

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA  
RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
TRABAJO MONOGRAFICO PARA OPTAR AL TITULO DE  
LICENCIATURA EN QUIMICA INDUSTRIAL**



**Título: obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado a través de un reactor industrial capacidad 55 galones en el hogar de protección infantil casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí Marzo-Diciembre del año 2014.**

**Autores:**

**Br. Mary Luz Beltrán Orozco**

**Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro**

**Tutor: Ing. Ninoska Alexandra Cruz Castro**

**Managua, Abril 2015**



## **DEDICATORIA**

El principio de la sabiduría es el temor del señor, y el conocimiento del Santo es inteligencia. Proverbios 9:10

Dedico este trabajo monográfico a nuestro creador y Salvador Dios, porque su diestra me ha sostenido y por haber puesto en mi sabiduría entendimiento e inteligencia que solo provienen de él.

A mis padres Teresa Castro y Blas Cruz porque gracias a su apoyo incondicional he logrado culminar mis estudios.

A mis hermanos por su amor, admiración y respeto. A cada una de las personas que de una forma u otra contribuyeron con mi formación como profesional.

A todos ellos dedico este trabajo.

Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro.



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo monográfico a mi padre celestial, "Pues el señor es quien da la sabiduría; la ciencia y el conocimiento brotan de sus labios". Proverbios 2: 6

A mis padres Mary Cruz Orozco y Luis Beltrán Calero por sus consejos, ejemplos de perseverancia, motivación constante y valores que me han inculcado para ser una persona de bien.

A mis hermanas, a Carlos Antonio Murillo Sequeira y a todos los que de algún modo han estado presentes a mi lado apoyándome para poder lograrlo...

Br. Mary Luz Beltrán Orozco



## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios por haberme fortalecido en todas las áreas de mi vida a lo largo de mi carrera permitiéndome terminar con éxito. Porque estoy convencida que lejos de él nada puedo hacer.

Agradezco a mis padres Teresa Castro y Blas Cruz por haberme disciplinado y enseñarme a valorar el sacrificio de sus manos, gracias a estas dos personas puedo decir con orgullo que han forjado en mí una mujer con valores espirituales y morales y gracias a eso he culminado mi carrera.

A cada uno de mis hermanos que siempre estuvieron ahí para motivarme a salir adelante en especial a mi hermana y tutora monográfica Ing. Ninoska Cruz Castro que de manera abnegada me ha ayudado en cada etapa de mi carrera universitaria.

Agradezco al Ing. Heberto Ramírez (varón de Dios) por su apoyo incondicional, por haber tenido disposición y confianza de permitirnos desarrollar el proyecto dentro de las instalaciones del hogar de protección infantil Casa Bernabé.

De igual forma agradezco a nuestra excelente maestra Msc. María Nathalia Gutiérrez quien nos motivó a seguir con el proyecto y siempre estuvo ahí para responder nuestras inquietudes, a nuestra directora Msc. Rosa María Tapia Por permitirnos desarrollar nuestro tema y facilitarnos los laboratorios de química para la realización de nuestras pruebas piloto.

Agradezco a Rosticería Arca de Noé por brindarnos su ayuda con la donación de aceite vegetal.

A mis amigas Mary Luz Beltrán y Abigail Rosales que siempre fueron apoyo incondicional y estuvieron animándome a no desistir en los momentos más difíciles.

Agradecemos al Ing. Carlos Antonio Murillo Sequeira, atodos gracias y bendiciones de parte de nuestro Dios.



## **AGRADECIMIENTO**

"Dichoso el que haya sabiduría, el que obtiene inteligencia; porque son más provechosas que la plata y rinden mayores beneficios que el oro"  
Proverbios 3: 13-14

Primeramente agradezco a Dios por darme salud, sabiduría e inteligencia, por siempre estar a mi lado guiándome, fortaleciéndome para levantarme y seguir adelante y poder culminar con éxito mis estudios "Porque sin él no lo hubiese logrado".

Agradezco a mis padres Mary Cruz Orozco y Luis Beltrán por brindarme su apoyo incondicional, sus sabios consejos y sobre todo por dejarme la mejor herencia "El pan de la enseñanza"

A mis hermanas que siempre han estado a mi lado animándome a seguir adelante.

A nuestra tutora Ing. Ninoska Alexandra cruz castro quien nos ha guiado en nuestro trabajo.

A mis maestros que me formaron con sus enseñanzas, en especial a la docente Msc. María Nathalia Gutiérrez quien nos brindó apoyo desde el inicio del proyecto y siempre estuvo ahí para aclarar nuestras dudas, a nuestra directora Msc. Rosa María Tapia quien puso a disposición los laboratorios para llevar a cabo las pruebas piloto.

Agradecemos la disposición y amabilidad del Ing. Carlos Antonio Murillo Sequeira por su asesoría técnica-metodológica de nuestro estudio monográfico.

A mis amigas Escarleth Cruz Castro, Abigail Rosales y Karen Yanira Espinoza que estuvieron a mi lado en los momentos buenos y malos brindándome su apoyo.  
Gracias a todos...



## **RESUMEN**

Realizado el estudio experimental en el cual se efectuaron pruebas piloto en los laboratorios de Química de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN- Managua) luego se desarrolló el proceso de obtención de biodiesel haciendo uso de un reactor industrial, novedoso combustible alternativo derivado de lípidos (AVR)\* a través de una reacción de transesterificación.

Seguido de los resultados obtenidos en estas pruebas se realizó la obtención del biocombustible a través de un reactor industrial en el Hogar de protección infantil Casa Bernabé (Comarca Veracruz municipio de Nindirí situado en Masaya), proceso el cual se llevó a cabo en las siguientes etapas:

Pre-tratamiento del aceite: Se realizó el proceso de filtración para eliminar partículas gruesas en el aceite, se determinó la cantidad de hidróxido de sodio (NaOH) para neutralizar ácidos grasos libres en la que se realizó una titulación del aceite para determinar la cantidad a adicionar al metanol en la preparación del metóxido de sodio.

Posteriormente se realizaron las pruebas de funcionamiento en uno de los vehículos del Hogar de protección infantil Casa Bernabé con las siguientes especificaciones: Toyota color blanco, marca Hilux, motor diésel, año 2006.

Realizados los cálculos del estudio financiero en el cual se fueron detallando cada uno de los costos de inversión, operación e ingresos se detallaron dos cálculos que representarían la valides sin financiamiento, determinando el flujo neto del proyecto, dándonos como resultado que al proyecto se le podía exigir un 19.55% de factor de descuento representado con un VAN positiva, relación beneficio-costos como indicador de rentabilidad (R B/C) de 1.78 lo que significa que por cada córdoba invertido se obtiene 0.78 córdobas de utilidad neta.

En la ejecución de nuestro estudio experimental se produjo la cantidad de 181.24 litros de biodiesel, y 38.3 litros de glicerina( indirecto), lo cual estimando una proyección a 5 años con incremento en la producción anual a partir del 2do y 3er año a 2 y 4% respectivamente, estimando el valor futuro que tendrá esta tecnología desde el plano comercial.



## Índice

1. Aspectos generales.....	12
1.1. Introducción.....	12
1.2. Objetivos.....	13
1.2.1. Objetivo General.....	13
1.2.2. Objetivos Específicos.....	13
2. Planteamiento del problema.....	14
3. Justificación.....	15
4. Antecedentes.....	16
5. Marco teórico.....	18
5.1. El hombre y su adicción energética.....	18
5.2. Protocolo de KYOTO y la cumbre de Copenhague.....	19
5.4. Definición Química.....	21
5.4.1. Biocombustibles.....	21
5.5. Generalidades sobre el biodiesel.....	21
Tabla 1. Algunas propiedades de biodiesel de diferentes orígenes.....	21
5.5.1. Aceite Vegetal Reciclado.....	22
5.5.2. Materias primas.....	22
Tabla 2. Algunas propiedades de aceites vegetales usados en la producción de biodiesel.....	22
5.5.3. Triacilglicéridos.....	23
Figura 2. Estructura química de la glicerina y de un triglicérido común.....	23
5.5.4. Glicerina.....	23
5.5.5. Monoglicéridos y diacilglicéridos.....	23
Figura 3. Estructura química de un monoglicéridos y un diglicérido común....	24
5.5.6. Ácidos grasos.....	24
6.6.9. Ventajas al usar biodiesel.....	25
5.6. Desventajas.....	27
5.7. Estudio organizacional y técnico.....	29
5.7.1. Misión.....	29
5.7.2. Visión.....	29



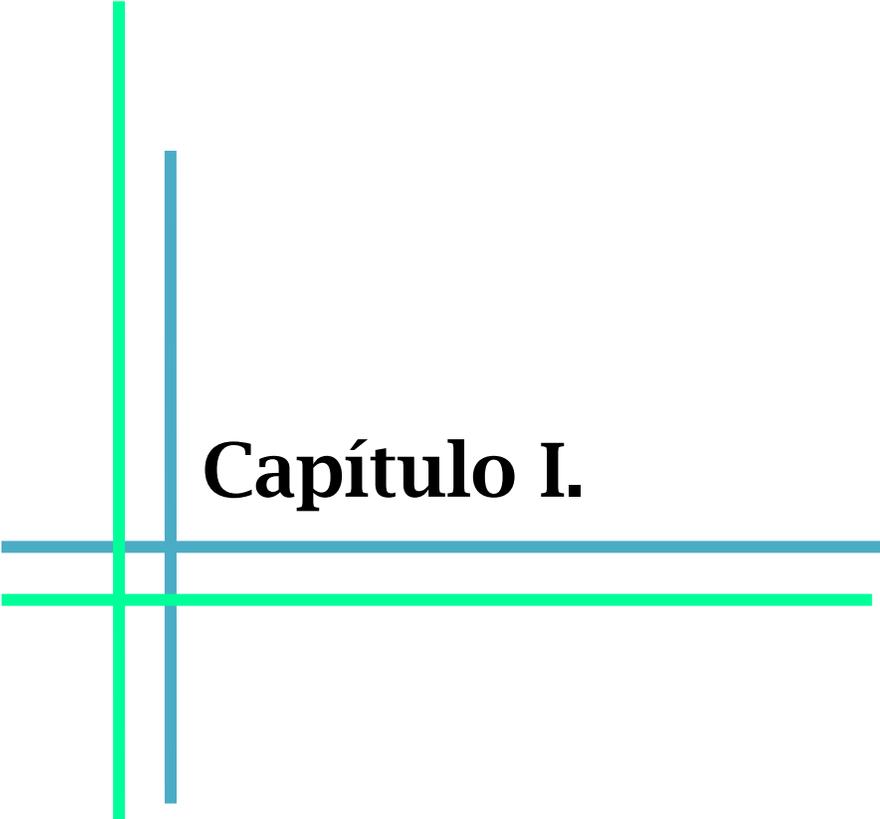
6.9. Localización.....	29
6.9.1. Macro localización. ....	29
6.9.2. Micro localización.....	30
Figura 4. Microlocalización de planta procesadora, utilizando google earth. ..	30
6.9.3. Parámetros y criterios técnicos. ....	31
Tabla 4. Requerimientos del biodiesel según la norma europea EN 14214 ( <i>European Committee for Estandarización, CEN</i> ). ....	31
6.9.5. Programa y proceso de producción. ....	32
6. Hipótesis .....	33
7. Diseño metodológico .....	35
7.1. Tipo de estudio .....	35
7.1.1. Descripción del área de estudio.....	35
7.2. Población y muestra .....	35
7.2.1. Población .....	35
7.2.2. Criterios de selección de la muestra .....	36
7.3. Variables .....	36
7.3.1. Variables independientes .....	36
7.3.2. Variable dependiente.....	36
Tabla 5. Operacionalizar .....	37
7.4. Materiales y métodos.....	38
7.4.1. Materiales para recolectar información.....	38
7.4.2. Materiales para procesar datos .....	38
7.4.3. Método .....	38
7.4.4. Mecanismo de la reacción .....	39
Tabla 5. Materiales y utensilios a escala de laboratorio. ....	40
Tabla 6. Reactivos y materia prima utilizados a escala de laboratorio e industrial.....	41
Tabla 7. Materiales y utensilios a escala industrial.....	42
Tabla 8. Equipo de seguridad a escala de laboratorio e industrial .....	43
7.5. Fase experimental.....	44
7.5.1. Insumos y suministros para la obtención de biodiesel .....	44
7.5.1.1. Aceite de soya reciclado. ....	44
7.5.1.2. Alcohol Metílico(Metanol) .....	44



7.5.1.3. Catalizador Hidróxido de sodio( Sosa cáustica) .....	44
7.5.1.4. Agua ( Proceso de lavado).....	44
7.5.1.5. Energía.....	44
7.5.1.6. Tratamiento de efluente en el proceso de obtención de biodiesel.....	45
7.6. Descripción de los equipos .....	45
Tabla 9. Relación de equipos para la planta de biodiesel .....	46
Figura 5. Esquema de la planta de producción de biodiesel.....	47
7.6.1. Procedimiento experimental .....	48
7.6.1.1. Materiales para la valoración del aceite vegetal reciclado.....	48
7.6.1.2. Disolución de referencia.....	48
7.6.1.3. Valoración.....	48
Tabla 10. Valoración.....	49
7.6.2. Preparación del metóxido.....	50
7.6.2.1. Reacción.....	51
7.6.2.2. Trasvase y separación. ....	51
7.6.2.3. Decantación para separar el biodiésel de la glicerina.....	51
7.6.2.4. Restos de jabón .....	51
7.6.3. Proceso de lavado y secado del biodiésel .....	52
7.6.3.1. Secado .....	52
7.6.3.2. Descripción del flujograma.....	53
7.6.4. Equipos Utilizados.....	53
7.6.5. Mezclado de materias primas .....	54
Adición al reactor.....	54
Reacción y separación. ....	54
Lavado por agitación.....	54
Figura 7. Flujograma del proceso para la obtención de biodiesel a partir de aceites reciclado.....	56
8. Análisis de resultados.....	58
8.1. Cálculos de NaOH utilizados en la obtención de biodiesel.....	58
8.2. Cálculos para determinar los mililitros de metanol utilizados en la obtención de biodiesel .....	58



8.3.	Balance para el metóxido .....	58
8.4.	Balance en el reactor .....	59
8.5.	Balance en la etapa de sedimentación .....	59
8.6.	Balance en el lavado.....	59
8.7.	Balance en el secado .....	60
	Tabla 11. Rendimiento porcentual del proceso. ....	60
	Tabla 12. Control de calidad de biodiesel. ....	61
	Tabla 13. Control de calidad de biodiesel obtenido en las mediciones.....	62
9.	Estudio financiero.....	64
	Tabla 14. Inversión fija. ....	64
	Tabla 15. Equipos y herramientas de laboratorio- industrial. ....	65
	Tabla 16. Inversión diferida.....	65
9.3.	Capital de trabajo.....	66
	Tabla 17. Capital de trabajo.....	66
	Tabla 18. Inversión Total.....	66
9.4.	Costos operativos .....	66
	Tabla 19. Costos Operativos. ....	66
	Tabla 20. Costos de Producción anual.....	67
	Tabla 21. Gastos administrativos. ....	67
	Tabla 22. Depreciación acumulada.....	68
	Tabla 23. Producción estimada (5 años).....	68
	Tabla 24. Precios. ....	69
	Tabla 25. Ingresos. ....	69
10.	Flujo financiero.....	70
	Tabla 26. Flujo financiero del proyecto sin financiamiento.....	71
	Tabla 27. Cálculo del Valor actual Neto positiva .....	72
12.	Estudio de impacto ambiental- base legal jurídica.....	73
	Conclusiones .....	76
	ANEXOS .....	84



# Capítulo I.



## **1. Aspectos generales.**

### **1.1. Introducción**

La designación biodiesel fue introducida por primera vez en Estados Unidos en el año 1992 por la “National Soy Diésel”, pionera en la comercialización de biodiesel en dicho país. El biodiesel puede ser usado intercambiabilmente con el diésel debido a sus propiedades similares.

El biodiesel es un combustible producido a partir de materias de base renovables, como los aceites vegetales sometidos a un proceso de transesterificación. Utilizado en los motores diésel.

Nicaragua no posee yacimientos de combustibles fósiles y en gran medida nuestro país se encuentra atrasado en el estudio e implementación de energías a partir de materia renovables; la elaboración de biodiesel a partir de aceites reciclados es una buena alternativa ante estas carencias.

El biodiesel es una excelente fuente de energía y puede ser obtenido a partir de cualquier tipo de semillas oleaginosas tales como: semillas de algodón, semilla de soja, semilla de girasol, maíz, etc. Además tiene buenas propiedades lubricantes ya que su producción es a bases de aceite lo que permite que se use como un combustible puro.

El proyecto “Obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado haciendo uso de un reactor industrial” es una idea innovadora que contribuirá a la implementación de energías verdes en Nicaragua, ya que a lo largo de su historia solo se han implementado programas de energía renovables tales como energías solar, energía geotérmica, energía eólica y energía a partir de biomasa.



## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Obtener biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado empleando un reactor industrial con capacidad 55 galones en el hogar de protección infantil casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí, Marzo-Diciembre de 2014.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

1. Describir las funciones del reactor industrial que ayudará a la obtención del biocombustible.
2. Efectuar prácticas de laboratorio para la producción de biodiesel a pequeña escala.
3. Desarrollar un proyecto de sostenibilidad del combustible diésel utilizado en los vehículos adscritos al Hogar de protección infantil Casa Bernabé ubicado en Veracruz-Nindirí.



## **2. Planteamiento del problema**

La mayor parte de la población mundial depende de un solo combustible, para la satisfacción de sus necesidades energéticas. El petróleo es la fuente de energía más utilizada en el mundo.

A pesar de que el petróleo contiene nitrógeno, azufre y oxígeno, éste está compuesto principalmente, por una mezcla de hidrocarburos. Los cuales se refinan, mediante el proceso llamado destilación fraccionada y posterior refinado, para obtener productos útiles.

El proceso de destilación fraccionada; se basa en que las volatilidades de los diferentes hidrocarburos varían inversamente con sus masas moleculares. Debido a que el enorme mercado del petróleo reside en la gran demanda de gases ligeros (gasolina, aceites combustibles, aceites para motores, grasas) dicho proceso de destilación fraccionada tiene consecuente aumento en los costos para la obtención de estos productos.

Debido a que el petróleo no es una fuente renovable; trae consigo la escasez y en un futuro la desaparición de sus yacimientos, por ello, surgen los conflictos y enfrentamientos entre los países del mundo. Muchas son las guerras que han sido declaradas y que aún siguen siendo desatadas alrededor del mundo para asegurar el control corporativo sobre el petróleo.

Con nuestra investigación se busca nuevas alternativas para la obtención de biodiesel; un combustible fabricado con aceites reciclados de origen vegetal, el cual se obtiene mediante procesos industriales de menores costos, en comparación con el del proceso de refinación del petróleo.

Uno de los mayores costos de operación en el hogar de protección infantil Casa Bernabé consiste en la compra de combustible (diésel) para consumo de los vehículos (un bus, y dos camionetas) para el cumplimiento de su misión y compromiso social adquirido en la comunidad.



### **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.

Los estudiantes de la carrera de Química Industrial de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua) estamos en la obligación 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 vegetal reciclado.

Con el interés de dar respuestas y apoyar la labor social que realiza el hogar de protección infantil Casa Bernabé (Municipio Nindirí-Masaya) por más de 30 años. Convenimos llevar a cabo nuestro proyecto dentro de las instalaciones del mismo con el fin de abastecer la demanda de combustible diésel de los tres vehículos livianos y un bus que el hogar posee, poniendo en funcionamiento un reactor industrial con capacidad de producción 55 galones.



