



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y
LOS RECURSOS NATURALES NO
RENOVABLES



INGENIERIA
ELECTROMECAÁNICA

Universidad Nacional de Loja

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REACTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES DE COCINA USADOS”.

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico.

Autores:

Héctor Ademir Guevara Elizalde.

Luis Augusto Quishpe Escaleras.

Director:

Dr. Miguel Ángel Caraballo Nuñez.

Loja – Ecuador
2011



CERTIFICACIÓN.

Dr. Miguel Ángel Caraballo Núñez, Ph.D.

DOCENTE DEL AREA DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Y DIRECTOR DE TESIS.

CERTIFICA:

Haber dirigido, corregido y revisado en todas sus partes, el desarrollo de la tesis de Ingeniería en Electromecánica, titulada “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REACTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES DE COCINA USADOS**”, con autoría de los señores Héctor Ademir Guevara Elizalde y Luis Augusto Quizhpe Escaleras, en razón de que la misma reúne a satisfacción los requisitos de forma y fondo exigidos para una investigación de este nivel, autorizo su presentación y defensa ante el tribunal designado para el efecto.

Loja, Junio del 2011

Atentamente

Dr. Miguel Ángel Caraballo Núñez, Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS



AUTORÍA.

Los criterios, opiniones, afirmaciones, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en el presente trabajo de investigación denominado **“Diseño y construcción de un reactor para la producción de biodiesel a partir de aceites de cocina usados”**, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

.....
Héctor Ademir Guevara Elizalde

.....
Luis Augusto Quizhpe Escaleras



AGRADECIMIENTO.

Al culminar el presente trabajo de tesis, nos es grato manifestar nuestro más sincero agradecimiento: a la Universidad Nacional de Loja, fuente inagotable de formación de profesionales al servicio de la sociedad, especialmente al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, por haber dado la oportunidad de preparar e instruir nuestros conocimientos dentro de su régimen académico con el fin de poder llegar a ser profesionales útiles para la sociedad.

Al Dr. Miguel Ángel Caraballo Núñez, Ph.D, quien con dedicación, esfuerzo y su acertada dirección profesional contribuyó a la culminación del presente trabajo de investigación, por lo que le expresamos nuestra eterna gratitud.

En general el más sincero agradecimiento a cada una de las personas que colaboraron en el desarrollo del presente trabajo de tesis, en especial al Ing. Diógenes Bustán Jaramillo técnico del taller mecánico.

Los Autores



DEDICATORIA.

Dedico este logro principalmente a Dios quien ha estado presente en cada momento de mi vida iluminándome y brindándome fuerzas para superar cualquier obstáculo.

A mis padres Héctor y Gladis por su enorme, inmensurable y sacrificado apoyo que siempre me han brindado a lo largo de mi vida. A mis hermanos, mi esposa y querido hijo quienes con su invaluable apoyo en momentos difíciles de mi vida, supieron fortalecer mi personalidad para culminar con éxito mi carrera profesional.

A todos mis familiares y amigos quienes de una u otra manera supieron ayudarme en su debido momento.

HÉCTOR.

El presente trabajo de tesis lo dedico con todo mi amor a mis Padres por su paciencia, sacrificio y apoyo incondicional para culminar con éxito esta etapa tan importante en mi vida profesional.

A mis hermanos, mis tíos y sobrinos por ser la base de honestidad y humildad, que son mi inspiración para lograr la superación tanto personal como profesionalmente y por último a mis familiares y amigos que me apoyaron en los momentos más difíciles.

LUIS.



ÍNDICE GENERAL

<u>CONTENIDO</u>	<u>Pág.</u>
CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	XI
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN.....	2
SUMMARY.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1. Calentamiento global y el efecto invernadero.....	6
4.1.1. Cambio climático.....	6
4.1.2. El efecto invernadero.....	7
4.1.2.1. Tipos de gases de efecto invernadero.....	8
4.1.2.1.1. Dióxido de carbono.....	8
4.1.2.1.2. Metano.....	9
4.1.2.1.3. Oxido nitroso.....	10
4.1.2.1.4. Ozono.....	10
4.1.2.1.5. Sustancias químicas sintéticas.....	11
4.1.2.1.6. Aerosoles.....	12
4.1.3. Efectos del calentamiento global.....	13
4.1.3.1. Clima.....	13
4.1.3.2. Placas de hielo y glaciares.....	15
4.1.3.3. Nivel del mar.....	16
4.1.3.4. Agricultura.....	17
4.1.3.5. Plantas y animales.....	18
4.1.3.6. Salud.....	19



