

## Biodiesel. Primer Estudio para su Producción Industrial

**Vera, Luis H. - Días, Osvaldo - Maschke, Cristian - Conesa, Juan F.**

*Facultad de Ing. Electromecánica, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)*

*Av. Las Heras n° 727, Resistencia, Chaco, Argentina, (3500)*

*Tel/Fax: 0054-3722-420076, e-mail: lh\_vera@yahoo.com.ar, Web: http://ing.unne.edu.ar.*

### RESUMEN

La UNNE, como institución comprometida con el desarrollo de políticas de protección medio ambiental, toma la iniciativa de integrar los principios de este desarrollo sostenible y busca implantarlos en la vida comunitaria, impulsando para ello proyectos innovadores y factibles de ser aplicados, así como de lograr los objetivos propuestos. De esta manera la Facultad de Ingeniería, conjuntamente con la Municipalidad de la Ciudad de Resistencia, Chaco, uniendo esfuerzos en el "Programa Municipal de Energías Limpias", confirma el compromiso adoptado con el medio ambiente a través de este proyecto. Proyecto cuya finalidad es la obtención de un combustible ecológico para uso directo en motores a gasoil, a utilizarse en vehículos municipales y medios de transporte públicos. Para alcanzar este objetivo se construirá una planta modelo, que utilizará como materia prima el aceite vegetal usado (AVU) conjuntamente con efluentes de industrias locales.

En este resumen se presenta el primer trabajo realizado para la obtención de biodiesel a escala industrial, este ensayo se realizó en un laboratorio químico en la ciudad de Corrientes. Este primer ensayo nos sirvió para determinar tiempos que lleva cada proceso, cantidades de productos que deben ser mezclados para una óptimo proceso a escala industrial y dificultades que se tendrán que prever.

### ANTECEDENTES

La idea que impulsa este proyecto surgió en el año 1998. Gracias a la inquietud de profesores y alumnos de la cátedra Máquinas Térmicas, se realizaron los primeros experimentos destinados la obtención de combustibles alternativos para uso automotor, así como para la detección de combustibles adulterados. Estas experiencias formaron parte del dictado del curso Combustión y Combustibles. Durante años siguientes se continuó trabajando en la elaboración y determinación de las características de los combustibles alcanzados a escala de laboratorio (Lorenzo, 2003). Hoy, con una amplia experiencia en el tema, se presenta la creciente necesidad de suministro de un combustible renovable, y cuya elaboración se asocia a la preocupación por el cuidado del medio ambiente. Por estas razones resulta propicio este momento para la implementación de una planta modelo que permita la obtención de 10000 litros mensuales de un combustible para uso automotor, producido a partir del aceite vegetales usados (Oliveira, 2004) y residuos industriales, conocido como BIODIESEL.

Este trabajo, se centralizará en la metodología de obtención del biodiesel<sup>(1),(2)</sup> así como en los elementos intervinientes en el proceso.

Existen diversos estudios realizados sobre la obtención de este tipo de combustible (Meher et al. 2004; Díaz Yanovich et al. , 2004), que pueden ser consultados en caso de necesitarse mayor información sobre el proceso de obtención de biodiesel (transesterificación).

### ELEMENTOS UTILIZADOS

Con motivo de realizar el primer ensayo para la obtener biodiesel a escala industrial y determinar:

- Secuencia y tiempo de procesos,
- Proporciones de sustancias que se deben mezclar y
- Dispositivos electromecánicos a proyectar.

Un grupo de profesores y estudiantes se trasladó (utilizando medios propios) a la planta química para utilizar los equipos adecuados a la realización del ensayo.

Los principales elementos utilizados en el proceso fueron los siguientes:

*Sistema de agitación:* compuesto por un eje de acero inoxidable sobre cuyo extremo, se fija una turbina tipo radial de 0,2 m de diámetro (similar a los ventiladores para refrigerar los motores trifásicos), la turbina se encuentra a una distancia de 0,3 m del fondo del reactor. En el otro extremo del eje el movimiento de rotación del mismo es impartido por un motor de corriente continua de 2000 rpm que se acopla por medio de un reductor tipo sin fin corona.

La regulación de velocidad se completa a través de un sistema electrónico que permite, además de la reducción de 5:1 del sin fin corona, una variación de 0 a 500 rpm. Todo el sistema descrito está montado sobre la tapa del reactor. Este sistema es necesario ya que la agitación produce la transesterificación de los productos.