#### **4. Antecedentes**

Biodiesel en El Salvador: Muestras de biodiesel a partir de aceites reciclados, para obtención de energía renovable. Las operaciones comenzaron con un empleado y un reactor de 50 galones por día, con solo dos años se cuenta con 5 empleados 7 reactores de 50 galones cada uno, dos vehículos recogiendo aceites reciclados y distribuyendo biodiesel, cubriendo todo El Salvador, cuentan con una producción actual de 4,000 galones mensuales, teniendo como mayor dificultad la disponibilidad de materias primas.

Biodiesel en Guatemala: Actualmente, se cuenta con ocho pequeños productores de biodiesel en el país, contando con una capacidad instalada de 4000 galones al día, la mayoría de esta producción es con aceite reciclado.

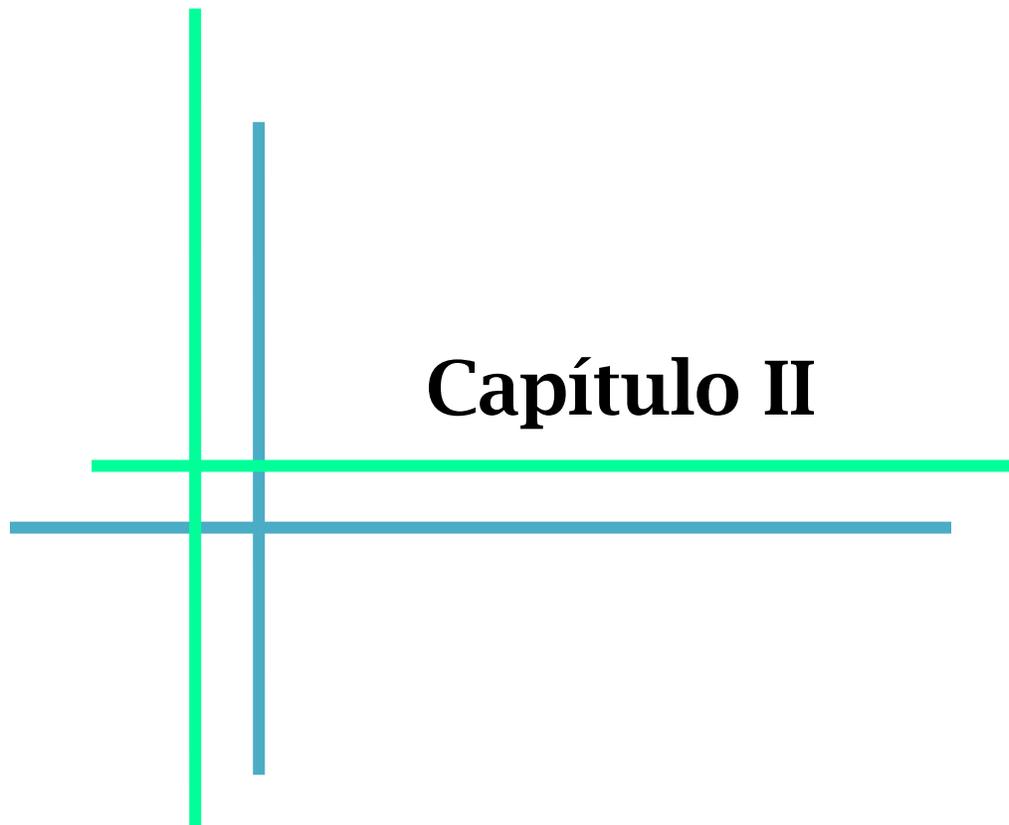
Biodiesel en Costa Rica: El Instituto Tecnológico de Costa Rica, en el año 2009, comenzó con su Programa de Energías Limpias en el cual se busca: “desarrollar actividades que permitan impulsar el desarrollo de proyectos relacionados con fuentes no convencionales de energía que busquen reducir tanto los efectos ambientales provocados por el uso de energía fósil, como la dependencia energética de Costa Rica”. (*Arturo Steinvorth Álvarez*). *Programa de energías renovables del Instituto Tecnológico de Costa Rica (PELTEC). Consultado el 24 de marzo del 2014.*

Biodiesel en Honduras: A partir del 2006, se ha creado una alta expectativa en Honduras ante la idea de un proyecto de sustitución del combustible diésel por el uso de biodiesel proveniente de la transformación del aceite de la palma africana. *Secretaría de Industria y comercio. (s. f.). Reglamento Rt-Cin-sic 75.07.121:06 Técnico Hondureño: Biocombustible. Biodiesel (B100) y sus Mezclas con diésel N<sub>o</sub>2-D (Automotriz) Tegucigalpa: Comisión interinstitucional de normalización.*

Biodiesel Panamá: Programa mesoamericano de biocombustibles (PMB-2011). Ministerio de desarrollo agropecuario de Panamá (MIDA) y la secretaria nacional de energía, ambas instituciones del gobierno nacional de Panamá en cooperación con el ministerio de agricultura y desarrollo rural de Colombia (MADR), la cooperación colombiana de investigación agropecuaria (CORPIOCA) y el apoyo del banco de desarrollo interamericano (BID) desarrollan el proyecto de una producción diaria de hasta 10,000 litros de biodiesel (planta piloto a pequeña escala).



## Capítulo II





## 5. Marco teórico

### 5.1. El hombre y su adicción energética

El petróleo tiene mayor densidad energética que el carbón, es más fácil de transportar y produce menos residuos de combustión. Hasta ahora había sido más fácil de extraer. Por eso, su consumo se impuso a partir de la Segunda Guerra Mundial, dando origen a la llamada era del petróleo (Wauquier, J.P. 2004). Sin embargo el uso del carbón y del petróleo no sólo significa el consumo de recursos no sustentables y precios en alza sino que también aumentan las emisiones de gases responsables del calentamiento global, Este incremento se puede confirmar observando el aumento después de la Segunda Guerra Mundial (1945) como se puede observar en la siguiente figura.

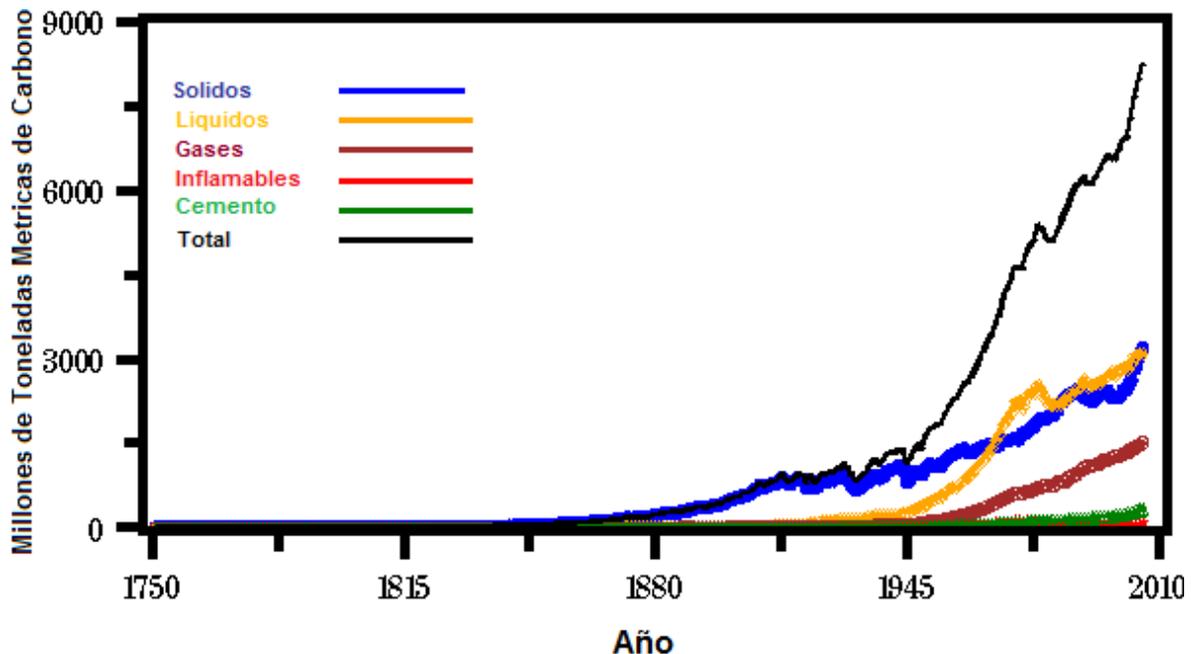


Figura 1. Emisiones estimadas de carbono provenientes de combustibles fósiles (CDIAC, 2009)

El cambio climático es uno de los más graves desafíos que la humanidad tiene planteados en el siglo XXI. El calentamiento de la Tierra ya no es una amenaza virtual, sino una realidad.



## **5.2. Protocolo de KYOTO y la cumbre de Copenhague**

El Protocolo de KYOTO establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI que hay actualmente en la atmósfera, y que son el resultado de quemar fósiles combustibles durante más de 150 años. En este sentido el Protocolo tiene un principio central: el de la «responsabilidad común pero diferenciada».

El Protocolo ha movido a los gobiernos a establecer leyes y políticas para cumplir sus compromisos, a las empresas a tener el medio ambiente en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre sus inversiones, y además ha propiciado la creación del mercado del carbono.

### **El camino a seguir**

En general el Protocolo de Kyoto es considerado como primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero y proporciona la arquitectura esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro. Cuando concluya el primer período de compromiso del Protocolo de Kyoto en 2012, tiene que haber quedado decidido y ratificado un nuevo marco internacional que pueda aportar las severas reducciones de las emisiones que según ha indicado claramente el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) son necesarias.

En la cumbre de Copenhague se tenían grandes expectativas: se buscaba que los países industrializados aceptaran emitir menos gases de efecto invernadero y que las potencias emergentes contuvieran su ritmo de producción. Así se evitaría un aumento en la temperatura de 2°C con respecto a los niveles preindustriales (1.2°C si se cuenta desde el 2009), que es el umbral que indica un calentamiento asumible (Muñoz, M.C. 2009). La 15ª Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP15), dice en sus conclusiones finales que la comunidad internacional debería evitar que las temperaturas aumenten los citados 2°C.



La ONU ha calculado que es necesario que los países desarrollados emitieran entre un 25% y un 40% menos que en 1990, pero las anunciadas fueron de un 17%. La próxima conferencia COP16, se celebró en México en el año 2010 (UNFCCC, 2009).

Frente a la gravedad del problema y sus consecuencias, el protocolo de Kyoto se torna en un tímido intento y la Unión Europea ha propuesto reducir 2°C menos Para el 2020. Esta tarea es grande, compleja y requerirá decisiones radicales tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo, los cuales argumentan que mientras los industrializados no disminuyan sus emisiones no harán nada al respecto porque tienen derecho al desarrollo.

### **Los biocombustibles como alternativa**

Una de las propuestas para contribuir a la solución del problema energético que está avanzando más rápidamente, es la de los biocombustibles líquidos. Estos se definen como aquellos combustibles obtenidos a partir de biomasa que se encuentran en estado líquido en condiciones normales de presión y temperatura. Se emplean en calderas para la producción de calor y electricidad o en motores de combustión interna, en cuyo caso se denominan biocarburantes (Fonseca, C. 2007).

#### **5.3. Biodiesel alternativa de energía.**

El biodiesel es una alternativa que ha ganado una especial atención en el mercado global, aunque muchas veces ha sido cuestionado y aún está sujeta a superar varios problemas y muchos prejuicios. Una herramienta para medir el coste energético de un producto es el análisis de ciclo de vida (ACV), que tiene en cuenta todas las operaciones y tratamientos que se desarrollan desde el cultivo de la materia prima utilizada (oleaginosas) hasta el producto terminado. Sin embargo trabaja con parámetros y variables con un amplio margen de error que arroja resultados diferentes según la fuente y que puede ser manipulado (*Majer, S., Mueller-Langer, F., Zeller, V., Kaltschmitt, M. 2009*).



## 5.4. Definición Química

### 5.4.1. Biocombustibles

Los biocombustibles son recursos energéticos procesados por el ser humano a partir de materias primas producidas recientemente por seres vivos, a las cuales se les denomina “biomasa”. Pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos, y su finalidad es liberar la energía contenida en sus componentes químicos mediante una reacción de combustión. Existen varios tipos de biocombustibles, a los cuales se les clasifican de acuerdo al insumo o materia prima y a la tecnología empleada para producirlos.

## 5.5. Generalidades sobre el biodiesel.

El biodiesel o FAME (Fatty Acid Methyl Ester) es un combustible renovable proveniente de aceites vegetales o grasas de origen animal, que puede ser usado total o parcialmente para reemplazar el combustible diesel de los motores de autoignición sin requerir una modificación sustancial de los mismos (*Agarwal, A.K. 2007; NBB, 2009*).

El biodiesel es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales; limpias o usadas, mediante procesos industriales de transesterificación.

El biodiesel es un combustible que puede ser usado en cualquier maquinaria diésel. Este combustible es producido por un proceso llamado transesterificación. Este proceso requiere metanol, soda o potasa cáusticas y agitación para producir biodiesel y como producto secundario; glicerina.

**Tabla 1. Algunas propiedades de biodiesel de diferentes orígenes.**

Tipo de aceite	Viscosidad mm <sup>2</sup> /s a 40°C	Densidad g/cm <sup>3</sup> a 21°C
Diésel	2.0-4.5	0.82-0.86
Soja	3.05-4.08	0.884
Girasol	4.20-4.40	0.880
Palma	4.3-6.3	0.918
Sebo	4.57-4.73	0.877



### 5.5.1. Aceite Vegetal Reciclado

Se entiende por Aceites Vegetales Reciclado (AVR) a los provenientes, en forma continua o discontinua, de todo establecimiento que genere, produzca, suministre, fabrique o venda aceites comestibles que han sufrido un tratamiento térmico de desnaturalización en su utilización, cambiando así las características fisicoquímicas del producto de origen. (*Agencia de Protección Ambiental, s.f.*)

El aceite vegetal producto de frituras es una de las alternativas con mejores perspectivas en la producción de biodiesel, ya que es la materia prima más barata, y con su utilización se evitan los costos de tratamiento al ser eliminados como residuo. Los puntos de reciclaje de aceite frito, oleínas y grasas son: industrial, hostelería y doméstica.

### 5.5.2. Materias primas

Los aceites y las grasas constituyen las materias primas esenciales para la producción de biodiésel, este puede producirse a partir de una gran variedad de cultivos oleaginosos. Entre algunas semillas que se emplean como insumo para la producción de este biocombustible están: La semilla de colza, semilla de soja, semilla de girasol, semilla de cártamo, etc.

**Tabla 2. Algunas propiedades de aceites vegetales usados en la producción de biodiesel.**

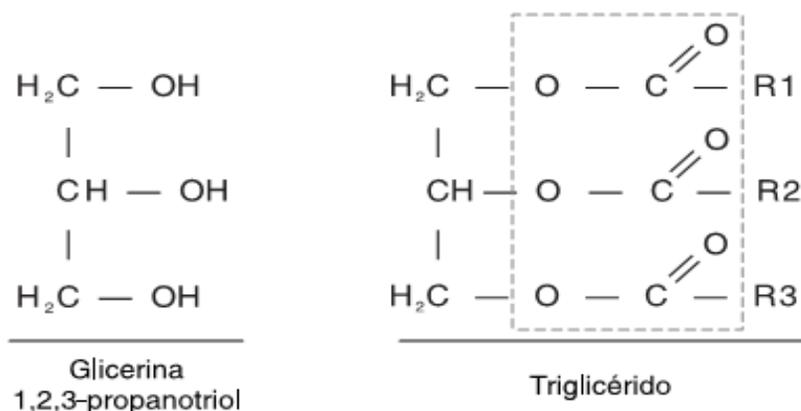
Tipo de Aceite	Viscosidad mm <sup>2</sup> /s a 40°C	Densidad g/cm <sup>3</sup> a 21°C	Punto Nube	Índice acidez mg KOH/g	Índice Yodo g I <sub>2</sub> /100 g
Soya	33.1	0.914	-3.9	0.3-3.0	121-143
Colza	37.3	0.912	-3.9	>8.0	96-117
Girasol	34.4	0.916	7.2	0.6	127-142
Palma	39.6	0.918	-	6.9	53-57
Jatropha	36.80	0.916	-	10.1	-
Sebo	51.2	0.920	-	-	35-48



### 5.5.3. Triacilglicéridos

Los aceites vegetales están constituidos principalmente (95 a 99% en peso) por triacilglicéridos (triésteres), que son moléculas resultantes de la esterificación de la glicerina o glicerol (trialcohol) con tres moléculas de ácidos grasos (ver figura 2). Los grupos sustituyentes  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ , que en la figura 1 se muestran ligados al grupo funcional éster ( $-\text{COO}-$ ), son cadenas hidrocarbonadas correspondientes a los ácidos grasos:  $R_1-\text{COOH}$ ,  $R_2-\text{COOH}$  y  $R_3-\text{COOH}$ . La composición de un aceite o grasa se puede expresar en función de sus triglicéridos constituyentes o de su perfil de ácidos grasos.

Figura 2. Estructura química de la glicerina y de un triglicérido común



### 5.5.4. Glicerina

Glicerol es el nombre común del compuesto puro 1,2, 3-propanotriol, el cual es un líquido incoloro e inodoro, de sabor dulce. El término “glicerol” proviene del vocablo griego glikis, que significa dulce.

Los términos “glicerín” y “glicerina” se utilizan comúnmente para describir soluciones comerciales concentradas de glicerol en agua. (Pagliaro y Rossi, 2008)

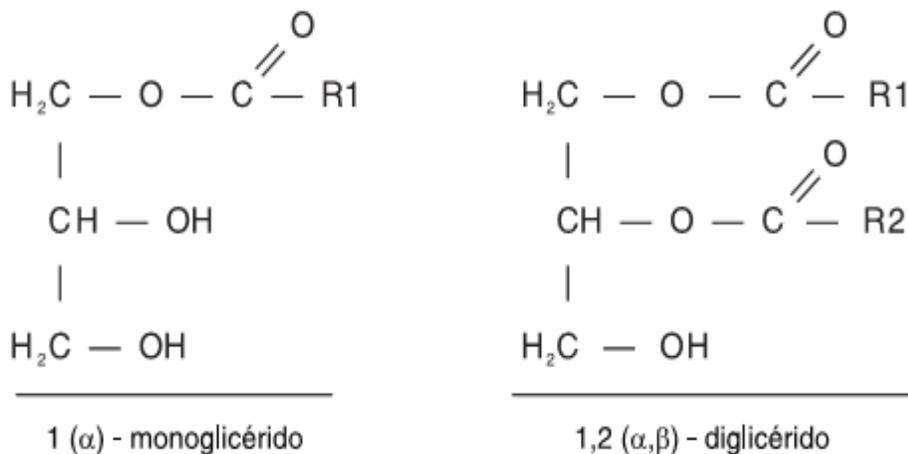
### 5.5.5. Monoglicéridos y diacilglicéridos

La glicerina, por poseer tres grupos hidroxilo (OH), puede estar mono, di o triesterificada por los ácidos grasos. Los monoglicéridos y los diacilglicéridos aparecen en la naturaleza en pequeñas cantidades, generalmente como productos intermedios de la síntesis o degradación de los triacilglicéridos.

