



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES
CONTAMINANTES (CO Y HC) DE UN MOTOR DIÉSEL UTILIZANDO
COMBUSTIBLE COMERCIAL Y BIODIÉSEL MEDIANTE PRUEBAS ESTÁTICAS.

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: CRISTIAN ALEXIS GUANOQUIZA MENA
CARLOS JULIO SOLIS CHÁVEZ

TUTOR: JUAN PABLO TAMAYO BENAVIDES

Quito - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Cristian Alexis Guanoquiza Mena con documento de identificación N° 0503627945 y Carlos Julio Solis Chávez con documento de identificación N° 1754093811 manifestamos que:

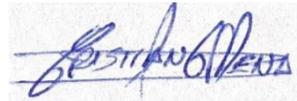
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 13 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Carlos Julio Solis Chávez
1754093811



Cristian Alexis Guanoquiza Mena
0503627945

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Carlos Julio Solis Chávez con documento de identificación No. 1754093811 y Cristian Alexis Guanoquiza Mena de identificación No. 0503627945, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Comparación del consumo de combustible y emisiones contaminantes (CO y HC) de un motor diésel utilizando combustible comercial y biodiésel mediante pruebas estáticas” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 13 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Carlos Julio Solis Chávez
1754093811



Cristian Alexis Guanoquiza Mena
0503627945

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Pablo Tamayo Benavides con documento de identificación N° 1714824156, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES (CO Y HC) DE UN MOTOR DIÉSEL UTILIZANDO COMBUSTIBLE COMERCIAL Y BIODIÉSEL MEDIANTE PRUEBAS ESTÁTICAS**, realizado por Carlos Julio Solis Chávez con documento de identificación No. 1754093811 y Cristian Alexis Guanoquiza Mena de identificación No. 0503627945, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Juan Pablo Tamayo Benavides, MSc.

1714824156

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas fundamentales en este camino hacia la culminación de este artículo.

A todos mis docentes y laboratoristas que he tenido a lo largo de mi formación, que me enseñaron conocimiento académico y valores por ser quienes me apoyaron educativamente y con su amistad a lo largo de este proceso, en especial a mi tutor por ser más que un maestro un amigo en quien confiar.

A mi familia por su amor incondicional y constante apoyo, gracias por estar siempre a mi lado en momentos difíciles y ahora celebrando conmigo este logro.

A mis padres Vinicio y Paulina que son mi modelo a seguir y me enseñaron el valor del esfuerzo y dedicación, que con constancia se puede lograr los objetivos y sobrellevar los momentos difíciles.

A mis hermanos que con pequeñas o grandes acciones me impulsaron a culminar este sueño y darme la fuerza de seguir adelante

A mi novia Amanda por la influencia positiva que tiene en mí, por ser un apoyo sin límites que me impulsa a lograr mis objetivos.

A mis amigos que me brindaron su paciencia y compañía durante las largas jornadas de estudio, y ser las personas que compartí alegrías y tristezas a lo largo de esta jornada.

A cada persona que influyó en mi vida académica y personal este logro no hubiera sido posible sin su apoyo.

Atentamente.

Carlos Julio Solis Chávez.

Dedico el presente proyecto a mis padres que son el pilar fundamental de mi vida que sin su apoyo esta meta no sería posible.

A mi familia que siempre me apoyaron con sus consejos, con su amor y su confianza.

A mis padres Franklin y Jaqueline que siempre estuvieron para mí en las buenas y malas apoyándome, brindándome su amor, aconsejándome y enseñándome valores.

A mi hermano que es muy importante en mi vida compartiendo muchas cosas juntos siendo una motivación para salir adelante y culminar mi carrera.

A mis abuelos que me brindaron su sabiduría y amor

A mi novia Lisbeth que ha estado conmigo durante todos estos años de estudio siendo un apoyo y motivándome a seguir adelante.

A nuestro tutor Ingeniero Juan Pablo Tamayo Benavides como tutor y persona excelente.

A mis docentes y laboratoristas que compartieron con nosotros su conocimiento así ayudándome en mi formación profesional.

A mis amigos que me brindaron su amistad haciendo que estos años fueran mejor en todos los sentidos.

A todas las personas que influyeron en mi para poder seguir adelante

Atentamente.

Cristian Alexis Guanoquiza Mena

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis agradecimientos a todas aquellas personas que me ayudaron a mi formación académica a lo largo de toda mi carrera, brindándome su apoyo orientación y motivación sin su ayuda este logro no hubiera sido posible.

Mis sinceros agradecimientos a mi tutor Juan Pablo Tamayo Benavidez, por su paciencia y enseñanza para lograr realizar este trabajo de manera más sencilla, al igual por ser un guía valioso a lo largo de mi formación, gracias por creer en mí y brindarme la oportunidad de explorar este tema en profundidad.

Un agradecimiento especial dirigido y mis padres Vinicio Solis y a mi madre Paulina Chávez junto a mis hermanos quienes han sido mi principal fuente de apoyo a lo largo de toda mi carrera académica, por brindarme la oportunidad de seguir mis sueños sin importar las dificultades que se presentaron a lo largo de esta, por siempre estar conmigo, este logro también es suyo

Sin dejar de mencionar a mi novia por estar en los momentos difíciles y brindarme su apoyo y comprensión en todo momento que lo necesite por no dar marcha atrás en los momentos difíciles que se atravesaron este es nuestro logro.

Quiero agradecer a mis amigos con los que he compartido momento de alegría tanto como de tristeza, por su apoyo incondicional y las horas de estudio que tuvimos juntos, los llevo en mi corazón y estoy seguro de que nos volveremos a encontrar.

A todos ustedes infinitas gracias por su apoyo fundamental en esta etapa de mi vida.

Con cariño y gratitud.