4.1.4. Medidas para controlar el calentamiento global.....	20
4.1.4.1. Captura del carbono.....	20
4.1.4.2. Fuentes de energía.....	21
4.1.4.3. Acuerdos internacionales.....	22
4.2. Los biocarburantes o biocombustibles.....	24
4.2.1. Bioaceites.....	26
4.2.2. Ventajas de los biocarburantes.....	27
4.2.3. Biocombustibles y su vinculación con la crisis alimentaria mundial.....	28
4.2.4. Ecuador y la producción de biocombustibles.....	33
4.2.5. Tipos de biocarburantes.....	36
4.2.5.1. Bioetanol.....	36
4.2.5.2. Biogas.....	40
4.2.5.3. Biodiesel.....	41
4.2.5.3.1. Definición y especificaciones.....	41
4.2.5.3.2. Materias primas para producir biodiesel.....	44
4.2.5.3.2.1. Aceites vegetales convencionales.....	44
4.2.5.3.2.2. Aceites vegetales alternativos.....	45
4.2.5.3.2.3. Aceites vegetales modificados genéticamente.....	45
4.2.5.3.2.4. Aceites de frituras usados.....	46
4.2.5.3.2.5. Grasas animales.....	46
4.2.5.3.2.6. Aceites de otras fuentes.....	47
4.2.5.3.3. Ventajas del biodiesel.....	47
4.2.5.3.4. Almacenamiento, manipulación y distribución.....	52
4.2.5.3.5. Normalización del biodiesel.....	53
4.2.5.3.6. Problemas asociados por la utilización del biodiesel.....	54
4.3. Procesos en la producción de biodiesel.....	55
4.3.1. Proceso general de transesterificación.....	56
4.3.1.1. Proceso discontinuo.....	56
4.3.1.2. Proceso continuo.....	58
4.3.2. Proceso general de esterificación.....	59
4.3.3. Proceso combinado esterificación-transesterificación.....	60
4.3.4. Proceso en condiciones supercríticas.....	61
4.3.5. Métodos empleados para la producción de biodiesel.....	62



4.3.5.1.	Método alcalino de una etapa.....	63
4.3.5.1.1.	Ingredientes.....	63
4.3.5.1.2.	Procedimiento.....	63
4.3.5.2.	Método base-base de dos etapas.....	70
4.3.5.2.1.	Introducción.....	70
4.3.5.2.2.	Teoría química.....	71
4.3.5.3.	Método ácido-base de dos etapas.....	73
4.3.5.3.1.	Introducción.....	74
4.3.5.3.2.	Materiales.....	75
4.3.5.3.3.	El proceso.....	75
4.3.6.	Métodos de lavado del biodiesel.....	78
4.3.6.1.	Lavado con niebla.....	78
4.3.6.2.	Lavado con burbujas.....	78
4.3.6.3.	Lavado por agitación.....	80
4.3.7.	Prueba de calidad.....	82
4.4.	Experiencias de la utilización de reactores para producir biodiesel.....	82
4.4.1.	Reactor de Journey to Forever para lotes de 60 litros.....	83
4.4.2.	Reactores BD2 para elaboración de biodiesel.....	84
4.4.2.1.	Antecedente.....	84
4.4.2.2.	Descripción.....	84
4.4.2.3.	Componentes e instrumentación.....	85
4.4.2.4.	Operación.....	85
4.4.2.5.	Especificaciones BD2.....	86
4.4.3.	Reactor para la producción de biodiesel totalmente automatizado.....	87
4.5.	Software de diseño estructural.....	89
4.5.1.	ADES 2007.....	89
4.5.2.	Fases que contempla el software.....	91
4.5.2.1.	Ordenar los datos de la estructura.....	91
4.5.2.2.	Generación e inversión de la matriz rigidez.....	91
4.5.2.3.	Ordenar los datos de carga.....	92
4.5.2.4.	Generación de vectores asociados con cargas.....	92
4.5.2.5.	Cálculo de resultados.....	92



