

# CONVERSIÓN TERMOQUÍMICA DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN HIDROCARBUROS

Piña Hernández, Said (1), Riesco Ávila, José Manuel (2), Barrón Hernández, Cecilia Isabel (2), Vásquez Hernández, Julieth Berenice (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería en Energías Renovables, Universidad de Guanajuato] | [said.pina@gmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [riesco@ugto.mx]

## Resumen

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la pirólisis de residuos de polietileno de baja densidad, provenientes de la agricultura. El equipo utilizado fue un reactor cerrado tipo "batch reactor" y los hidrocarburos líquidos obtenidos fueron caracterizados para obtener sus propiedades físico-químicas. Se probaron dos estrategias de conversión, una a temperatura constante y la otra mediante una rampa de calentamiento para incrementar el tiempo de residencia del plástico en el reactor. Los mejores resultados se obtuvieron con la rampa de calentamiento, con la cual se logró convertir el 70% del residuo procesado en combustible líquido. Las propiedades de este combustible son muy similares a las del diesel ligero, lo cual lo hace adecuado para ser usado en motores de combustión interna de encendido por compresión.

## Abstract

In this work the results obtained from the pyrolysis of low density polyethylene wastes from agriculture are presented. The equipment used was a batch reactor, and the liquid hydrocarbons obtained were characterized to obtain their physic-chemical properties. Two conversion strategies were tested, one at constant temperature and the other by a heating ramp to increase the residence time of the plastic in the reactor. The best results were obtained with the heating ramp, with which it was possible to convert 70% of the processed waste into liquid fuel. The properties of this fuel are very like those of light diesel, which makes it suitable for use in compression ignition internal combustion engines.

### Palabras Clave

Reciclaje; Residuos Plásticos; Pirólisis.

## INTRODUCCIÓN

En nuestros días el manejo de residuos y en específico de residuos plásticos representa un gran reto a la sustentabilidad. El plástico ha inundado nuestra vida diaria. En tan solo unas décadas ha pasado a estar presente en todo tipo de objetos y materiales por sus características (flexibilidad, durabilidad y ligereza) y bajo precio. Se puede encontrar en envases de productos, en los propios ingredientes de cosméticos, en el textil de la ropa, en materiales de construcción y en multitud de utensilios y objetos [1].

Ha crecido la cantidad plástico que utilizamos y por consiguiente de residuos plásticos. De todos los residuos sólidos generados en México 10% son los plásticos y ocupan el 30% del volumen total [2]. Los residuos plásticos tardan años en degradarse, está documentado que los residuos plásticos tienen un impacto negativo sobre ecosistema en general y además se utilizan una cantidad importante de energía y recursos en su elaboración.

Existen diferentes estrategias para manejar estos residuos, buscan disminuir su cantidad y los impactos que generan en el ambiente. La mejor opción es la reducción, a ésta le siguen la reutilización, el reciclaje, la valorización energética, el tratamiento y la disposición en rellenos sanitarios [3].

La valorización energética, es la estrategia que consiste en la recuperación directa de la capacidad calorífica de los residuos plásticos. En específico este trabajo se enfoca en la pirólisis, definida como la descomposición de un compuesto químico por acción del calor y exenta de oxígeno o con este recurso limitado [4-6]. Las proporciones relativas de los elementos producidos en la pirólisis dependen de la composición de los residuos, de la temperatura y del tiempo que ésta se aplique [5]. La pirólisis fue elegida por muchos investigadores ya que el proceso es capaz de producir una cantidad de aceite líquido de hasta 80% del peso del residuo procesado, a una temperatura moderada de alrededor de 500 °C. El aceite líquido producido puede ser utilizado en aplicaciones múltiples tales como hornos,

calderas, turbinas y motores diésel sin las necesidades de mejora o tratamiento [7].

Distintos factores afectan la efectividad de la pirólisis, entre ellos se encuentran los siguientes: la temperatura, el tiempo de retención y la existencia o no de catalizadores. En este trabajo se analiza el efecto de la temperatura y el tiempo de retención del residuo, en la producción de hidrocarburos líquidos.

El tipo de plástico que se utiliza en este trabajo es el polietileno de baja densidad (LDPE, por sus siglas en inglés: Low Density Polyethylene). Este plástico es ampliamente usado para bolsas, hojas de embalaje y mucho más. Todos estos elementos se utilizan comúnmente en nuestra vida cotidiana y, por lo tanto, los residuos de LDPE que se han acumulado día a día que se conocen como el segundo mayor residuo de plástico después de polipropileno (PP) [7].

Previamente se hizo pirólisis de este residuo en el pirolizador utilizado. Sin embargo, en esas ocasiones no se había buscado construir una curva de calentamiento. En esas pirólisis el producto fue una cera aceitosa de color café con 94.7wt% y la producción de aceite se dio hasta por encima de los 410 °C con el producto principal aún siendo la cera aceitosa [8].