El contenido típico de estos compuestos en los aceites vegetales se encuentra entre 0,3 y 1% por peso. Se suelen usar como emulsionantes en la industria de los alimentos. La figura 3 muestra ejemplos de su estructura.



Figura 3. Estructura química de un monoglicéridos y un diglicérido común



### 5.5.6. Ácidos grasos

Los ácidos grasos son compuestos orgánicos que poseen un grupo funcional carboxilo ( $-\text{COOH}$ ) y una cadena hidrocarbonada larga, que puede tener entre 4 y 36 átomos de carbono. La mayoría de los ácidos grasos naturales es de cadena lineal y tienen número par de átomos de carbono que oscila entre 12 y 24, siendo especialmente abundantes los de 16 y 18. (*Hamm y Hamilton, 2000*).

Las propiedades físicas y químicas de los triacilglicéridos dependen fundamentalmente del tipo, la proporción en que se encuentran y la posición que ocupan los ácidos grasos esterificados. Por cada 100 kg de aceite o grasa se pueden obtener alrededor de 95 kg de ácidos grasos. El contenido de ácidos grasos libres en los aceites y las grasas frescos suele variar desde menos de 1% hasta 20% en peso. Para los aceites refinados, dicho contenido (acidez) es menor que 0,1%.

### 5.5.7. Material insaponificable

Los lípidos se dividen en saponificables e insaponificables, de acuerdo con su capacidad para producir jabones. Los materiales saponificables contienen, en su estructura, ácidos grasos unidos a otro componente, generalmente, mediante un enlace tipo éster.

Los insaponificables no contienen ácidos grasos, aunque pueden incluir, en su estructura, algunos derivados importantes de estos.



### **6.6.9. Ventajas al usar biodiesel.**

El biodiésel (Ésteres metílicos de ácidos grasos) no daña el medio ambiente por ser un combustible de origen vegetal en su estado 100% puro. Su uso en el referido estado sería completamente inocuo a nuestro medio. Desde los años 90, casi todos los fabricantes de vehículos (principalmente marcas alemanas), ya han sustituido dichos conductos fabricados con materiales plásticos o derivados, que el biodiésel 100% puro no los disuelve.

Ante la imposibilidad de controlar si los vehículos están o no preparados para la utilización de biodiésel 100% puro, se comercializa una mezcla Bionor MX-15 (12% biodiésel +88% Gasóleo), y así cualquier vehículo lo puede utilizar sin ningún tipo de problema. ([www.accion.es/energia](http://www.accion.es/energia)).

El biodiésel se produce a partir de aceites vegetales, vírgenes y reciclados. El aceite vegetal virgen se extrae de la semilla cultivada y aprovechando la harina de semilla como forraje animal. El aceite es refinado antes de incorporarlo al proceso de producción del biodiesel.

Los aceites reciclados proceden de la recolecta de sectores como las industrias gastronómicas, cocinas domésticas, etc. Con el reciclaje de los aceites usados, evitamos su vertido, salvaguardando la contaminación de las aguas subterráneas, fluviales y marinas, así como la forma de vida que en ellas habita.

Con los aceites vegetales, se contribuye de manera significativa al suministro energético sostenible, lo que permite reducir la dependencia del petróleo, incrementando la seguridad y diversidad en los suministros, así como el desarrollo socioeconómico del área rural (producción de oleaginosas con fines energéticos), y la conservación de nuestro medio ambiente. (*Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2009. Programa de Energías Limpias*).

El biodiesel no contiene azufre, agente que se encuentra en el gasóleo por su poder de lubricación, dado que la molécula de biodiésel aporta, por unidad de volumen, más átomos de oxígeno que lo que aporta el mismo volumen de gasóleo convencional, la presencia de impurezas es menor utilizando biodiesel dado que hay menos moléculas de carbono elemental (hollín) y menos de monóxido de carbono (CO).



El biodiesel, como combustible vegetal no contiene ninguna sustancia nociva, ni perjudicial para la salud, a diferencia de los hidrocarburos, que tienen componentes aromáticos y bencenos (cancerígenos), la no-emisión de estas sustancias contaminantes disminuye el riesgo de enfermedades respiratorias y alergias es no tóxico y se degrada 4 veces más rápido que el diésel de petróleo. Su contenido de oxígeno mejora el proceso de degradación.

Los estudios de biodegradabilidad de varios tipos de biodiesel en ambientes acuáticos reportaron una fácil degradabilidad para todos ellos. Después de 21 días todos los biodiesel fueron biodegradados en un 77%-89%, mientras que el combustible diésel sólo lo hizo en un 18% (*Demirbas, A. 2007*).

La mezcla de biodiesel con diésel o con gasolina incrementa la biodegradabilidad del combustible, debido a efectos sinérgicos de cometabolismo. Así, el tiempo necesario para alcanzar un 50% de biodegradación se reduce de 28 a 22 días en el caso del B5 (mezcla de 5% de biodiesel y 95% de diésel) y de 28 a 16 días en el caso del B20 (*Pasqualino, J.C., Montané, D., Salvadó, J. 2006*).

El biodiesel, es biodegradable (aprox. 21 días), su origen vegetal lo hace compatible con la naturaleza y la ausencia de compuestos químicos y sintéticos lo hace inocuo con nuestro medio.

El biodiesel tiene su punto de inflamación por encima de 150°C, por eso no está clasificado como mercancía peligrosa, siendo su almacenamiento y manipulación segura.

El biodiesel por ser su origen los aceites vegetales, tiene un alto poder de lubricación, alargando la vida de los motores, reduciendo el ruido en los mismos, así como notablemente los costos de mantenimiento.

El biodiesel, es el único combustible renovable alternativo en los motores diésel. Es totalmente compatible para ser usado en cualquier motor diésel, sea cual sea su antigüedad y estado.

El biodiesel, además de provenir de una fuente renovable, puede ser almacenado en los mismos lugares donde se almacena el diésel de petróleo sin necesitar cambios de infraestructura. Es un combustible más seguro y fácil de manipular debido a su alto punto de ignición (flash point) (aproximadamente 150°C) comparado con el del diésel que es aproximadamente 60°C (Van Gerpen, J. 2005).



## **5.6. Desventajas**

Por sus propiedades solventes, puede ablandar y degradar ciertos materiales, tales como el caucho natural y la espuma de poliuretano. Es por esto que puede ser necesario cambiar algunas mangueras y retenes del motor antes de usar biodiesel en él, especialmente con vehículos antiguos.

**Mayor viscosidad:** Debido a que el biodiesel tiene una viscosidad ( $3.74\text{mm}^2/\text{s}$ ) mayor que el diésel ( $2.0\text{mm}^2/\text{s}$ ) pueden existir problemas de pérdidas de flujo a través de los filtros e inyectores.

Si el spray es alterado por el flujo de combustible se puede generar una coquización del inyector o dilución del lubricante (*Demirbas, A. 2007*).

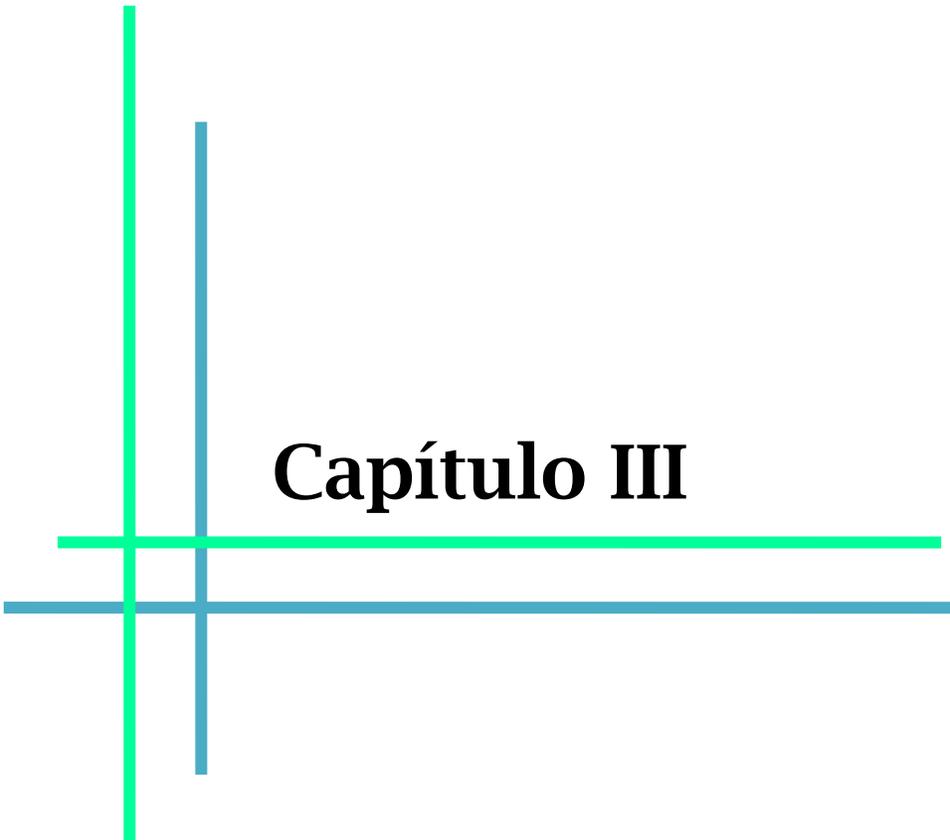
**Dilución del lubricante:** El aceite de motor (lubricante) puede degradarse mucho más rápido si el combustible utilizado es biodiesel en vez de diésel. El biodiesel tiende a disolverse más fácilmente en el lubricante que el diésel.

**Problemas de corrosión:** Pueden aparecer algunos problemas debido a corrosión y partículas de desgaste en el tanque, que hay que tener en cuenta no sólo en lo que afecta al motor, sino también respecto a la instalación especialmente cuando se utiliza biodiesel puro (B100). Algunos materiales se deterioran con el biodiesel: pinturas, plásticos, gomas, etc.

**Estabilidad a la oxidación:** Si el biodiesel proviene de un aceite con alta concentración de ácido linolénico (C18:3) o en general ácidos insaturados (soya, colza o girasol) presentará problemas de estabilidad a la oxidación debido a que posee dobles enlaces y oxígeno en su molécula.

Esto es importante a la hora de almacenar durante mucho tiempo el biodiesel. La utilización de recipientes que contengan cobre, cinc, plomo o alguna combinación de estos tres afecta de manera muy negativa a la estabilidad ya que forma gran cantidad de sedimentos, depósitos en los inyectores y colmatación en los filtros. Por tal motivo se recomienda usar materiales de zinc o acero preferiblemente (*Mittelbach, M., Schober, S. 2003*).

A bajas temperaturas puede empezar a solidificar y formar cristales, que pueden obstruir los conductos del combustible, El biodiesel presenta problemas para funcionar a bajas temperaturas. Generalmente, los Puntos de Congelación (PC), Puntos de Nube (PN), así como el Punto de Obstrucción por Filtros Fríos (POFF) son desde ligeramente superiores a muy superiores dependiendo del origen del éster (soya, girasol o palma). Los glicéridos saturados producen cristalizaciones a temperaturas relativamente bajas y aumentan el punto de nube y el POFF.

A decorative graphic consisting of two vertical lines and two horizontal lines. The left vertical line is green, and the right vertical line is blue. The top horizontal line is green, and the bottom horizontal line is blue. They intersect to form a cross-like shape.

## Capítulo III



## **5.7. Estudio organizacional y técnico**

### **5.7.1. Misión**

La misión de Casa Bernabé es contribuir con los cuidados integrales de niños, niñas, adolescentes y jóvenes, que por diversas circunstancias, son privados de la convivencia familiar, así como también prevenir situaciones de riesgos en los niños que por situaciones económicas se ven próximos a sufrir.

Al referirse a cuidados integrales se hace mención de que cada niño cuenta con mucho amor, atención, educación y alimentación. Esto significa que no se permitirá que más niños y niñas se vean sumergidos en los vicios y pandillas de los cuales son víctimas principalmente las personas de escasos recursos.

### **5.7.2. Visión**

Que Casa Bernabé sea:

Un lugar donde se les brinda a los niños, niñas, adolescentes y jóvenes; protección, atención en sus diversas necesidades, derecho a la educación primaria, secundaria y educación técnica, mejoras en el nivel de vida espiritual, asesoría para la identificación y desarrollo de sus dones.

Para cumplir con esta Misión, Casa Bernabé cuenta con las instalaciones y equipos necesarios que le brindan seguridad, protección y desarrollo a cada niño, niña, adolescente y joven que ingresa al centro.

## **6.9. Localización.**

### **6.9.1. Macro localización.**

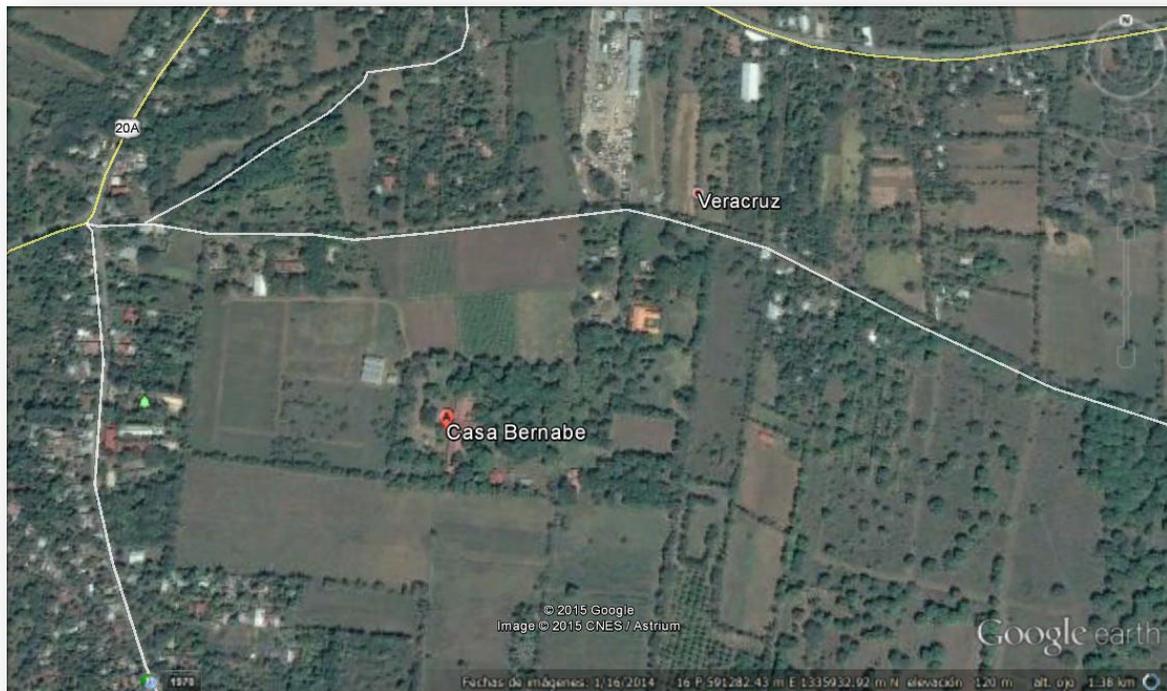
La república de Nicaragua se ubica en el centro del istmo Centroamericano, entre los 83° y 87° W de longitud y entre los 10° y 14° N de latitud. El país tiene una superficie total de 130,000 km<sup>2</sup> y una superficie terrestre de 121,428 km<sup>2</sup>. Posee los dos lagos más grandes del istmo, el lago de Managua o Xolotlán y el lago de Nicaragua o Cocibolca. Limita al Norte con Honduras, al Sur con Costa Rica, al Este con el mar Caribe y al Oeste con el Océano Pacífico. Administrativamente, el país se divide en 15 departamentos y dos regiones autónomas (Atlántico Norte y Atlántico Sur), la planta procesadora de biodiesel ubicado en el departamento de Masaya, municipio Nindirí a 26 km del departamento de Managua, ciudad capital de la república.



### 6.9.2. Micro localización.

Nuestro estudio monográfico está ubicado específicamente en el municipio Nindirí, comarca Veracruz, Hogar casa de protección infantil, CASA BERNABÉ, se encuentra a una distancia de 7 Km al noroeste de la ciudad, coordenadas geográficas UTM 591106 E 1335841 N, altura aproximada de 130 msnm, presenta una precipitación anual de 1000 mm, a una humedad relativa de 60% y una temperatura promedio de 29° c, de acuerdo a los linderos la finca limita al Norte con comarca Veracruz, al sur con el municipio Tiquantepe a como muestra la siguiente imagen:

**Figura 4. Microlocalización de planta procesadora, utilizando google earth.**





### 6.9.3. Parámetros y criterios técnicos.

En el proceso de obtención de biodiesel con reactor industrial con la capacidad de 55 galones, nos basamos con estándares y normativas de calidad de aceptación de dicho producto final que se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 4. Requerimientos del biodiesel según la norma europea EN 14214** (European Committee for Estandarización, CEN).

Propiedades	Unidades	Mínimos	Máximos	Método
Contenido de metilésteres	% p/p	96.5	-	EN 14103
Densidad (15°C)	kg/m <sup>3</sup>	860	900	EN ISO 3675
Viscosidad (40°C)	mm <sup>2</sup> /s	3.50	5.00	EN ISO 3104
Contenido de metanol	% p/p	-	0.20	EN 14110
EN 14109				
Grupo II metales (Ca + Mg)	mg/kg	-	5.00	EN 14538

### 6.9.4. Capacidad de producción.

La reacción química que llevó a la obtención de biodiesel se realizó en un reactor industrial, la estructura consiste en tres tanques de polietileno dos de ellos con 55 galones de capacidad y el tercero con 20 galones de capacidad en este último se prepara el metóxido de sodio, cada tanque consta de una tapa con cerrado hermético mediante una brida estanca y que a su vez tienen incorporado toda una serie de elementos que permiten la introducción de materias primas, además posee un mezclador, un manómetro, válvula de seguridad, llave de paso para la decantación del biodiesel y llave de pase para la decantación de la glicerina cuando la reacción ha concluido.



