



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERÍA MECÁNICA

“Producción de biodiesel a partir del reciclamiento de aceite de cocina mediante un proceso mecanizado, utilizando el método de Mike Pelly”

AUTORES

Br. Osmani Rogelio García Báez.

Br. César Eduardo Baldizón Martínez.

TUTOR

Ing. María Teresa Castillo Rayo.

Managua, 30 de noviembre de 2018

RESUMEN

Se ha realizado este trabajo con la finalidad de obtener biodiesel a partir de aceite reciclado de cocina, el cual es desechado en hogares, negocios e industrias. Tomando en cuenta que gran parte de la población ocupa aceite para cocinar; se implementó el uso de éste tipo de aceite el cual se encuentra quemado para crear una alternativa ecológica para que de este modo se reutilice dicho recurso.

El objetivo principal de este trabajo monográfico, es demostrar que se puede hacer biodiesel a partir del reciclamiento del aceite usado de cocina mediante un sistema mecanizado utilizando el método de Mike Pelly.

La obtención del biodiesel se realizó en base a los siguientes pasos:

- Filtrado del aceite
- Calentado de aceite
- Valoración
- Preparación de la mezcla- Metóxido de sodio (CH_3ONa)
- Calentar y mezclar
- Decantación
- Lavado y secado
- Calidad

CONTENIDO

1. CAPITULO I	1
1. Generalidades.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo General:.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos:.....	5
2. CAPITULO II	6
2. Marco teórico.....	6
2.1. Tipos de energía.....	6
Energía mecánica.....	6
• Energía térmica.....	7
• Energía química.....	7
• Energía eléctrica.....	7
2.1.1. Fuentes de energía.....	7
2.2. Energías renovables.....	8
2.2.1. Energías renovables frente a las energías fósiles.....	8
2.2.2. Energía de la Biomasa.....	9
2.3. Biodiesel.....	10
2.3.1. Ventajas y desventajas del biodiesel.....	12
2.3.2. Métodos de obtención de biodiesel.....	12
2.3.3. Método de Mike Pelly.....	12
2.3.4. Transesterificación.....	13
2.3.5. Materia prima.....	15
2.3.6. Proceso para la obtención del biodiesel.....	19
2.3.7. Diseño de reactor para producción de biodiesel.....	20
2.4. Diseño metodológico.....	21
2.4.1. Tipo de investigación.....	21

2.4.2. Diseño de Investigación.....	22
2.5. Procedimiento general	22
2.5.1. Filtrado del aceite	22
2.5.2. Calentado de aceite	22
2.5.3. Valoración.....	22
2.5.4. Cálculo de lejía:	24
2.5.5. Preparación de la mezcla- Metóxido de sodio (CH_3ONa):.....	24
2.5.6. Calentamiento y mezcla:.....	24
2.5.7. Decantación:	24
2.5.8. Lavado y secado:	26
2.5.9. Calidad:.....	27
2.6. Procedimiento específico (obtención de prueba).....	28
2.6.1. Lejía:	29
2.6.2. Preparación del metóxido:	29
2.6.3 La reacción:	29
2.6.4. Lavado de biodiesel:.....	30
2.6.5. Secado:	31
2.7. Procesos realizados para producir el biodiesel.....	31
2.7.1. Medición del aceite:.....	31
2.7.2. Preparación de metóxido:.....	32
2.7.3. Preparación de la mezcla aceite metóxido:	32
2.7.4. Preparación del reactor:	32
2.7.5. Reposo de la solución:	33
2.7.6. Separación de biodiesel:.....	33
2.7.7. Lavado de biodiesel:.....	33
2.8. Características físicas y químicas	33
2.8.1. Físicas:.....	33
2.8.2. Químicas:	33
2.9. Análisis de los resultados	34
3. Capitulo III	35
3. Conclusiones y recomendaciones	35
3.1 Conclusiones	35

3.2. Recomendaciones	36
3.2.1. Almacenamiento.....	36
3.2.2. Tratamiento de químicos.....	36
3.3.3. Recolección de materia prima.....	36
3.3.4. Durante la obtención de pruebas.....	36
4. CAPITULO IV.....	38
5. Glosario y bibliografía	38
5.1. Glosario	38
5.2. Bibliografía	40
5. CAPITULO V.....	41
5. Anexos	41

CAPITULO I

1. Generalidades

1.1. Introducción

No es un secreto para nadie que día a día el planeta se va deteriorando, a causa del calentamiento global. Uno de los factores que contribuyen a este deterioro es el uso desmedido de combustibles, como el diésel fósil, que genera desechos tóxicos que perjudican el medioambiente. Es por esto que se han realizado estudios para desarrollar alternativas menos tóxicas y perjudiciales al ecosistema como lo es el Biodiesel.

El Biodiesel es un combustible líquido muy similar en propiedades al diésel fósil, pero éste es obtenido a partir de productos renovables y no contaminantes, como son los aceites vegetales y grasas animales. El Biodiesel es uno de los combustibles ecológicos más fáciles de elaborar.

El Biodiesel goza de una fuerte acogida actualmente en el mundo entero en especial en países desarrollados y aquellos que se encuentran en vía de desarrollo.

El proyecto consiste en la creación de un sistema mecanizado para producir Biodiesel, desarrollado por Mike Pelly, que aprovecha (utilizando como materia prima) recursos que actualmente son desperdiciados, como lo es el aceite de cocina usado y de esta manera reducir las emisiones de gases tóxicos en la combustión de los motores.

Dentro de este documento explicaremos el método desarrollado por Mike Pelly y realizaremos análisis del Biodiesel para determinar el producto final.

(Información recopilada del artículo número 55 de la revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes).

1.2. Antecedentes

De acuerdo con el “Estudio sobre el mercado del aceite y sus condiciones de competencia”, elaborado en 2006 por el Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (Mific), el consumo per cápita de grasas y aceites del país promediaba los 13.5 litros y el consumo nacional rondaba las 70,000 toneladas métricas (TM).

El uso de aceite, según recoge el informe, en ese año mostraba una tendencia vertiginosa al alza y se debía al aumento de la población, los ingresos de las familias y el auge del turismo (hoteles, restaurantes y servicios de comidas rápidas).

En 2006, el Mific expuso que el gasto de aceite había mostrado un crecimiento durante los últimos cuatro años, es decir de 2002 a 2006, y de acuerdo con las cifras recogidas en el documento el sector de la industria aceitera mantenía una cuota de producción por el orden de los 55 TM mensuales.

Cuando el barril de petróleo costaba más de US\$100 en el mercado internacional y en Nicaragua un galón de combustible valía más de C\$120, una empresa nicaragüense producía biodiesel para su propio consumo.

Ahora la empresa Fraccionadora de Occidente (Fracocsa), dueña de una marca de aceite comestible, es la primera compañía nacional en producir su propio biodiesel a base de soya y estearina de palma, que es la grasa saturada que lleva el aceite de palma.

“Cuando el combustible estaba caro, se producían 40 mil galones mensuales de biodiesel para nuestra flota vehicular y se ahorraba 50 centavos de dólar por cada galón”, señala Roberto Estrada Zamora, presidente ejecutivo de Fracocsa.

Desde hace dos años circulan de manera inadvertida en nuestro país, vehículos de transporte público y privado, que funcionan con un biodiésel hecho a base de aceite de fritura que reciclan en restaurantes y plantas de procesamiento de alimentos.

El cambio del uso de diésel convencional, por este biocombustible, es una novedad para muchos conductores, pero quienes ya lo están utilizando aseguran que están obteniendo grandes beneficios económicos y que paralelamente colaboran con la protección del medio ambiente, al reducir las emisiones de gas.

El biocombustible es ofertado en el país desde finales del 2015 por la compañía estadounidense Better Energy Solutions Today INC., propietaria de importantes plantas de fabricación de biodiésel.

La Universidad Tecnológica La Salle, ULSA, de León, junto con los alumnos han comenzado a producir con fines de investigación biodiesel, cuya materia prima para su elaboración son los aceites quemados de fritangerías y restaurantes y otra parte del aceite de la *Jatropha Curcas* (Tempate).

Por ahora según detalla, Ismael Mayorga, experto en biomasa y biodiesel de la ULSA, han logrado que un restaurante y una empresa donde se tuesta el maní les faciliten el aceite quemado para experimentar en la producción de biodiesel.

El biodiesel que se produce está siendo usado como prueba en los vehículos de la universidad; según Mayorga, están combinando el producto en un 30% con diésel pero señaló que al inicio la mezcla era de apenas un 10%.

Marlon Toruño, experto en biomasa de ULSA, señaló que han comprobado que el rendimiento de los vehículos con biodiesel es igual a que solo tuviese diésel, pero resaltó que el producto amigable con el medio ambiente es más barato y ayuda a disminuir considerablemente las emisiones vehiculares, cuyos gases son responsables principales del efecto invernadero

1.3. Justificación

El petróleo barato financió la enorme expansión de la economía mundial durante aproximadamente ciento sesenta años, a tal punto que hoy no podemos concebir una vida sin petróleo, pero ese tiempo se acabó, siendo necesario entonces, una introducción creciente de productos energéticos derivados de fuentes renovables, para satisfacer la demanda de energía. Este cambio de paradigma es tan fuerte en el mundo como en nuestro país y no tiene retorno.