*El reactor:* es el equipo donde se produce la transesterificación. Está formado por un cilindro de acero inoxidable de 300 litros de capacidad (250 lt. utilizables), que puede soportar hasta 10 Kg. de presión, se encuentra rodeado por una sistema de calefacción que consta de un serpentín formado por caños de inoxidable de 1/4", por los cuales circula vapor de agua a 120 ° (2 ata.).



Fig. 1. Foto del Reactor de 250 litros de capacidad real.

El vapor ingresa por la parte superior del cilindro, a medida que se condensa es evacuado por la parte inferior del reactor a través de una trampa de vapor. Este sistema de calefacción se encuentra aislado térmicamente del exterior con fibra de vidrio y sobre este aislador se coloca una camisa de acero inoxidable. La importancia de este sistema de calefacción consiste en la disminución de tiempo para la transesterificación y sirve para aumentar la fluidez del producto.

El reactor posee además un sistema de presurización que permite, con el ingreso de aire a presión, incrementar la presión dentro del cilindro hasta 3 ata.. Para evitar pérdidas de presión se tiene un sistema de sellado con glicerina en el eje del agitador. El sistema de presurización, así como el de calefacción, son muy importantes para incrementar la velocidad de salida de los productos del reactor.

En la parte superior se tienen 2 visores, uno permite ver si el producto que está siendo batido no forma mucha espuma y el otro para la entrada de luz al reactor.

Un sensor controla la temperatura de los productos, y basados en su lectura se regula la temperatura estrangulando el flujo de vapor de una válvula, o en casos en que se necesite enfriar inmediatamente el producto, posee un circuito que permite inyectar agua fría dentro del sistema de calefacción.

La parte superior del reactor posee una tapa con 10 bulones (sobre esta tapa va adherido el sistema de agitación), la que se retira para la limpieza del interior del reactor.

La parte inferior del reactor es semi-esférica y posee un caño de acero inoxidable para la extracción de los productos de la transesterificación.

*El Filtro:* el cuerpo está formado por un cilindro de acero inoxidable en el cual se introduce un filtro (tipo cartucho de forma de corona circular) de 25 micrones. El filtrado se realiza a través de un sistema de trampas que introduce el aceite sucio a presión en la cavidad interior del filtro, y luego se difunde atravesando las paredes del filtro y es evacuado por cavidades que no tienen contacto con el circuito de carga.

*Línea de vapor:* es producida por una caldera Vaporex de 10 Kg., que tiene una capacidad de producción de vapor de 300 Kg./hr. La presión de entrada al circuito calefactor del reactor es reducida a la presión de trabajo de 2 Kg. por medio de una válvula automática.

Los elementos antes descriptos son los dispositivos básicos utilizados en el proceso de obtención del biodiesel.

## DESARROLLO DEL ENSAYO



Fig. 2. Realización del ensayo.

En este primer ensayo se utiliza aceite de soja virgen, que sale de prensado, con un PH neutro e inexistente contenido de agua, esto último es de suma importancia destacar ya que el agua presente en el aceite perjudica al proceso (Dadan and Shiro, 2004). El volumen de aceite introducido es de aproximadamente 45 litros.

Antes de introducir el aceite en el reactor se vertió el metóxido, que se preparó con 5 lt. de alcohol metílico y 1/2 Kg. de hidróxido de potasio. Este último elemento es agregado, como reemplazo del hidróxido de sodio, para permitir la utilización de los residuos del biodiesel como fertilizante<sup>(3)</sup>.

Luego de tener el metóxido y el aceite, se hace circular el vapor en el sistema de calefacción y se comienza a agitar la mezcla a una velocidad aproximada de 300 rpm. Aquí es importante controlar el nivel de temperatura de la mezcla para que no llegue a los 80 °C, determinándose la temperatura de régimen de funcionamiento se estableció entre 55° +/- 10° C (Van Gerpen et al., 2004).

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE**  
**Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005**

---

Después de una hora de agitación, se sustrajo una muestra de 100 cc, que permite saber, por decantación de la glicerina, si el proceso de transesterificación ha finalizado. Se determinó que para una hora en las condiciones antes establecidas ya se había producido la mayor parte del proceso, se mantuvo el ensayo por 30 minutos más, y nuevamente se tomó una muestra de 100 cc. para analizar si se presentaba alguna variación después de este tiempo.