5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	93
5.1. Diseño del reactor para elaboración de biodiesel.....	93
5.1.1. Antecedentes.....	93
5.1.2. Método y proceso.....	93
5.1.3. Descripción.....	94
5.1.4. Componentes e instrumentación.....	95
5.1.5. Secuencia del proceso.....	96
5.1.6. Diseño de los tanques.....	97
5.1.7. Diseño del sistema de mezclado y bombeo.....	99
5.1.7.1. Cálculo de la potencia de las bombas.....	99
5.1.8. Diseño del sistema de calefacción.....	101
5.1.8.1. Cálculo de las temperaturas en la superficie del tanque.....	103
5.1.8.2. Cálculo del espesor del material aislante.....	105
5.1.9. Diseño y análisis de la estructura metálica.....	106
5.1.9.1. Pasos a seguir para realizar el análisis estructural en el programa ADES 2007.....	108
5.1.9.2. Cálculo de pernos.....	115
5.1.10. Diseño del sistema eléctrico.....	116
5.1.10.1. Dispositivos de protección y control de las bombas y de las niquelinas.....	116
6. RESULTADOS.....	118
6.1. Desarrollo de los cálculos.....	118
6.1.1. Cálculo de los tanques.....	118
6.1.2. Cálculo de la potencia de las bombas.....	121
6.1.3. Cálculo de los sistemas de calefacción.....	130
6.1.3.1. Primer sistema.....	130
6.1.3.2. Segundo sistema.....	132
6.1.3.3. Temperaturas en la superficie del tanque.....	134
6.1.3.4. Material aislante.....	136
6.1.4. Cálculo de la estructura metálica.....	137
6.1.5. Cálculo de pernos.....	141

**SIMBOLOGÍA.**

AD	Matriz de acciones de la rigidez en la viga original correspondientes a los desplazamientos de nudo conocido.
ADL	Matriz de acciones en la estructura fija correspondientes a los nudos desconocidos causados por las cargas.
Ai	Área de los pernos.
AM	Matriz de acciones finales en los extremos del miembro.
AMD	Matriz de acciones finales en los extremos del miembro correspondiente a desplazamientos unitarios de los desplazamientos desconocidos.
AML	Matriz de acciones de extremo en la estructura fija.
AR	Matriz de reacciones en la estructura real.
ARD	Matriz de acciones correspondientes a las restricciones y debidas a desplazamientos unitarios de los desplazamientos desconocidos.
ARL	Matriz de reacciones en la estructura fija.
B	Bomba hidráulica.
c	Capacidad calorífica específica del aceite.
D	Diámetro y Desplazamiento.
H	Altura de elevación.
Hma	Altura manométrica de aspiración.
Hme	Altura manométrica de elevación.
Hmt	Altura manométrica total.
h	Altura de aspiración y Coeficiente de convección térmica del ambiente.
I	Intensidad de corriente.
k	Coeficiente de conducción térmica del material acero.
kvid	Coeficiente de conducción térmica de la fibra de vidrio.
L	Longitud.
m	Masa.
P	Potencia y Carga a soportar.
P_R	Pérdidas por rozamiento.
Q	Caudal y Cantidad de calor.
q̇	Flujo de calor mínimo.
R	Resistencia eléctrica.



r	Radio.
Rt	Resistencia térmica.
Rtconv	Resistencia térmica por convección.
Rtcond	Resistencia térmica por conducción.
SD	Matriz de rigidez correspondiente a los desplazamientos de nudos desconocidos.
T	Temperatura.
t	Tiempo.
Tq	Tanque.
V	Volumen y Voltaje.
v	Válvula.
W	Energía eléctrica consumida.

CARACTERES GRIEGOS

φ	Densidad.
γ	Peso específico.
η	Rendimiento.
Δ	Variación.
Σ	Sumatoria.
ϵ	Perdidas de presión.
τ	Esfuerzo cortante.



1. TITULO.

“Diseño y construcción de un reactor para la producción de biodiesel a partir de aceites de cocina usados”



2. RESUMEN.

La investigación tiene como finalidad diseñar y construir un modelo tecnológico para producir un combustible alternativo a partir de los aceites de cocina usados como medida alternativa para mitigar los efectos negativos que causan el uso de los combustibles fósiles, uno de estos efectos es el calentamiento de la atmósfera que es el principal desafío medioambiental que hoy afronta la humanidad a nivel mundial.