Carlos Julio Solis Chávez

Agradezco a mis padres que son el motor de mi vida que sin ustedes no sería posible este logro, a lo largo de estos años siempre he contado con su apoyo incondicional para poder completar mi formación profesional, siempre siendo mi ejemplo para seguir. Sin duda este logro es de ustedes.

A mi madre Jaqueline que siempre me guío por el camino del bien, dándome su amor incondicional apoyándome en todas las decisiones que he tomado, todos los esfuerzos que hizo por mi ahora reflejado en la culminación de mi formación profesional.

A mi padre Franklin que me enseñó el valor de las cosas el valor del esfuerzo, apoyándome siempre en todo, gracias por tus consejos y enseñanzas, siempre serás un ejemplo para mi gracias por todo el amor que me has brindado.

A mi hermano Denny que siempre ha estado a mi lado haciendo que mi vida sea mejor ayudándome y apoyándome. Esperando que el también siga adelante y sea un profesional.

A mi novia Lisbeth a lo largo de nuestra vida universitaria que hemos estado juntos compartiendo momentos, siendo un apoyo en mi vida estando en momentos difíciles todos estos años de estudio escuchándome gracias. Y deseándote que también culmines tu formación profesional y sigas adelante.

Un sincero agradecimiento a nuestro tutor Ingeniero Juan Pablo Tamayo Benavides que confió en nosotros y nos brindó su conocimiento para la elaboración de este proyecto ayudándonos en todas las dudas e inconvenientes durante este proceso, un excelente docente y persona.

A mi familia que confió en mí y me apoyo emocionalmente durante estos años

A mis docentes y laboratoristas que nos brindaron su conocimiento.

Agradezco mi mejor amigo Danny que siempre me brindo su amistad desde el colegio compartiendo momentos. Deseándole que siga adelante y culmine su carrera

A mis amigos que compartimos tantos momentos buenos y malos, pero siempre estuvimos unidos.

A todos ustedes gracias por creer en mí y por el apoyo durante todo este tiempo.

Con cariño y gratitud.

Cristian Alexis Guanoquiza Mena

COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES (CO Y HC) DE UN MOTOR DIÉSEL UTILIZANDO COMBUSTIBLE COMERCIAL Y BIODIÉSEL MEDIANTE PRUEBAS ESTÁTICAS.

COMPARISON OF FUEL CONSUMPTION AND POLLUTANT EMISSIONS (CO AND HC) OF A DIESEL ENGINE USING COMMERCIAL FUEL AND BIODIESEL THROUGH STATIC TESTS.

Cristian Guanoquiza¹, Carlos Solis², Juan Pablo Tamayo³

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo comparar el consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes de dos tipos de combustibles para motores de encendido por compresión. El primer combustible es biodiésel elaborado a base de aceite de ricino con un porcentaje de pureza al 100%, metanol al 99.8% de pureza e hidróxido de sodio al 10% de pureza a través de planchas de agitación-calentamiento con temperaturas y rpm óptimas para la elaboración del biodiésel; por otra parte, el segundo combustible es diésel comercial. Se realizaron pruebas de emisiones contaminantes y consumo de combustible en un motor a diésel Hyundai Santa fe (SM) 2006 2.0 TCI-D. Las pruebas de emisiones contaminantes se realizaron con un analizador de gases, que obtuvo datos con diésel comercial y biodiésel y su resultado fue la base para realizar comparativas de emisiones HC y CO. Para las pruebas de consumo de combustible (diésel comercial y biodiésel) se utilizó un Scanner Automotriz que guarde datos para realizar gráficos comparativos de los datos obtenidos. Se obtuvo datos que demuestran que el biodiésel que se elaboró disminuye los gases contaminantes en condición 2500 rpm, pero se tiene mayor consumo de este combustible comparado con el diésel comercial.

Palabras Clave: Motor, Diésel, Biodiésel, Emisiones, RPM.

Abstract

The objective of this study is to compare the fuel consumption and pollutant gas emissions of two types of fuels for compression ignition engines. The first fuel is biodiesel made from 100% castor oil, 99.8% methanol and 10% sodium hydroxide through agitation-heating plates with optimum temperatures and rpm for biodiesel production; on the other hand, the second fuel is commercial diesel. Pollutant emissions and fuel consumption tests were conducted on a 2006 Hyundai Santa fe (SM) 2.0 TCI-D diesel engine. The pollutant emissions tests were performed with a gas analyzer, which obtained data with commercial diesel and biodiesel and its result was the basis for comparisons of HC and CO emissions. The fuel consumption tests (commercial diesel and biodiesel) were carried out using an automotive scanner that stores data to make comparative graphs of the data obtained. The results show that the biodiesel that was produced decreases polluting gases at 2500 rpm. In terms of consumption, the biodiesel at 2500 rpm has higher consumption than commercial diesel.

Keywords: Engine, Diesel, Biodiésel, Emissions, RPM.

¹Laboratorio de Motores de Combustión Interna de Ingeniería Automotriz, Universidad Politécnica de Salesiana – Ecuador. csolisc2@est.ups.edu.ec, cguanoquizam@est.ups.edu.ec, jtamayob@ups.edu.ec

1. Introducción

Los niveles de contaminación atmosférica se han incrementado debido a un aumento de los motores diésel, los elevados precios de los combustibles, emisiones nocivas de los gases de escape y a la inestabilidad de los suministros de combustibles diésel [1].

El diésel es una mezcla de hidrocarburos que en la combustión ideal debe producir sólo CO₂ y vapor de agua. La realidad es que produce una combustión incompleta, donde resultan mezclas de compuestos a altas temperaturas y presión, combustión de aceite, refrigerante en el motor y aditivos del aceite. Entre estas resultantes se encuentran: HC, CO, entre otros. [2].

