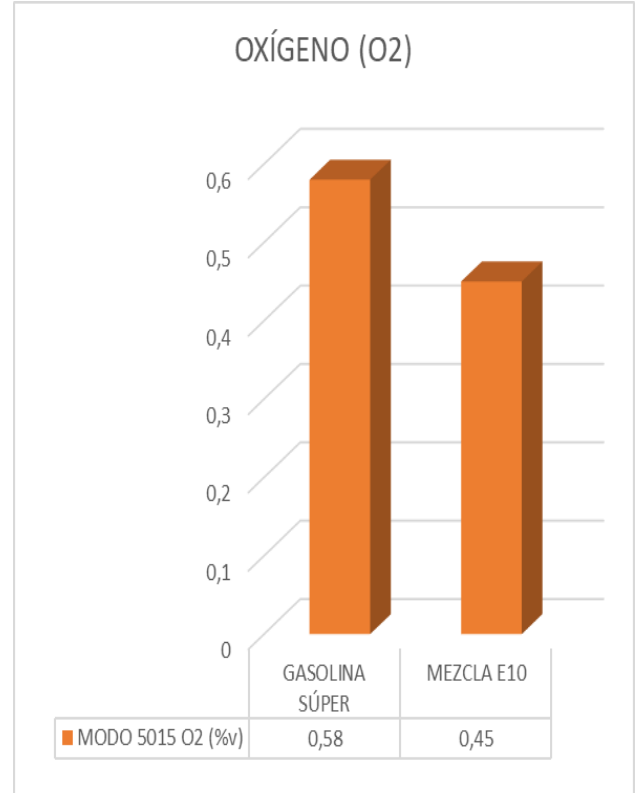


Figura 3. 4 Comparación del O2 entre la gasolina súper y la mezcla E10

Para la emisión del oxígeno en la figura 3.4 en el ciclo ASM 5015 hay una diferencia del 12,72% en comparación de la gasolina súper. Por consiguiente hay una disminución de este gas en la mezcla E10 que permite el mejoramiento de la combustión y a la reducción de emisiones de otros gases.

3.2.2.3 Factor lambda (λ)

La relación lambda hace referencia al peso del aire/combustible que existe en ese momento en el motor, del mismo modo cuando lambda es inferior a 1 significa que en la mezcla existe mayor presencia de combustible y se denomina mezcla rica, en cambio cuando lambda es mayor a 1 indica una mayor presencia de oxígeno y se menciona que es una mezcla pobre.

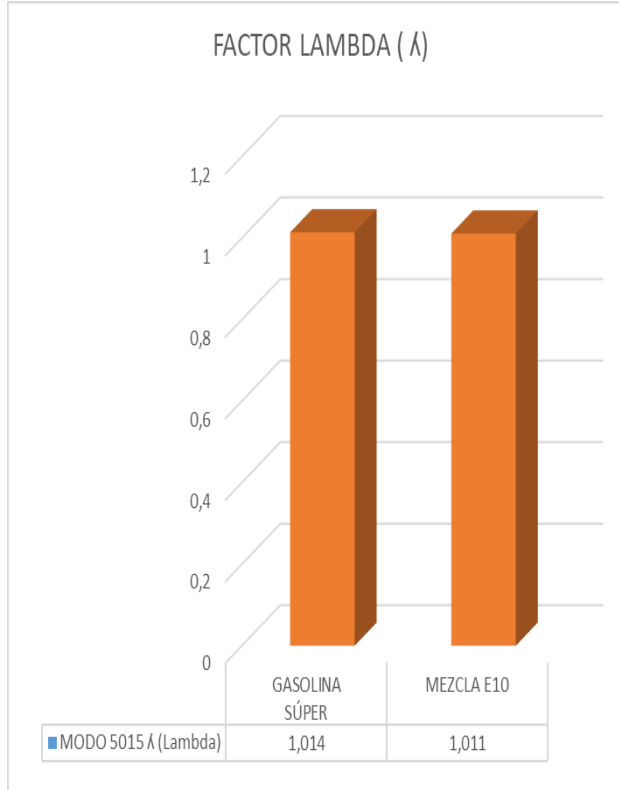


Figura 3. 5 Comparación de (λ) entre la gasolina súper y la mezcla E10

El factor lambda nos indica una combustión completa y podemos observar en la figura 3.5 que en la prueba del ciclo ASM 5015 existe una diferencia menor del 0,0033 con relación a la mezcla E10, donde se puede determinar que el factor lambda del combustible reformulado se acerca a la mezcla ideal estequiométrica que es igual a 1.