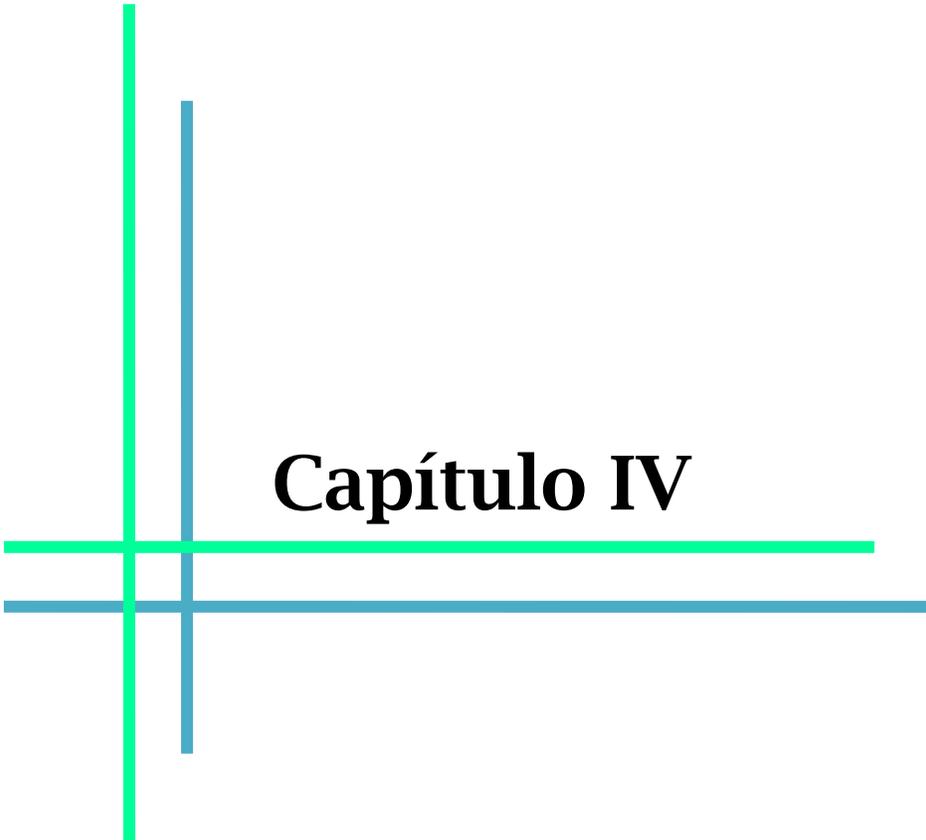
### **6.9.5. Programa y proceso de producción.**

El procedimiento desarrollado en el presente estudio describe su producción mediante el proceso con reactor industrial que a diferencia de otros procesos comerciales existentes en el mercado internacional, el presente se caracteriza por cuanto el equipamiento de la planta es de fácil obtención y/o construcción, sin necesidad de tener que recurrir a equipos costosos, que requieren además de mantenimiento especializado (Ej., centrífugas), y los materiales para su construcción poseen reducidos costos relativos. El estudio experimental realizado fue la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado en un reactor industrial con capacidad de 55 galones, definiendo el proceso de producción cada diez días correspondientes a 3 veces por mes cada uno con duración de 48 horas para la obtención, resultado de ello la producción de 543.72 litros de biodiesel/mes.



## **6. Hipótesis**

Si el biodiesel es un combustible libre de azufre y nitrógeno que se obtiene de grasas vegetales y animales, entonces se puede utilizar como alternativa para propulsión de vehículos que no daña el medio ambiente y contribuir al desarrollo de energías renovables funcionando como un proyecto agroindustrial que pueda abastecer la demanda de combustible diésel en el hogar de protección infantil Casa Bernabé.

A decorative graphic consisting of two vertical lines (one green, one blue) and two horizontal lines (one green, one blue) intersecting to form a cross-like shape.

## Capítulo IV



## **7. Diseño metodológico**

### **7.1. Tipo de estudio**

En nuestra investigación se hizo uso del estudio experimental ya que se aplicó a las ciencias Químicas, este trata de una colección de diseños de investigación que se han utilizado para la manipulación de pruebas controladas de los procesos de obtención de biodiesel.

#### **7.1.1. Descripción del área de estudio**

Las pruebas piloto de obtención de biodiesel se realizaron en los laboratorios del departamento de química de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua). La producción del biocombustible a escala industrial se llevó a cabo en el hogar de protección infantil Casa Bernabé ubicada en la comarca Veracruz municipio de Nindirí- Masaya empleando un reactor.

El laboratorio cuenta con espacio para aplicar con seguridad los métodos químicos, consta de una iluminación adecuada para toda clase de actividades evitando los reflejos molestos, la superficie de las mesas es impermeable al agua y resistente a la acción de los reactivos, ácidos, álcalis, disolventes orgánicos y al calor moderado, también está equipado de lavamanos, campana extractora de gases y extintores contra incendios.

Se utilizaron los siguientes equipos: balanza analítica marca Ohaus estabilización rápida de Capacidad: 120g a 320g, sensibilidad: 0.001 g, beaker pyrex de 1000 ml, embudos de separación de 500 ml, agitador térmico potencia (W) 500, temperatura máx. (°C) 350, superficie de calentamiento acero inoxidable AISI 304, magneto de 3 cm de longitud, termómetro de mercurio rango 10-180°C y pH-metro rango de medición -2,00 a 16,00 pH.

### **7.2. Población y muestra**

#### **7.2.1. Población**

En Nicaragua se utiliza una gran gama de aceites para la preparación de alimentos entre los que destacan: aceite de soya, aceite de almendras, aceite de oliva, aceite de girasol, aceite de coco, aceite de semilla de algodón, aceite de maní, aceite de palma africana, aceite de fécula maíz, etc. todos estos podrían ser reciclados y procesados para la obtención de biodiesel.



### **7.2.2. Criterios de selección de la muestra**

Se decidió trabajar con aceite de soya reciclado ya que es uno de los más baratos y de mayor consumo por la población Nicaragüense por un consumo per cápita de 14.65 litro por año (*Ministerio de fomento industria y comercio, MIFIC, 2011*). Los dos proveedores de materia prima es el restaurante Arca de Noé ubicado de la iglesia el calvario 175 metros al sur, Managua. De igual manera el hogar Casa Bernabé donde se llevó a cabo el proyecto también emplea este tipo de aceite en la preparación de los alimentos, lo cual facilitó la recolección de materia prima para la obtención de biodiesel.

### **7.3. Variables**

En el proceso de obtención de biodiesel las variables en estudio fueron; volumen (aceite AVR), temperatura (°C), tiempo (Obtención), estrechamente vinculada entre si y dependientes según la naturaleza del proceso (ver Tabla 1), los cuales se detallan a continuación:

#### **7.3.1. Variables independientes**

Volumen: La capacidad del reactor es de 55 galones pero no se trabajó a su máxima capacidad, sino con 50 galones (aceite reciclado) como máximo.

Temperatura: Esta variable es controlada en cada uno de las etapas del proceso de obtención de biodiesel.

#### **7.3.2. Variable dependiente**

Tiempo: El tiempo es una de las variables más estudiadas en el proceso de obtención de biodiesel ya que depende de la variable volumen suministrada al reactor.



**Tabla 5. Operacionalizar**

Variables independientes	Conceptos	Indicadores	Valores
<b>Volumen</b>	Es una magnitud derivada de la longitud, ya que se halla multiplicando la longitud, el ancho y la altura. Desde un punto de vista físico, los cuerpos materiales ocupan un volumen por el hecho de ser extensos.	Litros	189 L
<b>Temperatura</b>	Es una magnitud escalar, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema. A medida de que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor.	Grados °C	48-54° C
Variable Dependiente	Conceptos	Indicadores	Valores
<b>Tiempo</b>	El tiempo es una magnitud física con la que se mide la duración o separación de acontecimientos, sujetos a cambio, de los sistemas sujetos a observación; esto es, el período que transcurre entre el estado del sistema cuando éste presenta un estado X y el instante en el que X registra una variación perceptible para un observador (o aparato de medida).	Horas	48 horas



## 7.4. Materiales y métodos

### 7.4.1. Materiales para recolectar información

El sistema para recolectar la información también se realizó mediante la selección de las fuentes de información que poseían la credibilidad para establecerlas como medios de lograr una búsqueda confiable e idónea:

**Bibliográficos:** Se estableció un sistema que permitió la identificación y verificación de todo el material recolectado. Se compararon los datos adquiridos a fin de dictaminar los ajustes necesarios que permitió determinar la validez, confiabilidad y exactitud de la información. Libros y Monografías que contenían información relacionada con la obtención, proceso y calidad del biodiesel.

Se utilizaron herramientas de Microsoft Excel para la creación de tablas con el fin de ordenar y procesar la información obtenida.

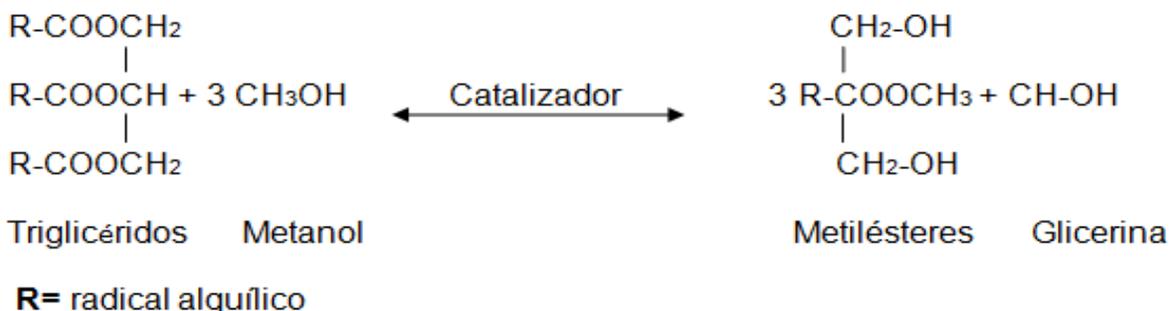
**Cámaras fotográficas:** permitieron captar el momento en el que se realizaron los experimentos antes, durante y al final de la obtención de biodiesel.

### 7.4.2. Materiales para procesar datos

Se recolectó y ordenó los datos a través de las fichas o los archivos en la computadora que permitió la obtención de información realmente necesaria para la investigación a partir de información recolectada.

### 7.4.3. Método

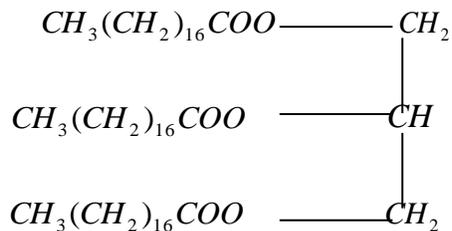
Metodología con que se desarrolló la obtención de biodiesel se hace químicamente alterando la estructura molecular de cualquier aceite orgánico con el uso de un catalizador químico y de un alcohol. Químicamente se representa de la siguiente forma:



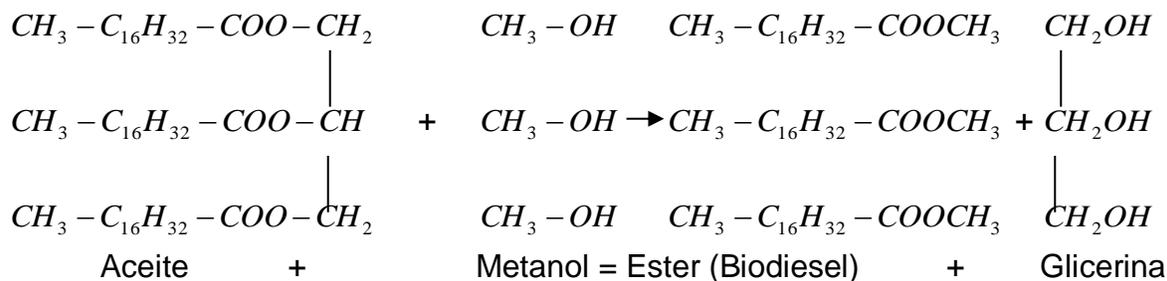


#### 7.4.4. Mecanismo de la reacción

Los aceites están compuestos básicamente por triglicéridos, o sea moléculas de ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol que perdió sus radicales oxidrilos (OH). Los cuales expresados con sus elementos son:



Para separar el éster (Biodiesel) de esta molécula se agrega alcohol metílico o etílico con el cual se consigue una reacción en la que por un lado se consigue el éster y por otro glicerina. Esto se representa por la siguiente reacción:





**Tabla 5. Materiales y utensilios a escala de laboratorio.**

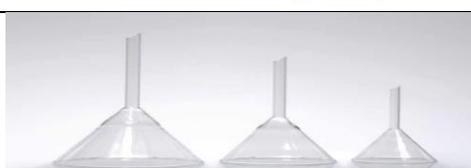
Cantidad	Material y equipo	Foto
1	Balanza Digital	
2	Beaker	
1	Agitador térmico	
1	Embudo	
2	Embudos de separación	
1	Termómetro	
1	Espátula	



Tabla 6. Reactivos y materia prima utilizados a escala de laboratorio e industrial

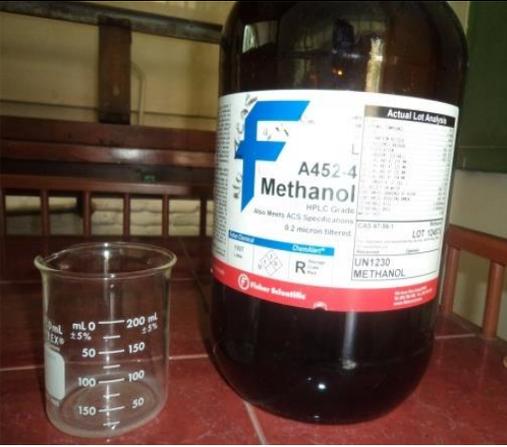
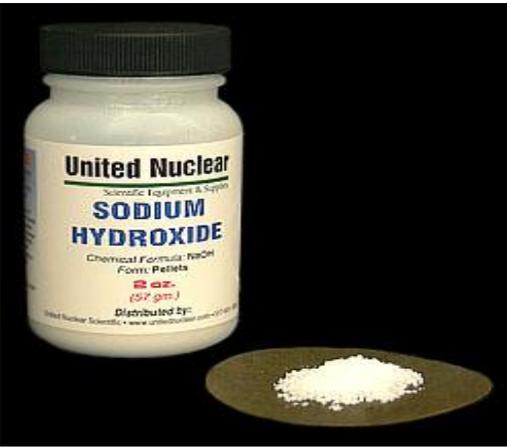
Reactivos	Foto
1 litro de aceite vegetal (Reciclado)	
200 ml metanol 99% (pureza)	
Catalizador hidróxido de sodio (NaOH).	



Tabla 7. Materiales y utensilios a escala industrial

		Material	Foto
1		Balanza Digital	
1		pH-metro	
1		Reactor	



Tabla 8. Equipo de seguridad a escala de laboratorio e industrial

Equipo	Foto
Gafas protectoras	
Guantes de látex	
Guantes de aislamiento térmico	
Gabacha	
Botas de hule	
Gorro	
Mascarilla	
Extintor contra incendio	



## **7.5. Fase experimental.**

### **7.5.1. Insumos y suministros para la obtención de biodiesel**

#### **7.5.1.1. Aceite de soya reciclado.**

El aceite de soya es un aceite vegetal que procede del prensado de la *Glycine wightii*. Este aceite es abundante en ácidos grasos poliinsaturados es decir que posee más de un doble enlace entre sus carbonos.

#### **7.5.1.2. Alcohol Metílico(Metanol)**

El alcohol utilizado fue metanol que forma metilésteres. La pureza del metanol tiene que ser por lo menos del 95%.

#### **7.5.1.3. Catalizador Hidróxido de sodio( Sosa cáustica)**

Se utilizó 4.06g de hidróxido de sodio (NaOH, sosa cáustica) como catalizador, en escamas, siendo higroscópico, es decir, que absorbe fácilmente la humedad del aire, y eso reduce su capacidad para catalizar la reacción. Hay que guardarlo siempre en recipientes cerrados herméticamente. La cantidad a aplicar de catalizador depende de la acidez del aceite a emplear.

El NaOH resulta irritante para la piel, las mucosas y son corrosivos para diversos materiales como el aluminio, el estaño y el zinc. Para el metóxido se debe utilizar recipientes de HDPE (polietileno de gran densidad), vidrio, acero inoxidable, o esmaltados.

#### **7.5.1.4. Agua ( Proceso de lavado)**

Se requiere agua potable para el proceso de lavado del biodiésel. El efluente resultante es alcalino y tiene un contenido significativo de jabones, grasas y trazas de metanol.

#### **7.5.1.5. Energía**

Se necesita energía eléctrica (monofásica o trifásica, de 220 voltios) para los motores, bombas y otros equipos utilizados en el proceso de producción.



#### **7.5.1.6. Tratamiento de efluente en el proceso de obtención de biodiesel**

Si de acuerdo con la normatividad nacional fuera necesario tratar el efluente antes de descargarlo al desagüe, se requerirá de sulfato de magnesio como floculante. También se puede utilizar una trampa de grasa para separar las emulsiones formadas durante el proceso de purificación. Así mismo, para la neutralización y parcial purificación de la glicerina se requiere ácido fosfórico. Este ácido también puede ser utilizado para facilitar y mejorar los resultados de la etapa de lavado del biodiésel, aunque no resulta imprescindible. (*Gaceta Diario oficial, pág.90, Ministerio de Fomento Industria y comercio (MIFIC), Nicaragua. Norma técnica obligatoria para regular los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y sus reúso*).

#### **7.6. Descripción de los equipos**

El sistema cuenta con dos módulos, el reactor y un purificador, además de los tanques de almacenamiento de insumos químicos tal como lo refleja la Tabla 9.

A continuación se describen las partes. El tanque de almacenamiento de aceite (T1) Es un cilindro de HDPE vertical abierto y con una tapa y un tamiz de material que contiene poros pequeños de un tamaño preciso y uniforme que sirve para limpiar y eliminarlos restos de sólidos que queden en el aceite después de filtrarlo en el momento del almacenamiento.

El tanque de metanol (T2) es un cilindro de acero inoxidable, que debe mantenerse siempre en un lugar fresco y seco, bajo sombra, y alejado de cualquier lugar donde se puedan generar chispas.

Los tanques T3 y T4 pertenecen al reactor. El primero es el tanque de producción de metóxido (T3), que es donde se prepara el catalizador, este tanque es un cilindro de HDPE vertical abierto, consta con una tapa unida a un motor que controla dos aspas metálicas dentro del mismo, estas aspas son las encargadas de agitar la solución de metóxido para que se vuelva uniforme. El segundo es el reactor donde se realiza el proceso de la transesterificación (T4). Este cuenta con un panel eléctrico que controla los motores de agitación y la resistencia del reactor.



Tal como se aprecia en la figura 6, el panel tiene un display eléctrico, que marca la temperatura actual dentro del reactor, así como un sistema manual para fijar la temperatura máxima a la que el termostato deberá desconectar la resistencia.

También están los tres interruptores de encendido y apagado de los motores, (M1 para el tanque de metóxido, M2 para el reactor principal y (R1) de la resistencia. Cuando alguno de estos interruptores esta encendido se encienden unas luces indicadoras de color rojo inmediatamente. Finalmente, para seguridad de los equipos, se cuenta con tres fusibles, uno para cada motor y uno para la resistencia.

Los tanques T5 y T6 pertenecen al módulo de purificación del biodiésel. El biodiésel producido por el reactor se trasvasa hacia ellos por la bomba B1. El primer tanque T5 es utilizado como decantador, y el segundo tanque (T6) es utilizado como lavador y secador.

