

Propuesta de minimización del impacto ambiental producido por vertidos de aceites vegetales usados. (*)

**Héctor Chamorro (1) y Antonio Seijas (2)
(Corina Macías y Carla Sostegni, Colaboradores) (3)**

Resumen:

Este artículo Desarrolla una propuesta para minimizar el impacto ambiental producido por los vertidos de los aceites vegetales usados (AVU) a las redes de aguas de desecho municipales, vertederos, rellenos sanitarios, cuerpos de aguas naturales. . Se determinó y cuantificó el universo de potenciales suplidores de aceites vegetales usados en la ciudad de Puerto Ordaz, Con los AVU se producirá un combustible ecológico, a través de la transesterificación de esteres. Se diseño y construyo una planta piloto para estudiar las reacciones químicas involucradas en el proceso y la producción del combustible ecológico (BIODIESEL), que podrá ser utilizado en cualquier motor Diesel.

Palabras Clave

Aceites vegetales usados (AVU), Impacto ambiental, BIODIESEL, Ecología, Diseño

Abstract

This article Develops a proposal to minimize the environmental impact taken place by those poured of the used vegetable oils (UVO) to the nets of municipal waste waters, drains, sanitary fillers and bodies of natural waters. It was determined and it quantified the universe of potential suppliers of used vegetable oils in the city of Puerto Ordaz, With the UVO an ecological fuel will take place, through the transesterification of you mat. You designs and I build a plant pilot to study the chemical reactions involved in the process and the production of the ecological fuel (BIODIESEL) that will be able to be used in any Diesel motor.

(Key words)

Used Vegetable oils (UVO), Environmental impact, BIODIESEL, Ecology, Desing.

(1) Ing. Termoenergético, Bucarest Rumania, Esp. Investigación de Operaciones UCV; Prof. Asistente Escuela de Ingeniería Industrial, UCAB – Guayana; email: tito@telcel.net.ve; hchamorr@ucab.edu.ve

(2) Ing. Químico UCV, Esp. En Gerencia UNEG; Prof. Asistente Escuela de Ingeniería Industrial, UCAB – Guayana; email: aseijas@ucab.edu.ve

(3) Estudiantes Escuela de Ingeniería Industrial, UCAB – Guayana

(*) Subvención parcial de UCAB-Guayana

Introducción

Los aceites vegetales usados (AVU) generados por los diferentes usuarios (Restaurantes, kioscos de comida rápida, o en nuestros hogares, etc.), por lo general se vierten a la red de agua de desecho municipal, o en la tierra (monte) o se llevan a un relleno sanitario.

La normativa ambiental reporta como máximo 20 mg. /litro, de aceites naturales vertidos en ríos y espacios naturales. También reporta que si el vertido es a un sistema municipal y posterior procesamiento, lo máximo sería 150 mg /litro. (Decreto 883, 1995)

Debido a esto nos preguntamos, si se pueden ¿reutilizar estos aceites vegetales usados y que puedan producir algún producto de uso no contaminante y de bajo costo?.

Para saber esto, realizamos una investigación bibliográfica en Internet en lo referido que hacer con estos compuestos orgánicos lípidos para poder degradarlos.

La investigación arrojó que se pueden utilizar para producir un combustible ecológico no contaminante denominado BIODIESEL, considerado como el combustible verde por los países europeos.

Planteamiento del problema

El problema de que hacer con los aceites vegetales usados (AVU), para minimizar el impacto ambiental y encontrar la posible solución, nos llevó a realizar una investigación bibliográfica (Journeyforever.org 2003); (enlazado.com 2003)

Al encontrar la solución, que es la de producir un combustible ecológico denominado BIODIESEL, nos hicimos la pregunta ¿estamos en capacidad de producirlo? en nuestros laboratorios de la UCAB-Guayana. La respuesta fue afirmativa y comenzamos con la investigación propiamente dicha.

Metodología

La metodología se basa en:

- Investigación Bibliográfica
 - Explorar la posibilidad de producir el combustible ecológico a partir de los AVU.
 - Explorar sobre las ventajas y virtudes que representa usar Biodiesel como combustible, tanto para el medio ambiente como para los motores que lo utilicen.
- Investigación teórica conceptual
 - Estudiar las reacciones químicas para producir un combustible ecológico llamado Biodiesel a partir de los AVU.
- Encuesta de campo, a través de una muestra intencional tomando en cuenta el alto volumen de producción de los AVU.

