

PROCESO DE CONVERSIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN COMBUSTIBLE

Camilo Alfonso Álvarez León (1), Dr. José Manuel Riesco Ávila (2)

1 Ingeniería en Energía, Universidad Autónoma de Bucaramanga | Dirección de correo electrónico: calvarez164@unab.edu.co

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

Resumen

En este trabajo se presenta un análisis técnico-económico de la conversión termoquímica de desechos plásticos en aceite combustible mediante un proceso de pirólisis, usado en un motor de combustión interna de encendido por compresión, mezclado con diesel regular. Los resultados muestran que el uso de mezclas de combustible obtenido de la pirólisis de los desechos plásticos con diesel regular, reduce ligeramente la potencia del motor; sin embargo, debido a que el costo de producción del combustible reciclado es muy bajo, al mezclarlo con diesel se reduce el costo del combustible utilizado en el motor, dando como resultado que el costo específico de combustible, \$/kWh, es menor cuando se usan mezclas que cuando se usa solo diesel.

Abstract

In this paper a technical and economic analysis of thermochemical conversion of waste plastics into fuel oil by a pyrolysis process, used in compression ignition internal combustion engine, mixed with regular diesel is presented. The results show that the use of mixtures of fuel obtained from pyrolysis of waste plastics with regular diesel, slightly reduces the engine power; however, because the cost of producing the recycled fuel is very low, when mixed with diesel fuel costs used in the engine is reduced, thus the specific fuel cost \$/kWh, is lower when blends are used than when only diesel is used.

Palabras Clave

Combustible; Pirólisis; Reciclado de plásticos; Recursos energéticos; MEC.

INTRODUCCIÓN

El plástico es uno de los grandes inventos del siglo XX, es un material ligero, flexible, versátil y barato. También es una de las mayores amenazas para el medio ambiente, el 90% de las bolsas de plástico acaba en los vertederos y auténticas islas de plástico se extienden por los océanos [1]. Actualmente se consumen en el mundo 288 millones de toneladas de plástico, aproximadamente, para lo cual se requiere el 8% de la producción anual de petróleo.

Los plásticos suponen una grave amenaza para el medio ambiente por dos motivos principales; su utilización masiva en todo tipo de productos y su lenta degradación. Se estima que tarda unos 180 años en descomponerse aunque este periodo varía en función del tipo de plástico. Los plásticos representan más del 12% de la cantidad de residuos sólidos urbanos, un aumento espectacular desde 1960, cuando los plásticos fueron menos del 1% del flujo de residuos. En México, los estados con mayor generación de plástico son el estado de México, con 22.6%; Puebla, con 10.8%; Guanajuato, con 9.7% y Jalisco, con 9.0% [2].

En este proyecto se plantea el análisis técnico-económico de la conversión termoquímica de desechos plásticos en aceite combustible mediante un proceso de pirólisis. La pirólisis consiste en la descomposición química de los materiales plásticos por degradación térmica en ausencia de oxígeno, donde todos los residuos plásticos que llegan a la planta de reciclaje son mezclados sin importar en principio el tipo de polímero o mezcla del mismo, dado que el proceso es el mismo para todos, y son introducidos para su tratamiento en una cámara. En la cámara dicha mezcla de plásticos es sometida a altas temperaturas, entre los 370°C y 420°C, y los gases generados, los gases pirolíticos, se condensan en un proceso de dos etapas con el fin de alcanzar un destilado de hidrocarburos, es decir, petróleo de bajo contenido en azufre. Se trata pues, de un proceso complejo, con alguna que otra modificación por el camino. Siendo el resultado final un combustible reciclado de una calidad similar al diesel normal sin necesidad de refinados adicionales y que es apto para su empleo comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como principal meta del trabajo se evidencia la necesidad de recuperar la gran magnitud de desechos plásticos que por su naturaleza no se pueden reciclar por los métodos tradicionales; por esa razón se propone una solución innovadora para dicha problemática ambiental, que cuenta con la siguiente metodología para su desarrollo:

Etapas uno: Selección de las muestras de desechos plásticos a partir de diferentes tipos de residuos plásticos: El inicio del trabajo empieza con la realización de las fichas técnicas de los plásticos que se usaran en las pruebas durante todo el proyecto y la necesidad de separar los desechos plásticos, para producir el combustible, de toda la materia prima se trabajó con polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD), polipropileno (PP) y poliestireno expandido (EPS), Figura 1.