3.2.2.4 Monóxido de carbono (CO)

El resultado del monóxido de carbono deriva del proceso de inflamación de la mezcla aire combustible en el motor, este gas se forma por una combustión incompleta que es tóxico e incoloro, en lo cual existe la normativa chilena para los valores emitidos de CO. En las pruebas dinámicas en el modo ASM 5015, se toma en cuenta la cilindrada del vehículo (Chile, 2007, pág. 12).

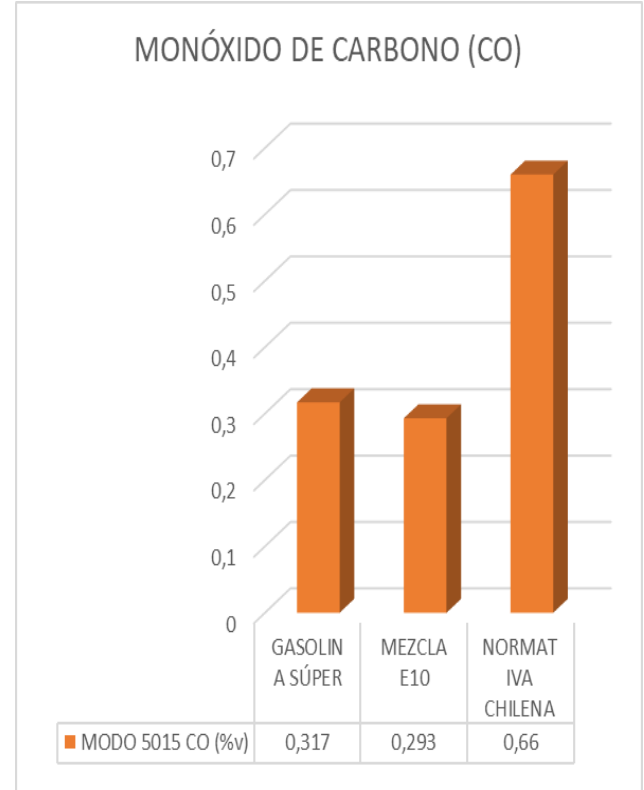


Figura 3. 6 Comparación del CO entre la gasolina súper y la mezcla E10

En la figura 3.6 se observa que el monóxido de carbono para el ciclo ASM 5015 existe una diferencia del 7,3 % menor con respecto a la gasolina súper. El porcentaje de relación con la norma chilena es de 52 % para el carburante de 92 y 55 % con respecto a la mezcla E10. De esa manera se evidencia una mayor presencia de oxígeno en la mezcla E10 indicando que hay una menor presencia de este gas.

3.2.2.5 Hidrocarburos (HC)

Los hidrocarburos son partículas de combustible no quemados por la falta de oxígeno durante el proceso de la combustión, este gas nocivo y cancerígeno para los seres humanos, por lo tanto existe la normativa chilena para los valores emitidos de HC. En las pruebas dinámicas en el modo ASM 5015 se toma en cuenta la cilindrada del vehículo.