DEP. LEGAL: PPX 200502ZU1950 / ISSN: 1856-1810 / Directorio LATINDEX: 14.593

- Determinar la cantidad de potenciales productores de aceites vegetales usados, que hacen actualmente y que harán en el futuro con ellos.
- Determinar los criterios de diseño y construcción de una planta piloto.
- Establecer los próximos pasos a seguir con esta investigación.

Desarrollo

Después de tener la certeza que podemos producir un combustible ecológico denominado BIODIESEL, para minimizar el impacto ambiental producido por los aceites vegetales usados (AVU), realizamos los siguientes pasos:

- **Determinación de la cantidad de aceites vegetales usados**
 - Determinar el universo de potenciales aportes de aceites vegetales usados
 - Consultarles como lo almacenan y donde los llevan para corroborar el manejo de los mismos y su impacto al ambiente.
 - Determinar la cantidad de los aceites vegetales usados y la frecuencia.

Para responder a esto, realizamos una encuesta que arrojó como resultado la siguiente tabla. (Encuesta UCAB- 2004)

POTENCIALES PRODUCTORES DE ACEITE VEGETAL USADO

PRODUCTORES	Cantidad (litros)	Frecuencia (Semanas)	Cómo lo almacenan	Donde los llevan
Wendy's (A.V.)	50	1	Envases tapados	Aseo / relleno
Cafetin UCAB y Loyola	216	1	"	"
Wendy's (C.B.)	50	1	"	"
M ^c Donald (P.O.)	324	2	"	"
M ^c Donald (A.V)	324	2	"	"
M ^c Donald (Un.)	15	2	"	"
M ^c Donald (M.C)	42	2	"	"
Pollos Arturo	1100	2	"	Lo venden
Daniel's Pollos	40	1	"	Aseo / relleno
Yaniel's Pollos	20	2	"	"
Empanadas "El Maracucho"	72	2	"	"
American Donut	75	2	"	"
Mercado Unare	43	1	Botellas	Regalo / botan
PROMEDIO	885	1	Envases tapados	Aseo / relleno

Estudiantes UCAB y Loyola 1000 1 Envases

- **Resultados de la encuesta**
 - Existe una cantidad potencial de 885 litros de aceite vegetal usado por semana.

DEP. LEGAL: PPX 200502ZU1950 / ISSN: 1856-1810 / Directorio LATINDEX: 14.593

- Existe una población potencial de estudiantes en la UCAB y en el Colegio Loyola Gumilla, para recolectar más de 1000 litros/semana
- El aceite a recolectar lo almacenan en cuñetes en un 93,6 % antes de enviarlo al relleno sanitario (solo un 65 %) a través de la empresa recolectora de basura, o antes de verterlo al río, en un 35%.
- Todos Los productores de aceite vegetal usado (AVU) están dispuestos a contribuir con el medio ambiente y donar dicho aceite en un 100 %.

• **Estudio de las reacciones químicas**

En forma paralela estudiamos como se dan las reacciones químicas en la producción del combustible ecológico denominado BIODIESEL (Morrison R. 1976); (Nacional Biodiesel Borrada, 2006)

Para ello es necesario estudiar como se puede imitar la naturaleza, debido a que:

- Nos dejamos llevar por lo hacen los microorganismos con este tipo de grasas.
- La naturaleza en su afán de autodepurarse utiliza una serie de bacterias hidrolíticas, capaces de digerir los hidratos de carbono, grasas y proteínas para producir moléculas de menos peso molecular, es decir más amigables con el ambiente.
- Encontramos como simular a la naturaleza, a través de una reacción típica, que al degradar las grasas produce un tipo de ácido graso capaz de ser utilizado como **combustible ecológico**.

Qué es el BIODIESEL

Es una mezcla de esteres, proveniente de la transesterificación de aceites vegetales usados con un metóxido.

Porque es una alternativa energética

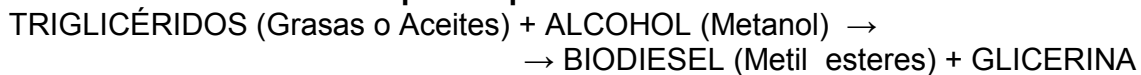
La mezcla de esteres sirven de combustible para motores de combustión interna tipo diesel, a bajos costos y de fácil producción en sitio.