Se ha debatido extensamente acerca de cuáles son los costos y beneficios de producir biocombustibles a partir de aceite vegetal reciclado. La razón tiende a indicar que el beneficio privado y social de estos carburantes es claramente positivo. Los biocombustibles son funcionales a las redes de almacenamiento, distribución y al parque automotor actual, sin pretenderse para su uso masivo, cambios significativos de la tecnología automotriz.

Esta monografía se realizó con el fin de crear alternativas de energías renovables utilizando nuestros conocimientos en los procesos industriales y al mismo tiempo que estos no perjudiquen al medio ambiente. Por todo lo antes expuesto se creará un proyecto donde se obtenga biodiesel a partir de aceite de cocina reciclado.

(Fuente propia).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General:

- Producir biodiesel a partir del reciclamiento de aceite de cocina como materia prima utilizando el método de Mike Pelly

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Explicar el método de Mike Pelly
- Crear un sistema mecanizado para todo el sistema de producción de biodiesel
- Realizar el análisis del biodiesel para determinar el producto final (Ph, densidad, color y prueba con un equipo diésel)

CAPITULO II

2. Marco teórico

Entre las numerosas definiciones de energía, la que se puede encontrar en la mayoría de las enciclopedias, diccionarios científicos y tratados de física, es la siguiente: “La energía es la capacidad que tiene un cuerpo para producir trabajo”. Esta definición permite expresarla por una ecuación matemática más precisa o simplemente con una breve referencia de la existencia de diferentes formas de energía. (Análisis del Binomio Energía-Medioambiente; Antonio de Lucas Martínez; 1999)

También se suele aceptar una segunda definición, más general, aunque más abstracta: “La energía es lo que suministra o se quita a un sistema material para transformarlo”. (Bases de Termodinámica Aplicada; Antonio de Lucas Martínez; 2004)

Dos características de la energía son dignas de destacarse: su convertibilidad y la dificultad de su almacenamiento, que en algunos casos se convierte en imposibilidad.

El principio de conservación de la energía establece que: “La energía no se crea ni se destruye, únicamente se transforma de una a otra de sus manifestaciones”. (Bases de Termodinámica Aplicada; Antonio de Lucas Martínez; 2004)

2.1. Tipos de energía

Algunas de las formas más simples de energía:

Energía mecánica: es la que poseen debido a su movimiento (un motor, por ejemplo). Existen dos tipos de energía mecánica: la potencial y la cinética. La energía potencial es la que tienen los cuerpos debido a su composición, y la energía cinética la que tienen debido a su velocidad.

- **Energía térmica:** es la energía que posee un cuerpo en virtud a la cantidad de calor que puede absorber o ceder. Así cuando calentamos agua, la estamos transfiriendo energía térmica
- **Energía química:** es la energía que posee un cuerpo debido a su estructura interna (molecular, atómica o nuclear). Por ejemplo, cuando quemamos carbón extraemos la energía que enlaza unos átomos con otros. La energía química es en tipo de energía que acumulan las pilas (baterías).
- **Energía eléctrica:** es la que poseen las cargas eléctricas en movimiento. Debido a su capacidad para transformarse en otras formas de energía, es la adecuada en muchas máquinas.

2.1.1. Fuentes de energía

Para utilizar cualquier forma de energía, se tiene que encontrar un fenómeno natural o crear un sistema artificial que tenga la tecnología adecuada para utilizar dicha energía.

Fuente de energía	Forma de energía que contiene
Petróleo, gas natural o carbón	Energía química, esta se libera por combustión (quemándola)
Uranio 235	Energía nuclear, almacenada en los núcleos de los átomos de Uranio 235
Eólica	Energía mecánica cinética que posee el viento
Solar	Energía luminosa que posee la luz del sol
Biomasa	Energía química que poseen las sustancias orgánicas (madera, restos de poda, residuos orgánicos, biocombustibles)
Hidráulica	Energía mecánica potencial almacenada en el agua de un embalse
Geotérmica	Energía térmica que está almacenada en el interior de la corteza terrestre

Tabla 1. Fuentes de energía. Fuentes de Energía I.E.S Antonio González González

2.2. Energías renovables

Las energías renovables son energías limpias que contribuyen a cuidar el medio ambiente, frente a los efectos contaminantes y el agotamiento de los combustibles fósiles, las energías renovables son ya una alternativa viable para aliviar la demanda energética mundial. Estas proceden de fuentes naturales como el sol, el aire, el agua, biomasa.

Debido a la constante y creciente contaminación en el medio ambiente ha hecho que durante los últimos años estas fuentes hayan sufrido cambios considerables y no sólo eso, sino que muchas especies animales han muerto, así como el peligro que amenaza a la conservación de la tierra y a nuestra propia especie.

2.2.1. Energías renovables frente a las energías fósiles

- Frente a los efectos contaminantes de combustibles fósiles como el petróleo o el carbón, las energías renovables tienen menos emisiones de carbono, se reciclan y son más respetuosas con el medio ambiente.
- Los combustibles fósiles crean emisiones de gases efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Las energías renovables no emiten estos gases y que contribuyen a frenar el calentamiento global y el cambio climático.
- La producción de energías renovables a nivel local, reduce los costes de transportes que tienen las energías fósiles. Potenciar las energías renovables crea puestos de trabajo.
- Las energías renovables por su disponibilidad estarán sujetas a menos fluctuaciones de precios, al contrario que el petróleo o sus derivados.
- Potencial ilimitado, frente a los recursos finitos de las energías fósiles, las energías renovables ofrecen un potencial prácticamente ilimitado.

2.2.2. Energía de la Biomasa.

La energía de la biomasa proviene en última instancia del Sol. Mediante la fotosíntesis el reino vegetal, ya que absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la tierra; las células vegetales utilizan la radiación solar para formar sustancias orgánicas a partir de sustancias simples y del CO₂ presente en el aire. El reino animal incorpora, transforma y modifica dicha energía.

Los biocombustibles utilizan la biomasa vegetal como fuente renovable para los motores; esta biomasa es la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

El uso de los biocombustibles genera una menor contaminación ambiental y es considerada una alternativa viable al agotamiento de energías fósiles. Uno de los principales factores por los cuales se están empleando las tecnologías de los biocombustibles, es porque los países quieren la independencia las potencias petroleras, buscando nuevas y limpias fuentes energéticas, en conjunto con la necesidad urgente de preservar el medio ambiente. Entre los Biocombustibles más destacados se encuentran: Biodiesel, Etanol y el Biogás. (Arias, 2007; Pérez, 2006).

Estas son algunas de las ventajas de los biocombustibles:

- a) Proporcionan una fuente de energía reciclable y limpia.
- b) Las emisiones de gas de efecto invernadero se reducen hasta el 12% por la producción y la combustión del etanol y el 41% por el biodiesel.
- c) Mejora la competitividad al no tener que importar fuentes de energía derivadas de combustibles fósiles.

La producción de biocombustibles ha motivado interés económico, social, ambiental y político. En sentido económico, los altos precios del petróleo ponen en desventaja a países que no pueden abastecerse de este recurso. Desde el punto

de vista social, la inversión en tierras, cultivos y plantas de biocombustibles han generado numerosos empleos en los países productores.

Ambientalmente se piensa que los biocombustibles son menos contaminantes al tener un menor impacto en el calentamiento global. En el ámbito político, en muchos países han surgido normas y regulaciones relacionadas con el uso, producción y distribución de biocombustibles. (Choi, 2006; Ciria, 2007; Pérez, 2006).

2.3. Biodiesel

El biodiesel es un combustible líquido muy similar en propiedades al aceite diésel derivado del petróleo (tabla no. 2), es una mezcla de ésteres de ácidos grasos, donde el grupo alquilo es típicamente metilo o etilo, obtenidos a partir de materias primas de base renovable, como los aceites vegetales (ejemplo: soya, palma), aceite de fritura (aceites vegetales usados), grasas animales o incluso, excremento animal. El biodiesel puro es biodegradable, no tóxico y esencialmente libre de azufre y compuestos aromáticos, sin importar significativamente el alcohol y el aceite vegetal que se utilice en la reacción de transesterificación (proceso en el cual se intercambia el grupo alcoxi de un alcohol) (Choi, 2006; Ciria, 2007; Pérez, 2006).

El biodiesel puede ser utilizado puro en motores diésel, o bien mezclado en cualquier proporción con el diésel de petróleo. Se puede mezclar 20% de biodiesel con 80% de diésel (B20) para usarse en la mayoría de las aplicaciones que requieran diésel, no siendo necesarios la adaptación o el cambio de los motores. Asimismo, puede usarse biodiesel puro (B100) si se toman las precauciones apropiadas. (Manual de biocombustibles, Federico Ganduglia, 2009)

Se utilizan notaciones abreviadas según el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla: B100 en caso de utilizar sólo biodiesel, u otras notaciones como B5, B15, B30 o B50, donde la numeración indica el porcentaje por volumen de

biodiesel en la mezcla. Las mezclas de biodiesel y diésel convencional basada en hidrocarburos son los productos más habitualmente distribuidos para su uso en el mercado del gasóleo al por menor. Gran parte del mundo utiliza un sistema conocido como la "B", factor que indica la cantidad de biodiesel en cualquier mezcla de combustible: el combustible que contiene 20% de biodiesel tiene la etiqueta B20, mientras que el biodiesel puro se denomina B100. Las mezclas con 80 por ciento de biodiesel y 20 por ciento de diésel de petróleo (B80) se pueden utilizar en general en motores diésel sin modificar. El biodiesel también puede ser utilizado en su forma pura (B100), pero puede requerir algunas modificaciones del motor para evitar problemas de mantenimiento y rendimiento. (Manual de biocombustibles, Federico Ganduglia, 2009)

Desde el punto de vista de la inflamabilidad y toxicidad, el biodiesel (B100, B60, B40, etc.) es más seguro que el diésel (B0) proveniente del petróleo y no es peligroso para el ambiente. Adicionalmente mejora la vida útil del motor gracias a su lubricidad y es mucho más seguro para su manipulación (Choi, 2006; Ciria, 2007; Pérez, 2006).