El presente trabajo de investigación está relacionado con la posibilidad de usar un combustible alternativo (Biodiesel), que sea capaz de reducir la concentración de gases contaminantes como el dióxido de carbono y el metano, en la atmósfera, y a la vez hacer menos la dependencia de los combustibles fósiles reduciendo su utilización, además de solucionar el problema de la contaminación ambiental que causan los aceites de cocina usados.

Para la elaboración del biodiesel se ha diseñado y construido un reactor, en el cual se puede almacenar el aceite vegetal y mezclarlo con un alcohol, también aquí se realiza el proceso de lavado del biodiesel; además, en este los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica podrán realizar prácticas sobre la elaboración de biodiesel, dentro de la unidad de energías alternativas.



2. SUMMARY.

The investigation has as purpose to design and to build a technological model to produce an alternating fuel starting from the kitchen oils used as measure alternative to mitigate the negative effects that cause the use of the fossil fuels, one of these effects it is the heating of the atmosphere that is the main environmental challenge that today the humanity confronts at world level.

The present investigation work is related with the possibility of using an alternative fuel (Biodiesel) that is able to reduce the concentration of polluting gases as the dioxide of carbon and the methane, in the atmosphere, and at the same time to make less the dependence of the fossil fuels reducing its use, besides solving the problem of the environmental contamination that you/they cause the used kitchen oils.

For the elaboration of the biodiesel it has been designed and built a reactor, in which you can store the vegetable oil and to mix it with an alcohol, he/she is also here carried out the process of laundry of the biodiesel; also, in this the students of the career of Engineering in Electromechanical will be able to carry out practices on the biodiesel elaboration, inside the unit of alternative energy.

3. INTRODUCCIÓN.

La contaminación es uno de los problemas más importantes por los cuales atraviesa la humanidad y se presentan en todos los recursos naturales que el hombre puede manipular como el agua, el aire y la tierra. Todo esto ha llevado en cierta forma a una crisis de estado natural en todo el mundo, por ejemplo el deshielo de los polos y parte de los nevados de algunos países de nuestra región como se ha constatado en Chile, Bolivia o en el mismo Ecuador.

Entre los factores de mayor índice que son causa de contaminación están la emisión de gases tóxicos al ambiente y la emisión de contaminantes a las redes hídricas. Dentro de lo que respecta a lo primero, destacamos las emisiones de CO₂ de los motores que utilizan los derivados del petróleo como el diesel. En cuanto a los contaminantes del agua matizamos el aceite de uso doméstico que en la mayoría de los casos son vertidos a las alcantarillas y estas a su vez a los afluentes de la zona que luego son usadas para el riego o en algunos casos para consumo animal o humano.

El uso de la Biomasa es una de las soluciones a los problemas antes mencionados, ya que una de sus aplicaciones es la obtención de los biocombustibles a partir de materias primas de origen agrícola y por lo tanto renovable. La energía de la biomasa se puede transformar en combustible líquido para ser usado en sistemas de generación eléctrica o en sistemas de transportación, es decir, para motores de combustión interna, en reemplazo de los combustibles tradicionales (fuel oil, gasolina, diesel o bunker).

El Biodiesel es un éster, producido a partir de materias de bases renovables, como los aceites vegetales, grasas animales y aceites de cocina usados, se puede usar en los motores diesel. Es un combustible alternativo que es más limpio cuando se quema.

El presente proyecto de investigación se lo desarrolla pensando en la necesidad urgente de plantear una alternativa, en primer lugar, a la contaminación atmosférica debido a la alta toxicidad de las emisiones de gases de los vehículos con motores diesel ya que el empleo del biodiesel como aditivo en estos motores mejora considerablemente la calidad de estas emisiones. Por otra parte, se abordaría el problema de la disposición final de los aceites de cocina usados, que generan problemas de contaminación del agua



cuando se arrojan directamente al desagüe o riesgos para la salud pública cuando se reutilizan para el consumo humano.