Porque es una alternativa biodegradable

Primero; porque reutiliza aceites comestibles usados

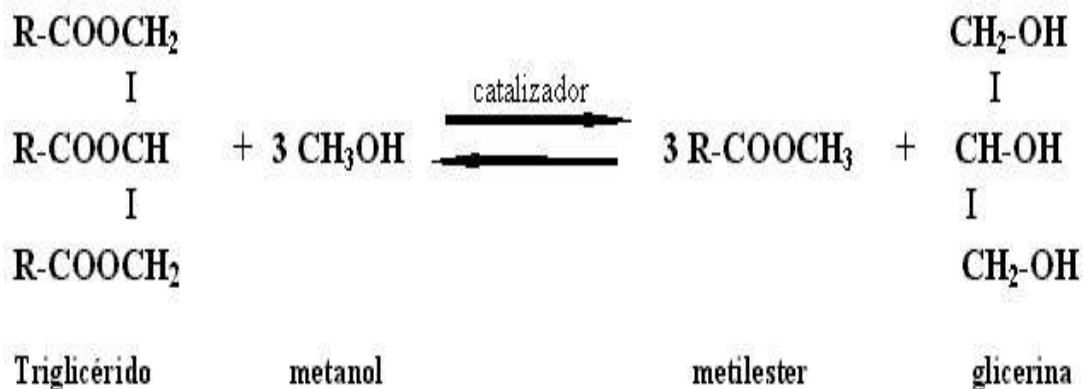
Segundo; porque el combustible generado no contamina el ambiente al ser utilizado.

Los elementos necesarios para la producción de BIODIESEL son:



Como catalizador se utiliza: SOSA

Reacción típica de transesterificación



100 kg

11 Kg

100 Kg

11 Kg

- **Diseño de una planta piloto**

Con la información obtenida de la encuesta y el estudio de las reacciones químicas y en función de la capacidad potencial de producción de los aceites vegetales usados (AVU), diseñamos una planta de 25 litros para estudiar las reacciones químicas que ocurren durante el proceso de producción del combustible ecológico denominado BODIESEL

- **Diseño del reactor de mezcla**

Puesto que todos los procesos químicos giran en torno al reactor químico, es por lo tanto uno de los factores más importantes para determinar la economía general del proceso.

Los reactores químicos utilizados en los diversos procesos industriales existen en una variedad de diseños, con frecuencia inclusive se utilizan equipos de diferentes diseños para una misma reacción, justamente el caso aquí tratado, que si bien se parte de un reactor básico, se termina en un reactor de mezclado y con sedimentación.

Al iniciar la tarea de diseño, se requiere de siguiente información:

- El tipo de reacción (simple o compleja)
- La necesidad de un catalizador
- Las fases comprendidas
- La modalidad de control de temperatura y presión (isotérmico, adiabático u otro, la necesidad de presión de vacío, etc.)
- La capacidad de producción.

Además, los datos básicos necesarios incluyen:

- Las expresiones químicas de velocidad y la variación de los parámetros de velocidad en función de la temperatura, la presión, etc.
- Las características de transferencia de calor y masa.
- Las propiedades de todos los componentes que participan en la reacción.

Si analizamos los puntos anteriores para el diseño del reactor que permitirá la fabricación del combustible ecológico denominado Biodiesel, podemos concluir que: la

DEP. LEGAL: PPX 200502ZU1950 / ISSN: 1856-1810 / Directorio LATINDEX: 14.593

reacción que se lleva a cabo en el reactor es simple ya que a partir de aceites vegetales usados, un reactivo como el metanol y un catalizador como el NaOH se producen directamente tres ésteres metílicos (biodiesel) y glicerol.

Esta reacción se realiza a presión atmosférica, y a una temperatura moderada de 50 °C a 60°C para garantizar que todos los triglicéridos estén en fase líquida.

Teniendo en cuenta estas premisas se decidió que el reactor a utilizarse es un reactor discontinuo. Este tipo admite todo los reactivos al principio y los procesa según un curso predeterminado de reacción durante el cual no se alimenta o se extrae ningún material, por lo común el reactor tiene la forma de un tanque con o sin agitación, y se usa primordialmente en una producción a pequeña escala. La mayoría de los datos cinéticos básico del diseño de reactor se obtienen en esta clase de equipo.