**Tabla 9. Relación de equipos para la planta de biodiesel**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Material</b>
<b>T1</b>	Tanque de aceite	1	207.9 L	HDPE
<b>T2</b>	Tanque de metanol	1	207.9 L	Acero
<b>T3</b>	Tanque de metóxido	1	56.7 L	HDPE
<b>T4</b>	Reactor	1	207.9 L	HDPE
<b>T5</b>	Decantador	1	207.9 L	HDPE
<b>T6</b>	Tanque de lavado	1	207.9 L	HDPE
<b>BMI</b>	Bomba metanol	1	-	Hierro
<b>BI</b>	Bomba de transferencia	1	-	Hierro
<b>FI</b>	Filtro	1	-	Hierro
<b>CI, C2</b>	Panel eléctrico	2	-	Metal
<b>VI- VI3</b>	Válvulas	13	-	Acero inoxidable



Figura 5. Esquema de la planta de producción de biodiesel

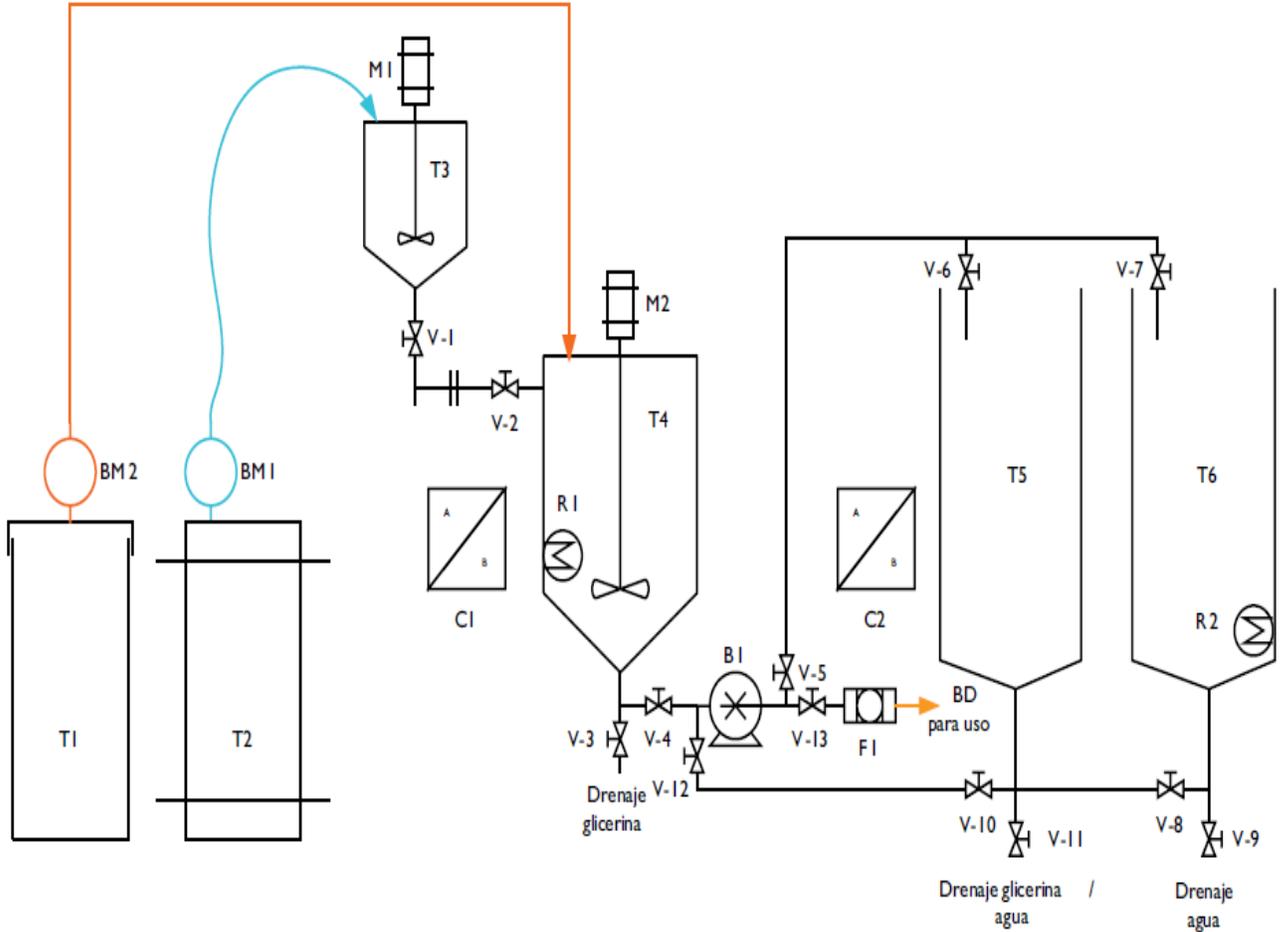
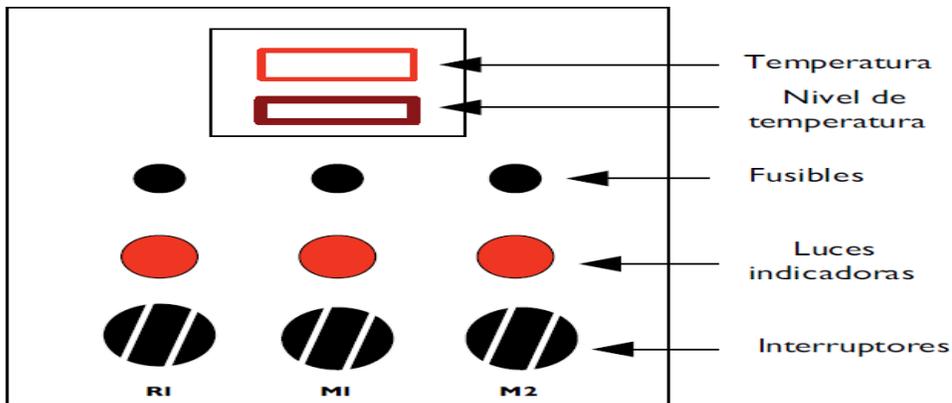


Figura 6. Panel eléctrico del reactor.





### **7.6.1. Procedimiento experimental**

#### **7.6.1.1. Materiales para la valoración del aceite vegetal reciclado**

- ✚ Gafas protectoras y guantes
- ✚ Solución indicadora de fenolftaleína
- ✚ Alcohol metílico(CH<sub>3</sub>-OH) al 99%
- ✚ Tres vasos de precipitados de 50 ml
- ✚ Una bureta de 50 ml
- ✚ Un soporte para la bureta
- ✚ Un recipiente de 500 ml
- ✚ Agua destilada
- ✚ Un embudo
- ✚ cinta de pH
- ✚ Aceite vegetal reciclado.

1. Se midió 10 ml de alcohol metílico (CH<sub>3</sub>-OH) en cada uno de los tres vasos de precipitados de 50 ml.
2. Se añadieron 2-3 gotas de la disolución de fenolftaleína al alcohol de cada vaso de precipitados y se agitó para mezclar los líquidos.
3. Se añadió 1 ml de aceite reciclado a cada vaso de precipitados y se agitó para disolverlo.

#### **7.6.1.2. Disolución de referencia**

1. Se disolvió 1 gramo de hidróxido sódico en un litro de agua destilada.
2. Usando un embudo, se vertió la disolución en la bureta.

#### **7.6.1.3. Valoración**

1. Se colocó uno de los vasos de precipitados con la disolución a analizar debajo de la bureta.
2. Se anotó la cantidad inicial de la disolución de referencia en la bureta.
3. Lentamente se añadió la disolución de referencia al aceite y alcohol.
4. Se agitó el vaso de precipitados.
5. Se continuó añadiendo la disolución de referencia a la disolución de aceite y alcohol hasta que se consiguió un color rosa claro y que permaneció así durante 30 segundos aproximadamente. (Se detuvo la titulación).
6. Se anotó el volumen usado de la disolución de referencia (en ml) de la forma siguiente:



**Volumen final – Volumen inicial = Disolución de referencia usada.**

7. Se repitió el procedimiento ocho veces y se anotó la cantidad usada de la disolución de referencia en ambas pruebas.
8. Se calculó el volumen medio de la disolución de referencia usado en las ocho pruebas (T).

**Tabla 10. Valoración**

Nº de muestra	ml de NaOH
1	0.6
2	0.5
3	0.6
4	0.6
5	0.5
6	0.5
7	0.6
8	0.6
$\bar{X} =$	0.56

9. Para determinar la cantidad de catalizador y reactivos que se utilizaron para hacer el biodiesel a partir de aceite vegetal usado se utilizó la siguiente formula. Por cada litro de aceite, añadir 200 ml de metanol y X gramos de hidróxido sódico, donde  $X = T$  (volumen promedio de la disolución de NaOH) +3.5 gramos.

Referencia (en ml) de la forma siguiente:

$$X = T + 3.5 \text{ g (si el pH fuera neutro)}$$

$$X = 0.56 \text{ ml} + 3.5 \text{ g} / 1 \text{ ml}$$

$$X = 4.06 \text{ g de hidróxido de sodio}$$

Produciendo biodiesel después de haber sido calculada la cantidad apropiada de catalizador (hidróxido sódico), ya se está listo para la producción del biodiesel. Estas instrucciones sirven para hacer lotes de 200 ml, pero el procedimiento puede ser ampliado o reducido multiplicando las cantidades de aceite, metanol e hidróxido sódico por el mismo factor.



## **7.6.2. Preparación del metóxido**

### **Advertencia**

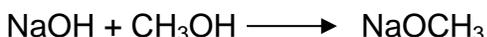
Se debe tratar al metóxido de sodio con extremo cuidado. No respirar sus vapores. Si se cae sobre la piel produce una quemadura que muchas veces no se nota porque va matando los nervios. Hay que lavar la zona con abundante agua. Cuando se manipula metóxido de sodio se debe tener siempre cerca agua.

El metóxido se prepara en un matraz pyrex, con el cuello estrecho para evitar salpicaduras. La mezcla produce una reacción exotérmica desprendiendo vapores de metanol. La reacción tarda 15 minutos.

1. Se midió 200 ml de metanol y se vertieron en un matraz de 1000ml.
2. Se pesó 4.06 g de hidróxido de sodio por cada 200 ml de metanol que se utilizaron.
3. Se añadió el catalizador al metanol en el de 1000ml. Con la ayuda de un agitador magnético se mezcló la solución por 5 minutos hasta que la mezcla estuviera totalmente homogénea para obtener metóxido de sodio.
4. Se empezó el proceso en cuanto se disolvió todo el catalizador.

El metóxido de sodio se prepara tratando cuidadosamente al metanol con sodio:

### **Hidróxido de sodio + Metanol = Metóxido**



### **Proceso de Transesterificación**

Es el proceso que convierte los aceites y grasas en biodiésel.

Para que la reacción química se produzca sin problemas, se calentó el aceite hasta aproximadamente los 48-55° C (120-130° F).

Para mezclar se utilizó un agitador térmico, un giro demasiado rápido produce burbujas, salpicaduras y perjudica el producto final. Para conseguir un buen resultado se ajustó la velocidad a 50 revoluciones por minuto (RPM).

Luego se vertió el metóxido en el aceite, agitado por un tiempo de 50 a 60 minutos, (La reacción suele completarse en media hora) pero es mejor agitar durante más tiempo debido a que los ácidos grasos se separan de la glicerina, y el metanol se une a ellos formando metil ésteres ó etilésteres (si se utiliza etanol). El hidróxido de sodio estabiliza la glicerina.



### **7.6.2.1. Reacción**

Se precalentó el aceite a 55° C luego se vertió el metóxido con mucho cuidado sobre el aceite. Se deberá tapar el recipiente donde se lleve a cabo la reacción. Haciendo uso del agitador magnético se debe mezclar durante treinta minutos con una velocidad de agitación 50 revoluciones por minutos (RPM).

### **7.6.2.2. Trasvase y separación.**

En cuanto termina la reacción se vierte la mezcla en un beacker de 2000 ml de capacidad.

La mezcla se deja en reposo durante 48 horas. La glicerina por ser más densa formará una capa oscura en el fondo claramente separada de la capa de biodiésel que flota encima, de color claro.

El biodiesel obtenido fue de color amarillo pálido más parecido al ámbar (El color exacto de estas dos capas depende del aceite empleado). El biodiesel puede estar cristalino o turbio.

Debido a la diferencia de densidades entre la glicerina y el biodiesel la glicerina se sedimenta y es lo primero que se decanta abriendo la llave de pase, después de la separación se decanta el biodiesel.

### **7.6.2.3. Decantación para separar el biodiésel de la glicerina**

Dejar que la mezcla repose y se enfríe, como mínimo, 24 horas. La glicerina forma una masa gelatinosa y más oscura en el fondo y los metilésteres (biodiésel) flotan encima.

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). Después hay que decantar el biodiesel con precaución para evitar que la glicerina se mezcle.

### **7.6.2.4. Restos de jabón**

El biodiesel obtenido posee partículas de jabón por la reacción del sodio ( $\text{Na}^+$ ) con los ácidos grasos. El aceite también puede contener agua. El jabón se forma porque el ion sodio ( $\text{Na}^+$ ) del hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) reacciona con los ácidos grasos en presencia de agua.



Si hay un exceso de agua en la mezcla durante la reacción, se forman más jabones de lo normal. El aceite que ha sido cocinado puede contener agua y hay que eliminarla a través del calentamiento previo.

Es muy importante eliminar la presencia de agua antes de la preparación del metóxido. Todos los objetos que entren en contacto con la lejía deben estar totalmente secos.

### **7.6.3. Proceso de lavado y secado del biodiésel**

El biodiesel debe someterse a un proceso de lavado y secado, para elevar su calidad y desempeño como combustible.

Se hace el lavado con 500 ml de agua para cada uno de los tres lavados que se realicen haciendo uso de embudos de separación, agitando durante 10 minutos, luego, se deja reposar por 4 horas hasta que se ve claramente la separación de los dos líquidos.

El proceso de lavado se realiza en tres momentos y tiene como finalidad eliminar los residuos jabonosos que pueden quedar mezclados con el combustible y a su vez neutralizarlo ya que la soda cáustica utilizada como catalizador lo deja alcalino.

Una vez que se formen dos fases se abre la llave del embudo para drenar el agua con los jabones disueltos, cuando empiece a salir biodiesel se cierra la llave. El agua que se descarta de este proceso tendrá una apariencia turbia. De la misma forma se realizarán los dos siguientes lavados para retirar todo el jabón.

#### **7.6.3.1. Secado**

##### **A escala de laboratorio**

El biodiesel se calienta lentamente a 55° C hasta que el agua que este contiene se evapore completamente.

El biodiesel seco tiene un aspecto translucido y cristalino.



## **A escala industrial**

El biodiesel es depositado en secador que consiste en un dispositivo similar al reactor de biodiesel, salvo que su tanque interior no es de acero inoxidable. En este se procede al secado por medio de las resistencias eléctricas de calefacción que entregan calor al biodiesel, de esta manera se logra quitar el contenido de humedad que puede contener el mismo.

Para realizar este procedimiento se calienta el biodiesel hasta alcanzar una temperatura de 100 °C de manera de asegurar la evaporación del contenido de agua en el mismo.

### **7.6.3.2. Descripción del flujograma**

Este proceso inicia con el filtrado, mediante el uso de unas mallas metálicas. Posteriormente, se deja sedimentar durante una semana aproximadamente para poder separar el aceite de restos sedimentables. Se toma una muestra y se realiza la titulación para determinar la cantidad de catalizador.

Para convertir el aceite en Biodiesel se requiere de la transesterificación. El aceite tratado previamente se transfiere desde el tanque de almacenamiento hasta el reactor, donde se calienta hasta 55°C, se enfría para luego incorporar el metanol y el catalizador (NaOH).

Cuando se haya producido la reacción, se obtiene biodiesel y glicerina. Para obtener un producto de mayor calidad, se procede a limpiar el biodiesel: lavando, secando y filtrando

### **7.6.4. Equipos Utilizados**

El proceso se llevará a cabo en un reactor como se menciona anteriormente se emplea un tanque mezclador para poder facilitar el abastecimiento adecuado de materias primas; de acuerdo a la situación empleada, cuando se están cargando los reactivos (10min) el tiempo de carga es menor al tiempo de descarga (30min) y al tiempo de reacción (60min), además termina una vez la descarga del reactor, el cargue del metóxido proveniente del mezclador no se puede hacer inmediatamente, ya que se carga primero el aceite para hacer el proceso de precalentamiento (8 min).



### **7.6.5. Mezclado de materias primas**

En esta fase el metanol es mezclado en un tanque con hidróxido de sodio (NaOH), para así obtener la solución de metóxido, para posteriormente adicinarla al reactor y mezclarla con el aceite, este proceso se realiza en diferentes tanques.

#### **Adición al reactor**

El metanol y el hidróxido de sodio (NaOH) se carga al reactor al mismo tiempo que el aceite dando inicio al calentamiento y la agitación para formarse la reacción de transesterificación, utilizando la cantidad de 37.8l de metanol y 767.34gr de NaOH respectivamente a razón de los 189 litros de aceite vegetal reciclado destinado al proceso.

El mezclado de las materias prima se realizan en dos etapas, primero para el metóxido y posterior se le adicinan la solución homogénea al reactor, esto con el fin de facilitar el contacto entre los componentes al inicio de la reacción y la solubilidad del mismo.

#### **Reacción y separación.**

Para esta etapa no se cuenta con otra alternativa en cuanto a condiciones del proceso debido a que se determinó la ruta química como transesterificación catalítica en medio básico con metanol, la cual se lleva a cabo en condiciones de presión atmosféricas y temperaturas cercanas al punto de ebullición del metanol; la separación del biodiesel y la glicerina se puede llevar a cabo mediante la decantación, dejando la mezcla en el tanque durante un tiempo superior a 12 horas y por diferencia de densidades obtener las dos sustancias, el proceso se lleva a cabo a temperaturas ambiente y presión atmosférica.

#### **Lavado por agitación**

Consiste en adicinar agua al biodiesel y agitar durante un período de tiempo (aproximadamente de una hora) de esta manera se desplazan las impurezas este procedimiento se debe repetir por cuatro veces de ser necesario.



## **Secado**

Para esta etapa no se cuenta con otra alternativa en cuanto a condiciones del proceso. Se eligió una temperatura de 110°C ya que con esta se garantiza la evaporación del agua. Con temperaturas más altas se podrían descomponer los carotenos (antioxidantes) los cuales son compuestos que contribuyen a la estabilidad del biodiesel.

El secador es un tanque cilíndrico y agitador con el fin de tener un calentamiento uniforme, el método empleado para el calentamiento es vapor a baja presión se empleara una bomba de desplazamiento positivo de engranaje para trasegar el aceite al tanque del reactor, ya que esta permite manejar fluidos de altas y bajas viscosidades. Además son de fácil mantenimiento, operación confiable y alta eficiencia.

Para trasegar la solución de biodiesel para el lavado se empleará una bomba centrífuga ya que estas bombas tienen una gran holgura ofrecida al paso de los fluidos, la ventaja primordial de una bomba centrífuga es la simplicidad, el bajo costo inicial, el flujo uniforme (sin pulsaciones), el pequeño espacio necesario para su instalación, los costos bajos de mantenimiento, el funcionamiento silencioso y su capacidad de adaptación para impulsos por motor y turbina.

## **Agitador para el reactor**

El agitador utilizado es de tipo ancla ya que permite trabajar altas viscosidades, barre todo el volumen del diésel permitiendo una correcta homogenización y evitando estratificaciones.