Para obtener biodiesel utilizando el método de Mike Pelly, se hace necesario el proceso de transesterificación para alterar la estructura química de la materia prima.

Datos físico-químicos	Biodiesel	Diesel
Composición combustible	Ester metílico Ácidos grasos C12-C22	Hidrocarburo C10-C21
Poder calorífico inferior, kcal/kg (aprox.)	9500	10800
Viscosidad cinemática, cSt (a 40°C)	3.5-5.0	3.0-4.5
Peso específico, g/cm ³	0.875-0.900	0.850
Azufre, % P	0	0.2
Punto ebullición, °C	190-340	180-335
Punto inflamación, °C	120-170	60-80
Punto escurrimiento, °C	-15/+16	-35/-15
Número cetano	48-60	46
Relación estequiométrica Aire/comb. p/p	13.8	15

Tabla no. 2 Tabla comparativa de Diesel y Biodiesel. (Revista Luna Azul, Obtención de Biodiesel a Partir de Diferentes Tipos de Grasa Residual; 2013)

2.3.1. Ventajas y desventajas del biodiesel

Ventajas:

1. Conservación de los recursos naturales del planeta.
2. Reducción de la dependencia energética de combustibles fósiles.
3. Favorece el desarrollo de las poblaciones rurales que se dediquen a la producción de este combustible.
4. Disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.
5. Contribuye a reducir la contaminación de los suelos y riesgo de toxicidad.

Desventajas:

1. El costo de su producción no lo hace competitivo.
2. Tiene menor poder calorífico que el diésel.
3. Tiene menor estabilidad a la oxidación.
4. Presenta problemas de fluidez y congelamiento a bajas temperaturas.

2.3.2. Métodos de obtención de biodiesel.

Existen diversos métodos para producir el biodiesel, entre ellos:

- Método ácido-base (por Aleksander Kac)
- Método base-base (por Aleksander Kac)
- Método de Mike Pelly (transesterificación)
- Procesadores de ultrasonido para producción de biodiesel

(Fuente 1: Revista ION 2007 métodos alternativos para la obtención de biodiesel, microondas y ultrasonido)

(Fuente 2: Revista Journey to Forever)

2.3.3. Método de Mike Pelly.

Se utilizó el método de Mike Pelly para producir biodiesel ya que es un método sencillo y se puede hacer con materiales que se encuentran con facilidad y con bajo costo.

Este método consiste en hacer reaccionar el aceite de cocina quemado, utilizando un alcohol en presencia de un catalizador, a esta reacción se le conoce como transesterificación. En la transesterificación el catalizador y el metanol se unen para formar metóxido de sodio ($\text{Na}^+ \text{CH}_3\text{O}^-$). Cuando el metóxido se mezcla con aceite, rompe los enlaces de la molécula de aceite, liberando glicerina y ácidos grasos. Estos últimos se unen al metanol formando biodiésel, y un poco de jabón a veces. Si se utiliza metanol el producto final se llama metiléster, y si se utiliza etanol se llama etiléster. (Revista Journey to Forever)

Para llevar a cabo la producción de biodiesel utilizando el método de Mike Pelly se deben cumplir los siguientes pasos:

- Filtrar el aceite para separar los restos sólidos
- Secar el aceite (opcional)
- Hacer la valoración para determinar cuánto catalizador es necesario
- Preparar el metóxido
- Calentar el aceite, y mezclar con el metóxido mientras se agita
- Decantación para separar la glicerina
- Lavado y secado

2.3.4. Transesterificación

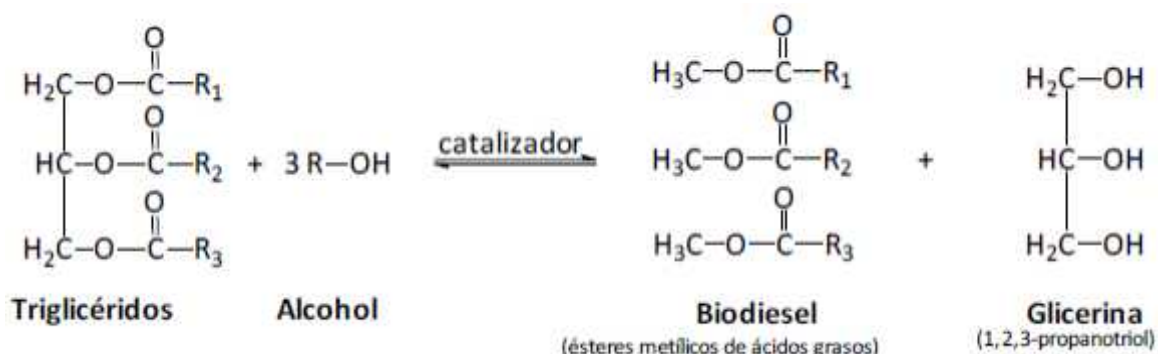
Este proceso consiste en la reacción de un triéster de glicerilo (triglicérido) con un alcohol para formar alquil ésteres (unión de alquilo, que es formado por la separación de un átomo de hidrógeno de un hidrocarburo saturado con un éster o o compuesto orgánico derivado del petróleo) en presencia de un catalizador, ya sea hidróxido de Sodio (NaOH) o hidróxido de Potasio (KOH).

Este proceso es el que presenta mayores facilidades y ventajas, además de ser el más utilizado en la actualidad ya que utiliza metanol, el cual es de bajo costo de obtención y además, el metanol reacciona rápidamente con los triacilglicéridos y se disuelve fácilmente.

Ya se ha visto también que el aceite vegetal sin procesar también puede ser utilizado directamente en los motores diésel, pero es necesario ajustar los mismos a tal efecto. La base del aceite vegetal son los triglicéridos, hidrocarburos saturados. Por tanto, estos aceites tienen una gran viscosidad, mucho mayor que la del diésel normal. Otra de las ventajas que presenta la transesterificación es que reduce esta viscosidad, y por tanto permite que el biodiesel sea utilizado sin necesidad de modificar los motores.

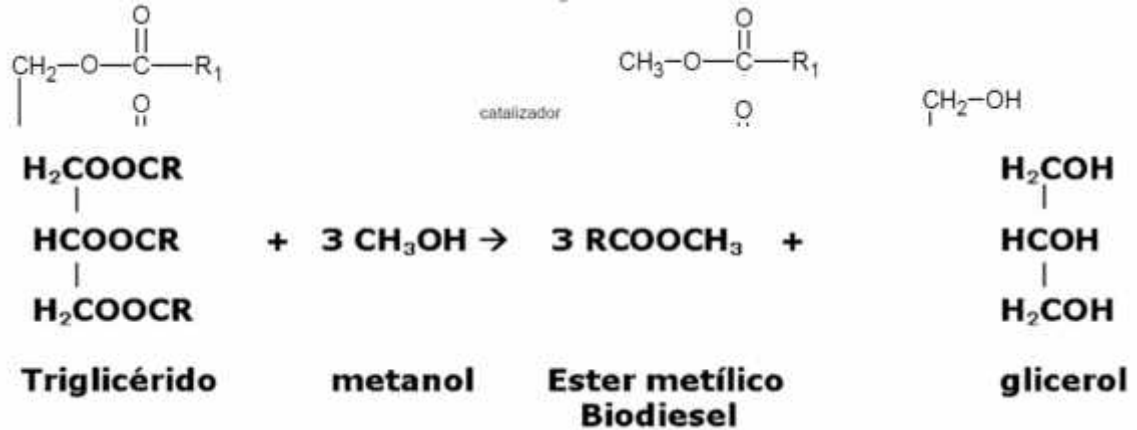
La transesterificación es una reacción mediante la cual los triglicéridos reaccionan con un alcohol primario, dando lugar a ésteres metílicos y glicerina. Los alcoholes más utilizados son el etanol y el metanol. El comportamiento de los ésteres metílicos y etílicos es muy parecido, pero se ha comprobado que los metílicos aportan una potencia ligeramente superior que los etílicos, y una menor viscosidad. Si además se toma en cuenta que el metanol tiene menor costo y reacciona rápido y a baja temperatura, se puede decir que es el más adecuado para utilizar.

Los ésteres son los que se aprovechan como biodiesel, mientras que la glicerina se obtiene como subproducto. Esta reacción se realiza en presencia de un catalizador (en este caso Hidróxido de potasio {KOH}), que es el encargado de que ésta tenga lugar a una velocidad adecuada. Se pueden usar tres tipos de catalizador: catalizador ácido, básico o enzimático. En la siguiente figura se puede ver dicha reacción:



Este proceso es en realidad una secuencia de tres reacciones en serie consecutivas:

- En un primer paso se obtienen los diglicéridos a partir de los triglicéridos.
- A continuación, de dichos diglicéridos se produce el monoglicérido
- Finalmente, de éste se obtiene la glicerina.