Basándose en la bibliografía (Formoso A. 2000) y (Perry R), se considero que las medidas del reactor serían:

- Diámetro del reactor (D): 28 cm.
- Diámetro del aspa: 14 cm.
- Altura del cuerpo central (H):42 cm.
- Holgura superior. 8.4 cm.

Hay que hacer notar que si bien la reacción es sencilla, del tipo

$A + B \longrightarrow C + D$, también es reversible y obedece a una reacción de segundo orden, y además la velocidad de conversión es de una hora, garantizando el rendimiento entre un 96 y 98%, produciendo aproximadamente un 90% de ésteres (biodiesel) y un 10% de glicerol, referido siempre a la alimentación de aceite.

Altura total sin casquete: 50,4 cm.

Entonces con estos datos y la fórmula:

$$\text{Volumen de un cilindro} = \pi r^2 H = \frac{\pi D^2 H}{4}$$

$$\text{Volumen de un cilindro} = \frac{\pi \times (28\text{cm.})^2 \times 42\text{cm.}}{4} = 25861,59 \text{ cm}^3$$

Entonces si $1000\text{cm}^3 = 1\text{lt}$:

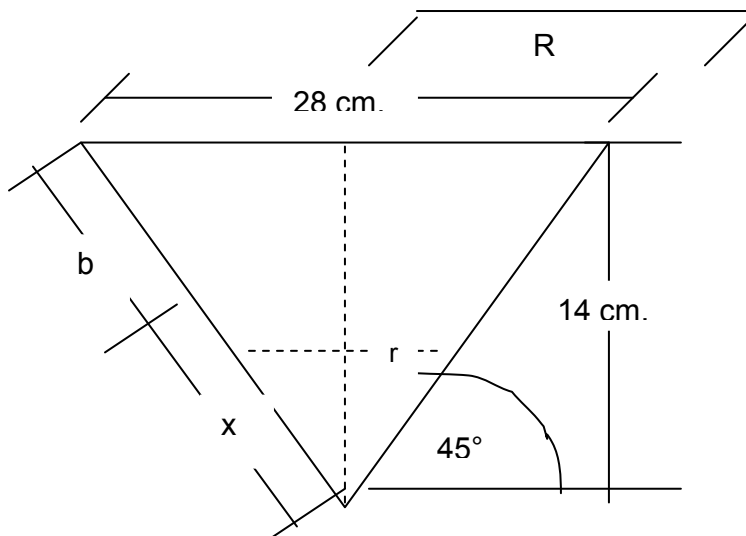
El volumen del reactor considerado es de 25 litros aproximadamente, se toma este volumen por cuestiones de capacidad.

Es significativo destacar que la holgura en el reactor es para que funcione como medio de seguridad: Al momento de introducir las sustancias, para que se lleve a cabo la reacción, muchas veces se introduce mayor cantidad que la que soporta el cuerpo central, por lo que se debe anexar al reactor un volumen de seguridad que impida el derrame de la mezcla realizada dentro del mismo.

Como es necesario separar los productos finales (glicerol y biodiesel), se utilizará el proceso de decantación, el cual será posible llevarse a cabo por medio de un embudo que se anexará en la parte inferior del reactor y el cual estará conectado a una tubería o manguera que tendrá conectada una válvula que permitirá regular la salida de las sustancias.

○ **Diseño del embudo:**

Basándose en (Formoso A. 2000) y (Perry R), se considero que las medidas del embudo serán las siguientes:



$r = 1.5 \text{ cm}$ (tamaño aprox. de la válvula)
 $R = 14 \text{ cm}$.

$$h = (b+x) = \frac{14 \text{ cm}}{\text{sen } 45^\circ} = 19.8 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

$$\frac{R}{(b+x)} = \frac{r}{x}$$

$$x = \frac{1,5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}}{14 \text{ cm}} = 2,14 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 18 \text{ cm}$$

$$a = R - r = 14 \text{ cm} - 1,5 \text{ cm} = 12,5 \text{ cm}$$

$$\varepsilon = \frac{b \times R}{A}$$

$$\varepsilon = \frac{18 \text{ cm.} \times 14 \text{ cm.}}{12.5 \text{ cm}} = 20.16 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{180^\circ \times R}{\varepsilon}$$

$$\alpha = \frac{180^\circ \times 14 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 126^\circ$$

$$F = \text{tg} (\alpha / 2) \times C$$

$$C = \varepsilon \times \text{sen} \alpha = 20 \text{ cm} \times \text{sen} 126^\circ$$

$$F = \text{tg} (126^\circ/2) \times 16 \text{ cm} = 31,40 \text{ cm} = 32 \text{ cm}$$