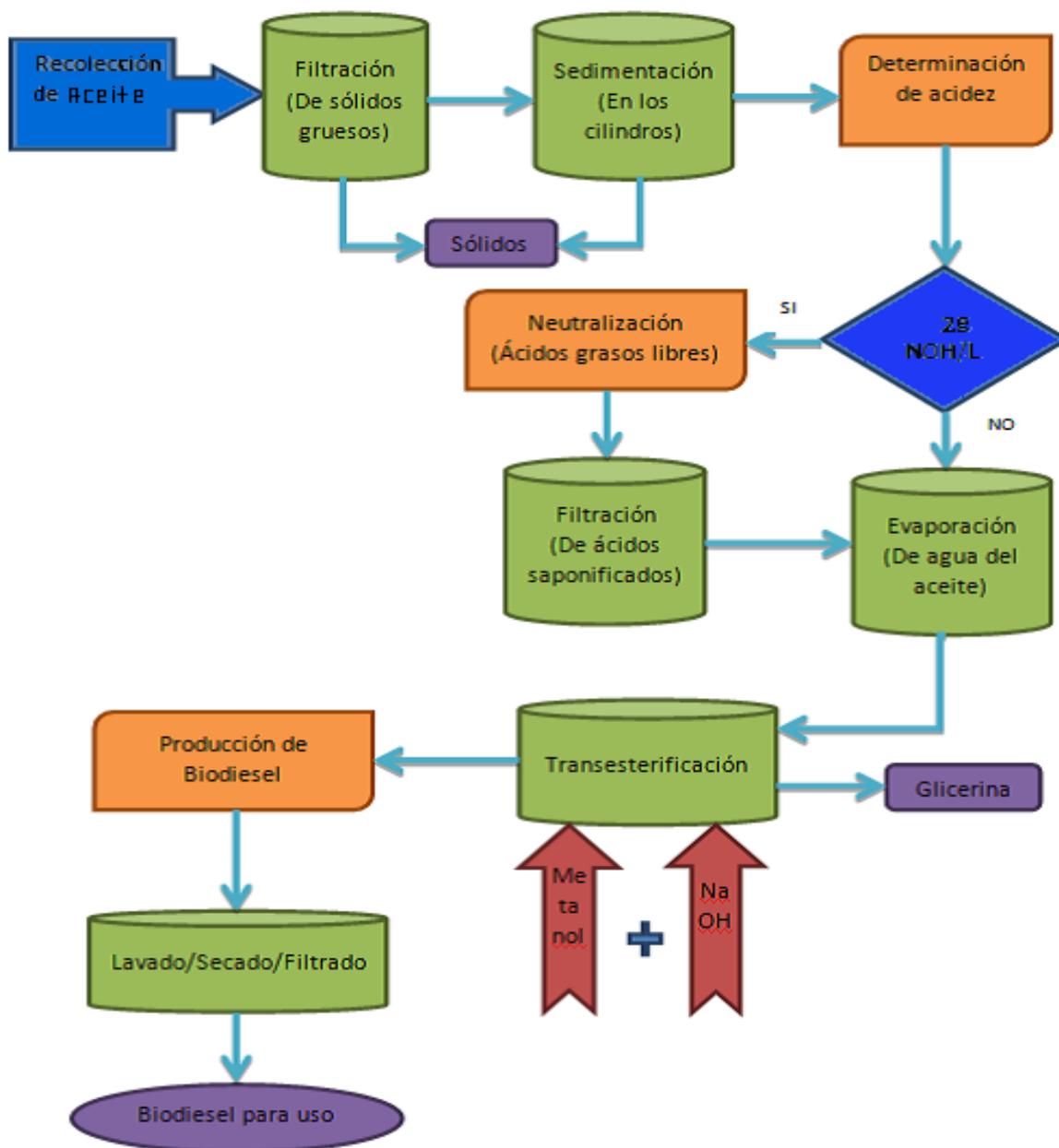
## **Agitador para el secado y tanque mezclador**

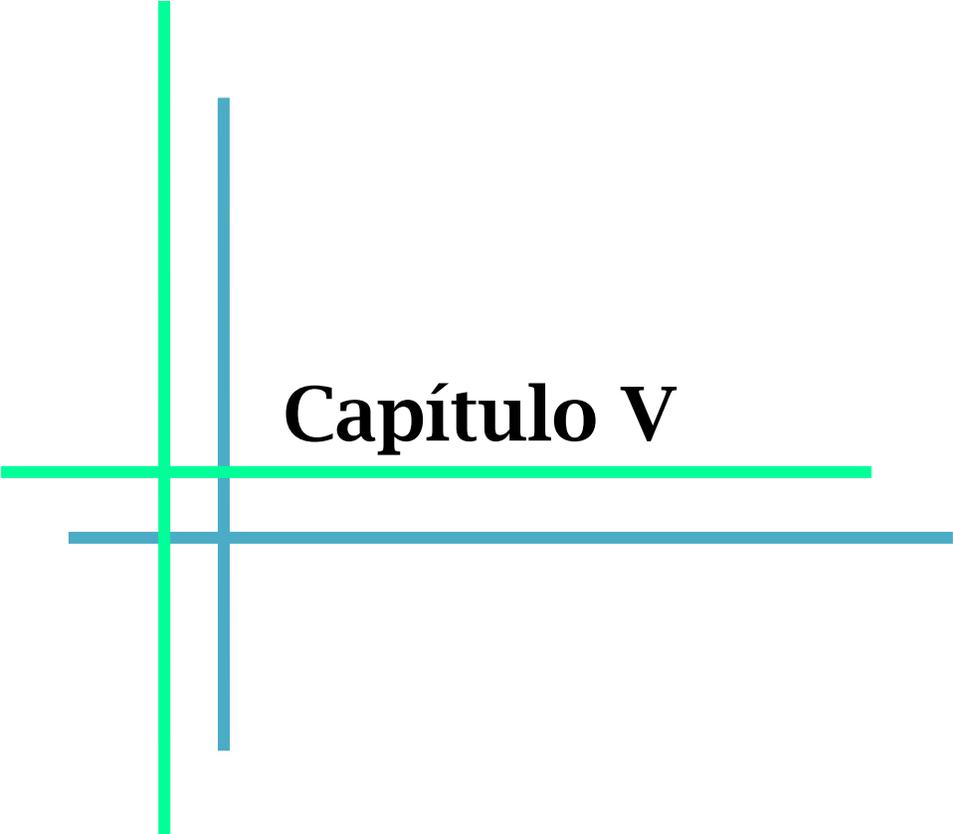
El agitador empleado es de tipo ventilador, debido a que estos se usan extensivamente para altos flujos y aplicaciones de bajo corte, se emplea en actividades de mezclado y suspensión de sólidos.



Figura 7. Flujoograma del proceso para la obtención de biodiesel a partir de aceites reciclado.

El proceso de obtención se detalla de la siguiente forma:



A decorative graphic consisting of two vertical lines and two horizontal lines that intersect to form a cross-like shape. The vertical lines are blue and the horizontal lines are green.

## Capítulo V



## 8. Análisis de resultados

### 8.1. Cálculos de NaOH utilizados en la obtención de biodiesel

1000 ml de aceite  $\longrightarrow$  4.06 g de NaOH  
 189,000 ml de aceite  $\longrightarrow$  X g de NaOH

$$x = \frac{189,000 \text{ ml de aceite} * 4.06 \text{ g de NaOH}}{1000 \text{ ml de aceite}}$$

$$X = 767.34 \text{ g de NaOH}$$

$$0.767 \text{ kg}$$

### 8.2. Cálculos para determinar los mililitros de metanol utilizados en la obtención de biodiesel

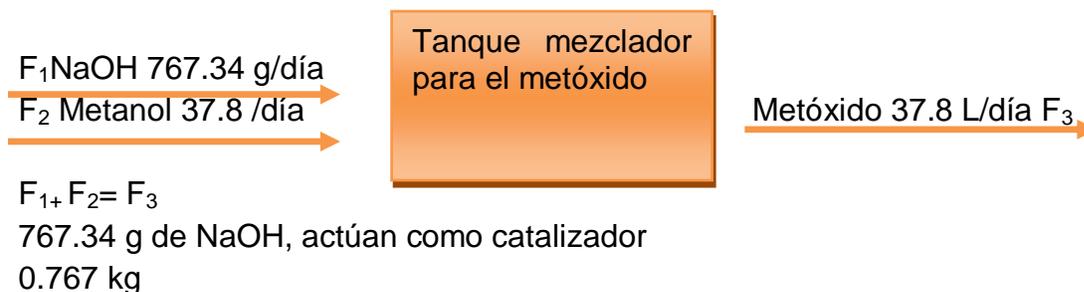
1000 ml de aceite  $\longrightarrow$  200 ml de metanol  
 189,000 de aceite  $\longrightarrow$  X ml de metanol

$$x = \frac{189,000 \text{ ml de aceite} * 200 \text{ ml}}{1000 \text{ ml de aceite}}$$

$$x = \frac{37,800,000 \text{ ml de metanol}}{1000 \text{ ml de aceite}}$$

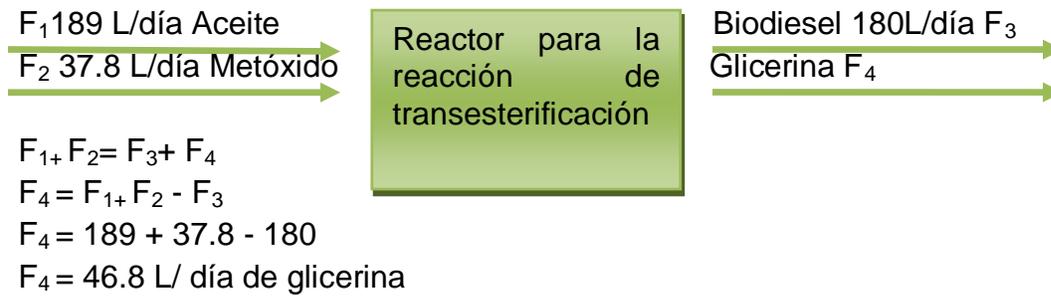
$$X = 37,800 \text{ ml de metanol} \approx 37.8 \text{ L}$$

### 8.3. Balance para el metóxido

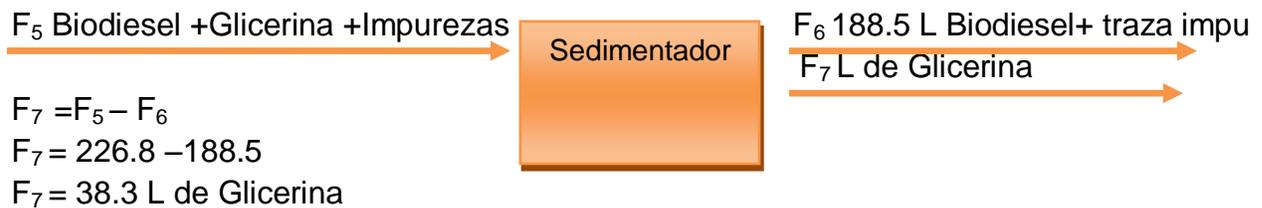




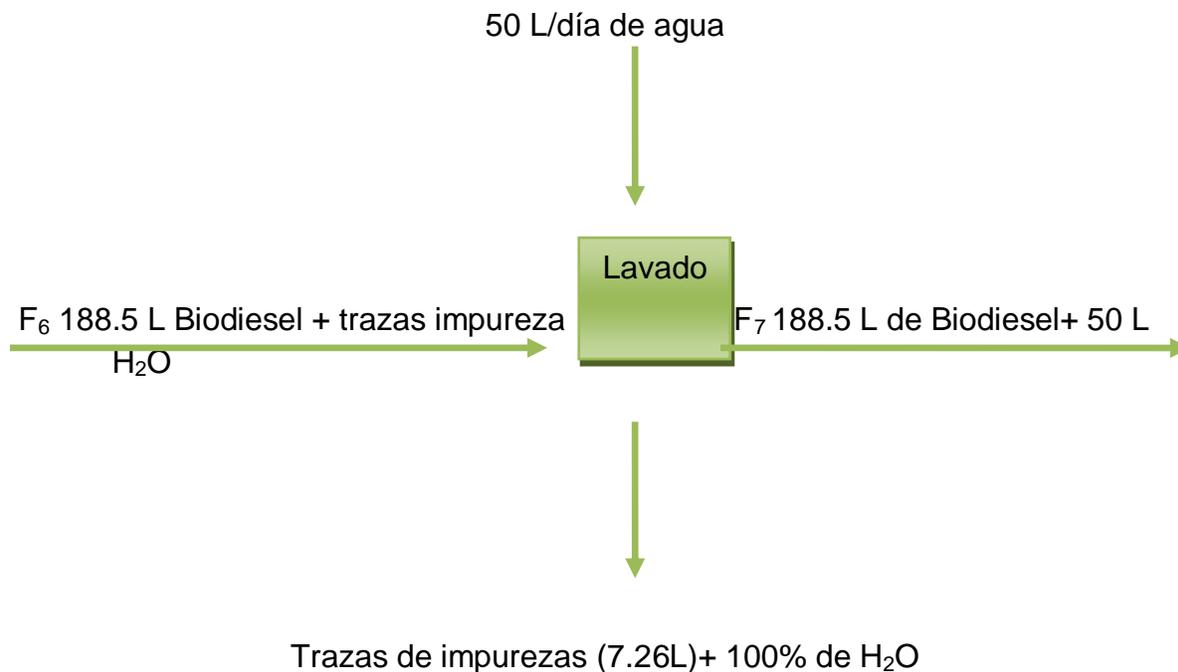
#### 8.4. Balance en el reactor



#### 8.5. Balance en la etapa de sedimentación



#### 8.6. Balance en el lavado





### 8.7. Balance en el secado

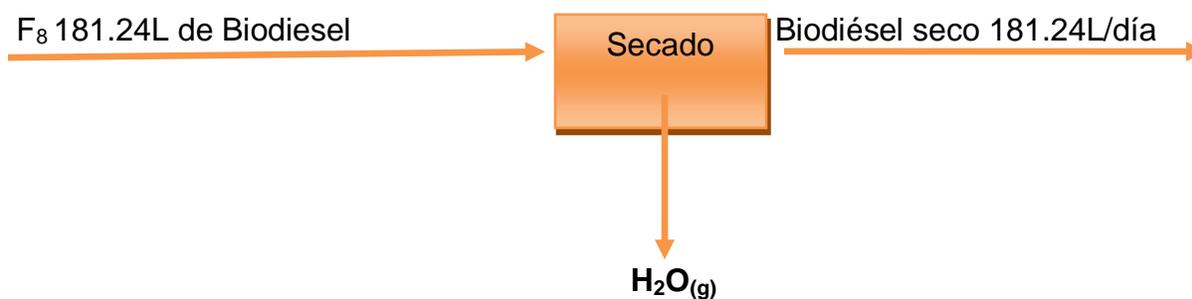


Tabla 11. Rendimiento porcentual del proceso.

Entrada	% Total
0.34 % de hidróxido de sodio (NaOH) 0.767 kg de NaOH	100%
16.61% de metanol (CH <sub>3</sub> OH) 37.8 litros de CH <sub>3</sub> OH	
83.05% de aceite 189 litros de aceite	
Salida	100%
181.24 litros 79.82% de biodiesel	100%
38.3 litros de glicerina 16.86% de glicerina	
Trazas de impureza (Lavado-secado) 3.3%= 7.5 litros	



Tabla 12. Control de calidad de biodiesel.

Parámetro	Descripción	Instrumento	Diésel	Biodiesel
Densidad g/cm <sup>3</sup>	La densidad del biodiesel se usa para asegurarse que el producto es de alta calidad (biodiesel puro).	Picnómetro de vidrio <b>Rango:</b> 0.700-1.00 <b>Largo:</b> 300mm código: LS-0454 <b>Marca:</b> "LUDWIG SCHNEIDER"	0.50-1	0.94
pH	El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H <sub>3</sub> O] <sup>+</sup> presentes en determinadas disoluciones. Por lo tanto la medida de pH del biocombustible deberá ser básica.	pH-metro. <b>Modelo:</b> HI 9124 <b>Rango:</b> 2-16 <b>Resolución:</b> 0,01 pH	7-7.5	7.2
Viscosidad a 35°C	La alta viscosidad en el biodiesel puede llevar a una pobre combustión y daño a los motores. Puede ser una indicación de contaminación de aceites, grasas (base de éster) que no fue convertido en el proceso de producción.	Viscosímetro Transmisor de viscosidad y Temperatura <b>Modelo:</b> 9200. <b>Marca:</b> Sofraser	1.9-6	3.74



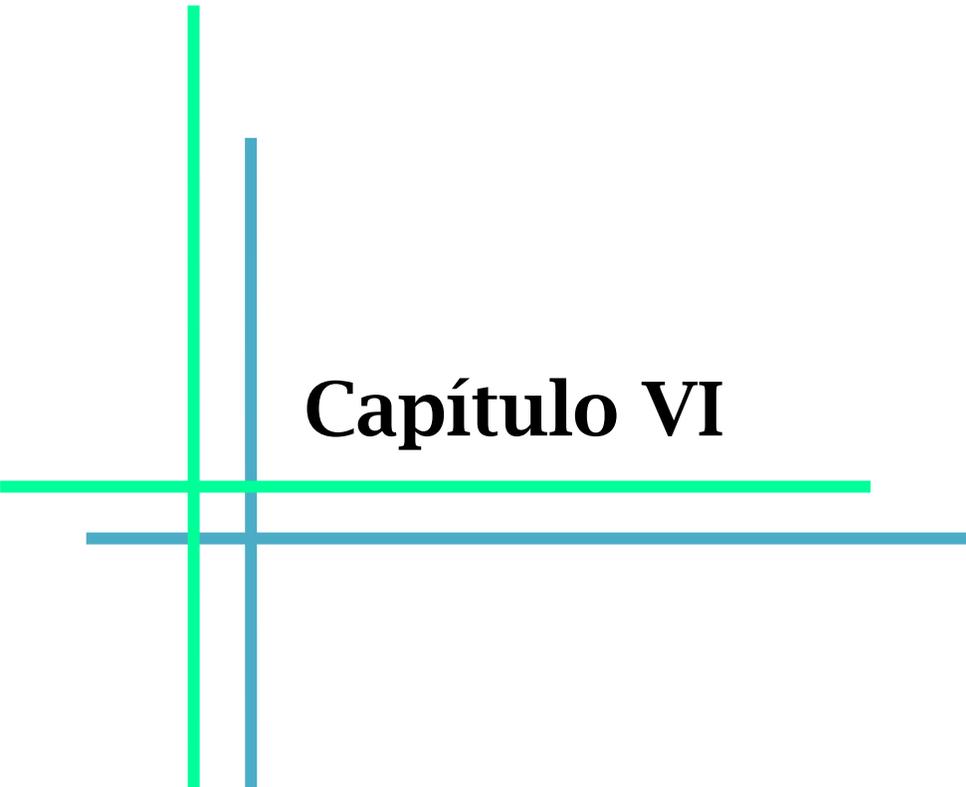
### 8.7.1. Equipo portátil de control de calidad

Existen tres razones principales por las cuales se decidió trabajar con equipos portátiles de Control de calidad:

1. Los procesos de producción y comercialización son muy rápidos y el Equipo fijo de laboratorio no puede seguir el paso para dar una Respuesta que permita tomar una decisión.
2. El equipo fijo de laboratorio no se puede llevar al campo.
3. El costo por análisis es caro para el equipo fijo de laboratorio mientras que en el equipo portátil, usando otra forma de medición, baja sensiblemente el costo unitario.

**Tabla 13. Control de calidad de biodiesel obtenido en las mediciones**

Nº de lote	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	pH
1	0.93	3.8	7.3
2	0.92	3.8.	7.4
3	0.95	3.7	7.
4	0.95	3.6	7.2
5	0.95	3.8	7.
	$\bar{X}=0.94$	$\bar{X}= 3.74$	$\bar{X} =7.2$



# Capítulo VI



## 9. Estudio financiero.

El estudio financiero es la parte donde se resumen sistemáticamente toda la información que está plasmada anteriormente para cuantificar todas las inversiones que lleva el proyecto donde se presentaran los cálculos de costos (inversión y operación), ingresos (directos e indirectos), flujo financiero, así como la evaluación financiera, considerando si la ejecución del proyecto va a necesitar fuente de financiamiento.

### 9.1. Inversiones fijas

**Tabla 14. Inversión fija.**

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unit(C\$)	Costo Total(C\$)
Beaker pírex(1000ml)	Ud	2	444.63	889
Embudo separación	Ud	1	805	805
Termómetro(10-180C)	Ud	1	540	540
Espátula	Ud	2	62.5	125
Gafas de protección	Ud	2	45	90
Nasobuco	Ud	10	7	70
Gorros(Malla)	Ud	10	5	50
Botas de hule	Par	2	200	400
Gabacha	Ud	2	300	600
Guantes aislantes	Par	3	54	162
Guantes de látex	Caja	1	70	70
<b>Total(C\$)</b>			<b>3801</b>	

Fuente. Cálculos propios.