Es por lo anteriormente enunciado que se hace necesario el diseño y la construcción de un modelo tecnológico (reactor), con el cual se pueda producir un combustible alternativo llamado biodiesel; al mismo que se le realizarán las pruebas necesarias para comprobar sus propiedades como son viscosidad, densidad, poder calorífico, entre otras. De esta manera evidenciar la eficiencia del mismo y poder proyectarlo como un combustible alternativo o como aditivo para los vehículos con motores a diesel.

En base a un análisis de los recursos financieros, humanos y materiales se ha determinado que el presente proyecto es viable y factible ya que dicho modelo tecnológico (reactor) se lo construirá con equipos y materiales existentes en los mercados locales y nacionales; además los distintos procesos para su diseño y construcción están dentro de los conocimientos que hemos adquirido en el transcurso de la carrera, así como existen bases de los avances logrados hasta el momento y tomaremos como referencia el importante impulso que viene recibiendo esta tecnología en otros países del continente y el mundo entero.

En el desarrollo del proyecto utilizaremos varios métodos y técnicas que nos permitirán contrastar el conocimiento empírico con la validez del conocimiento científico, haciendo más efectivo el trabajo investigativo utilizando el método deductivo e inductivo para la recopilación de datos, el método empírico para desarrollar las experimentaciones, el método científico que será útil en la redacción del marco teórico, método analítico-crítico para analizar los resultados del funcionamiento del modelo tecnológico y su experimentación para presentar conclusiones y recomendaciones y por último el método hipotético deductivo el cual nos llevará a contrastar las hipótesis planteadas con los resultados obtenidos.

En cuanto a las técnicas utilizaremos la del resumen, de la experimentación, de la observación, del diagnóstico para evaluar los resultados de funcionamiento de la máquina., técnica de la entrevista, del diseño, y por último la técnica de la mezcla.



4. REVISIÓN DE LITERATURA.

4.1. CALENTAMIENTO GLOBAL Y EL EFECTO INVERNADERO.

4.1.1. CAMBIO CLIMÁTICO.

Cambio climático o Calentamiento global, es el conjunto de alteraciones en el clima terrestre que pueden afectar a todos los parámetros climáticos (precipitaciones, temperatura, nubosidad, etc.). El clima nunca ha sido estático, sino que a lo largo de la historia de la Tierra se han producido diversos cambios climáticos provocados por causas naturales. Los científicos consideran que la Tierra se enfrenta en la actualidad a un periodo de calentamiento rápido atribuido a las actividades humanas, originado por el incremento atmosférico de los niveles de gases que retienen el calor, denominados gases de efecto invernadero o gases invernadero.¹

Los gases de efecto invernadero retienen la energía radiante (calor) proporcionada por el Sol a la Tierra en un proceso denominado efecto invernadero. Estos gases tienen un origen natural y sin ellos el planeta sería demasiado frío para albergar vida tal como la conocemos. Sin embargo, desde el inicio de la Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII, las actividades de los seres humanos han añadido más y más gases de este tipo en la atmósfera. Por ejemplo, los niveles de dióxido de carbono, un poderoso gas de efecto invernadero, se han incrementado de manera espectacular desde 1750, principalmente por el uso de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural. Debido a la presencia de una mayor cantidad de gases invernadero, la atmósfera actúa como un manto más espeso que absorbe más calor.

Los gases de efecto invernadero y las temperaturas están aumentando. Antes de finales del siglo XIX, la temperatura media de la Tierra era de casi 15 grados centígrados. A lo largo de los últimos 100 años, la temperatura media de la superficie terrestre ha subido alrededor de 0,7 °C, con una subida más pronunciada a partir de la década de 1970. Los científicos han relacionado este aumento con numerosos cambios producidos en todo el mundo, como el deshielo de los glaciares de montaña y del hielo polar, el aumento del

¹ “Cambio Climático”, Microsoft Encarta 2009, [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.



nivel del mar, las sequías más importantes y prolongadas, las tormentas más intensas, las olas de calor más frecuentes y los cambios en los ciclos vitales de muchas plantas y animales. El calentamiento ha sido más acusado en el Ártico, donde las temperaturas han llegado a aumentar incluso el doble de la media global.