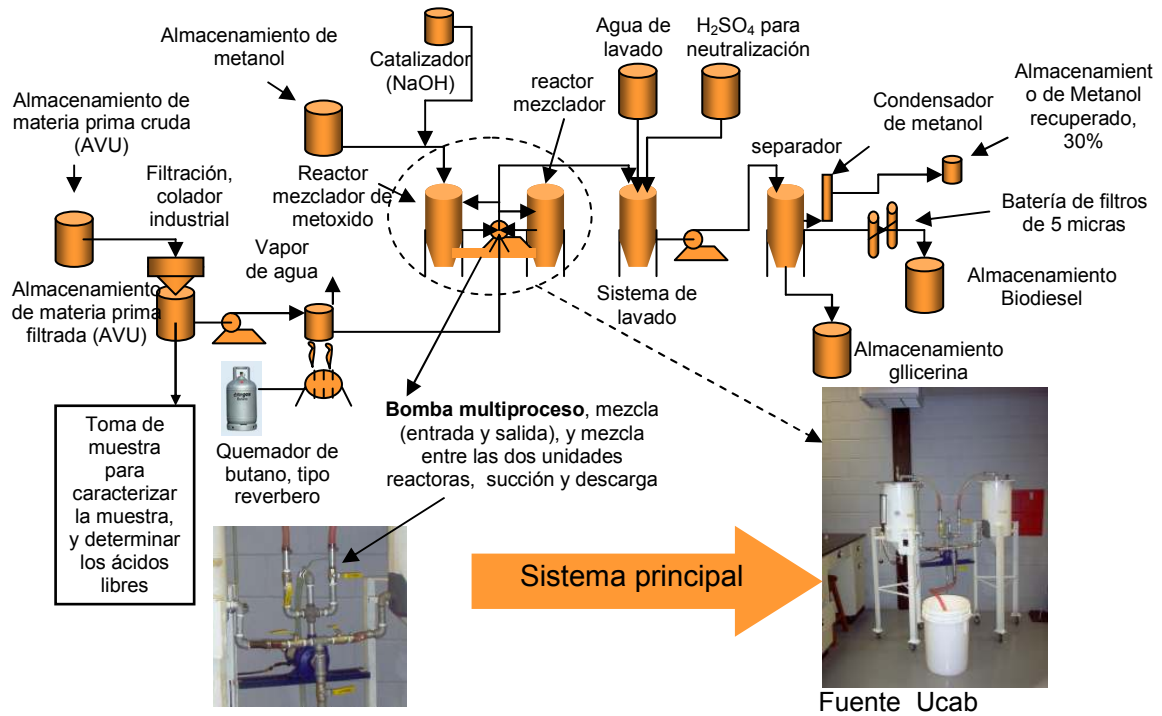
La nomenclatura y diseño del reactor verlo en el anexo.

Se ha considerado fabricar 4 reactores con las mismas características: 2 donde se llevará a cabo la producción de biodiesel y los otros dos serán para la separación del biodiesel de la glicerina.