Precios actuales consultados en casas comercializadoras de productos. En la tabla de inversión fija conlleva los parámetros que se sacan depreciación como infraestructura, herramientas, equipos de seguridad utilizados en proceso de obtención de biodiesel.



**Tabla 15. Equipos y herramientas de laboratorio- industrial.**

Descripción	Precio total(C\$)	Precio total(\$)
Reactor industrial	100,000	5,027.933
Agitador térmico	5,130	191.06
Balanza analítica	2,248	83.66
Picnómetro	1,020	127.43
Viscosímetro	2,121	202.70
Extintor de incendios	1,600	186.03
Phmetro	2,000	175.01
<b>Total (C\$)</b>	<b>114,119</b>	<b>5,993.84</b>

## **9.2. Inversión diferida.**

Tabla 16. Inversión diferida.

Descripción	C. Unit (C\$)	C. Total (C\$)
Elaboración del proyecto	3000	3000
Inscripción alcaldía	1100	1100
Inscripción DGI( Persona natural)	-	-
Registro sanitario	-	-
EIA-Valoración ambiental.	-	-
<b>Total</b>		<b>4,100</b>

Esta tabla representa los gastos que incurre la elaboración del proyecto, legalización de planta procesadora, permiso emitido por el MINSA(gratuito) para el funcionamiento normal del proyecto, valoración ambiental emitido por Ministerio de ambiente y recursos humanos(MARENA), patentes y permisos gastos legales, para e inicio y ejecución de proyecto de los antes mencionados, solo estamos valorando la inversión que llevo la elaboración del documento e inscripción en la alcaldía dado que los permisos sanitarios y ambientales según legislación son gratuitos a conformidad de leyes y decretos.



### 9.3. Capital de trabajo.

Para el cálculo de capital de trabajo requerido se determinó los costos operativos anuales debido a que en estos se encuentra costos de producción, administrativos y financieros.

**Tabla 17. Capital de trabajo.**

Concepto	Costo/año(C\$)	Costo total(C\$)
Costo de producción	258,259.41	2053,037.15
Gastos administrativos	43,200.00	1670,055.53
Capital de trabajo	301,459.41	3723092.67

**Fuente. Cálculos propios.**

**Tabla 18. Inversión Total**

Concepto	Costo total/año (C\$)
Inversión fija	133,125.30
Inversión diferida	4,100
Capital de trabajo	301,459.41
Total	438,684.71

Fuente. Cálculos propios.

### 9.4. Costos operativos

Los costos operativos son bienes o servicios que se necesitan para poner en marcha el proyecto tales como: costos de producción, administración y venta así como también los gastos financieros. Cada uno de estos costos será mostrado en una tabla independiente luego se mostraran en una única tabla.

**Tabla 19. Costos Operativos.**

Descripción	Costo total C\$	Costos 4 años(C\$)
Costos de producción	258,259.41	1,077,578.62
Costos Administrativos	43,200.00	172,800.00
Total	301,459.41	1,250,378.62

Fuente. Cálculos propios.

La tabla anterior refleja todos los costos operativos que están dentro del funcionamiento del proyecto y estos se utilizan para retornar el capital de trabajo.



## 9.5. Costos de Producción

En el siguiente cuadro se muestran los costos de producción necesarios en todo el ciclo de vida útil del proyecto los que están representados por Costo de Producción directa e indirecta respectivamente.

**Tabla 20. Costos de Producción anual.**

Reactivos e insumos					
Descripción	U/M	Cantidad	Precio(C\$)	Costo total(C\$)	Costo total(5 años)
Metanol	Barril	2.45	280	18,419.10	1,105,145.99
Hidróxido de sodio(NaOH)	kg	2.3	19	1,173.35	70,401
Aceite vegetal Usado.	Barril	2.5	19	1,275.38	75,522.80
Total 5 años			2,093,816.99		

**Fuente: Cálculos propios.**

En la tabla se muestran los costos de producción necesarios en todo el ciclo de vida útil del proyecto los que están representados por costo de Producción directa e indirecta respectivamente.

**Tabla 21. Gastos administrativos.**

Gastos administrativos			
Concepto	U/M	Costo mensual(C\$)	Costo anual(C\$)
Energía(KW)	Mes>350kw	850	10,200
Agua potable	Mes	250	3,000
Químico	Proceso/mes	2,500	30,000
Total (C\$)		43200	

Fuente. Cálculos propios.



**Tabla 22. Depreciación acumulada**

Descripción	Precio total(C\$)	Precio total(\$)	Año				
			1	2	3	4	5
Reactor industrial	100,000	3,724	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Agitador térmico	5,130	191	1026	1,026	1,026	1,026	1,026
Balanza analítica	135,373	5,042	449.5	449.5	449.5	449.5	449.5
Picnómetro	1,020	38	204	204	204	204	204
Viscosímetro	2,121	79	424	424	424	424	424
Extintor de incendios	1,600	60	320	320	320	320	320
Phmetro	2,000	74	400	400	400	400	400
Depreciación total(C\$)	247,244	9,208	22,824	22,824	22,824	22,824	22,824
Valor de rescate(C\$)			224,420	201,597	178,773	155,950	133,126

En este caso se muestra el cálculo de la depreciación anual y el valor de rescate de las inversiones en activo fijo que se lleva en este proyecto. A continuación se muestran los porcentajes de depreciación autorizados por la DGI: Infraestructura: 10% (10 años de vida útil), Equipos: 20% (5 años de vida útil)

**Tabla 23. Producción estimada (5 años).**

Producto final	Años				
	1	2	3	4	5
Biodiesel(directo) L	6524.64	6655.13	6788.24	6924.00	7062.48
Glicerina(indirecto) L	1378.8	1406.38	1462.63	1521	1581.98

En la tabla anterior refleja la estimación de producción a los próximos 5 años, con incremento en la producción de 2% y 4% a partir del 2do y 3er año respectivamente.



**Tabla 24. Precios.**

Precio estimado biodiesel/litro (5 años).					
Producto final	Años				
	1	2	3	4	5
Biodiesel	48.7	58.92	64.80	71.30	78
Glicerina.	80.55	88.60	107.00	118	130.00

Fuente. Cálculos propios.

Para determinar proyección de precios se utilizó herramienta financiera calculando el VALOR FUTURO DEL PRODUCTO de la siguiente forma:

Valor futuro= valor presente  $\cdot (1+i)^n$  dónde:

$$VF = Vp \cdot (1+i)^n$$

I= 10%

n=5 años

$$VF = vp (1+10\%)^5$$

$$VF=48.7 (1+0.10)^5$$

$$VF=48.7 (1.61)^5$$

$$VF= 78$$

**Tabla 25. Ingresos.**

Concepto	Años				
	1	2	3	4	5
Biodiesel(C\$)	237,496.90	251,896.78	256,934.71	262,073.41	267,314.87
Glicerina(C\$)	111,062.34	124,604.91	156,501.52	179,494.08	205,657.63
Total(C\$)	348,559.24	376,501.69	413,436.23	441,567.49	472,972.50

Fuente. Cálculos propios.

Esta tabla refleja los cálculos de ingresos directos anuales de acuerdo a la producción marcada y los precios considerando el 5% de la inflación, los ingresos indirectos son los generados por la venta de glicerina como producto secundario.



## **10. Flujo financiero.**

El flujo financiero es una herramienta para determinar y reflejar cuentas que se generan en la ejecución de un proyecto (ingresos, egresos) de igual manera permite realizar una proyección del comportamiento del mismo tomando en cuenta la inversión con y sin financiamiento bancario como se muestra en siguiente tabla.

## **11. Evaluación financiera.**

### **11.1. Cálculo de Valor actual neto (VAN).**

Para el cálculo de la VAN se determinó el factor de descuento de 19.64%. Obtenidos de la siguiente manera.

En este estudio describiremos las inversiones totales para la ejecución de este proyecto donde se calcularan los costos de la inversión fija, inversión diferida y capital de trabajo. También se determinarán tanto los ingresos (directos e indirectos) como los egresos, flujo financiero así como la evaluación financiera que representa toda la información, aquí se evaluará la TREMA, VAN y Relación Beneficio-Costo para determinar si el proyecto es aceptable o rentable su ejecución

Para el cálculo de la TREMA se trabajará con una tasa de inflación promedio de 9.55%, el cual es un rango que se espera para el año 2015 y un nivel de riesgo 10% debido a que no es un proyecto de mucho riesgo, además la vida útil es a mediano y largo plazo.

Para el cálculo de la TREMA se utilizó la siguiente fórmula correspondiente:

$$i + if + (i * if).$$

Donde  $i$  es la inflación e  $if$  es el nivel de riesgo de la inversión.

$$TREMA = 9.55 + 10 + (0.955 * 0.10)$$

$$TREMA = 19.55 + 0.0955$$

$$TREMA = \mathbf{19.64\%}$$

Tabla 26. Flujo financiero del proyecto sin financiamiento.

Descripción	Años					
	0	2015	2016	2017	2018	2019
Inversión total	438,684.71					
Inversión Fija	133,125.30					
Inversión diferida	4,100.00					
Capital de trabajo	301,459.41					
Total de ingresos		348,559.24	376,501.69	413,436.23	441,567.49	472,972.50
Total de egresos		325,102.91	330,267.50	335,535.50	338,218.12	340,931.50
Costos operativos		301,459.41	306,624.00	311,892.00	314,574.62	317,288.00
Costo de producción		258,259.41	263,424.00	268,692.00	271,374.62	274,088.00
Gastos administrativos		43,200.00	43,200.00	43,200.00	43,200.00	43,200.00
Depreciación		22,824	22,824	22,824	22,824	22,824
Amortización		820	820	820	820	820
Utilidad bruta		23,456.33	46,234.19	77,900.73	103,349.37	132,041.00
Impuesto/renta %						
Utilidad neta		23,456.33	46,234.19	77,900.73	103,349.37	132,041.00
Depreciación		22,824	22,824	22,824	22,824	22,824
Amortización		820.00	820.00	820.00	820.00	820.00
Valor de rescate		224,420	201,597	178,773	155,950	
Capital de trabajo						301,459.41
Flujo neto financiero	<b>-438,684.71</b>	428,812.31	516,725.34	596,379.18	673,175.29	756,531.08

Fuente. Cálculos propios.

Para el cálculo del factor de descuento se realizará la siguiente fórmula:  $1 / (1+i)^n$ .  
 Donde, i es la TREMA, y n el número de año.

Este cálculo nos permite actualizar (traer el valor presente) los flujos netos del proyecto, es un indicador que nos permite determinar si el proyecto es rentable o no rentable. A continuación se presenta el cálculo de la VAN positiva.

Tabla 27. Cálculo del Valor actual Neto positiva

Año	Flujo neto financiero	Factor descuento 19.55	Flujo neto descontado
0	-438,684.71	1	-438,684.71
1	351,773.20	0.83	291,971.75
2	351,773.20	0.70	288,188.70
3	411,698.14	0.58	268,691.078
4	463,260.48	0.49	252,129.73
5	514,550.47	0.40	2,962,80.995

VAN= Flujo neto descontado – inversión total.

VAN= 1397262.26--438,684.71

VAN=1835946.97

Cálculo de RELACION BENEFICIO- COSTO. ( R B/c)

Rb/c: INGRESOS TOTALES/ EGRESOS TOTALES.

R b/c: 2, 971,623.20

1, 670,055.53

R b/c: 1.78

Realizados los cálculos del estudio financiero en el cual se fueron detallando cada uno de los costos de inversión, operación e ingresos se detallaron dos cálculos que representarían la valides sin financiamiento, determinando el flujo neto del proyecto, dándonos como resultado que al proyecto se le podía exigir un 19.64% de factor de descuento representado con un VAN positiva, relación beneficio-costo como indicador de rentabilidad (R B/C) de 1.78 demostrando que el proyecto es RENTABLE aunque se comprueba los altos costos de producción que permiten sea valorado como un proyecto a largo plazo.

El cálculo del valor presente neto permite al inversionista conocer si la inversión que va a realizar tendrá ganancias a través de los años, se calculará el valor actual del dinero tomando en cuenta el horizonte de evaluación que es de siete años en este proyecto.



## **12. Estudio de impacto ambiental- base legal jurídica.**

En el proceso de establecimiento y ejecución de planta procesadora con el fin de obtener biodiesel a escala industrial existen legislaciones, decretos y leyes que rigen el funcionamiento externo del mismo entorno al medio ambiente.

Categoría Ambiental III: Los proyectos considerados en la Categoría Ambiental III son proyectos que pueden causar impactos ambientales moderados, aunque pueden generar efectos acumulativos, por lo que quedaran sujetos a una valoración ambiental, como condición para otorgar la autorización ambiental correspondientes proceso de valoración Ambiental y emisión de la autorización ambiental correspondiente. El proceso de valoración ambiental correspondiente quedara a cargo de las Delegaciones territoriales del MARENA o consejos regionales en el ámbito de su territorio. Será administrado por MARENA a través de las Delegaciones territoriales, en coordinación con las Unidades Ambientales Sectoriales y Municipales pertinentes, según el tipo de obra, proyecto, industria o actividad. En el caso de las Regiones Autónomas, el Sistema será administrado por los Consejos Regionales a través de la Secretarías de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SERENA), en coordinación con el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

Ley 217, Artículo 27.- ley de medio ambiente y recursos naturales. El sistema de permisos y evaluación de impacto ambiental será administrado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, en coordinación con las instituciones que corresponda. El MARENA estará obligado a consultar el estudio con los organismos sectoriales competentes así como con los Gobiernos Municipales. En el caso de las Regiones Autónomas de la Costa Atlántica el sistema será administrado por el Consejo Regional respectivo, y en coordinación con la autoridad que administra o autoriza la actividad, obra o proyecto en base a las disposiciones reglamentarias, respetándose la participación ciudadana y garantizándose la difusión correspondiente.

Se expresaran los posibles efectos que se tendrán en el diseño, construcción y operación de la planta; tomando en cuenta la duración y los daños que pueden causar en el suelo, aire, agua y salud humana, por lo tanto se aplicaran técnicas en las cuales se determinara la distribución de cómo, cuándo y dónde ocurre, incorporando todos aquellos elementos en los que una actividad influye para que surjan impactos significativos al ambiente.



**Factores ambientales físicos:** Aire, Agua, Suelo, temperatura del ambiente, entre otros.

### **Factores ambientales bióticos o biológicos:**

Flora y Fauna. Debido a estos factores cada una de las actividades se analizarán y se determinará el grado de contaminación que puedan tener al medio ambiente, esto servirá para establecer un plan de medidas ambientales o de mitigación y prevenir la contaminación a nuestro medio ambiente y desde luego evitando posibles enfermedades.

### **Calidad de las aguas superficiales**

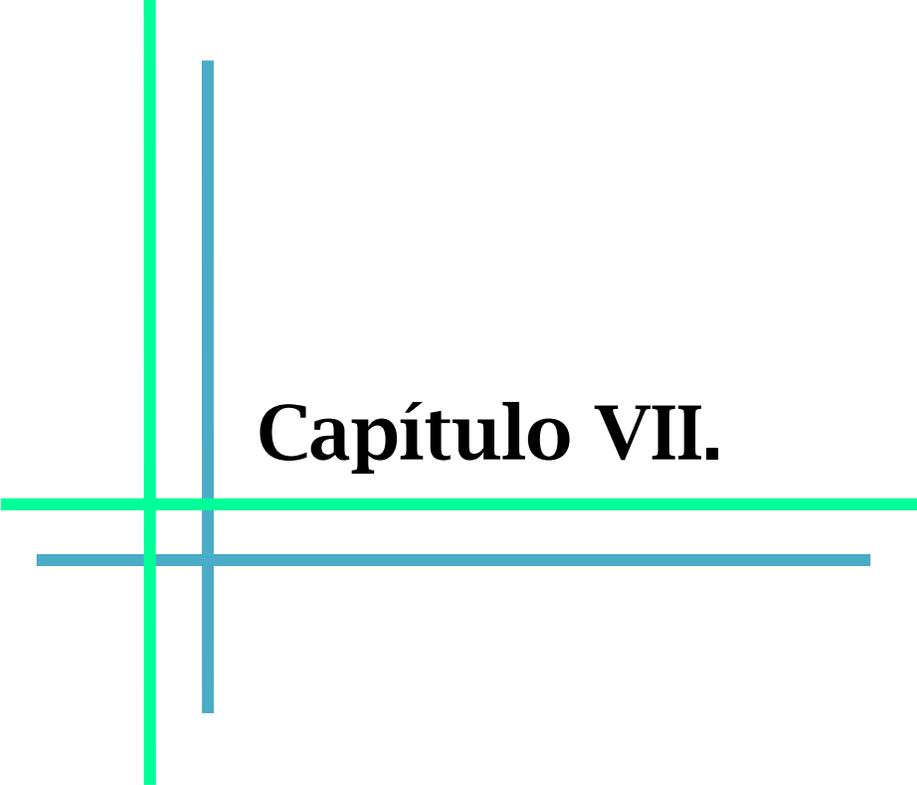
El predio no colinda o se roza con cuerpos de agua superficial. Para la etapa de preparación en el caso del trazo y nivelación se realizará la racionalización de este recurso que será proporcionado por medio de pipas, al igual que en la fase de construcción. Las aguas residuales que se generen durante la etapa de preparación del sitio serán vertidas a las aguas sanitarias del municipio. Por lo que se considera un impacto mínimo o nulo a la calidad del agua.

### **Drenaje-Flujo**

El proyecto no afecta el drenaje o flujo de algún río, arroyo u otro cuerpo de agua, ya que no colinda con ningún cuerpo de agua, considerándose un impacto de grado mínimo o nulo, referente a este recurso el proyecto no tiene relación con las aguas subterráneas como para afectar el flujo o caudal de algún acuífero. Por lo que se ha considerado un impacto ambiental mínimo o nulo ya que no se encontró ningún yacimiento de agua.

### **Emisiones a la atmósfera**

El uso de vehículos transportando material e insumos implica la generación de humos y gases, de manera temporal. Este impacto se considera menor y prácticamente no existen medidas efectivas para controlar el impacto negativo. Aunque apliquen las normas para el control de emisiones en los vehículos que utilizan gasolina y diésel. El impacto es adverso no Significativo.

A decorative graphic consisting of two vertical lines (one green, one blue) and two horizontal lines (one green, one blue) intersecting to form a cross-like shape. The text 'Capítulo VII.' is centered within this graphic.

## Capítulo VII.



## **Conclusiones**

El proyecto obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado se llevó a cabo en el hogar de protección infantil Casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí, Marzo-Diciembre de 2014.

El aceite vegetal es una materia prima óptima hacia la obtención de biodiesel. Para la producción a partir de este aceite se hicieron pruebas de laboratorio para conocer el pH y calcular la cantidad de catalizador utilizado, asegurando de esta manera la calidad del biodiesel.

Se realizaron pruebas a escala de laboratorio y posterior se realizó la obtención de biodiesel a escala industrial haciendo uso de un reactor capacidad 55 galones donde se obtuvo el biodiesel

El biocombustible obtenido cubre parcialmente la demanda de los vehículos en el hogar, debido a la falta de materia prima (AVR); aunque actualmente se está tramitando la donación de aceite vegetal reciclado en algunas empresas.