Durante todo este proceso son liberadas tres moléculas de biodiesel (ésteres metílicos), con lo cual la relación estequiométrica en esta reacción entre el aceite y el alcohol es 1:3.

Pero por la naturaleza reversible de estas reacciones, es adecuado utilizar una relación estequiométrica con exceso de alcohol, pues esto ayuda a desplazar la reacción más hacia el producto deseado. Dicha relación molar no afecta para nada a los índices de acidez, saponificación (Transformación de un cuerpo graso en jabón) o de yodo, pero si la cantidad de alcohol es muy elevada, puede perjudicar la correcta separación de la glicerina, lo que disminuiría la conversión de los ésteres. Es por tanto necesario buscar un equilibrio. Las relaciones más empleadas actualmente son: 1:6 a 1:9, así que la relación empleada en este trabajo es de 1:7, con lo que, mediante el exceso de alcohol, se consigue desplazar la reacción hacia el biodiesel deseado. (Tecnología Limpia, Universidad de Cartagena 2011)

2.3.5. Materia prima

En Nicaragua, se puede decir que la producción de biodiesel tiende a provenir mayoritariamente de los aceites extraídos de plantas oleaginosas. Las plantas oleaginosas son vegetales de cuya semilla o fruto puede extraerse aceite, en algunos casos comestibles y en otros casos de uso industria.

En el artículo “Combustibles vegetales, alternativa amigable con el ambiente” publicado el 10 de febrero de 2013 del periódico El Nuevo Diario, indica Ismael Mayorga, experto en biomasa y biodiesel de la ULSA que están recibiendo en promedio 200 litros de aceite quemado a la semana proveniente de las fritanguerías y hasta unos 1,200 litros mensuales de las fábricas de tostado del maní.

- **Aceite de girasol:** El aceite de girasol, es rico en ácido linoléico, fácilmente oxidable. En el aceite de girasol convencional, el triglicérido mayoritario es el linoleico – linoleico – linoleico, que representa alrededor de un tercio del total. Como sucede en otros aceites vegetales, en el aceite de girasol el ácido palmítico ocupa preferentemente las posiciones 1 y 3 de los triglicéridos.
- **Aceite de coco:** El coco fresco tiene un contenido de aceite de alrededor del 23%. El aceite de coco es muy rico en ácidos grasos saturados de longitud de cadena media. Los triglicéridos de cadena media (TCM) son ésteres de ácidos grasos de cadena media (entre 8 y 12 átomos de carbono) y glicerol (1, 2,3-propanotriol). Los ácidos grasos que podemos encontrar en los TCM son el caprílico, el cáprico y el láurico. Dada su baja instauración, es una grasa muy estable químicamente. Tiene alto contenido de ácido láurico.
- **Aceite de soya:** La semilla de soya contiene un 20% de aceite y un 35% de proteína. El aceite está formado por un 88% de triglicéridos. El ácido graso predominante es el ácido linoleico, con altos contenidos de ácido oleico. El triglicérido mayoritario es el linoleico – linoleico – linoleico, que representa cerca del 19% del total.

Aceites vegetales convencionales	Aceite de girasol
	Aceite de colza
	Aceite de coco
	Aceite de palma
	Aceite de maní
Aceites vegetales alternativos	Aceite de brassica carinate
	Aceite de cynara curdunculus
	Aceite de camelina sativa
	Aceite de crambe abyssinica
	Aceite pogianus Aceite de jatropha curcas
Aceites de semillas modificadas genéticamente	Aceite de girasol de alto oleico
Grasas animales	Sebo de vaca
	Sebo de búfalo
Aceites de otras fuentes	Aceites de producciones microbianas
	Aceites de micro algas

Tabla 3. Materia prima para la obtención de biodiesel. Tecnologías limpias, Universidad de Cartagena, 2011.

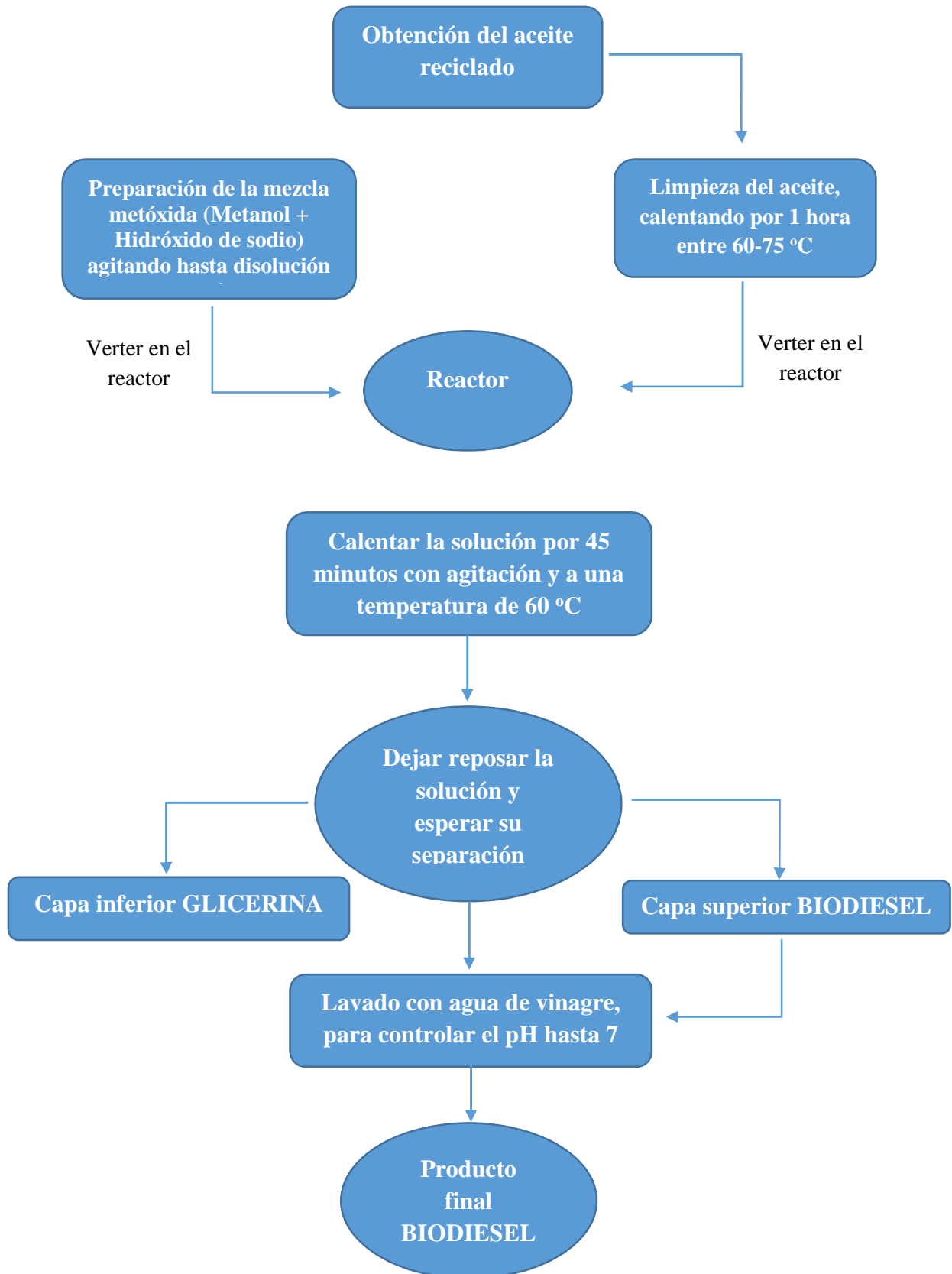
- **Aceite de palma:** El aceite de palma contiene alrededor del 97% de triglicéridos y el fruto 50% de aceite (Fedepalma). De cada árbol puede obtenerse anualmente hasta 20 toneladas de racimos. Los ácidos grasos fundamentales son el palmítico y el oleico, dependiendo de la especie, variedad y condiciones de cultivo.
- **Aceites Residuales:** Hacer Biodiesel a partir de aceites residuales es una verdadera alternativa de generación de energía renovable con grandes perspectivas en este proceso de producción, ya que es la materia prima más barata, y con su utilización se evitan los costes de tratamiento como

residuo. Sin embargo los Aceites residuales son más difíciles de convertir que los aceites vegetales nuevos, debido a que contienen aproximadamente de 2 a 10% de ácidos grasos libres por lo cual disminuyen la eficiencia de la reacción y promueven la formación de jabones. Para este proceso, se tuvieron que retirar: las partículas sólidas que poseía el aceite residual mediante una filtración, el agua que este contenía, además se debe tener en cuenta que estos son calentados varias veces en su vida útil, por lo tanto deben ser tratado de manera diferente. El recalentamiento provocó que algunos de los ácidos grasos unidos al glicerol se separaran y flotaran libremente en el aceite vegetal, por lo que son conocidos como Ácidos grasos libres o FFA (siglas en ingles). Hay dos maneras de tratar con los ácidos grasos libres y resolver el problema:

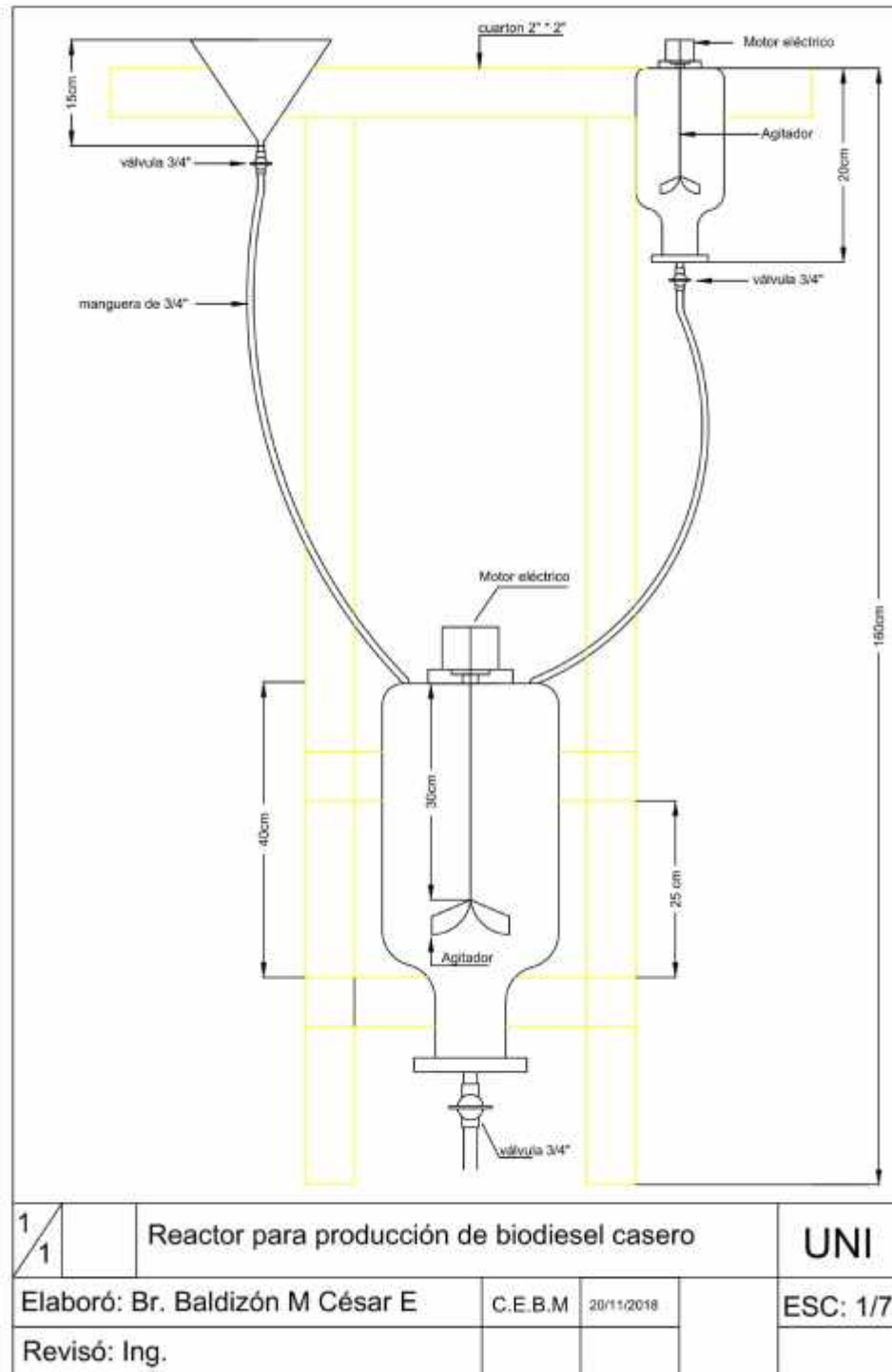
Esterificar los ácidos grasos libres, con la creación de ésteres metílicos y luego proceder a la transesterificación (usada generalmente en la catálisis ácida, que es un proceso por el cual una reacción química es catalizada debido a la participación de un **ácido** o una base. El **ácido** es a menudo el protón y la base es a menudo un ion hidroxilo).

Aumentar la cantidad de catalizador en el proceso de transesterificación única para que el catalizador adicional neutralice los ácidos grasos libres obteniéndose en esta etapa jabón (usada generalmente en la catálisis básica).

2.3.6. Proceso para la obtención del biodiesel



2.3.7. Diseño de reactor para producción de biodiesel



2.4. Diseño metodológico

2.4.1. Tipo de investigación

Será una investigación tipo descriptiva, ya que se busca corroborar las propiedades, características y rasgos del compuesto en estudio y también explicativa, ya que mediante los resultados obtenidos en la investigación y comparándolos con la teoría recopilada se pretenderá explicar la importancia de la producción de biodiesel a partir de aceite de cocina reciclado. También la investigación se acoge a un diseño de tipo experimental. “Una investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulo, tratamiento, para observar los efectos o reacciones que se producen” (Arias, 2006, p. 33)

Dada la importancia que hay en el mundo y ahora en nuestro país sobre la reutilización de materiales y residuos, esto para proteger el medio ambiente, sobre todo si estos residuos pueden permitirnos obtener energía o alguna fuente de esta. Para este tema la importancia del valor extra de la valorización de los **Aceites Vegetales Usados** (AVU), que son generalmente el producto que queda después de haber utilizado estos aceites para cocinar alimentos.

Se ha escogido este tipo de compuesto por conseguirlo de manera muy fácil, en casi todas las casas, existen cocinas y en estas cocinas hay aceites comestibles usados. Este trabajo ha permitido dar un valor agregado al aceite usado, y sería la fuente para obtener el combustible de biodiesel.

El biodiesel se obtuvo al hacer reaccionar el aceite, se hizo pasar los triglicéridos por un proceso químico llamado transesterificación; el cual, consiste en adicionar un alcohol al aceite, en presencia de un catalizador.

2.4.2. Diseño de Investigación

El diseño de investigación para la obtención de biodiésel a partir del reciclamiento de aceite de cocina se basa en el método de Mike Pelly. Dicho método consiste en alterar la estructura química de la materia prima mediante el proceso de transesterificación y puede ser aplicable a motores de combustión interna. Realizando los análisis correspondientes de caracterización del biodiesel producido para valorar su uso en motores de diésel y gasolina o solo diésel.

2.5. Procedimiento general

2.5.1. Filtrado del aceite: Se Filtró el aceite para quitarle los restos de comida. Puede que se tenga que calentarlo hasta 35° C, aproximadamente, para que esté más fluido y pase bien por el filtro. Se puede usar un paño de 5 micrones de grosor o un filtro de café.

2.5.2. Calentado de aceite: Se calienta el aceite hasta alcanzar el punto de ebullición y eliminar la cantidad de agua presente. El aceite que ha sido utilizado para cocinar suele contener agua, que ralentiza la reacción y favorece la saponificación (proceso de obtención del jabón). Cuanta menos agua, mejor. Cuando empiece a salir menos vapor aumenta la temperatura hasta 130 °C (265 °F) y mantenerle durante diez minutos. Luego se deja de calentar y espera a que se enfríe. En el caso de que en la superficie se observe una película de partículas residuales o turbiedad, se vuelve a filtrar dicho aceite hasta que se observe que está completamente limpio.

2.5.3. Valoración: Este proceso consiste en verificar si el aceite es apto para la mezcla. Se hizo la valoración para determinar cuánto catalizador era necesario. Este procedimiento se realizó para saber cuánta lejía (hidróxido de sodio) es necesaria para la mezcla. Hay que medir la acidez del aceite con un método que se llama valoración (titulación). Es la parte más importante del proceso. La valoración debe ser lo más exacta posible. Para determinar la acidez del aceite se utilizan cintas para medir el pH.

Se debe preparar una disolución de un gramo de lejía en un litro de agua destilada asegurándose de que queda totalmente disuelta. Con el objetivo de lograr una disolución completa de la lejía en el agua y obtener la solución deseada.

Mezclar en un recipiente de 10 ml de alcohol isopropílico con 1 ml del aceite (asegurarse que las mediciones sean lo más exactas posible), por la estequiometría de la reacción, las cantidades deben ser lo más exacto posible para que no ocurra problema al momento de la valoración y obtener un resultado erróneo de lo que necesitamos para el procedimiento en la mezcla metóxida.

Añade dos gotas de fenolftaleína, que es un indicador ácido-base incoloro en presencia de ácidos, y rojo en presencia de bases. Con el objetivo de verificar si el pH que se obtiene es el indicado para alcanzar el pH óptimo para el biodiesel.

Se llena una bureta con la solución de lejía en un Erlenmeyer esto se coloca en la disolución de aceite/alcohol isopropílico/fenolftaleína. Se dejan caer las dos gotas de la solución de lejía, se agita vigorosamente la disolución para que se homogenice la mezcla. Si el resultado es el óptimo, la disolución se volverá color magenta (rosa) y mantendrá ese color durante diez segundos. El magenta indica un pH de entre 8 y 9 ("Color de la muestra cuando el pH es correcto"). El objetivo de la valoración es averiguar el número de ml de solución de lejía necesarios para alcanzar un pH de entre 8 y 9.

Es recomendable hacer la valoración más de una vez (al menos por triplicado) para comprobar que la medida sea correcta. Dependiendo del tipo de aceite, de la temperatura que alcanzó en la freidora, de los alimentos que fueron cocinados en él y del tiempo de uso, la cantidad de disolución de lejía necesaria en la valoración suele ser de entre 1,5 y 3 ml. También sirven el papel tornasol y los medidores de pH digitales en sustitución de la fenolftaleína. Si pruebas con aceite de cocina sin usar, necesitará mucha menos lejía para alcanzar el pH 8-9.