El residuo a utilizar es obtenido de RECICLA.LO S.A de C.V, una empresa recicladora de plásticos ubicada en el municipio de Pénjamo en Guanajuato. Los residuos de LDPE con los que se trabajó provienen del acolchado agrícola. Este acolchado se convierte en residuo tras un solo uso (de 4 a 5 meses como máximo), lo que hace que exista mucha generación de éste. La forma en que es traído de esa empresa es en forma de "lenteja", una forma adecuada para llevar a cabo este proceso con el pirolizador con que se trabajó.

Se planteó para el presente trabajo que el tener una curva de calentamiento mejorará el rendimiento de la pirólisis, disminuyendo el consumo energético y aumentando la producción de combustibles líquidos.

Como objetivo se tiene construir una curva de calentamiento adecuada para pirolizar LDPE, obteniendo como producto de la pirólisis un combustible líquido, del cual se determinarán características como viscosidad, densidad y poder calorífico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Pirólisis

El equipo utilizado fue un reactor cerrado tipo “batch reactor” que funciona por lotes y éstos deben ser de 0.7 a 1 kg cada uno. En primer lugar, se pesó 1 kg de residuos plásticos de LDPE en “lenteja” con un diámetro y espesor de 5mm y 1.75mm, respectivamente. Se colocó la cantidad en el tanque de masa y se cerró, asegurándose de que el cerrado y conexiones fueran correctos. A continuación, se introdujeron los ajustes de temperatura iniciales de termopar base (TB) y termopar medio (TM) siempre con una diferencia de 40 °C.

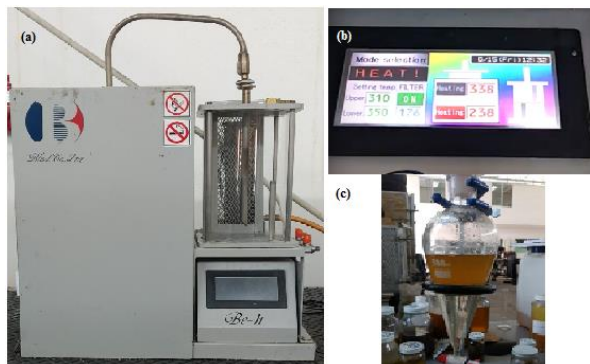


Figura 1 – (a) Piroлизador utilizado, (b) Pantalla de operación del piroлизador, (c) Decantación del producto

Se extrajeron los productos y se separó del agua contenida en él por decantación.

A continuación, hubo filtración para los productos líquidos obtenidos para eliminar ceras y otros contaminantes que podían estar presentes en él.

El proceso consistió en hacer pasar el producto líquido a través de filtros de papel de diferentes tamaños de poro, el primero fue un filtro grueso comercial y el segundo fue un papel de filtro cualitativo, grado estándar 1 de la marca Whatman. Todo esto con ayuda de una bomba de vacío de 2 etapas Avaly VA-80N, y un embudo Büchner.

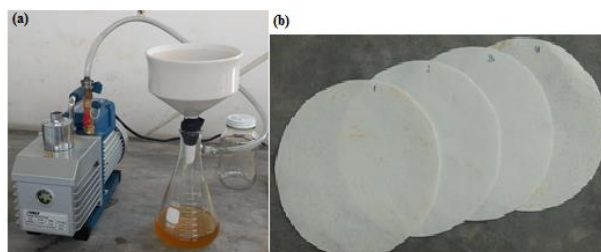


Figura 2 – (a) Filtrado del producto líquido, (b) Filtros utilizados

### Determinación de propiedades físico-químicas del producto

Las propiedades determinadas fueron la densidad, viscosidad y poder calórico.

Para la determinación de la densidad se utilizó un picnómetro de 50 mL y una balanza analítica BEL Engineering M124A. Conociendo la masa de dicho volumen fue posible conocer la densidad.

La viscosidad fue determinada siguiendo el método estándar No. 791b de la designación D445 de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Fue requerido un viscosímetro calibrado, su constante era de 0.5245 a 40 °C por lo que se requirió además un sistema de calentamiento para llevar a cabo las pruebas de pirólisis.

Para determinar el poder calorífico del producto líquido se utilizó un calorímetro IKA C2000 basic version 1 y sistema para control de la temperatura IKA KV600.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Pirólisis

Los tiempos de operación en esta primer pirólisis se definieron sobre la marcha, cuando se notaba que no había producción se incrementaba el ajuste de la temperatura en 25 °C. La temperatura máxima alcanzada fue de 425 °C.

**Tabla 1: Ajustes de TB en la primer pirólisis y su tiempo de operación**

Ajuste de TB [°C]	Tiempo operando [min]
350	61
375	43
400	133
425	242
450	0
Total	479

Al solo llegar a 425°C no hubo una conversión completa de la materia y las cenizas restantes eran viscosas y difíciles de retirar.