La contaminación que aporta cada categoría vehicular según datos de un software del modelo internacional de emisiones y una extrapolación, los resultados indican que vehículos particulares aportan más del 80 % de las emisiones de CO, el 60 % de CO₂, 65 % de NO_x, 40% de NO_x y en las motos que aportan alrededor del 65 % de PM (material particulado) [3].

Con los datos resultantes de contaminación de varios estudios, se inició la investigación en todo el mundo de nuevos combustibles alternativos para los motores diésel, una de las opciones más fuertes se encuentra en combustibles a base de fuentes orgánicas ya que su combustión logra reducir las emisiones contaminantes de manera eficaz.[4]

El biodiésel es un combustible líquido producido a partir de materias primas renovables, como los aceites vegetales o grasas animales, que en la actualidad está sustituyendo parcial o totalmente al diésel de petróleo en los motores de encendido por compresión, que puede ser usado puro B100, o mezclado con diésel a base de petróleo en diferentes proporciones, siendo el más común el B20, que contiene 20% de biodiésel y 80% de diésel[5]

La idea de producir biocombustible a partir de aceites vegetales ya se tenía en la antigüedad. Rudolf Diesel en el año 1900 utilizó aceite de cacahuate para propulsar el motor que había construido. Sin embargo, en ese momento, los biocombustibles no eran muy importantes porque se creía que los combustibles fósiles

eran inagotables. En un discurso de 1912, Rudolf Diesel dijo que “el uso de aceites vegetales como combustibles de motor puede parecer insignificante hoy, pero tales aceites pueden convertirse, en el transcurso del tiempo, tan importantes como el petróleo y los productos de alquitrán de hulla de la actualidad”[5]

Para lograr que el biodiésel se convierta en una opción energética real, se necesita que este producto no sólo presente características equivalentes a las del petrodiesel, sino también que, en el conjunto de procesos de obtención, se consigan balances energéticos positivos y llegue al mercado con un costo similar al del diésel de petróleo [6]

Estos biodiésels presentan pruebas posteriores de emisiones realizadas en estudios que muestra una comparativa entre diésel de petróleo y biodiésel, en promedio 19.4% y 23.9 % para las mezclas B5 (5% biodiesel 95% diésel fósil) y B10(10% biodiesel 90% diésel fósil), respectivamente, en comparación con lo emitido al utilizar diésel PEMEX. Sin embargo, la mezcla B20(20% biodiesel 80% diésel fósil) aumenta el 2.6% la emisión de monóxido de carbono.

Como se muestra la Figura 1 de emisiones de CO con diésel y biodiesel a diferentes porcentajes.

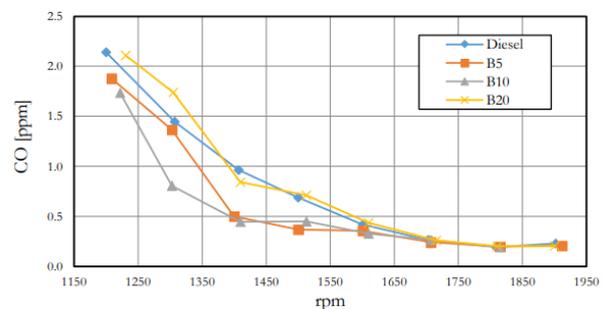


Figura 1: comparativa de emisiones de CO
Fuente: [7]

Las emisiones de CO a un nivel de revoluciones bajo disminuyen en mezclas bajas de biocombustibles (B5, B10), mientras que el diésel y la mezcla de biocombustible (B20) son más altas siendo este último más elevado hasta el punto de que todos se estabilizan y sus emisiones son parejas.

La emisión de HC aumenta con mayor porcentaje de biodiésel en la mezcla (Figura 2). La mezcla B5, B10 y B20 aumentan las emisiones de HC en promedio 2.8, 12.4 y 15.7 % respecto a las emisiones del diésel siendo el diésel comercial el más bajo en cuanto a emisiones de HC.

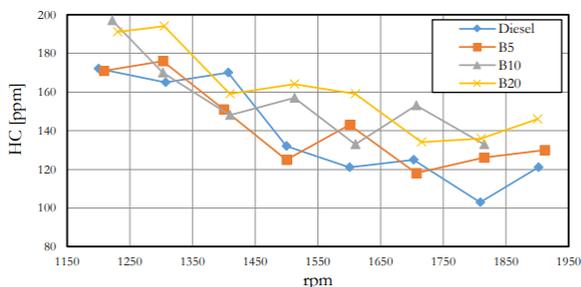


Figura 2: comparativa de misiones de HC

Al igual que otras pruebas que muestra las desventajas del biodiésel en motores, arrojó que impurezas como glicéridos, glicerol, ácidos grasos libres y residuos de catalizador traen consecuencias negativas para el rendimiento del motor, por ejemplo, depósitos de carbonilla – hollín en los inyectores.[8]

El poder calorífico del biodiésel es del orden del 13% en masa más bajo que el del diésel y cerca de 8% por unidad de volumen, sin embargo, no se refleja exactamente en la pérdida de potencia, debido a que el biodiésel tiene una densidad ligeramente más alta que el diésel.(Agudelo S et al., 2003)

2. Materiales y Métodos

La materia prima y los porcentajes de pureza que se utilizaron para realizar el biodiesel son:

- Hidróxido de sodio al 10 %
- Aceite de Ricino
- Metanol al 99,8 %

El material de laboratorio que se utilizó para realizar el biodiesel es el siguiente:

- 4 balones de 250ml
- 2 balones de 500 ml
- 1 matraz de 250 ml
- 1 matraz de 500 ml
- 3 émbolos de separación

- 3 núcleos
- 1 conector de salida
- 1 T de destilación
- 1 condensador
- 2 matraz de 1000 ml
- 1 termómetro digital
- 1 probeta de 250 ml
- 3 soportes para embudo
- 4 planchas de vibración
- 6 pinzas de soporte
- 1 soporte de laboratorio

La Materia Prima que se utilizó para realizar las mediciones y pruebas de motor fue:

- Biodiésel
- Diesel comercial

Los Equipos de laboratorio que se utilizó para realizar las mediciones y pruebas de motor fueron:

- Motor diesel Hyundai Santa fe (SM) 2006 2.0 TCI-D
- Analizador de gases contaminantes CAP 3201
- Scanner Automotriz Launch
- Balanza

En la Figura 3 se muestra el motor diésel Hyundai Santa fe (SM) 2006 2.0 TCI_D del banco de pruebas junto al analizador de gases contaminantes CAP 3201 a utilizarse para el desarrollo de la comparación de consumo de combustible y emisiones contaminantes.



