

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA ALIMENTADO CON COMBUSTIBLE OBTENIDO DE RESIDUOS PLÁSTICOS

Eloísa María Ximena Saldaña (1), José Manuel Riesco Ávila (2)

1 Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: kaoru1237@hotmail.com

2 Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: riesco@ugto.mx

Resumen

En el presente trabajo se determinaron las principales prestaciones del motor con la utilización de combustible obtenido de residuos plásticos. La transformación de plásticos en combustible se lleva a cabo por medio de un proceso de pirólisis, que consiste en la descomposición química de materiales por degradación térmica en ausencia de oxígeno. El producto obtenido y una vez caracterizado fue mezclado en diferentes proporciones con diesel. Se realizaron ensayos en un banco de pruebas con un motor de combustión interna y con los datos obtenidos de las pruebas se calcularon las características de operación del motor con cada mezcla de combustible.

Abstract

In this paper the main engine performance with the use of plastic waste derived fuel were determined. The fuel plastics processing is performed by a pyrolysis process, which involves chemical decomposition of materials by thermal degradation in the absence of oxygen. The product obtained was characterized and once mixed in different proportions with diesel. Assays were performed in a test with an internal combustion engine and the data obtained from testing the operating characteristics of the engine with each fuel mixture is calculated.

Palabras Clave

Motores de combustión interna, Combustible de residuos plásticos, Pirólisis.

INTRODUCCIÓN

Los desechos plásticos representan un problema ambiental muy grave debido a su enorme cantidad y el problema de su disposición alrededor del mundo. Los plásticos se han vuelto materiales indispensables en el mundo moderno y sus aplicaciones en la industria se incrementan continuamente. Los combustibles derivados de basuras plásticas, poseen una pureza alta, ya que el petróleo del cual fueron elaboradas originalmente sus materias primas tuvo que pasar por un proceso de refinación, en el cual se eliminaron la mayor parte de impurezas, especialmente de azufre, nitrógeno y metales pesados. En consecuencia los combustibles derivados de residuos plásticos no contienen azufre, cloro, nitrógeno, fósforo, bromo ni flúor, por lo cual la contaminación generada por estos combustibles debe ser aceptable al ser utilizados en vehículos [1]. La producción de combustibles líquidos obtenidos a partir de residuos plásticos mediante el proceso de pirólisis, es una tecnología emergente que brindará una solución alternativa para la disminución de los residuos plásticos existentes, así como para el uso de combustibles alternativos en motores de combustión interna.

La pirólisis de plástico es un proceso mediante el cual se produce la despolimerización térmica de los residuos en ausencia de oxígeno/aire. Sirve para la eliminación/transformación de los desechos de plástico a la vez que permite la recuperación de una amplia gama de hidrocarburos. Durante la pirólisis, los materiales poliméricos se calientan a altas temperaturas, en presencia de un catalizador apropiado, de manera que sus estructuras macromoleculares se descomponen en moléculas más pequeñas, dando lugar a una amplia gama de hidrocarburos líquidos y gaseosos [1].

En este trabajo se analizó el efecto del uso de combustibles obtenidos a partir de desechos plásticos, en las prestaciones de un motor de combustión interna, mezclados en diferentes proporciones con diesel regular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Propiedades del combustible obtenido de desechos plásticos

El combustible utilizado en este trabajo se obtuvo del proceso de pirólisis de poliestireno expandido (EPS) y para las pruebas en el motor, se mezcló en diferentes proporciones con diesel regular. En la Figura 1 se muestra el equipo experimental utilizado para la obtención del combustible. En este equipo se calienta el EPS hasta una temperatura de 480°C en ausencia de oxígeno y los vapores se pasan por una tubería que los descarga en un baño de agua donde se condensan, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1.- Equipo experimental para la obtención de combustible mediante la pirólisis de desechos plásticos.

Para las pruebas en el motor de combustión interna, se utilizaron tres mezclas de diesel regular con combustible obtenido del plástico reciclado (CPR), las cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Mezclas utilizadas en la pruebas.

Mezcla	Diesel [%]	CPR [%]
1	80	20
2	70	20
3	60	40

El poder calorífico superior (PCS) del diesel y de las diferentes mezclas, se obtuvo mediante una bomba calorimétrica marca IKA Werke modelo C2000 y el poder calorífico inferior (PCI) se calculó mediante la Ec.(1) [adaptada de la Ref. 2]:

$$PCI = 0,75 * PCS + 8373 \quad (1)$$

En la Ec.(4), el PCS y el PCI están en kJ/kg. En la Tabla 2 se muestran los valores de los poderes caloríficos, así como el de la densidad, para el diesel regular y las diferentes mezclas.