Las consecuencias que puede acarrear este fenómeno son tan preocupantes que muchos líderes científicos y cada vez más también los políticos, los hombres de negocios y otros ciudadanos, piden la cooperación internacional y una acción inmediata para contrarrestar el problema.

4.1.2. EL EFECTO INVERNADERO.

La energía que ilumina y calienta la Tierra procede del Sol. Las radiaciones solares de onda corta que emite el Sol, como la luz visible, penetran en la atmósfera y son absorbidas por la superficie, calentando la Tierra. A su vez, la superficie de la Tierra libera un poco de este calor en forma de radiación infrarroja de onda larga.

Gran parte de esta radiación infrarroja regresa al espacio pero una parte permanece atrapada en la atmósfera terrestre, retenida por ciertos gases atmosféricos como el vapor de agua, el dióxido de carbono y el metano. Estos gases absorben y reflejan el calor irradiado por la Tierra del mismo modo que el cristal en un invernadero, por lo que reciben el nombre de gases de efecto invernadero.

Únicamente los gases de efecto invernadero, que constituyen menos del 1% del total de los gases atmosféricos, ofrecen a la Tierra cierto aislamiento. Si no fuera por el efecto invernadero, la temperatura media de la superficie terrestre sería alrededor de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el hielo cubriría la Tierra de un polo a otro, imposibilitando el desarrollo de la vida en nuestro planeta.

4.1.2.1. TIPOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.



Los gases de efecto invernadero están presentes de forma natural en el medio ambiente y también se forman como resultado de las actividades humanas. El gas de efecto invernadero más abundante es el vapor de agua, que llega a la atmósfera mediante evaporación del agua de los océanos, lagos y ríos. Sin embargo, la cantidad de vapor de agua en la atmósfera no depende directamente de las actividades humanas. El dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y el ozono están presentes de forma natural en la atmósfera pero también proceden de las actividades humanas. Otros gases de efecto invernadero no tienen un origen natural y solo se forman en los procesos industriales. Las actividades humanas producen también partículas transportadas por el aire, llamadas aerosoles, que compensan parte del calentamiento provocado por la acumulación de los gases de efecto invernadero.

4.1.2.1.1. DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂).

El dióxido de carbono es el segundo gas de efecto invernadero más abundante después del vapor de agua. Este gas circula en el ambiente de forma constante participando en diversos procesos naturales que constituyen el ciclo del carbono. El dióxido de carbono llega a la atmósfera a partir de las erupciones volcánicas, la respiración de los animales que inhalan oxígeno y exhalan dióxido de carbono, y la combustión o descomposición de las plantas y otra materia orgánica. El dióxido de carbono abandona la atmósfera cuando se disuelve en el agua, especialmente en los océanos, y cuando es absorbido por las plantas. Los vegetales utilizan la energía luminosa, mediante un proceso llamado fotosíntesis, para convertir el dióxido de carbono y el agua en azúcares simples que emplean como alimento. Mediante este proceso las plantas almacenan carbono en los tejidos y liberan oxígeno como subproducto.

Los seres humanos estamos aumentando la cantidad de dióxido de carbono que llega a la atmósfera mediante el uso de combustibles fósiles (como el carbón, el petróleo y el gas natural), residuos sólidos, madera y derivados de la madera para calentar edificios, conducir vehículos y generar electricidad. Al mismo tiempo, el número de árboles disponibles para absorber el dióxido de carbono y utilizarlo en la fotosíntesis ha descendido como consecuencia de la deforestación y la tala generalizada de árboles para obtener madera o para preparar la tierra para la agricultura.



Como consecuencia de las actividades humanas, el ritmo de emisión de dióxido de carbono a la atmósfera es mayor que el de su eliminación a través de los procesos naturales que tienen lugar en la Tierra. Además, el dióxido de carbono puede permanecer en la atmósfera un siglo o más antes de que sea eliminado de forma natural. Antes del inicio de la Revolución Industrial, a mediados del siglo XVIII, había 280 moléculas de dióxido de carbono por millón de moléculas de aire (abreviado como partes por millón o ppm). Desde entonces, las concentraciones de dióxido de carbono han ascendido debido al incremento de la producción industrial, del transporte basado en los combustibles y de la generación de electricidad, acelerándose en los últimos 50 años. En el año 2007, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), una de las principales organizaciones científicas que estudian este proceso, afirmó que los niveles de dióxido de carbono habían alcanzado un registro máximo de 379 ppm y estaban subiendo una media de 1,9 ppm por año.