Figura 3: Equipos de laboratorio utilizado (Automotriz).

2.1. Metodología utilizada para la obtención del biodiésel:

Se elaboró el biodiésel utilizando los equipos del laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana el cual siguió el siguiente proceso:

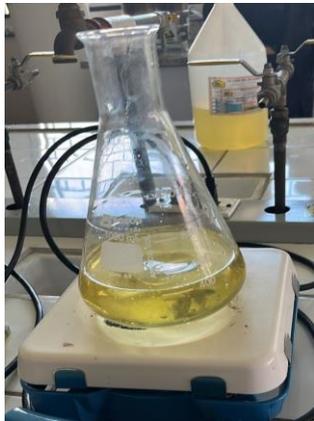


Figura 4: Agitación y calentamiento de aceite

Con ayuda de una probeta se pesó 230 ml de aceite de ricino en un vaso precipitado o en un balón de 500 ml de igual manera se pesó 88 gr de metanol y 3.2 gr de NAOH en diferentes recipientes una vez se tuvo los pesos de cada elemento se mezclan el metanol y el NAOH. Se colocó un núcleo de agitación en el en vaso que contiene el aceite como se muestra en la Figura 4 y colocar un termohigrómetro dentro del vaso de aceite a 120 °C y 80 rpm.

Una vez alcanzado la temperatura del aceite 60 °C colocamos la mezcla de metanol con el NAOH a 110 °C y a 80 RPM por 30 minutos, se controló la temperatura de la mezcla la cual no debía pasar de los 50 °C. Después de los 30 minutos, una vez se alcanzó el tiempo y la temperatura, colocar la mezcla en un embudo de decantación y dejar reposar por 24 horas como se muestra en la Figura 5.



Figura 5: Inicio de reposo de la mezcla

Pasado este tiempo se formó dos fases de diferentes densidades, siendo la más densa la del biodiésel, el cual se deposita en la parte inferior del recipiente como se muestra en la Figura 6.



Figura 6: Biodiésel y resina resultantes.

2.2. Metodología de las pruebas del motor:

Previo a realizar las pruebas de consumo y emisiones contaminantes, se hizo un mantenimiento preventivo del motor a utilizar para obtener mejores resultados. Se cambió de aceite de motor, filtro de aceite, filtro de aire, y una limpieza de inyectores por ultrasonido.

Las pruebas se realizaron en los laboratorios de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

De acuerdo con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 203:2000 el método de ensayo en pruebas estáticas de emisiones contaminantes para ralentí y 2500 rpm, el motor debe alcanzar la temperatura de operación y condición ralentí y 2500 rpm respectivamente. Se conecta la sonda en el punto de salida del sistema de escape mientras dure la prueba. Esperar el tiempo en que los datos sean precisos y se puedan registrar.

Para la prueba de emisiones de gases contaminantes se realizó con el analizador CAP 3201 previamente configurado y espera de tiempo de calentamiento del equipo para así registrar los datos obtenidos

Para la prueba de consumo con ayuda del Scanner Launch se registró datos obtenidos en las pruebas de motor a condición ralentí y 25000

rpm tanto con el diésel comercial y biodiésel respectivamente como se muestra en la Figura 7 obteniendo datos para una comparativa de los dos combustibles



Figura 7: Toma de datos con biodiésel

biodiésel extraído como se muestra en la Figura 9. Así se obtuvo 3 litros de mezcla total listo para las pruebas



Figura 9: Mezcla de biodiésel 15% y diésel comercial 85%

3. Resultados y Discusión

3.1.Extracción de Biodiésel.

Las principales variables que influyen en el rendimiento del biodiésel son: la calidad de la materia prima según el autor (Lombeida et al.,2015) son aptos para la elaboración de un biodiésel.

Una vez realizado el proceso se obtuvo 500 ml de biodiésel como se muestra en la Figura 8.



Figura 8: Biodiésel obtenido

Para la mezcla de biodiésel extraído y diésel comercial para realizar las pruebas se trabajó con una cantidad de 85% de diésel comercial y 15 % de biodiésel (B15) según la norma ASTM D975 e ICONTEC 1438, en la mezcla se utilizó 2550 ml de diésel comercial y 450 ml de

En la elaboración del biodiésel se trabajó con 8 R.P.M. debido a que los equipos disponibles en la Universidad Politécnica Salesiana tenían dicha capacidad de trabajo, razón por lo cual, el biodiésel no tendrá un buen rendimiento con el motor y tendrá mayor contaminación de gases vertidos al ambiente.

3.2.Pruebas de Motor Emisiones Contaminantes.

3.2.1. Diésel comercial:

Se realizó pruebas de emisiones contaminantes y se obtuvo los siguientes datos en condiciones ralenti y a temperatura funcional de motor como se muestra en la Figura 10 y 11.



Figura 10: Prueba 1 datos en condición ralenti a temperatura de motor 87,36 °C



Figura 11: Prueba 2 datos en condición ralentí a temperatura de motor 87,36 °C



Figura 14: Prueba 1 datos en condición ralentí a temperatura de motor 87°C

Se realizó pruebas de emisiones contaminantes en condición 2500 rpm y a temperatura funcional de motor obteniendo los datos mostrados en la Figura 12 y 13.