Próximos ensayos repetirán este proceso durante 3 horas y se tomarán muestras cada 15 minutos, para determinar el tiempo mínimo en que la mezcla reacciona totalmente. Este tiempo difiere según las especificaciones de diferentes autores (entre 30 y 90 minutos), y no se conoce con precisión como afecta a la calidad del producto final.

Después de 1 hora y 30 minutos se detuvo la agitación y el aporte de calor. Se dejó decantar solo 15 minutos, que se sabía no era recomendable (se necesitaba dejar 2 horas como mínimo<sup>(4)</sup>), debido a que no se poseía en ese momento un recipiente para retirar el volumen de producto, y si se lo dejaba estacionar dentro del reactor, la glicerina que se iba acumulando en su parte inferior, debido a la viscosidad, podría obstaculizar el vaciado del reactor. Por lo expuesto se procedió a retirar cada 10 minutos la glicerina que se iba decantando; deteniéndose el proceso cuando se percibía un cambio en la densidad y color del líquido extraído. Este procedimiento se realizó 3 veces más, interrumpiéndose el proceso al considerar que se había separado toda la glicerina (en función de la cantidad teórica de glicerina que se obtiene para la cantidad de aceite utilizado).

Luego del retirado de la glicerina (aproximadamente 5 litros), y considerando que lo que quedaba en el reactor era solo biodiesel, se realizó el lavado del éster para retirar los residuos jabonosos que quedasen mezclados con el combustible y a su vez para neutralizarlo<sup>(5)</sup>. Se habla de neutralizar el éster ya que en esta etapa se tiene un combustible alcalino.

Para el lavado se introdujo en el reactor 5 litros de agua destilada y se batió la mezcla a 400 rpm durante 10 minutos, luego se dejó estacionar 10 min. Este paso clarificó el biodiesel obtenido, pero también dio lugar a la formación de "jabón" de color blanco, se extrajo una muestra del producto obtenido conjuntamente con una cantidad de líquido igual al volumen de agua introducido.

Se procedió a lavar nuevamente el biodiesel agregando 3 litros de agua destilada, con lo que se aumentó el porcentaje de jabón formado, se extrajo una muestra y se dejó estacionar.

Se realizó seguidamente un tercer lavado con 3 litros de agua destilada, igual procedimiento que en los casos anteriores. En cada uno de estos sucesivos lavados el color del biodiesel iba cambiando de un tono pardo a un amarillo semi-opaco, mejorando considerablemente su aspecto, su transparencia, bajando el pH y aumentando el volumen de jabón que se formaba.

En total fueron 3 lavados realizados con agua destilada para obtener al final 3 bidones, de muestra, con jabón más biodiesel. Se dejó decantar estas muestras y después de 6 horas se tuvo una perfecta separación del jabón, formado por la combinación del agua con las impurezas que quedaron del biodiesel, y el combustible. Es importante destacar la que se recuperó de cada uno de estos bidones un porcentaje importante de biodiesel.

Después de los procedimientos antes descritos (sustracción de glicerina y lavado), el producto que quedó en el reactor es extraído, aproximadamente 32 litros, formada por 17 litros de biodiesel neutralizado y 15 litros de biodiesel mezclado con jabón, este exceso de jabón se debió a que la cantidad de hidróxido con la que se formó el metóxido (metanol + hidróxido de potasio) fue muy superior a la necesaria, por lo que el residuo que no participó de la transesterificación, en el lavado, se saponificó.

Luego, lo producido en el reactor es filtrado a través de una membrana de 25 micrones. El biodiesel obtenido todavía no tiene un color transparente, es de color amarillo semi-opaco por lo cual se filtra nuevamente pasándolo a través un filtro pulidor (filtro de fibra) con lo que se clarifica y toma brillo. El biodiesel así obtenido es neutro, PH = 7, pero aún está un poco turbio debido al agua que contiene el éster, por lo que es necesario una extracción de este último para obtener un mejor rendimiento del combustible.

Un problema que se presentó en la etapa de filtrado (con membrana de 25 micrones), fue el taponamiento de los filtros a causa de la goma que dejaba la mezcla de jabón y biodiesel; aquí se denota la importancia de realizar un lavado del combustible ya que estas gomas (ácidos libres) que se encuentra en el éster son retenidos por el agua. En caso de no realizarse el lavado estas gomas pueden producir obstrucciones en el filtro de gasoil.

La limpieza de los filtros de 25 micrones se hizo con agua y un soplete, y el residuo obtenido es luego sumado a los residuos del lavado.