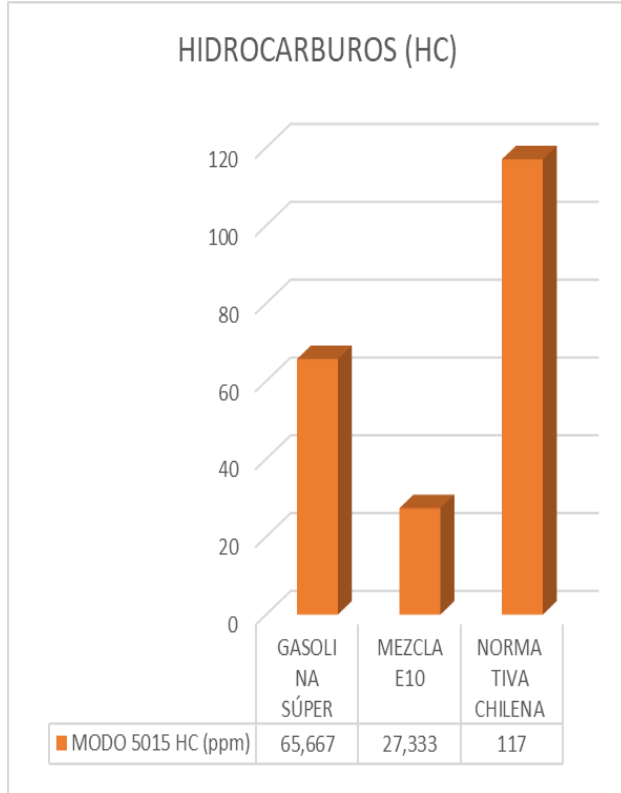


Figura 3. 7 Comparación de HC entre la gasolina súper y la mezcla E10

En la figura 3.7 del ciclo ASM 5015 para los hidrocarburos (HC) se evidencia que la mezcla E10 hay una diferencia del 58.333 % a comparación de la gasolina súper, sin embargo con la norma chilena se evidencia una diferencia del 43,8% para el carburante de 92 octanos y el 76,6% con la mezcla E10. Debido a que existe una mayor presencia de oxígeno ayudando a que la combustión sea más eficiente, reduciendo la presencia de partículas de combustible sin quemar.

3.2.2.6 Óxido de nitrógeno (NOx)

Los óxidos de nitrógeno (NOx) son la combinación del monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). Los NOx se producen al existir una excesiva temperatura en el proceso de la combustión del motor, por esta razón la normativa chilena establece un límite para los valores emitidos de NOx hacia la atmósfera. En las pruebas dinámicas del modo

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz; Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador

ASM 5015 se toma en cuenta la cilindrada del vehículo.

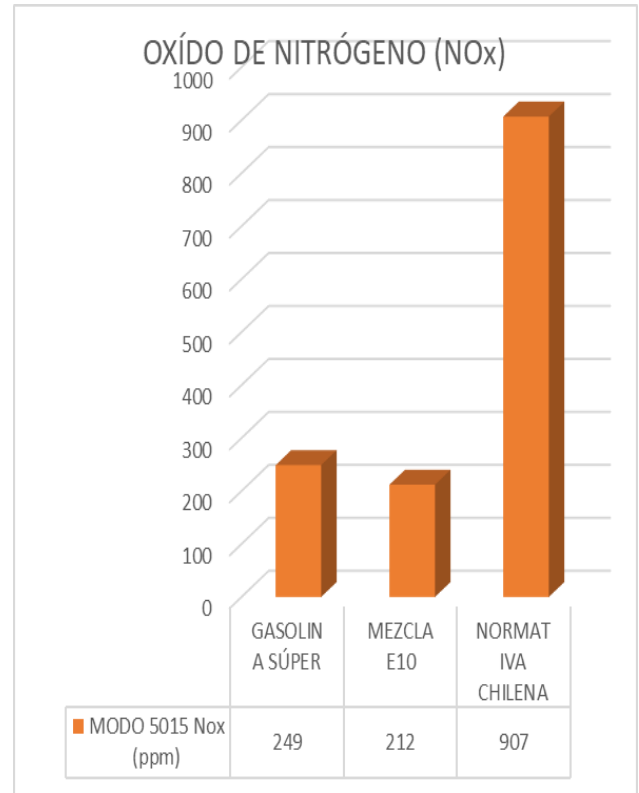


Figura 3. 8 Comparación del NOx entre la gasolina súper y la mezcla E10

En la figura 3.8 para la emisión de los NOx podemos evidenciar que existe una diferencia de menor emisiones con el 14 % en la mezcla E10 frente a la gasolina súper. Mientras que en la normativa chilena se verifica una diferencia del 72,5% para la gasolina de 92 octanos y el 76,6% para la mezcla E10, en lo que respecta a este carburante tiene mejor comportamiento con la temperatura del motor evidenciando una reducción de la emisión de este gas.

3.2.3 Resultados de consumo de combustible en el ciclo IM240

Para la determinación del consumo de combustible se recopila los datos de cada prueba realizada para comparar si existe o no un incremento de consumo entre la gasolina

súper de 92 octanos y la mezcla E10. Por esta razón se presenta los siguientes datos.

En la fig. 3.9 se puede observar que al mezclar el alcohol etílico en un 10% al combustible base, tiene una aumento en el consumo del 3.41% a comparación con la gasolina súper.