Figura 12: Prueba 1 datos en condición 2500 rpm a temperatura de motor 93,206 °C



Figura 15: Prueba 2 datos en condición ralentí a temperatura de motor 87.36 °C

Se realizó pruebas de emisiones contaminantes en condición 2500 rpm y a temperatura funcional de motor obteniendo los datos mostrados en la figura 16 y 17.



Figura 13: Prueba 2 datos en condición 2500 rpm a temperatura de motor 91 °C



Figura 16: Prueba 1 datos en condición 2500 rpm a temperatura de motor 89,96 °C

3.2.2. Biodiésel:

Se realizó pruebas de emisiones contaminantes en condiciones ralentí y a temperatura funcional de motor obteniendo los datos mostrados en la Figura 14 y 15.



Figura 17: Prueba 2 datos en condición 2500 rpm a temperatura de motor 89 °C

En la tabla 1 se muestran los valores de HC y CO en las pruebas realizadas a marcha mínima (ralentí) y a 2500 rpm con el uso de diésel comercial.

	HC	CO	Temperatura
Prueba 1 ralentí	16 ppm vol.	0.06 % vol.	87.36 °C
Prueba 2 ralentí	9 ppm vol.	0.06 % vol.	87.36 °C
Prueba 1 2500 rpm	43 ppm vol.	0.32 % vol.	93.206 °C
Prueba 2 2500 rpm	44 ppm vol.	0.30 % vol.	91 °C

Tabla 1: Datos obtenidos diésel Comercial

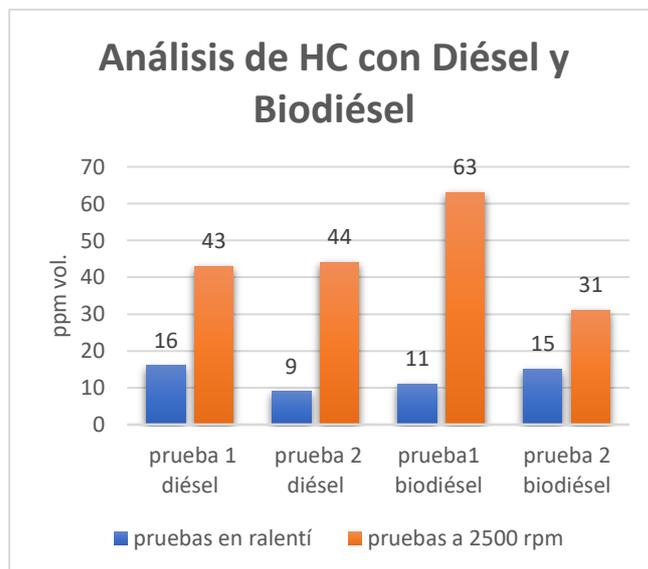
	HC	CO	Temperatura
Prueba 1 ralentí	11 ppm vol.	0.08 % vol.	87 °C
Prueba 2 ralentí	15 ppm vol.	0.08 % vol.	87.36 °C
Prueba 1 2500 rpm	63 ppm vol.	0.29 % vol.	89.96 °C
Prueba 2 2500 rpm	31 ppm vol.	0.23 % vol.	89 °C

Tabla 2: Datos obtenidos biodiésel

En la tabla 2, se muestran los valores de HC y CO en las pruebas realizadas a marcha mínima (ralentí) y a 2500 rpm con el uso de biodiésel.

3.3.Comparativa entre los dos combustibles diésel comercial y biodiésel:

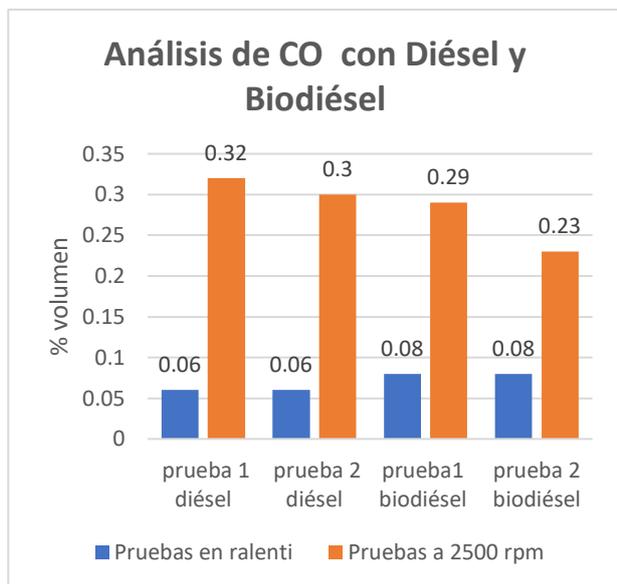
En la gráfica 1 muestra los resultados de HC obtenidos en las pruebas ralentí y pruebas 2500 R.P.M.



Gráfica 1: Análisis de HC con Diésel y Biodiésel

- Los HC en la primera prueba a ralentí tiene al biodiésel menos contaminante con 5ppm menos y menor temperatura que el diésel comercial
- Los HC en la segunda prueba a ralentí tiene al diésel comercial menos contaminante con 6ppm menos que el biodiésel los dos a misma temperatura.
- Los HC en la primera prueba a 2500 R.P.M. tiene al diésel comercial menos contaminante con 20 ppm menos que el biodiésel, pero tiene una mayor temperatura de motor.
- Los HC en la segunda prueba a 2500 R.P.M. se tiene al biodiésel menos contaminante con 13 ppm menos que el diésel comercial y con menor temperatura de motor.

En la gráfica 2 muestra los resultados de CO obtenidos en las pruebas ralentí y pruebas 2500 R.P.M.