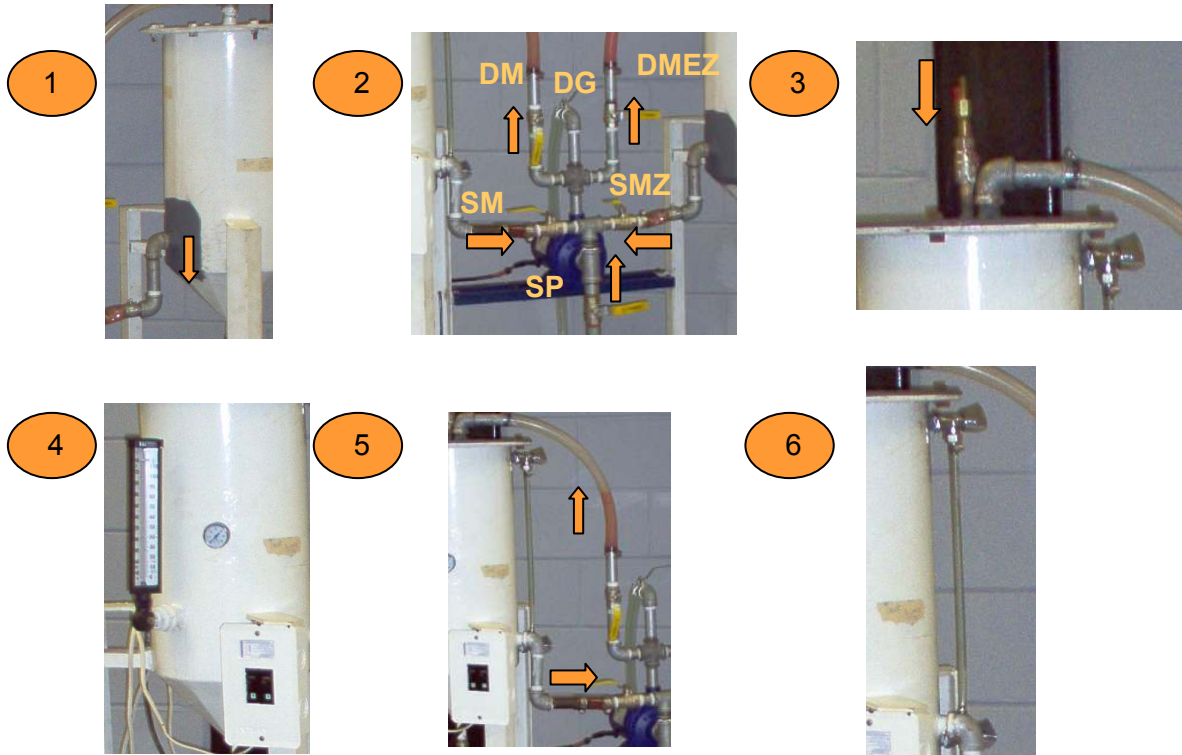
Respecto al material de construcción, si bien el deber ser es de acero inoxidable, pero tomando en cuenta de ser una pequeña planta piloto y nuestro ajustado presupuesto, utilizaremos acero al carbono de 4 mm. de espesor.

En la siguiente figura se muestra el esquema de la planta diseñada por (Seijas A., 2005), con los criterios y detalles de diseño, como el diagrama de flujo del proceso.

Esquema planta piloto



Detalles de la planta piloto ya construida



Fuente Ucab

Detalle N° 1

Se puede notar que la succión siempre esta por encima de la parte cónica del reactor, con la finalidad de no succionar sólidos de glicerina, formados en el transcurso de la reacción (aproximadamente 60 minutos) para evitar dañar la bomba de succión.

Detalle N° 2

Bomba multiproceso. Mezcla el metóxido y los aceites con el metoxido, se puede trasegar de un reactor a otro, succionar para cualquier reactor y se puede descargar cualquier reactor por separado o los dos a la vez.

SM = Succión del reactor de mezcla de Metoxido

SP= Succión Principal

SMEZ= Succión del reactor de mezcla

DM= Descarga al reactor de mezcla metoxido

DMEZ= Descarga al reactor de mezcla

DG= Descarga general

Detalle N° 3

Alimentación del metanol al reactor de mezcla del metóxido

Detalle N° 4

Sensor Medidor de temperatura para garantizar la temperatura óptima del proceso de aproximadamente 60 ° C.