2.5.4. Cálculo de lejía: El siguiente paso es calcular la cantidad de lejía necesaria para la reacción, para tal efecto, se multiplica el número de ml medidos en la valoración por el número de litros de aceite que se van a convertir en biodiesel.

2.5.5. Preparación de la mezcla- Metóxido de sodio (CH₃ONa): se mezcla el aceite caliente con el Metóxido mientras es agitado. Esto se realiza para obtener una mezcla óptima de ambos líquidos para cumplir con las estandares de calidad de biodiesel casero. Por ejemplo: para 100 litros de aceite hacen falta 20 litros de metanol.

Cuando se mezcla el metanol con el hidróxido de sodio (lejía) se produce una reacción exotérmica cuyo resultado es el metóxido de sodio (CH₃ONa). ("Exotérmica" quiere decir que desprende calor). Los utensilios que entren en contacto con la lejía deben estar totalmente secos.

2.5.6. Calentamiento y mezcla: Se calienta el aceite hasta 48-54° C (120-130° F). Para realizar esto, se puede utilizar cualquier equipo eléctrico que sirva para girar, con el motivo que reaccione la mezcla exotérmicamente. Un giro demasiado rápido produce salpicaduras y burbujas y perjudica al resultado final. Para conseguir un buen resultado ajustó la velocidad, la forma de la hélice o su tamaño.

Durante la transesterificación los ácidos grasos se separan de la glicerina, y el metanol se une a ellos formando metilésteres (biodiesel). El hidróxido de sodio estabiliza la glicerina.

2.5.7. Decantación: Dejar que la mezcla repose y se enfríe por lo menos durante ocho horas, o más. La glicerina forma una masa gelatinosa en el fondo y los metilésteres (biodiesel) flotan encima. La bomba mezcladora debe estar por encima del nivel de la glicerina para que no se estropee.

Otra alternativa consiste en dejar que la mezcla repose al menos durante una hora después de la reacción, manteniendo la temperatura por encima de 38° C

(100° F). De esta forma la glicerina se mantiene semilíquida (solidifica por debajo de 38° C) y se hunde antes.

Se pueden separar sacándolos por un agujero del fondo. La glicerina semilíquida es de color marrón oscuro; el biodiesel es del color miel. Si cae algo de biodiesel en el recipiente de la glicerina es fácil recuperarlo cuando la glicerina se espesa.

Si la glicerina solidifica antes, separarla del biodiesel, se puede calentar para volver a licuarla pero no agitarla

La glicerina procedente del aceite usado en la cocina es marrón y permanece sólida por debajo de 38° C. La glicerina del aceite nuevo suele mantenerse líquida a temperaturas menores de 38° C.

Se puede evaporar el metanol calentando hasta 66° C. El metanol se evapora a 64,7° C. El metanol evaporado con el segundo método, que es hacerlo pasar por un condensador.

Lo que queda después de la transesterificación no es sólo glicerina, sino una mezcla de glicerina pura, metanol y cera. Estas tres sustancias pueden separarse por destilación, pero es difícil porque para evaporar la glicerina hace falta mucho calor. La glicerina pura tiene muchas aplicaciones como es en medicamentos, tintes, cremas, etc. La glicerina procedente de la transesterificación es un estupendo desengrasante industrial. Una manera de purificarla es calentarla hasta 65,5° C para que se evapore el metanol, haciéndola segura para el contacto con la piel. Se debe tener mucho cuidado con el vapor de metanol ya que es altamente inflamable. Cuando se enfría, las impurezas se hunden hasta el fondo y queda de un color marrón oscuro más uniforme. Añadiendo agua queda de color canela, más diluido, y es más fácil limpiarla de las manos.

Otra forma de aprovechar la glicerina es transformarla en gas metano en un biodigestor, o mejor aún, mediante pirolisis. La pirolisis es la descomposición

química de materia orgánica y todo tipo de materiales, excepto metales y vidrios, causada por el calentamiento a altas temperaturas en ausencia de oxígeno (y de cualquier halógeno). En estas condiciones la materia prima no arde, sino que desprende metano. El metano se almacena en una bolsa hinchable o comprimido en un depósito.

En el biodiesel también hay jabón. Cuando el metanol se une a los ácidos grasos se forma agua. El aceite también puede contener agua. El jabón se forma porque el ion del hidróxido de sodio (NaOH) reacciona con los ácidos grasos en presencia de agua. Si hay un exceso de agua en la mezcla durante la reacción, se forma más jabón de lo normal. El aceite que ha sido cocinado puede contener agua y hay que quitársela, para que no se favorezca la saponificación (proceso de formación de jabón); para esto se repite el proceso de secado del aceite, alcanzando del punto de ebullición para que de esta manera se evapore el agua que se haya mezclado con el aceite.

Es muy importante evitar la presencia de agua durante la preparación del metóxido. Todos los objetos que entren en contacto con la lejía deben estar totalmente secos. El biodiesel sale mucho mejor en días secos que en días húmedos.

2.5.8. Lavado y secado: Se debe dejar reposando durante una semana, aproximadamente, para que los residuos de jabón se hundan hasta el fondo. Después lavarlo con agua una o varias veces. En el primer lavado es mejor añadir un poco de vinagre (ácido acético) al agua. Con el ácido acético se consigue que el pH del biodiesel sea casi neutro, porque se une a los restos de lejía y los neutraliza.

Se coloca primero el agua, sin que llegue hasta la altura de la válvula, y luego el biodiesel. Después de agitar con cuidado se deja que repose entre 12 y 24 horas. El biodiesel limpio queda encima del agua y se puede sacar por la válvula. El agua con los jabones disueltos se saca por el fondo.

Puede que haya que repetir este proceso tres veces para retirar todo el jabón. El segundo lavado y el tercero pueden hacerse sólo con agua. El agua y otras impurezas se hundirán hasta el fondo. El producto final deberá tener pH 7.

El agua del tercer lavado puede usarse para el primer o segundo lavado del siguiente lote. Las impurezas se separarán cuando se caliente el siguiente lote. El jabón puede aprovecharse concentrándolo, el resto del biodiesel puede separarse por decantación, y lo que queda es un jabón biodegradable que tiene muchas aplicaciones industriales.

El biodiesel tiene un aspecto más limpio y cristalino después de lavarlo.

2.5.9. Calidad: La calidad del producto acabado puede comprobarse midiendo su pH. El pH es el coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. Se mide con papel tornasol especialmente para ese tipo de medición o con un medidor electrónico. Debe ser neutro (pH 7). Debe tener el aspecto del aceite vegetal, pero con un matiz marrón, parecido a la sidra.

No es conveniente que haya una película sobre la superficie, partículas o turbiedad ya que dañaría la muestra. La película superficial puede ser de restos de jabón, y se quita lavándolo de nuevo o pasándolo por un filtro de cinco micrones (o más fino) de papel tornasol. Si la turbiedad es agua, se quita calentando el producto. Las partículas pueden ser cualquier cosa y aparecen cuando los filtros fallan.

Todos los aceites parecen cristalinos cuando están calientes, pero los que son realmente cristalinos siguen siéndolo cuando se enfrían. Si el biodiesel frío no está cristalino, se deja reposar una o dos semanas más para que las impurezas se hundan.

Es importante saber que el biodiesel limpia muy bien los restos de diésel mineral del interior del motor. Por eso se debe comprobar y cambiar los filtros del combustible cuando empiece a usarse el biodiesel. Es más recomendable poner un filtro de plástico transparente, pequeño y barato, justo antes del filtro original.

El nuevo filtro limpia en parte el combustible antes de que llegue al filtro original, que es más caro. Así es más fácil ver cuándo pasa combustible y en qué condiciones se encuentra el filtro.

Limitaciones: El biodiesel tiene algunas limitaciones. La primera es que da problemas al arrancar el motor cuando hace frío. Dependiendo del tipo de aceite del que proceda (ya sea de aceite de cocina, de soja, de palma, etc.), puede empezar a solidificarse a 4 o 5° C. Una solución es mezclarlo con diésel fósil, o instalar un calentador de combustible eléctrico. Los garajes con calefacción también ayudan.

Con el tiempo el biodiesel corroe las piezas de caucho del sistema de distribución de combustible. Los motores más modernos no tienen piezas de caucho, pero en muchos motores antiguos también se ha usado biodiesel sin que se hayan estropeado. El Vitón es el mejor material, pero hay otros materiales que también sirven para evitar la corrosión y soportar altas temperaturas.

2.6. Procedimiento específico (obtención de prueba)

Materiales y Equipos

- Un litro de aceite
- 200 ml de metanol con pureza del 99%
- Catalizador, que puede ser hidróxido de potasio (KOH) o hidróxido de sodio (NaOH). Recomendamos el hidróxido de potasio (KOH) porque da mejor resultado ya que éste es menos denso y se disuelve mejor en metanol.
- Batidora vieja, o puede ser un motor de abanico con temporizador.
- Balanza con 0,1 gr de resolución (mejor aún con una resolución de 0,01 gr)
- Vasos de medición para el metanol y el aceite
- Recipientes translúcidos, preferiblemente con tapa de rosca
- Embudos
- Botella de dos litros de plástico PET
- Termómetro

Todos los equipos y recipientes tienen que estar limpios y secos.