Gráfica 2: Análisis de CO con Diésel y Biodiésel

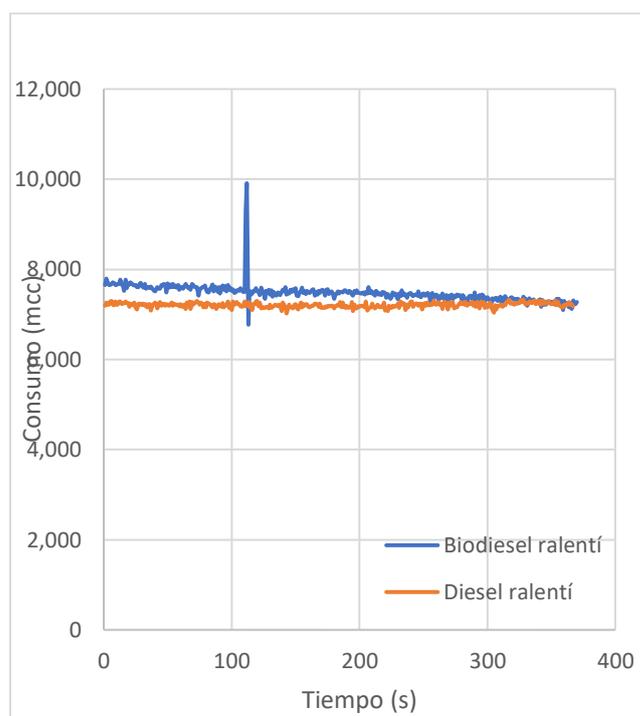
- Los CO en la primera prueba a ralentí tiene al Diesel comercial menos contaminante con 0.02 % vol. menos, y mayor temperatura que el biodiésel.
- Los CO en la segunda prueba a ralentí tiene al diésel comercial menos contaminante con 0.02 % vol. menos, que el biodiésel los dos a misma temperatura
- Los CO en la primera prueba a 2500 R.P.M. se tiene al biodiésel menos contaminante con 0.03 % vol. menos que el diésel comercial y con una temperatura menor.
- Los CO en la segunda prueba a 2500 R.P.M. se tiene al biodiésel menos contaminante con 0.07 % vol. menos que el diésel comercial y con menor temperatura

3.4. Pruebas de consumo de combustible en el motor con diésel comercial y biodiésel B15 (15% biodiésel 85% diésel fósil):

El consumo de los diferentes combustibles se puede ver afectado por diversos factores como: temperatura del motor, temperatura de aceite, la presión de combustible, estos de igual manera aumentan o disminuyen dependiendo su composición química y la manera de trabajo de este.

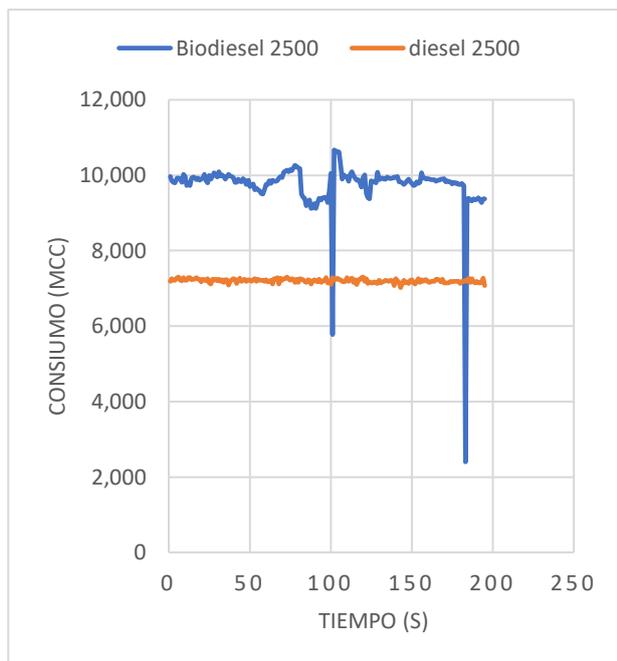
Una vez realizada las pruebas con los diferentes combustibles se pudo determinar.

En la gráfica 3, se puede analizar que la estabilidad de permanecer encendido del motor es estable tanto en combustible comercial y en B15 este teniendo un pico de elevación de consumo determinado en mcc (litros cada 100km), este combustible artesanal inicio con un consumo ligeramente elevado al comercial y con disminución de consumo con forme va pasando los segundos de funcionamiento, estas pequeñas elevaciones se las puede otorgar a diferentes factores mencionadas anteriormente.



Gráfica 3: Análisis de consumo en ralentí

La grafica 4 permite analizar el consumo en aceleración libre en este caso a 2500 (R.P.M.), muestra una estabilidad en el combustible comercial, sin embargo, en el B15 muestra mucha inestabilidad con disminución de consumo llegando a tener picos muy bajos estos llegan a indicar pérdidas de energía y potencia por consecuente el motor quisiera apagarse y volviendo a un pico elevado de consumo como se muestra en la gráfica.



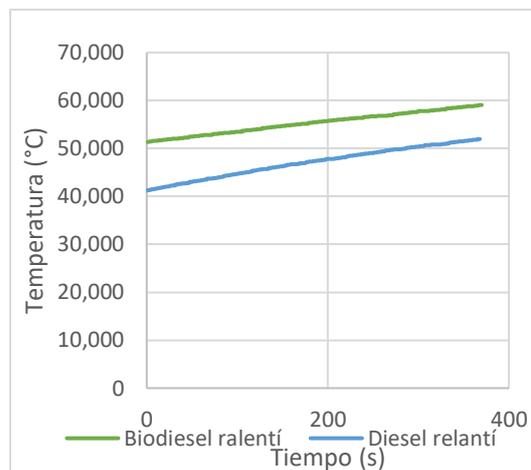
Gráfica 4: Análisis de consumo a 2500 R.P.M.

Debido al exceso de inestabilidad con el combustible artesanal se procede a verificar comparaciones de factores que podrían afectar su funcionamiento.