Tabla 2: Poder calorífico superior, inferior y densidad del diesel y de las mezclas utilizadas.

Muestra	PCS [kJ/kg]	PCI [kJ/kg]	Densidad [kg/m ³]
Diesel	46320	43113	810
Mezcla 1	45526	42518	811
Mezcla 2	45178	42257	817
Mezcla 3	44349	41635	835

Banco de pruebas

El banco de pruebas utilizado para las pruebas de las mezclas de combustible, fue un GUNT HAMBURG CT159, equipado con un motor monocilíndrico de cuatro tiempos de encendido por compresión (MEC). En la Tabla 3 se presentan sus principales características.

Tabla 3: Especificaciones del motor utilizado en las pruebas.

Tipo de motor	MEC
No. Cilindros	1
Diámetro	69 mm
Carrera	62 mm
Cilindrada	232 cm ³
Tipo de alimentación	Inyección Directa

Las pruebas fueron realizadas a velocidades de 700, 1000, 1500, 2000, 2500 y 2700 rpm. Los parámetros estudiados fueron la potencia (N) en kW, par (M) en N-m [3] y consumo específico de combustible (g_{ef}) en g/kWh [4]. Como combustible fue utilizada una muestra de diesel regular como patrón de comparación, así como mezclas de

diesel con combustibles derivados de plástico. Para la medición de cada parámetro se hicieron 5 pruebas para cada rpm, obteniéndose como resultado final el promedio de estas mediciones.

La medición del gasto de combustible se realizó mediante el método volumétrico [5]. A través de este método se determina el volumen de combustible (V) que se consume en un tiempo determinado, luego con estos valores de gasto de combustible se estima el consumo específico mediante la siguiente ecuación:

$$g_{ef} = \frac{V \cdot \rho}{N \cdot t} \quad (2)$$

donde:

V = Volumen de combustible consumido.

t = Tiempo que tarda en consumirse el volumen de combustible.

ρ = Densidad del combustible utilizado.

N = Potencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figuras 1, 2 y 3 se muestran las curvas de par, potencia y consumo específico de combustible del MEC alimentado con diesel y las diferentes mezclas de diesel-CPR.

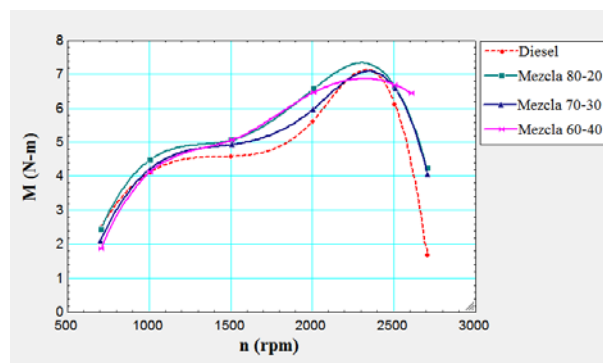


FIGURA 1: Curvas de Par para diferentes mezclas y diesel.

Como se observa en las Figuras 1 y 2, el par y la potencia son ligeramente superiores para las mezclas que los obtenidos con el diesel regular, siendo muy similares a bajas rpm.

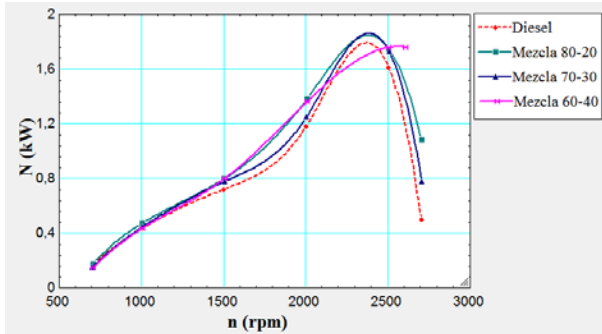


FIGURA 2: Curvas de Potencia para diferentes mezclas y diesel.

En la Figura 3 se observa que el menor consumo de combustible tanto para el diesel regular, mezcla 80-20 y mezcla 60-40 se encuentra alrededor de las 2500 rpm. Además el consumo de combustible para estas mezclas es aproximadamente igual entre 1000 y 2500. El consumo aumenta significativamente a bajo régimen de giro sobre todo con la mezcla de 60-40.