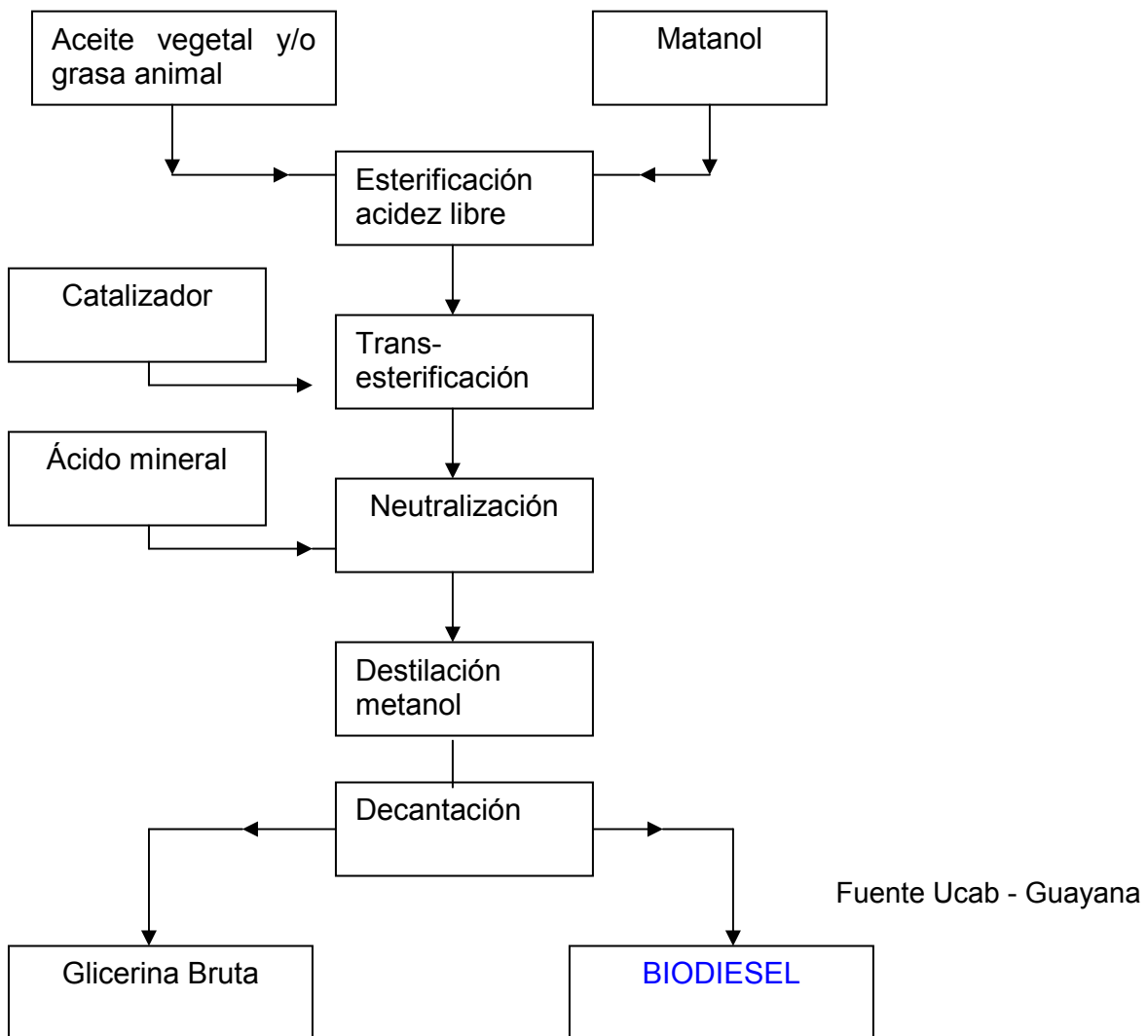
Detalle N° 5

Con el sistema de bombeo de entrada y salida del fluido en el mismo reactor, se logra el efecto de mezcla deseado, el cual se debe prolongar por aproximadamente 60 minutos, tiempo de duración de la reacción de transesterificación

Detalle N°6

Sistema de medición de nivel óptica del fluido

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO



• **Ventajas y virtudes**

En las siguientes tablas se muestran las diferentes ventajas (relacionadas con la reducción de la contaminación (Universidad de Idaho, 2006) y virtudes (relacionadas con el uso en el motor) que se obtienen con la utilización del combustible BIODIESEL.

El BIODIESEL como combustible reduce la contaminación

• Las emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂) en un 100 %
 • Las emisiones de dióxido sulfuroso (SO₂) se reducen un 100 %.
 • Las emisiones de hollín se reducen entre un 40-60%,
 • Las emisiones de Hidrocarburos (HC) se reducen entre un 10-50 %.
 • La emisión de monóxido de carbono (CO) se reduce entre un 10-50%.
 • La emisión de hidrocarburos poli cíclicos aromáticos (PAHs) 71%.
 • La emisión de compuestos aromáticos y aldehídos se reduce en un 13%.
 • La emisión de óxidos nitrosos (NOx) se reduce, o aumentan, 5-10% de acuerdo con el desgaste del motor, y la calibración de la bomba inyectora.