Algunos de los factores son: la temperatura de los combustibles, las presiones de combustible y la temperatura del motor, estos analizados comparando diésel comercial y biodiésel.

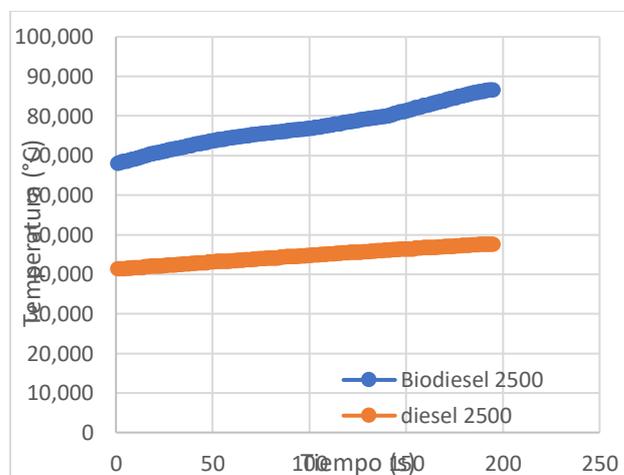
3.4.1. Análisis de temperaturas de combustibles a distintas aceleraciones

La gráfica 5 muestra que la temperatura de combustible se mantiene estable, si bien tiene un aumento de temperatura es normal en los dos tipos de combustibles y llegan a un punto de estabilidad.



Gráfica 5: Comparativo de temperatura de combustibles en ralentí.

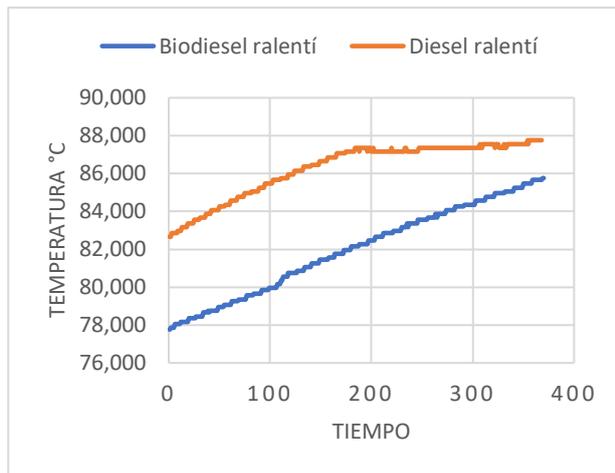
La gráfica 6 indica la temperatura a 2500 R.P.M. presenta una estabilidad en el diésel comercial, en el caso del biodiésel la temperatura se eleva en exceso llegando a las 90° C lo que es una temperatura elevada para almacenamiento.



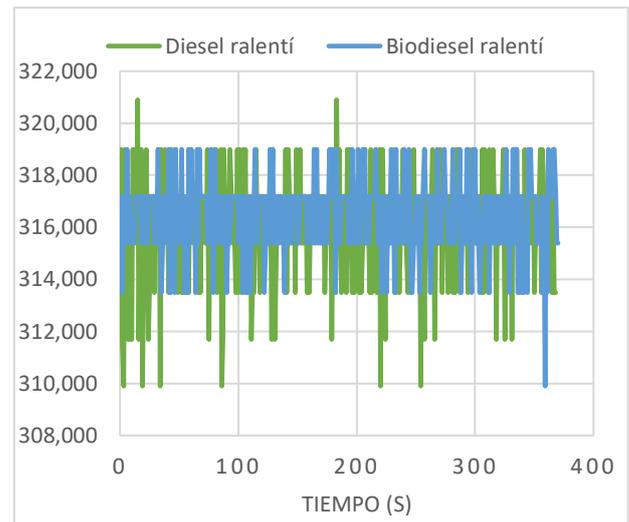
Gráfica 6: Comparativo de temperatura de combustibles a 2500 (R.P.M.)

3.4.2. Análisis de temperatura de motor a distintas aceleraciones

La gráfica 7 muestra las temperaturas que alcanza el motor en ralentí, como es normal llegan a la temperatura óptima de trabajo y se mantiene el diésel comercial llegando más rápido a su temperatura de trabajo en comparación con el diésel artesanal.



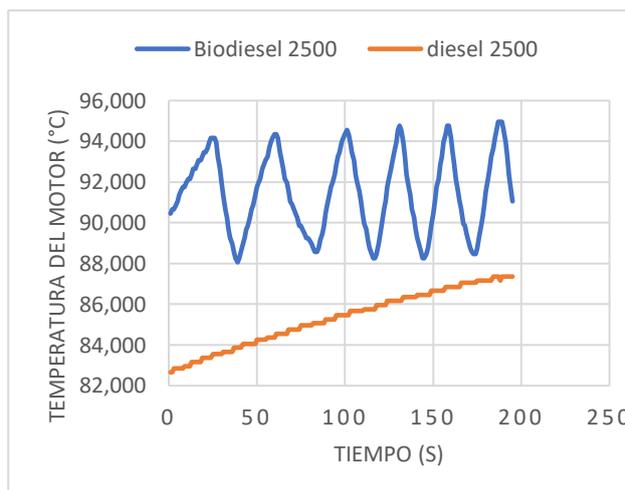
Gráfica 7: Comparativa temperatura de motor en ralentí.



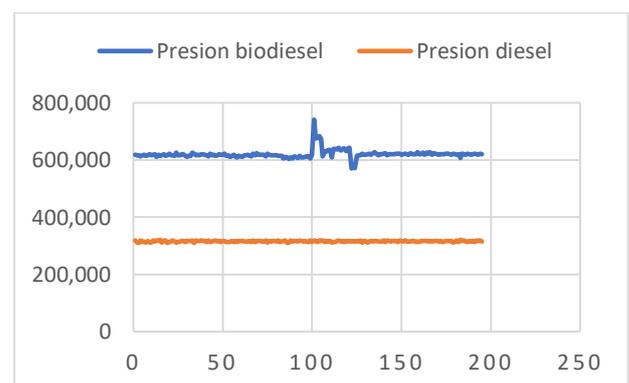
Gráfica 9: Comparativa de presión de combustible en ralentí.