**Tabla 2: Porcentaje en peso de los diferentes productos de la pirólisis 1**

Producto	wt. %
Cera	4.000
Ceniza	12.538
Gases	10.803
Aceite	72.600
Residuos líquidos	0.05902

Para la segunda pirólisis ya se habían definido los tiempos a los que se operaría a distintas temperaturas, eso en base a la pirólisis primera. La temperatura aumentó hasta llegar a una TB de 450°C. Las cenizas en esta ocasión no eran viscosas y fueron fáciles de retirar. Como se ve en la tabla 4 la producción de aceite en este caso fue inferior, al llevarse a una temperatura de 450°C se produjeron ceras en vez de aceites. El porcentaje de ceras fue mayor que el de la primer pirólisis. Como recomendación emito llevar a 450°C una

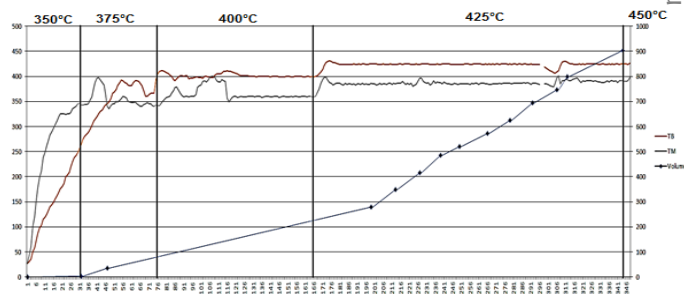
vez que se ha maximizado la creación de productos líquidos.

**Tabla 3: Ajustes de TB en la segunda pirólisis y sus tiempos de operación**

Ajuste de TB [°C]	Tiempo operando [min]
350	30
375	45
400	90
425	180
450	120
Total	465

**Tabla 4: Porcentaje en peso de los diferentes productos de la pirólisis 2**

Producto	wt. %
Cera	27.8000
Ceniza	2.8440
Gases	11.8130
Aceite	57.2000
Residuos líquidos	0.3421



**Figura 3 – Incremento del volumen en el tiempo**

Durante la realización de la segunda pirólisis se hicieron mediciones de volumen aproximado

producido. La temperatura a la que hubo un mayor incremento de volumen fue a 425°C como se ve en la figura 3.

### Propiedades físico-químicas del producto

Para la densidad los valores fueron los siguientes: 0.7713 g/mL y 0.7693 g/mL para los productos líquidos de la primera y segunda pirólisis respectivamente.

Los valores tomados para la viscosidad fueron los siguientes: 1.8744 cP y 1.8022 cP para los productos líquidos de la primera y segunda pirólisis respectivamente.

El valor de poder calórico superior (PCS) de los productos líquidos de pirólisis de LDPE es de entre 39936 y 40796 kJ/kg.



Figura 4 – Productos líquidos de las pirólisis realizadas

### CONCLUSIONES

Nos encontramos en una situación alarmante en materia de gestión de residuos plásticos, estos son contaminantes para el entorno. Existen diferentes estrategias para hacer frente a esta cuestión, como la reducción, la reutilización, el reciclaje, la valorización energética, el tratamiento y la disposición en rellenos sanitarios. Una estrategia que cobra cada vez mayor importancia y en la que hay ya varias líneas de investigación es la valorización energética, en la que clasifica la pirólisis.

La pirólisis de plásticos es una forma de tratar los residuos plásticos, en ella se obtienen productos líquidos combustibles, ceras, gases y cenizas. El

poder calórico de los productos líquidos obtenidos de la pirólisis de plásticos es muy similar al del diésel y gasolina.

Un factor importante en la pirólisis es la curva de calentamiento, es posible obtener hasta un 72 wt% de producción de aceites combustibles sin la necesidad aún de catalizadores. Sin la existencia de curvas de calentamiento hay una mayor producción de ceras.

La pirólisis es una fuente “verde” de energía que además podrá tener un auge próximamente por el contexto en el que nos encontramos a nivel global.

### REFERENCIAS

- [1] (2016). Plásticos en los océanos. 07/20/2017, de Greenpeace Sitio web: [http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos\\_en\\_los\\_océanos\\_LR.pdf](http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_océanos_LR.pdf)
- [2] (2012). Los residuos sólidos. 10/07/2017, de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Sitio web: [http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/educacionambiental/publicaciones/expo\\_residuos\\_solidos.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/educacionambiental/publicaciones/expo_residuos_solidos.pdf)
- [3] El reciclaje de los plásticos. 10/07/2017, de Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Sitio web: <http://www.anipac.com/reciclajeplasticosuam.pdf>.
- [4] Real Academia Española. Diccionario Usual. (2017). 07/22/2017, De rae.es Sitio web: <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=TATC46Q>
- [5] Pirolisis, una técnica de tratamiento térmico no tradicional. (2002). 07/20/2017, de Greenpeace Sitio web: <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/pir-lisis-una-tecnica-de-trat.pdf>
- [6] De Jesús, A. (2014, 05 26). Pirólisis. 07/10/2017, de Ingeniería química Sitio web: <https://www.ingenieriaquimica.net/articulos/361-pirolisis>
- [7] Anuar Sharuddin, S. D., Abnisa, F., Wan Daud, W. A., & Kheireddine Aroua, M. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes.
- [8] Mendoza Rojas, A. E. (2016, 12). Caracterización del proceso de conversión de residuos plásticos en combustible por medio de pirólisis. Caracterización del proceso de conversión de residuos plásticos en combustible por medio de pirólisis. Salamanca, Gto., México