Figura 1. Desechos de plástico.

Luego de realizar el proceso de selección, era necesario separar las tapas junto con los anillos de unión de cada botella de PET (polietileno tereftalato) debido a que éste no se utilizaría como materia prima para introducir a la máquina (Figura 2).



Figura 2. Clasificación de muestras de plástico.

Teniendo lista la carga de plástico se pesa en la balanza electrónica para que se ajuste la cantidad, siendo en total 1 kg.



Figura 3. Pesado de muestras de plástico.

Etapa dos: Obtención de combustible mediante la Pirólisis. En la Figura 4 se presenta el prototipo de pruebas para la obtención del combustible.



Figura 4. Prototipo para la pirólisis del plástico.

Los parámetros de funcionamiento de la misma se describen a continuación, proporcionados por el fabricante mediante la ficha técnica del producto. Capacidad de procesamiento = 0.7-1.0 kg/tiempo de residencia. Porcentaje de producción de aceite $\geq 80\%$ (3 horas). Dimensiones: 620x320x500 [mm]. Masa 50 kg. Condiciones eléctricas: AC100V/14 A máximo. Potencia: 1 kW.

Estos datos se toman como variables del modelo matemático que determinará el resultado del proyecto. Después de iniciar la máquina según el manual se puso en funcionamiento y la Figura 5 evidencia la evolución de la producción de aceite combustible, utilizando como liquido secundario y de trabajo para poder destilar el aceite el agua, y como una cierta proporción de la misma se evaporaba al hacer su primer contacto con el aceite se tomaban acciones correctivas que concluían con aumentar un poco más su cantidad para que cuando el fenómeno de evaporación ocurriera el nivel del agua llegara a un punto óptimo para destilar fácilmente el aceite abriendo las válvulas de paso del fluido que en el caso de la descrita se trata de aceite producido a base de PEBD.



Figura 5. Producción de aceite combustible.

El tiempo que tarda en empezar a salir aceite es de una hora después de haber iniciado el proceso de pirólisis en el reactor y desde que exista producción de aceite demora treinta minutos aproximadamente en promedio para que la prueba termine, en la Figura 6 se presentan tres muestras de aceite;



Figura 6. Aceites producidos.

La materia prima de residuos plásticos para producir las anteriores sustancias combustible fueron a base de PS, PEAD, PP respectivamente, (como se muestra en la Figura 6); todas ellas tuvieron un tiempo de residencia en el reactor diferente, pero en promedio como ya se había mencionado fue de hora y media.

Etapa tres: Obtención de datos técnicos y análisis del combustible: complementa toda la información que se necesitó para realizar los cálculos energéticos.

El costo de la energía en punta por kWh según la comisión federal de electricidad (CFE) es de 1,81020 pesos MXN, el costo según PEMEX de un litro de diesel convencional es de \$14,20 pesos MXN; la potencia del cromatógrafo es de 1,5 kW y la bomba calorimétrica 1,8 kW. Posterior a la data, se procede al análisis en los dos equipos: cromatógrafo y bomba calorimétrica que se presentan a continuación,



Figura 7. Cromatógrafo de gases y bomba calorimétrica.

Finalmente la Figura 7 muestra las máquinas en donde se evaluaron las diferentes sustancias combustibles, siendo mezcla o aceite puro se analizó en cada instrumento para obtener sus propiedades y valores de poderes caloríficos, pesando la muestra se aseguraba las medidas más exactas posibles a la hora de realizar los cálculos como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Pesado de Muestras de Combustible.

Etapas cuatro: Desarrollo del modelo de cálculo en EES y pruebas en el motor de encendido por compresión: En esta fase del proyecto se planificó una metodología ceñida al componente energético del proyecto, teniendo en cuenta variables fijas e independientes que conciernen al buen funcionamiento de la máquina al momento de transformar por medio de pirólisis los residuos plásticos en aceite combustible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado se evidencia en el panel que se muestra en la Figura 9, en su apariencia cuenta con la imagen de la máquina que se usó en el laboratorio, igualmente con todas las variables dependientes e independientes que son base para los cálculos del recuadro color rojo en donde se encuentran los Indicadores energéticos, objetivo principal del proyecto.