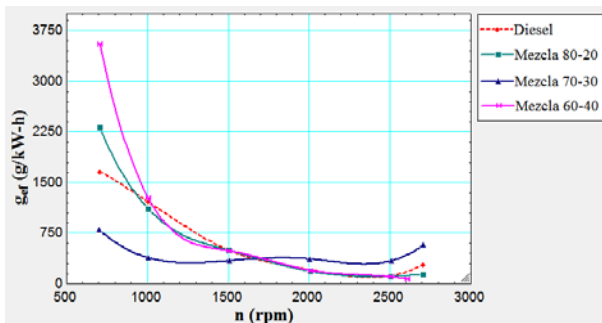


FIGURA 3: Curvas de consumo específico para diferentes mezclas y diesel.

El comportamiento que presenta la mezcla 70-30 es diferente a las demás por lo que es posible que en las mediciones se allá cometido algún error. No se puede decir que alguna de las mezclas haya presentado un menor consumo ya que para la mezcla 70-30 solo ocurre antes de las 1500 rpm.

Con base en los análisis antes comentados se puede establecer que es posible alcanzar las mismas o hasta superar las prestaciones que son entregadas por el motor con el diesel, usando las mezclas de diesel-CPR. Por lo tanto es factible decir que en un futuro cercano sería una

alternativa para poder reducir la problemática de la acumulación de residuos plásticos, el utilizar los combustibles derivados de los desechos plásticos en motores de combustión interna, sin reducir las prestaciones de éstos, y así ayudar al planeta y probablemente a nuestra economía.

CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó el efecto del uso del combustible obtenido a partir de desechos de poliestireno expandido (EPS), mezclado en diferentes proporciones con diesel regular, en las prestaciones de un motor de combustión interna de encendido por compresión. Para las pruebas en el motor, se utilizaron tres mezclas de diesel con combustible obtenido del plástico reciclado (CPR): 80-20, 70-30 y 60-40 y los resultados se compararon con los obtenidos cuando el motor se alimenta con diesel.

Los resultados muestran un comportamiento muy similar en cuanto al par y la potencia del motor, cuando se alimenta con diesel y con las diferentes mezclas, siendo ligeramente superiores estos valores con las mezclas para velocidades superiores a las 1500 rpm.

El comportamiento del consumo específico de combustible fue muy irregular. Esto se debe principalmente al método de medición de dicho parámetro, ya que al no contar con un sensor de flujo de combustible, la medición se realizó mediante la medición del consumo de un determinado volumen de combustible, siendo este método muy poco preciso.

A pesar de que se requiere mejorar la metodología de las pruebas, sobre todo en la medición del consumo de combustible, realizar más ensayos en el motor con más mezclas y medir las emisiones contaminantes, en este trabajo se demuestra que la recuperación energética es una opción de gestión de los desechos plásticos adecuada para aquellos que no pueden ser reciclados fácilmente. Para los desechos de EPS "sucios" como las cajas de pescado o comida, esta opción de gestión es adecuada. El combustible obtenido de estos desechos puede ser usado en un motor de encendido por compresión mezclado con diesel, sin hacer ninguna alteración para su inyección.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado (DAIP), de la Universidad de Guanajuato, por permitirme participar en estas actividades de investigación. Al Dr. José Manuel Riesco Ávila por invitarme a participar en este proyecto y por resolver todas nuestras dudas, y al Ing. Francisco Villegas Alcaraz por prestarnos su tiempo e instalaciones.

REFERENCIAS

- [1] Dr. Calderón Laboratorios, Combustibles Líquidos [en línea], Bogotá D.C.
<<http://www.drcalderonlabs.com/Plasticcombustibles/Plegable%20Plasticcombustibles%207%20Web.pdf>> [Consulta: Junio 2015]
- [2] E.T.S. de Ingenieros Industriales, Tecnología de la combustión, Dpto. Ingeniería Energética y Fluido-mecánica, Universidad de Valladolid, pp 27-28.
- [3] Heywood, J.B. 1988. Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill International Editions, pp. 42-46
- [4] Gil, Emilio, Maquinaria agrícola, Escola Superior D'Agricultura de Barcelona: pp. 4-14
- [5] González Calleja, David. 2012. Motores térmicos y sus sistemas auxiliares, S.A. Ediciones Paraninfo. pp. 38-68