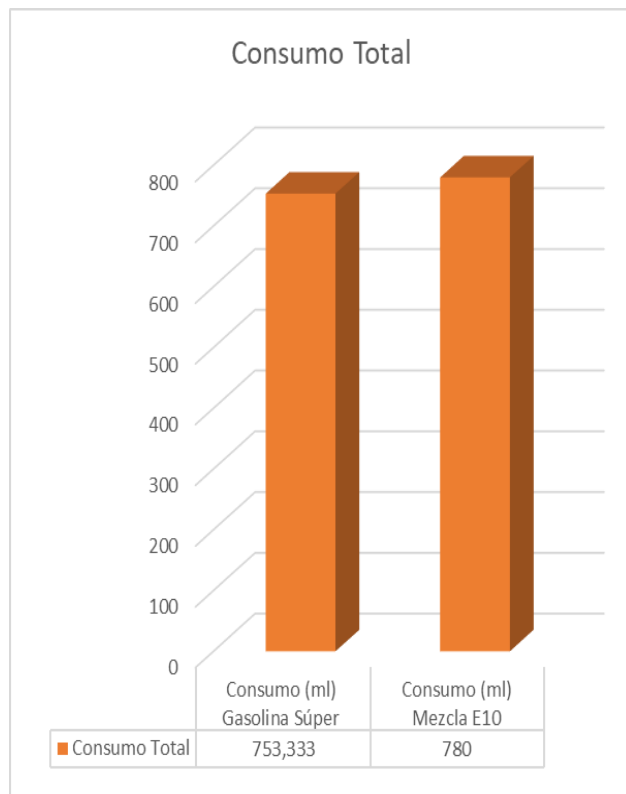


Figura 3. 9 Consumo Total (ml).

En la tabla 3.8 se evidencia el consumo de los 2 combustibles realizados en 2 ciclos IM240, existe una diferencia 26.67 ml de mayor consumo en la mezcla E10.

Tabla 3. 8 Consumo total de combustible

	Consumo (ml)	Distancia (km)
Gasolina Súper	753,33	6.4
Mezcla E10	780	6.4

Como se puede visualizar en la tabla 3.9 se puede determinar que existe un mejor

rendimiento en la gasolina súper de 1.15 km/gal con respecto a la mezcla E10.

Tabla 3. 9 Rendimiento total

Rendimiento Km/gal	
Gasolina Súper	32,26
Mezcla E10	31,11

IV CONCLUSIONES

- La adición del 10% de etanol etílico en la gasolina de 92 octanos permitió un aumento de 4,5% en el octanaje. Además se evidenció una reducción de la cantidad de azufre del 53%. Así mismo en el contenido de gomas presentó una disminución del 95%.
- La mezcla E10 es un aditivo para la gasolina de 92 octanos haciendo que el motor obtenga un aumento de torque y potencia de 1,8 % y 4,3 % respectivamente mejorando su desempeño.
- Por otra parte las emisiones de gases de escape con la mezcla E10 como combustible alternativo mediante la ejecución del ciclo ASM 5015 se observa una reducción de monóxido de carbono (CO) de 7,3 %, hidrocarburos (HC) 58,333 %, óxidos de nitrógeno (NOx) de 14 % y dióxido de carbono (CO₂) del 1,9 %.
- En cuanto al consumo de combustible la mezcla E10 presenta un incremento de 3,41% frente a la gasolina de 92 octanos. En cambio el carburante de 92 octanos presentó un rendimiento de 1, 15 km/gal con respecto a la mezcla E10 durante los 2 ciclos IM 240.

REFERENCIAS**Autor**

1. Calleja, D. G. (2015). Motores temicos y sus sistemas auxillares. Madrid-España: Ediciones Paraninfo, SA.
2. García , A., Cendales , E., & Eslava, A. (2016 de Enero de 2016). Motores de combustion interna (mci operado con mezclas de etanol gasolina : revision. Obtenido de www.scielo.org.co/pdf/cein/v26n1/v26n1a05.pdf
3. Miranda. (13 de julio de 2016). Metodología de pruebas y su aplicación, para el diagnóstico de convertidores catalíticos, mediante ciclo ASM, en vehículos con motores de encendido provocado. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16499>
4. ecalde, M. (02 de Abril de 2015). Análisis de emisiones en vehículos a gasolina utilizando pruebas estacionaria y dinámica mediante ciclo IM-240. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11925>
5. SAE J1349. (2004). Obtenido de [www.mie.uth.gr/ekp.../SAE_ΔYNAMO METPHΣH_MEK.pdf](http://www.mie.uth.gr/ekp.../SAE_ΔYNAMO_METPHΣH_MEK.pdf)

Estudios:**Primaria:**

Instituto Niño Jesús de Praga

Secundaria:

Instituto Tecnológico Superior “Central Técnico”

Superior:

Universidad Técnica del Norte