2.6.1. Lejía: Se debe pesar la lejía con mucha rapidez porque absorbe la humedad del aire con mucha facilidad, y el agua es perjudicial para la reacción. Para pesarla, se introduce dentro de una bolsa de plástico (o puedes colocar el bote y la balanza dentro de una gran bolsa de plástico transparente). Cerrar bien el bote y la bolsa, enrollándola sobre sí misma para sacar de su interior tanto aire como sea posible. La balanza debe estar ajustada para que no tenga en cuenta el peso de la bolsa. Si se utiliza hidróxido de sodio (NaOH) (por lo menos 97% de pureza), la cantidad necesaria es de 3,5 gramos exactos. Si se utilizas hidróxido de potasio (KOH) la cantidad depende de la pureza: pureza del 99% (poco común), exactamente 4,9 gr (4,90875); 92% (más común), 5,3 gr (5,33); 90%, 5,5 gr (5,454); 85%, 5,8 gr (5,775). Sirve cualquier pureza igual o mayor a 85%.

2.6.2. Preparación del metóxido: Se miden 200 ml de metanol y se vierte dentro del recipiente. El metanol también absorbe humedad del aire, esto debe hacerse de manera rápida y cerrar bien la botella del metanol. A temperatura ambiente normal no se evapora suficiente cantidad para suponer un peligro.

Se añade la lejía al metanol en el recipiente, se agita de forma homogénea y sin mucha velocidad. La botella se calienta durante la reacción. El hidróxido de potasio (KOH) se disuelve en mucho menos tiempo que el hidróxido de sodio (NaOH) y puede estar listo en diez minutos. Agitando cinco o seis veces tarda media hora.

2.6.3 La reacción: La reacción para obtener biodiesel es la transesterificación, la cual se refiere a la reacción entre un aceite o grasa y un alcohol en un medio catalizado, para producir ésteres alquílicos de ácidos grasos (biodiesel) y glicerol o glicerina, reacción que transforma las moléculas de triglicéridos, grandes y ramificadas, en moléculas de ésteres alquílicos,

lineales, no ramificadas, de menor tamaño y muy similares a las del petrodiesel.

Los alcoholes empleados deben ser de bajo peso molecular; entre éstos, el más utilizado es el metanol debido a su bajo costo, seguido por el etanol. Los procesos de producción de biodiesel pueden ser variados en cuanto a la cantidad, por lo que el equipo para realizar esto es el reactor, en este trabajo se le llama mini reactor por ser un equipo pequeño para producción muy poca de biodiesel (proceso de prueba)

Después de que la reacción se lleva a cabo, se puede dar la separación del biodiesel y la glicerina producida como sedimento (precipitado). Con este diseño de reactor se pretende lograr que brinde el grado de agitación necesario para obtener conversiones adecuadas.

2.6.4. Lavado de biodiesel: Después de separada la solución se procedió a lavarlo con agua destilada que contenía un poco de vinagre (o ácido acético), esto para ayudar a arrastrar hacia abajo las impurezas presentes en el biodiesel, luego se dejó reposar la solución por dos días más. Este proceso se realizó dos veces más pero esta vez solo con agua, siempre dejando reposar por dos días.

Esta es la mejor prueba de calidad: mezclar en un recipiente 150 ml biodiesel sin lavar (separado de la glicerina, después de doce horas de reposo) con 150 ml de agua. Poner la tapa y agitar vigorosamente durante diez segundos. Dejar que repose. Media hora después, debe quedar encima el biodiesel cristalino, y debajo agua lechosa. Si el combustible es de buena calidad la separación es rápida y todas las impurezas quedan en el agua.

Pero si no se separa y forma una emulsión (con el aspecto de la mayonesa), o se separa muy despacio, con una fina capa blanca entre la capa de biodiesel y la de agua, no es combustible de buena calidad.

Si la muestra ha pasado las pruebas, se procede al lavado, este se hace en dos botellas de plástico de dos litros, con medio litro de agua de grifo. Hacer un agujero de dos milímetros en el fondo de cada botella y taparlos. Para completar el lavado se requiere repetir el proceso de tres a cuatro veces. Estos agujeros permiten la salida de los desechos del lavado (quedan en la parte inferior), Se puede omitir estos agujeros y realizar la separación a través de la decantación u otro medio de separación de líquidos.

Verter el biodiesel en una de las botellas y añadir medio litro de agua limpia. Cerrar bien la botella y agitarla hasta que formen una mezcla homogénea. Si se tiene un mezclador de pinturas lo bastante pequeño y una taladradora de velocidad variable de aproximadamente 1200 rpm, se pueden recortar las botellas y mezclar con la taladradora para obtener una mezcla homogénea. Dejar que repose por lo menos tres horas. Drenar el agua del fondo a través del agujero, taparlo para evitar el derrame cuando comience a salir EL biodiesel SE traslada el combustible a la otra botella para el siguiente lavado. Limpiar la botella y tapar el agujero. Se debe repetir este proceso tres o cuatro veces.

2.6.5. Secado: Cuando está translúcido y cristalino ya está seco. Puede que tarde unas horas, o unos días. Si se tiene prisa, calentarlo suavemente hasta 48 °C y dejar que se enfríe. Así se evapora el agua. Colocarlo en un recipiente abierto.

2.7. Procesos realizados para producir el biodiesel.

2.7.1. Medición del aceite:

Se mide exactamente 1000 ml de aceite, previamente colado y calentado para separar impurezas y sobre todo el agua presente. Se calentó por aproximadamente 3 horas a fuego constante y a una temperatura de entre 75 y 90 °C.

2.7.2. Preparación de metóxido:

Se mezclaron 200ml de metanol (20 % en volumen del aceite usado) y se mezclaron cuidadosamente con 6.39 gramos de Hidróxido de sodio (NaOH), se agito la solución hasta la total solubilidad del Hidróxido de Sodio (NaOH) y luego se dejó enfriar, ya que la reacción se calentó por ser extremadamente exotérmica.

2.7.3. Preparación de la mezcla aceite metóxido:

Se usaron 1000 ml de aceite usado (1lt), el cual fue previamente filtrado y calentado para quitarle toda molécula de agua presente.

Luego en el reactor se combinaron el aceite y la mezcla metóxida con cuidado y lentitud con agitación y temperatura constante de aproximadamente 45 °C, durante 54 minutos.

2.7.4. Preparación del reactor:

El reactor se preparó con utensilios plásticos y que se pueden encontrar en cualquier sitio donde vendan artículos como lo son: botellas de bebidas de 0.5, 1, 1.5 litros de capacidad; recipiente de 1 galón de capacidad; mangueras; tape sellador transparente y un taladro comercial.

Se le abrieron agujeros al recipiente de 1 galón por donde se vertió la mezcla metóxida y uno por donde se pudiese separar las capas (abajo, que es glicerina)

En el tapón original del envase se le perforo un agujero por donde se introdujo una hélice conectada a un taladro casero, que harán que se mantenga la reacción en constante agitación.

Se vertieron los 1000ml de aceite usado al reactor

En el agujero superior se agregó una manguera conectada a su vez a un recipiente de 1 litro de plástico que contiene la mezcla metóxida, esta mezcla se vertió a través de ese recipiente cerrado (solo unidos por la manguera) para no dejar escapar gases tóxicos, al aceite que se encuentra en el reactor.

Toda la mezcla se coloca a baño maría con una temperatura no mayor de los 60°C.

Se deja la mezcla en calor y agitación por 40 a 60 minutos

2.7.5. Reposo de la solución:

La solución luego de 54 minutos se separó del reactor y se dejó reposar por 4 días

2.7.6. Separación de biodiesel:

Luego de los 4 días de reposo se separaron las capas que contenía la solución: 1ª, biodiesel (color miel oscuro), 2ª glicerina (color marrón oscuro)

2.7.7. Lavado de biodiesel:

Después de separada la solución se procedió a lavarlo con agua destilada que contenía un poco de vinagre (ácido acético), esto para ayudar a arrastrar hacia abajo las impurezas presentes en el biodiesel, luego se dejó reposar la solución por dos días más. Este proceso se realizó dos veces más pero esta vez solo con agua, siempre dejando reposar por dos días.

Luego de los lavados se separó de nuevo el biodiesel y se comprobó su presencia a partir de pruebas.

2.8. Características físicas y químicas

2.8.1. Físicas:

- Color: se realiza por la observación (debe tener un color Miel claro)
- Aspecto: se realiza tocando el líquido y sintiendo su viscosidad (debe ser bastante fluido (no viscoso))
- Densidad: Se determina su densidad con la medición de la masa de cierto volumen, se divide la masa entre dicho volumen y se obtendrá su densidad (densidad biodiesel 0.889 g/cm^3)
- Utilización directa: el producto será puesta a prueba en un equipo diésel de forma directa para determinar su funcionamiento

2.8.2. Químicas:

- pH: se realiza por la medición con un pH-metro o con papel tornasol, debería tener un pH neutro (pH7)

Calidad: Para comprobar la calidad del biodiesel haz la prueba del lavado y la prueba del metanol. Durante el reposo se ha formado la capa de glicerina en el fondo, ya se ha conseguido biodiesel.

Es normal que los primeros intentos no pasen las pruebas de calidad. Por ejemplo, distintas batidoras y reactores tienen distintas formas y velocidades de giro. Eso afecta al tiempo de reacción, y hay que hacer ajustes.

2.9. Análisis de los resultados

El producto fue analizado con pruebas sencillas como son densidad y punto de fusión, principalmente la del pH y color, además de la comprobación de su funcionamiento en un motor diésel.