La gráfica 8 muestra temperatura del motor a 2500 (R.P.M.), esta presenta estabilidad del diésel comercial con ayuda del electroventilador su temperatura se mantiene estable llegando a un punto óptimo de trabajo, el diésel artesanal tiene una elevación excesiva que se podría considerar un próximo recalentamiento del motor, con ayuda del electroventilador estas temperaturas descienden, pero vuelven a subir mostrando así los picos mostrados en la gráfica.

La gráfica 10 muestra, que presión en el combustible comercial es estable manteniéndose igual a diferentes aceleraciones, la presión del diésel artesanal presenta una estabilidad a una elevada presión con picos de aumento y declives estas presiones tan elevadas afectan directamente a la ignición directamente ya que aumenta al flujo de combustible.



Gráfica 8: Comparativa temperatura de motor a 2500 (R.P.M.)



Gráfica 10: Comparativa de presión de combustible a 2500 (R.P.M.)

3.4.3. Análisis de presión de combustible a distintas aceleraciones

La gráfica 9 muestra que los dos combustibles presentan presiones similares en ralentí estas con altibajos entre 310 a 320 (bar).

4. Conclusiones

- El biodiésel para las pruebas de emisiones (HC y CO) en condición ralentí es más contaminante con 1ppm y 0.02 % vol. respectivamente.
- El biodiésel para pruebas de emisiones (HC y CO) en condición 2500 R.P.M. el HC es más contaminante con 3,5 ppm y

- en CO menos contaminante con 0.05 %vol.
- Con el biodiésel el motor tiene una temperatura más óptima en comparación al diésel comercial teniendo un rango estable de temperatura para las pruebas de emisiones contaminantes.
- El biodiésel tiene una tasa de consumo mayor al de un diésel convencional por su falta de homologación y preparación química, estas carencias ocasionan que este tenga deficiencias en su funcionamiento
- El biodiésel en ralentí presenta un consumo igualado al del diésel comercial inicia con un pequeño aumento al calentarse el consumo desciende se vuelve parejo al consumo del diésel comercial.
- El biodiésel en aceleración libre (2500 R.P.M.) tiene un consumo demasiado elevado y con elevaciones y descensos de consumo esto representa una inestabilidad del combustible y por ende del motor lo que va causando diferentes daños a largo y corto plazo
- La presión en aceleración libre del biodiésel es demasiado elevada, si bien en estado ralentí es óptimo en aceleración se eleva lo que causa diversos cambios y fallos en la combustión una elevada presión aumenta el flujo de combustible que causa una pésima atomización de este y empeora la combustión al entrar en la cámara del motor.
- La mezcla de biodiésel es un combustible inestable que en aceleraciones libres (2500 R.P.M.) se muestra defectuoso haciendo que el motor aumente su temperatura demasiado, este aumento comienza a afectar a los diferentes empaques del motor ocasionando fallas a corto y largo plazo.

Referencias

- [1] H. Caliskan and K. Mori, "Thermodynamic, environmental and economic effects of diesel and biodiesel fuels on exhaust emissions

- and nano-particles of a diesel engine," *Transp Res D Transp Environ*, vol. 56, pp. 203–221, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.trd.2017.08.009.
- [2] E. Felipe González Pichunlaf, D. Margarita Préndez, D. Karen Peña-Rojas, C. Pastenes Villarreal, and D. Daniela Seelenfreud Hirsch, "VEHÍCULOS DIÉSEL SOBRE EL RENDIMIENTO FOTOSINTÉTICO DE QUILLAJA SAPONARIA MOL. A DOS NIVELES HÍDRICOS Comisión de Evaluación."
- [3] R. S. L. Japa, J. L. M. Ortega, and R. W. C. Urgilés, "Prediction of CO and HC emissions in Otto motors through neural networks," *Ingenius*, vol. 2020, no. 23, pp. 30–39, Jan. 2020, doi: 10.17163/ings.n23.2020.03.
- [4] C. N. Mafla Yépez, J. C. García Montoya, M. D. Revelo Aldas, E. P. Hernández Rueda, and I. B. Benavides Cevallos, "Ventajas del uso del biodiesel B10 (*Ricinus communis*) sobre el Diésel fósil en la protección del medio ambiente," *Bionatura*, vol. 3, no. 2, pp. 582–585, May 2018, doi: 10.21931/RB/2018.03.02.4.
- [5] W. R. Romero and F. J. Salas Barrera, "Artículo original / Original article / Artigo original Producción + Limpia-Enero-Junio de," 2013.
- [6] U. Autónoma de Aguascalientes México Medina Ramírez, I. Ernestina, C. Vela, N. Angélica, and J. Rincón, "Investigación y Ciencia", [Online]. Available: www.huixtlaweb.com
- [7] A. Valdivia, C. Barragán, H. D. Lugo Méndez, C. Peralta, L. Leyte, and A. Torres, "DESEMPEÑO MECÁNICO DE UN MOTOR DIESEL CON MEZCLAS BIODIESEL DE ACEITES RESIDUALES /DIESEL."
- [8] I. Saray Díaz-Barrios and O. G. Pérez-Acosta, "Use of Biodiesel in Internal Combustion Engines for Livestock Activities." [Online]. Available: <https://eqrcode.co/a/YEisTA>

- [9] J. R. Agudelo S, P. Benjumea, E. Gómez Meneses, and J. Fernando Pérez Bayer, “Biodiesel Una revisión del desempeño mecánico y ambiental,” 2003.