Figura 9. Modelo de cálculo realizado para 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	100	0
2	80	20
3	70	30

El costo para producir un litro de CPR a base de cualquiera de los 4 tipos de residuos plásticos es de \$3.02 y considerando un costo de \$14.20 por litro de diesel, los costos de las diferentes mezclas utilizadas en el motor se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Costo de los combustibles utilizados en las pruebas.

Mezcla	Costo por litro [\$/L]
1	14.20
2	11.96
3	10.85

En la Figura 10 se muestran los resultados obtenidos con el modelo desarrollado. Se observa que la mezcla 70-30 consume 180 g/kWh a 2800 rpm, que son equivalentes a \$3,30/kWh; no obstante, se consigue una eficiencia alrededor del 40% alcanzando una potencia efectiva de 120 kW que es relativamente alta en comparación con los otros ejemplares.

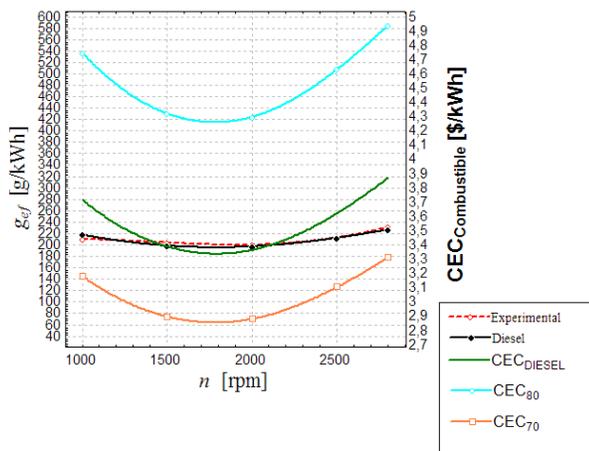


Figura 10. Costo específico de combustible, CEC [\$/kWh], para las mezclas de combustible analizadas, en función del régimen de giro del motor. Motor trabajando a máxima potencia.

CONCLUSIONES

La producción de aceite combustible por medio del prototipo de pruebas, con una carga de plástico de 1 kg, teniendo en cuenta condiciones de energía en punta (la más costosa), potencias, características del equipo y con tiempo de uso de hora y media para producir un litro del mismo, cuesta \$3,02/Litro. Sumándole las condiciones de análisis y lo que significa energéticamente ese componente en dinero toma como costo de producción de 8,99 \$/Litro, que sigue siendo mucho más económico que un litro de diésel convencional PEMEX que se encuentra alrededor de los 14,20 \$/Litro; por lo tanto, se aprueba la hipótesis y se concluye que sí es factible el desarrollo de esta tecnología para producir combustible.

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a Dios y a mi Familia que hicieron posible mi participación de este gran proyecto en la Universidad de Guanajuato en México, junto con la UNAB y el Dr. José Manuel Riesco Ávila.

REFERENCIAS

- [1] Arroyo Sosa José Manuel, Reciclar Plástico en Petróleo. <https://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2013/06/reciclar-plastico-en-petroleo.pdf>
- [2] El Semanario (5 de noviembre del 2013) – *Reciclaje de plásticos aumento en 2013* <http://mexicoon.sigimo.com/noticias/negocios/98604-reciclaje-de-plasticos-aumento-en-2013.html>
- [3] González, W. & Mancini, H, (2003) Ciencia de los materiales. España: Ariel Ciencia y Tecnología Gunther, M. (2006, 6 de noviembre) It's not easy to being Green. http://archive.fortune.com/2006/11/01/news/companies/pluggedin_gunther_natureworks.fortune/index.htm?postversion=2006110207
- [4] ACOPLÁSTICOS (1999), Manual del Reciclador de Residuos Plásticos. Bogotá: Acoplásticos. <http://www.acoplasticos.org/index.php/pub-rec?id=164>
- [5] Plastic Europe. (2010). Platform. Plastics Europe. http://www.plasticseurope.org/documents/document/20101006091310-final_plasticsthefacts_28092010_lr.pdf
- [6] Plastic Europe. (2010). La contribución de los materiales plásticos al desarrollo sostenible .Alicia Martín, ALICANTE 14 DE ABRIL DE 2010. <http://web.ua.es/es/ecocampus/documentos/consejos-ambientales/plasticseurope.pdf>
- [7] Fenercom. (2012). *La Energía de los Residuos*. <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/La-energia-de-los-residuos-fenercom-2012.pdf>