El jabón mezclado con biodiesel se separó a través de una destilación, en la cual después de pasarlo por un filtro de fibra se recupera un 70 % del combustible.

Se estimó que la glicerina no decantada es otro elemento que ocasionaba la formación de jabones, por lo que se separó 300 cc. de glicerina, se la mezcló con 300 cc de agua y se batió, con lo que se obtuvo una sustancia parecida a la obtenida en los lavados pero más densa; una emulsión. Se hizo lo mismo con el biodiesel y se formó nuevamente el jabón pero se presentó una separación de fases, por lo que se determinó que la glicerina en el combustible también propició la formación de jabones.

El residuo obtenido en este proceso es jabón y agua potásica, a los que se agregaron nitrógeno y fósforo para transformarlo en un fertilizante.

Los productos finales que se obtuvieron en este proceso, que en otro artículo serán especificados, fueron biodiesel, glicerina con la que se prepara una crema humectante y con los residuos se obtuvo fertilizante. La figura 3 muestra cada uno de estos elementos.



Fig.3 –Foto de los productos finales obtenidos de izquierda a derecha son: biodiesel filtrado, biodiesel lavado, glicerina con biodiesel, crema humectante a base de glicerina, y fertilizante.

### Conclusión

A través de este ensayo se determinaron los problemas que se pueden presentar en un proceso de obtención de biodiesel a escala industrial, así como las proporciones y tiempos con las que se debe trabajar para optimizar la calidad de producto y los recursos intervinientes.

Las principales conclusiones a que se llegaron luego de este ensayo:

- Para el método aplicado se tuvo un rendimiento de 79%, para 50 litros de producto (aceite + metóxido) se obtuvieron 39,5 litros de biodiesel. Además de 5 Kg. de glicerina y 16 Kg. de agua potásica más jabón. Estos productos serán tratados químicamente para su transformación en glicerina comercial y en fertilizante. El bajo rendimiento obtenido se debió al bajo tiempo de decantación de la glicerina y al exceso de hidróxido de potasio.
- Necesidad de mayor tiempo de decantación para disminuir el porcentaje de glicerina en el biodiesel, con lo que se propiciaría una menor formación de jabones. Para esto se propone la utilización de tanques exclusivos para decantación.
- Necesidad de estudiar, con nuevos ensayos, el tiempo mínimo para la transestrificación en función de la velocidad de agitación, temperatura y relación volumétrica entre metóxido y aceite.
- Encontrar nuevos y más efectivos sistemas de filtrado, tanto para el biodiesel como para el aceite vegetal usado.
- Eliminar el exceso de agua que se encuentra contenido en el ester después del lavado y filtrado, ya sea por calentamiento o través de bombas de vacío.

### Referencias

- Meher, L.C; Vidya Sagar D. and Naik S.N., (2004), **Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review** *Renewable and Sustainable Energy Reviews, In Press, Corrected Proof*
- Dadan Kusdiana and Shiro Saka, (2004), **Effects of water on biodiesel fuel production by supercritical methanol treatment.** *Bioresource Technology, Volume 91, Issue 3, Pages 289-295*
- Díaz Yanevich, C. E., Brachna, D. O., Sánchez, C. N., Okulik, N. B., Mattea, M.A, (2004), **Avances e Avances en la obtención de biodiesel a partir de aceite de algodón en la obtención de biodiesel**, Universidad Nacional del Nordeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas
- Van Gerpen J., Shanks B., Pruszko R., Clements D. and Knothe G., (2004), **Biodiesel Production Technology**, National Renewable Energy Laboratory, Colorado
- Oliveira A C., Felizandro AS, Oliveira, BL, Rosa MF, (2004), **Materias Primas alternativas para produção de biodiesel**, XII Congreso Ibérico y VII Congreso Ibero Americano de Energía Solar, Vigo, España.
- Lorenzo H., Díaz O., Saltó F., Guidini G, Mashke C., (2003), **Obtención y ensayos del Biodiesel**, Universidad Nacional del Nordeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.

### Páginas de Internet

- <sup>(1)</sup><http://www.inversiones.gov.ar>
- <sup>(2)</sup><http://www.sagpya.mecon.gov.ar>
- <sup>(3)</sup><http://www.osti.gov/bridge>
- <sup>(4)</sup><http://www.fyo.com/general/ampliar.asp?IdNoticia=11494&IdAutor=10699&idtipoinformacion=30>
- <sup>(5)</sup><http://www.journeytoforever.org/energiaweb>