Al biodiesel obtenido se le hizo pruebas del funcionamiento en una cortadora de césped la cual funcionó y posteriormente se realizaron las pruebas en uno de los vehículos con las siguientes especificaciones: Toyota color blanco, marca Hilux, motor diesel, pertenecientes al Hogar Casa Bernabé.

Realizados los cálculos del estudio financiero en el cual se fueron detallando cada uno de los costos de inversión, operación e ingresos se detallaron dos cálculos que representarían la valides sin financiamiento, determinando el flujo neto del proyecto, obteniendo como resultado TREMA 19.55%, VAN positiva mayor a la inversion, relación beneficio-costos como indicador de rentabilidad (R B/C) de 1.78 lo que significa que por cada córdoba invertido se obtiene C\$0.78 córdobas de utilidad neta.



## **Recomendaciones**

En vista que el proyecto es nuevo en Nicaragua se hacen las siguientes recomendaciones:

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.

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.

Se recomienda hacer una compra de una torre de lavado de biodiesel para una mayor optimización.

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.



## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Consulta en libros:**

1. Ayhan Demirbas. 2008 3ra edición. Biodiesel una real combustible alternativo para ingenieros.Ed. McGRAWI-HILL, publicado por acid free paper.
2. AmitSarin (2012) Biodiesel producción y propiedades. Publicadopor Royal Society of chemistry. Editorial Henry Ling Limited, Dorchester.
3. Acosta, F.; Castron, P. y E. Cortijo. 2008. Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña escala. Serie Manuales 37. Soluciones Prácticas, ITDG. Lima, 54 p.
4. Benjumea Hernández, P.N.; Agudelo Santamaría, J. R. y L. A. Ríos. Biodiesel: Producción, calidad y caracterización. Grupo de manejo eficiente de la energía. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, 152 p.
5. Camps Michelena, C. y F. M. Martín. 2008. Biocombustibles. Colección Energías Renovables. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 383 páginas.
6. Dourojeanni, A. 2000. Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable. Serie Manuales N° 10. CEPAL. Santiago de Chile, 372 pág.
7. Dufey, A. 2006. Producción y comercio de biocombustibles y desarrollo sustentable.
8. F. Acosta, P. Castro, E. Cortijo. Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña escala. Lima Soluciones prácticas-ITDG: (2008)
9. Fonseca, C. (2007). *Biocombustibles sostenibles para Colombia*. [http://planea.utp.edu.co/PDI\\_2007-](http://planea.utp.edu.co/PDI_2007-)
10. Hernández sampieri, (1997) Metodología de la investigación. Ed. Mc GRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V.



11. Ministerio de Economía del Gobierno de la República de El Salvador “Plan de Acción para el Desarrollo de la Estrategia de Biocombustibles” (ATN/OC-10897-ES) Componente: Legislación, Aspectos Regulatorios y Eficiencia Energética Contrato de Servicios de Consultoría.
12. Muñoz, M.C. (2009) *La cumbre de Copenhague*. En *Dossier Diario La Vanguardia (España)*. p. 114.
13. Mittelbach, M., Remschmidt, C. (2004) *Biodiesel - The comprehensive handbook*. 1st ed. Graz: Mittelbach, M. p.
14. P. N. Benjumea Hernández, J. R. Agudelo Santamaría, L. A. Ríos. *Biodiesel: producción, calidad y caracterización*. Editorial Universidad de Antioquia, (2006).
15. ThomasGrahamHouse, AmitSarin (2008) 5ta edición. *Biodiesel producción y propiedad*. Editorialunitedkingdon publicado por royal sociedad de química.

#### **Consulta en páginas web:**

1. Dr.Miranda,(2009). Programa de energías renovables del Instituto Tecnológico de Costa Rica (PELTEC). Consultado el 24 de marzo del 2014.Referido  
de:<http://www.renenergyobservatory.org/alfresco/d/a/workspace/spacesStore/1d9ae9e2-8d07-4cd2-ae1a-e95179702c62/peltec.pdf?guest=true>.
2. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de ambiente y energía,Ministerio de Economía Industria y Comercio, Costa Rica (2007). *Biocombustibles. Biodiesel (B100) y sus mezclas de aceites combustibles diesel*. Especificaciones. Consultado en línea el 10 de abril 2014.Disponible en:<http://www.pgr.go.cr/scij/scripts/TextoCompleto.dll?Texto&nNormal=61964&nversion=70513&n>.
3. [www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/.../nspn0360.pdf](http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/.../nspn0360.pdf)  
hidróxido de sodio. icsc: 0360. Mayo 2010.prepara por la international programme on chemical safety.



## GLOSARIO

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

**Ciclopentanoperhidrofenantreno:** El ciclopentanoperhidrofenantreno (también llamado ciclopentanoperhidrofenantremo, esterano o gonano) es un hidrocarburo policíclico que se puede considerar un producto de la saturación del fenantreno asociado a un anillo de ciclopentano.

**Crucíferas:** Son una familia de angiospermas dicotiledóneas que se incluyen en el orden Brassicales.

**Emulsionantes:** Un emulsionante, emulsificante o emulgente es una sustancia que ayuda en la mezcla de dos sustancias que normalmente son poco miscibles o difíciles de mezclar. De esta manera, al añadir este emulsionante, se consigue formar una emulsión.

**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 (simbolizados por R').

### **Gasóleo:**

Líquido que se obtiene por destilación fraccionada de petróleo y se usa como combustible.

**Hidrólisis** (del griego *hydōr*, 'agua', y *lýsis*, 'ruptura' o 'disociación') es una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química.

**Lecitina:** Es un lípido complejo saponificable. También se le puede llamar lípido de membrana. Término genérico para designar a cualquier grupo de sustancias grasas de color amarillo-marronáceas que forma parte de los tejidos animales y vegetales.

**Mirosinasa:** Es una familia de enzimas que participan en la defensa de las plantas contra los herbívoros.



**Nabo:** Es una brassicácea cultivada comúnmente como hortaliza en los climas templados de todo el mundo.

**Polimorfismo:** En química, el polimorfismo nombra a los compuestos y los elementos capaces de adoptar distintas formas sin que se modifique su estructura natural.

**Transmisiones cardanica:** representan una gran selección estandarizada de ejes universales.

**Termostato:** Es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura.

**Sustancias anfipáticas:** Las sustancias anfílicas, también llamadas anfipáticas, son aquellas compuestas por moléculas que poseen un extremo hidrofílico y otro hidrófobo.

### CRONOGRAMA DE TRABAJO REALIZADO.

Actividad a evaluar	Fecha	Equipo de trabajo:
Planteamiento del problema de investigación	24/03/2014	Bra. Mary Luz Beltrán Orozco
		Bra. Escarleth Yahosca Cruz Castro
Redacción de objetivos	31/03/2014	Bra. Mary Luz Beltrán Orozco
		Bra. Escarleth Yahosca Cruz Castro
Redacción de justificación	04/04/2014	Bra. Mary Luz Beltrán Orozco
		Bra. Escarleth Yahosca Cruz Castro
Construcción del marco de referencia	14/04/2014	Bra. Mary Luz Beltrán Orozco
		Bra. Escarleth Yahosca Cruz Castro
Pruebas pilotos para la obtención de biodiesel	21/04/2014	Bra. Mary Luz Beltrán Orozco
	07/05/2014	Bra. Escarleth Yahosca Cruz Castro
Diseño metodológico	28/05/2014	Bra. Mary Luz Beltrán Orozco
		Bra. Escarleth Yahosca Cruz Castro
Instrumentos de recolección de datos	06/06/2014	Bra. Mary Luz Beltrán Orozco
		Bra. Escarleth Yahosca Cruz Castro.
Antecedentes	10/06/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro.
Reestructuración de protocolo	16/06/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro
Compras de materias prima en empresa TRANSMERQUIM, Nicaragua S.A	12/09/2014	Ing. Ninoska Cruz Castro
		Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro
Visita a establecimiento que utilizan aceite vegetal	23/09/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
	26/09/2014	Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro

*Obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado a través de un reactor industrial capacidad 55 galones en el hogar de protección infantil casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí Marzo-Diciembre del año 2014.*



Actividad a evaluar	Fecha	Equipo de trabajo:
Limpieza del reactor	30/09/2014	
Revisión de protocolo	03/10/2014-19-10-14	Ing. Ninoska Cruz Castro
		Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro
Realización de cálculos estequiométricos	08/10/2014	Br. Mary Luz Beltrán Br. Escarleth Castro
Pruebas de funcionamiento de las bombas del reactor	19/10/2014	Ing. Heberto Ramírez Espinoza
		Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro
Recolección de aceite en el restaurante "Arca de Noé"	22-30/10/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro.
Filtrado de aceite reciclado	03/11/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro.
Proceso de obtención de biodiesel	06/11/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro.
Separación de biodiesel- glicerina	08/11/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro.
Lavado del biodiesel	08/11/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro.
Secado de biodiesel	10/11/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro.
Pruebas de densidad y viscosidad	11/11/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro.
Pruebas del funcionamiento del biodiesel	13/11/2014	Br. Mary Luz Beltrán Orozco
		Br. Escarleth Yahosca Cruz Castro.

**ANEXOS**

**Obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado a través de un reactor industrial capacidad 55 galones en el hogar de protección infantil casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí Marzo-Diciembre del año 2014.**



**Ficha internacional de seguridad Química del Metanol**

<b>METANOL</b>		<b>ICSC: 0057</b>	
		<b>Abril 2000</b>	
Alcohol metílico		Carbinol	
<b>CAS:</b>	67-56-1	<b>CH<sub>2</sub>O / CH<sub>3</sub>OH</b>	 
<b>RTECS:</b>	PC1400000	<b>Masa molecular: 32.0</b>	
<b>NU:</b>	1230		
<b>CE Índice Anexo I:</b>	603-001-00-X		
<b>CE / EINECS:</b>	200-659-6		
<b>TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN</b>	<b>PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS</b>	<b>PREVENCIÓN</b>	<b>PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS</b>
<b>INCENDIO</b>	Altamente inflamable. Ver Notas.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.
<b>EXPLOSIÓN</b>	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
<b>EXPOSICIÓN</b>		<b>¡EVITAR LA EXPOSICION DE ADOLESCENTES Y NIÑOS!</b>	
<b>Inhalación</b>	Tos. vértigo. Dolor de cabeza. Náuseas. Debilidad. Alteraciones de la vista.	Ventilación. Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
<b>Piel</b>	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	Dolor abdominal. Jadeo. Vómitos. Convulsiones. Pérdida del conocimiento (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Provocar el vómito (¡UNICAMENTE EN PERSONAS CONSCIENTES!). Proporcionar asistencia médica.
<b>DERRAMES Y FUGAS</b>		<b>ENVASADO Y ETIQUETADO</b>	
Evacuar la zona de peligro. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Eliminar el residuo con agua abundante. Eliminar vapor con agua pulverizada. Traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.		No transportar con alimentos y piensos. <b>Clasificación UE</b> Símbolo: F, T R: 11-23/24/25-39/23/24/25; S: (1/2-)7-16-36/37-45 <b>Clasificación NU</b> Clasificación de Peligros NU: 3 Riesgos Subsidiarios de las NU: 6.1; Grupo de Envasado NU: II	
<b>RESPUESTA DE EMERGENCIA</b>		<b>ALMACENAMIENTO</b>	
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1230. Código NFPA: H 1; F 3; R 0;		A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, alimentos y piensos. Mantener en lugar fresco.	
<b>IPCS</b> International Programme on Chemical Safety	  		 
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2000			



**METANOL**

**ICSC: 0057**

**DATOS IMPORTANTES**

**ESTADO FÍSICO; ASPECTO:**

Líquido incoloro, de olor característico.

**PELIGROS FÍSICOS:**

El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.

**PELIGROS QUÍMICOS:**

Reacciona violentamente con oxidantes, originando peligro de incendio y explosión.

**LÍMITES DE EXPOSICIÓN:**

TLV: 200 ppm como TWA, 250 ppm como STEL; (piel); BEI establecido (ACGIH 2004).  
MAK: Riesgo para el embarazo: grupo (DFG 2004).  
LEP UE: 200 ppm; 260 mg/m<sup>3</sup> como TWA (piel) como TWA (UE 2006).

**VÍAS DE EXPOSICIÓN:**

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.

**RIESGO DE INHALACIÓN:**

Por evaporación de esta sustancia a 20 °C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:**

La sustancia irrita los ojos la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a pérdida del conocimiento. La exposición puede producir ceguera y muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:**

El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar sistema nervioso central, dando lugar a dolores de cabeza persistentes y alteraciones de la visión.

**PROPIEDADES FÍSICAS**

Punto de ebullición: 65 °C  
Punto de fusión: -98 °C  
Densidad relativa (agua = 1): 0.79  
Solubilidad en agua: miscible  
Presión de vapor, kPa a 20°C: 12.3  
Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.1

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20 °C (aire = 1): 1.01  
Punto de inflamación: 12°C c.c.  
Temperatura de autoignición: 464 °C  
Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 5.5-44  
Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.82/-0.66

**DATOS AMBIENTALES**

**NOTAS**

Arde con llama azulada. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2006: ver Límites de exposición.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 200 ppm; 266 mg/m<sup>3</sup>

Notas: vía dérmica.

VLB: 15 mg/L en orina. Notas F, I.

**Nota legal**

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2000

**Obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado a través de un reactor industrial capacidad 55 galones en el hogar de protección infantil casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí Marzo-Diciembre del año 2014.**



**Ficha internacional de seguridad Química del hidróxido de sodio**

HIDRÓXIDO DE SODIO			ICSC: 0360 Mayo 2010
CAS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS:	1310-73-2 1823 011-002-00-6 215-185-5	Sosa cáustica Hidrato de sodio Sosa NaOH Masa molecular: 40.0	  
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar calor suficiente para provocar la ignición de materiales combustibles.	NO poner en contacto con el agua.	En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con: (ver Peligros Químicos).	NO poner en contacto con materiales incompatibles. (Ver Peligros Químicos).	
EXPOSICIÓN		<b>¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!</b>	<b>¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!</b>
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Graves quemaduras cutáneas. Ampollas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Quemaduras en la boca y la garganta. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Náuseas. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber un vaso pequeño de agua, pocos minutos después de la ingestión. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico. Recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro.		No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Nocivo en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Puede provocar irritación respiratoria.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Código NFPA: H3; F0; R1		Separado de alimentos y piensos, ácidos fuertes y metales. Almacenar en el recipiente original. Mantener en lugar seco. Bien cerrado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2010			
 IPCS International Programme on Chemical Safety	 WHO	 UNEP	

**Obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado a través de un reactor industrial capacidad 55 galones en el hogar de protección infantil casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí Marzo-Diciembre del año 2014.**



HIDRÓXIDO DE SODIO		ICSC: 0360
<b>DATOS IMPORTANTES</b>		
<p><b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b> Sólido blanco e higroscópico, en diversas formas</p> <p><b>PELIGROS QUÍMICOS</b> La disolución en agua es una base fuerte que reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible (hidrógeno - ver FISQ:0001). Reacciona con sales de amonio produciendo amoniaco, originando peligro de incendio. El contacto con la humedad o con el agua genera calor. (Ver Notas).</p> <p><b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN</b> TLV: 2 mg/m<sup>3</sup> (Valor techo) (ACGIH 2010). MAK: 1lb (no establecido pero hay datos disponibles) (DFG 2009).</p>	<p><b>VÍAS DE EXPOSICIÓN</b> Efectos locales graves</p> <p><b>RIESGO DE INHALACIÓN</b> Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN</b> La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA</b> El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
<p>Punto de ebullición: 1388°C Punto de fusión: 318°C Densidad: 2.1 g/cm<sup>3</sup></p> <p>Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 109 (muy elevada).</p>		
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
Esta sustancia puede ser peligrosa para el medio ambiente. Debe prestarse atención especial a los organismos acuáticos.		
<b>NOTAS</b>		
El valor límite de exposición laboral aplicable no debe ser superado en ningún momento por la exposición en el trabajo. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añádirla al agua siempre lentamente. Otro nº NU: NU1824 Disolución de hidróxido de sodio, clasificación de peligro 8, grupo de envasado II-III.		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-EC: 2 mg/m<sup>3</sup></p>		
<b>NOTA LEGAL</b>	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.	
© IPCS, CE 2010		

*Obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado a través de un reactor industrial capacidad 55 galones en el hogar de protección infantil casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí Marzo-Diciembre del año 2014.*



**Anexo N° 1**



Plancha magnética utilizada en las pruebas piloto.

**Anexo N° 2**



Fotografía tomada el día lunes 21 de abril de 2014 en el laboratorio de química de la UNAN-Managua realizando las primeras pruebas de obtención de biodiesel. Proceso de precalentamiento del aceite a 55° C para posteriormente agregar metóxido.



### **Anexo N° 3**



Fotografía tomada el día miércoles 7 de mayo en los laboratorios de química del colegio Alemán Nicaragüense realizando calentamiento del biodiésel a 48°C para evaporar partículas de H<sub>2</sub>O que hayan quedado como residuos producto del proceso de lavado del biodiésel.

### **Anexo N° 4**



Fotografía tomada el día miércoles 7 de mayo de 2014 biodiésel obtenido al final de los procesos realizados en las pruebas a escala de laboratorio.

### **Anexo N° 5**



eléctricas.

Fotografía tomada en Veracruz el día martes 29 de abril de 2014 en la cual se muestra el reactor que será utilizado en la obtención de biodiésel, este está compuesto por tres tanques en los que se llevaran a cabo las reacciones químicas y en la parte inferior tres bombas elevadoras

*Obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado a través de un reactor industrial capacidad 55 galones en el hogar de protección infantil casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí Marzo-Diciembre del año 2014.*



**Anexo N° 6**



Fotografía tomada en Veracruz el día jueves 6 de noviembre de 2014 asegurando que la tapa del tanque esta hermética para proceder a proceso de mezcla del catalizador y el alcohol para la obtención del metóxido.

**Anexo N° 7**



Fotografía tomada en Veracruz el día jueves 6 de noviembre de 2014. Tanque de metóxido con 20 galones de capacidad.



Fotografía tomada en Veracruz el día jueves 6 de noviembre de 2014 en la que se pueden apreciar dos aspas metálicas integradas a la tapa del tanque en que se preparo el metóxido; la cual permite que se realice bien la mezcla entre el catalizador y el acohol.



Fotografía tomada en Veracruz el día jueves 6 de noviembre de 2014 en la que se puede observar los conductos de alimentación del tanque de metóxido hacia los tanques donde se obtiene el biodiesel.

*Obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado a través de un reactor industrial capacidad 55 galones en el hogar de protección infantil casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí Marzo-Diciembre del año 2014.*



**Anexo N°10**



Fotografía tomada en Veracruz el día jueves 6 de noviembre de 2014. Panel eléctrico metálico.

**Anexo N° 11**



Fotografía tomada en Veracruz el día jueves 6 de noviembre de 2014. Torre en la que se realizó el secado de biodiesel.

*Obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado a través de un reactor industrial capacidad 55 galones en el hogar de protección infantil casa Bernabé comarca Veracruz municipio de Nindirí Marzo-Diciembre del año 2014.*



## Anexo N° 12



Fotografía tomada en Veracruz el día jueves 6 de noviembre de 2014. Tanque de almacenamiento del metanol.

## Anexo N° 13



Fotografía toma Veracruz el día sábado 8 de noviembre de 2014. Almacenamiento del biodiesel obtenido.