VIRTUDES

Usado como aditivo lubricante en Gas-Oil.	SÍ
Requiere modificaciones el motor.	NO
Efectivamente corta emisiones.	SÍ
Es considerado un Combustible Alternativo.	SÍ
Para poner en marcha en caso de emergencia.	NO
Combustible estable a temperatura ambiente.	SÍ
Necesita agregados químicos para producirlo.	SÍ
Requiere tanque de auxiliar de B-D ó G-O.	NO
Buen combustible para el arranque del Motor.	SÍ
Tiene mejor lubricación que el Gas-Oil.	SÍ
Se hiela a bajas temperaturas.	SÍ
Fabricante de motor avala su uso.	SÍ
Aceite Vegetal Usado	SÍ Se puede producir del
SI	SÍ Seguro en almacenado, manipuleo, degradable

• **Próximos pasos**

- Poner a punto la planta piloto para comenzar la experimentación.
- Experimentar (estudiar las reacciones químicas) para obtener los resultados requeridos para el diseño de una planta industrial de producción de BIODIESEL.
- Usar el BIODIESEL en el motor del laboratorio de Térmica de la Escuela de Ingeniería Industrial de la UCAB-Guayana
- Presentar la planta piloto a las autoridades de la región.

• **Conclusiones y Recomendaciones**

- Es posible la producción de UN COMBUSTIBLE ECOLOGICO (BIODIESEL) a partir de los aceites vegetales usados (AVU)
- Es posible el diseño y construcción de una planta piloto por parte de la familia UCABISTA (Profesores y estudiantes).

DEP. LEGAL: PPX 200502ZU1950 / ISSN: 1856-1810 / Directorio LATINDEX: 14.593

- Poner a punto la planta piloto para comenzar la experimentación.
- Involucrar a toda la familia UCABISTA en la divulgación y recolección de aceites vegetales usados tanto en el resto de productores que existen en Ciudad Guayana, como en sus propios hogares para la producción de BIODIESEL.
- Motivar a la colectividad de Ciudad Guayana y del país a reciclar los aceites vegetales usados, de tal manera que contribuyan en minimizar el impacto ambiental.
- Motivar a las autoridades de la zona para que desarrollen un proyecto a escala industrial de producción de combustible verde o BIODIESEL, como una alternativa para minimizar el impacto ambiental existente.
- Usar el combustible producido en la UCAB en el motor existente en el laboratorio de la cátedra de TERMICA.
- El BIODIESEL se vislumbra como el combustible del futuro.
- Construir una planta automatizada para comercializarla llave en mano.

Referencias

- Norma decreto 883, Sección IV, art. 12/ Sección V, ART. 15; 19/12/1995
Elaboración de Biodiesel en Journeytoforever.org. 23/04/2003 y Elaborando biodiesel en la cocina en enlazado.com/energía 29/04/2003.
Encuesta Ucab – Guayana - 2004
Morrison, Robert y Boyd Robert. Química Orgánica. Bogota: Fondo Educativo Interamericano, 1976, Pag. 542, 543 y 702, 703
National Biodiesel Board. www.corpodib.com/estudios.htm. Estudios de producción de Biodiesel, combustible automotriz a partir de aceites vegetales. 08/02/2006
Diseño de una planta piloto para producir Biodiesel. Ing. A. Seijas, Ing. H. Chamorro, y (Colaboradoras. C. Macías, C. Sostegni), 2005 (inédito)
Universidad de Idaho. Energías alternativas – Biodiesel. Artículo del site. <http://www.rincondelvago.com/biodiesel.html>. 08/02/2006
Formoso Antonio. 2000 Procedimientos industriales al alcance de todos. Décimo tercera edición.
Perry Robert; Chilton Cecil. Manual del ingeniero químico. Editorial Mc Graw Hill. Quinta Edición (segunda edición en español).

Anexo

diámetro del reactor	28	cm		
diámetro del aspa	14	cm		
altura del cuerpo central	42	cm		
holgura superior	8,4	cm		
altura total sin casquete	50,4	cm		
holgura de aspa de cada lado	7	cm		
Volumen del tanque $V=Pi*d(2)*H/4$	25861,65	Cm(3)	25,86	litros