El producto en su fase principal de obtención presentó un pH un poco básico (8.23), luego de la primera lavado se redujo considerablemente hasta 7.12 y luego se estabilizó hasta obtener el pH final de 7.05. Medido con un pH-metro digital, previamente calibrado.

Se utilizó materiales caseros, tales como: taladro, retazos de madera y garrafón de agua purificada de plástico PET para la construcción del biodigestor, lo que genera una reducción en el gasto de la fabricación y sobre todo materiales de fácil acceso, lo que hace posible la producción de biodiesel de forma fácil.

El biodiesel y la glicerina obtenida se separaron y se almacenaron debidamente. La glicerina luego de 7 días se endureció, teniéndose que calentar de nuevo para un futuro uso.

Los resultados (en su mayoría) están en anexos respaldados por fotos, donde se detalla cada una de ellas y el proceso usado.

Capítulo III

3. Conclusiones y recomendaciones

3.1 Conclusiones

La fabricación del biodiesel a partir de aceites usados es una técnica satisfactoria para producción biocombustibles, no solo por la facilidad del método sino que por la gran aplicación de este, ya que en países como el nuestro no hay necesidad de modificar los vehículos o motores diésel para usarlo, su aplicación es directa.

Otro de los beneficios de la fabricación de biodiesel es el poder darle uso al aceite quemado fuente de males orgánicos por su alto contenido de grasas trans, además de ser un gran contaminante ambiental ya que un litro de aceite contamina cerca de un millón de litros de agua, al verterla en las aguas negras (acción común).

La facilidad con que se realiza esta práctica es lo más práctico, ya que no se necesita de materiales sofisticados o caros. Simplemente con material casero. Y en una semana se puede obtener biodiesel limpio y apto para su uso inmediato

Las cantidades usadas de reactivos para este proceso no significaron mucho peligro, pero al realizar este experimento a escalas mayores se debe igualmente doblar la seguridad.

La generación de biodiesel a niveles mayores requiere de una mayor cantidad de materia prima lo que implica la búsqueda de esa cantidad en muchos sectores para poder satisfacer una necesidad mayor.

El biodiesel obtenido es aproximadamente un 70% del aceite, lo que implica un alto rendimiento en cuanto a la producción.

3.2. Recomendaciones

3.2.1. Almacenamiento.

El almacenamiento del aceite debe ser por períodos cortos de tiempo (no más de un año), ya que se oxida y los contenedores deben estar aislados del agua y la humedad para evitar su descomposición.

3.2.2. Tratamiento de químicos.

La glicerina obtenida como sub-producto del biodiesel debe ser tratada para su aprovechamiento ya que tiene muchas aplicaciones tales como elaboración de detergentes, aditivos alimentarios, cosméticos, lubricantes, etc.

Se recomienda dar tratamiento al agua residual obtenida del lavado del biodiesel usando un floculante o utilizando trampas de grasas.

Tratar el metóxido de sodio con extremo cuidado, no respirar sus vapores. Si cae sobre la piel, quemará sin que se note porque mata los nervios. Hay que lavar la zona con abundante agua. Cuando se manipula metóxido de sodio se recomienda tener siempre agua a temperatura ambiente cerca, para lavar la zona afectada.

El metóxido de sodio también es muy corrosivo para las pinturas. La lejía reacciona con el aluminio, el estaño y el zinc. Utiliza recipientes de vidrio, de acero inoxidable, o esmaltados. Los mejores son los de acero inoxidable.

3.3.3. Recolección de materia prima.

Se recomienda la creación de un programa de recolección de aceite usado para la producción de biodiesel que beneficiaría en gran medida disminuyendo el impacto ambiental y resultaría una forma económica de operar vehículos o maquinaria ya que Nicaragua carece de un programa para desechar correctamente el aceite usado, lo cual provoca contaminación y problemas de taponamiento en los sistemas de drenaje

3.3.4. Durante la obtención de pruebas.

Colocarse los guantes adecuados, delantal y gafas protectoras, y no respire los gases. El metanol puede causar ceguera y la muerte; no se debe ingerir por ningún

motivo. Es absorbido por la piel. El hidróxido de sodio puede causar quemaduras graves y la muerte. Cuando se mezclan estas dos sustancias forman metóxido de sodio, que es extremadamente caustico (corrosivo). Son productos peligrosos, los cuales deber ser tratados con cuidado. Los guantes deben ser resistentes a los productos químicos y largos para que cubran los brazos y queden totalmente protegidos. No sirve cualquier guante. Tener siempre agua a temperatura ambiente muy cerca cuando se manipula estos productos. El lugar de trabajo debe estar muy bien ventilado. No puede haber cerca personas ajenas al proceso, ni niños, ni mascotas.

El mejor consejo es que no se exponga directamente a los gases. El mayor peligro es el metanol caliente. Cuando está frío o a temperatura ambiente desprende muy pocos gases y es fácil ventilarlos. No usar reactores abiertos. Los reactores para biodiesel deben estar cerrados, sin fugas de gases. Todos los recipientes que contengan metanol deben estar cerrados herméticamente para que no entre la humedad del aire.

Producir biodiesel es fácil y seguro si se es cuidadoso. Ser prudente con los productos químicos, tener seguridad al manipularlos, bajo las medidas de protección establecidas en el laboratorio

CAPITULO IV

5. Glosario y bibliografía

5.1. Glosario

Energía renovable: Son todas aquellas producidas a partir de fuentes naturales no sujetas a agotamiento.

Energía fósil: Es aquella que procede de la biomasa obtenida hace millones de años y que ha sufrido grandes procesos de transformación hasta la formación de sustancias de gran contenido energético como el carbón, el petróleo, o el gas natural

Biomasa: es la cantidad de materia acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema.

Biodiesel: Es un líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación.

Transesterificación: Es el proceso por el cual se intercambia el grupo de un alcohol, mediante una reacción catalizada con la adición de un ácido o una base.

Metóxido: Es un sólido incoloro, que se forma por la deprotonación del metanol y es ampliamente empleado como reactivo tanto a nivel industrial como en laboratorio.

Saponificación: Transformación de un cuerpo graso en jabón

Glicerina o glicerol: Es un alcohol con tres grupos hidroxilos

Catálisis: Variación en la velocidad de una reacción química producida por la presencia de un catalizador.

Esteres: Los ésteres son compuestos orgánicos derivados de ácidos orgánicos o inorgánicos oxigenados en los cuales uno o más protones son sustituidos por grupos orgánicos alquilo.

Lejía: Líquido corrosivo y transparente de olor muy fuerte, formado por una solución de sales alcalinas.

5.2. Bibliografía

- ARIAS, A., Bogotá, Biocombustibles: el nuevo yacimiento colombiano, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural República de Colombia, 2007.
- CIRIA, J., Propiedades Y Características De Combustibles Diésel Y Biodiesel. Wearcheck Ibérica, 2007. Virtual Pro.
- CHOI, C.Q., "Biodiesel Is Better". Scientific American; Vol. 295 Issue 3 "September 2006". Page 38.
- CHISTI, Biodiesel from microalgae beats bioethanol. 2008
- El petróleo y la energía en la economía, Ekonomiaz Revista Vasca de economía 2008.
- Consecuencias del descenso de los precios petrolíferos, revista virtual, abril 2015
- . REOIL México, Cleantech Challenge México 2010.
- Transformaciones de la energía. Fuentes de Energía I.E.S Antonio González González.
- GARCIA, J.; GARCIA, J., Informe de vigilancia tecnológica - Biocarburantes líquidos: Biodiesel y Bioetanol. 2006.
- Manual de biocombustibles. Federico Ganduglia – IICA 2009.

CAPITULO V
5. Anexos



Figura 1.

Se están desconectando las mangueras de alimentación para quedar solamente con el producto final, esperar la separación del biodiesel y glicerina para posteriormente separarlos. Fuente propia.



Figura 2.

En esta parte se está agregando por la parte izquierda superior, el aceite de cocina usado y previamente calentado para su limpieza. Este aceite pasará al recipiente central (grande) que es el reactor en donde se llevara a cabo la reacción del aceite con la mezcla metóxida. Fuente propia.



Figura 3.

En esta parte del proceso se está agregando al recipiente de la parte superior derecha el hidróxido de sodio (NaOH), que es parte de la mezcla metóxida que se mezclara con metanol. Fuente propia



Figura 4.



Figura 5.

En esta parte del proceso se va a agregar al recipiente de la parte superior derecha el metanol (CH_3OH), que es parte de la mezcla metóxida y que se mezclara con el hidróxido de sodio. Fuente propia.



Figura 6.

Este es el recipiente en donde se prepara la mezcla metóxida (metanol +hidróxido de sodio), que posteriormente se le agregara al aceite. Por encima tiene un motor que ayudara a que la mezcla se realice de mejor forma. Fuente propia



Figura 7.

Este recipiente es el reactor, en él se llevara a cabo la reacción (aceite +mezcla metóxida), la manguera de la izquierda es la que alimenta el aceite y la manguera de la derecha alimenta la mezcla metóxida. Una vez vertidos, se agita. Fuente propia.



Figura 8.



Figura 9.



Fig. 10

Este líquido es el resultado de la reacción, ahí está contenido el biodiesel y la glicerina (productos finales de esta reacción), estos serán posteriormente separados por decantación. Fuente propia.