Para estabilizar las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono deberían reducirse de forma considerable las emisiones globales, entre un 70% y un 80 por ciento. Si no tomamos medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, se prevé que hacia el año 2100 el dióxido de carbono alcanzará concentraciones de más del doble o incluso el triple de las que había antes de la Revolución Industrial. En el supuesto de emisiones más altas es previsible que hacia el año 2100 se alcancen concentraciones de 970 ppm, más del triple de las concentraciones preindustriales. En el supuesto de que las emisiones sean menores es previsible que en 2100 se alcancen concentraciones de 540 ppm, el doble de las concentraciones preindustriales.

4.1.2.1.2. METANO (CH₄).

El metano se emite a la atmósfera durante el proceso de extracción del carbón, y en la producción y transporte de gas natural y petróleo. Es, además, un producto de la descomposición de la materia orgánica en los vertederos, arrozales y pantanos, y un subproducto de la digestión de ciertos animales, en especial del ganado vacuno. Las plantas vivas emiten también pequeñas cantidades de metano.



Los científicos están preocupados también por la liberación de metano y dióxido de carbono como consecuencia del deshielo del permafrost (suelo helado) en la tundra de Alaska, Siberia y otras regiones subpolares. Las temperaturas de la capa superior del permafrost han ascendido y esto ha provocado una disminución de la extensión de tierra que permanece congelada estacionalmente. El metano liberado por el deshielo de estas regiones podría aumentar el calentamiento y el deshielo, un proceso que los científicos denominan retroalimentación.

Desde el comienzo de la Revolución Industrial la cantidad de metano presente en la atmósfera ha aumentado más del doble. Este gas retiene casi treinta veces más calor que el dióxido de carbono. En comparación con el dióxido de carbono, la concentración de metano es menor y este gas permanece en la atmósfera menos tiempo que el dióxido de carbono. La contribución total al calentamiento global del metano es un tercio en relación con la del dióxido de carbono.

4.1.2.1.3. ÓXIDO NITROSO (N₂O).

El óxido nitroso es un gas con potente efecto invernadero liberado principalmente al arar las tierras de labranza y al quemar combustibles fósiles. El óxido nitroso retiene alrededor de trescientas veces más calor que el dióxido de carbono. La concentración de óxido nitroso contribuye al calentamiento global aproximadamente diez veces más que la del dióxido de carbono.

4.1.2.1.4. OZONO (O₃).

El ozono es un gas de efecto invernadero tanto de origen natural como producido por el ser humano. El ozono presente en la zona superior de la atmósfera (estratosfera) constituye la capa de ozono y actúa como escudo protector de la Tierra frente a las nocivas radiaciones ultravioletas del Sol. Este gas se forma por la acción de la luz ultravioleta solar sobre las moléculas de oxígeno. Se sabe que algunas sustancias químicas destruyen las moléculas de ozono en la zona superior de la atmósfera. Esto podría disminuir o agotar la capa de ozono. En realidad la disminución de la capa de ozono origina un ligero enfriamiento que compensa, en una pequeña proporción, el



calentamiento ocasionado por los gases de efecto invernadero. Sin embargo, el ozono en la zona inferior de la atmósfera es un componente de la niebla tóxica o smog. El óxido nitroso y los gases volátiles orgánicos emitidos por los automóviles y las industrias se combinan para formar ozono. Este ozono es un tóxico que daña la vegetación, destruye los árboles e irrita el tejido pulmonar. La contribución de este gas de efecto invernadero al calentamiento global es cuatro veces menor que la del dióxido de carbono. A diferencia del resto de gases de efecto invernadero, que están dispersos por toda la atmósfera, el ozono en la zona inferior de la atmósfera tiende a estar limitado a las regiones industrializadas.

4.1.2.1.5. SUSTANCIAS QUÍMICAS SINTÉTICAS.

Los procesos industriales emplean o generan muchas sustancias químicas sintéticas que son gases con potente efecto invernadero. Aunque estos gases se producen en cantidades relativamente pequeñas retienen entre cientos y miles de veces más calor en la atmósfera que el dióxido de carbono. Además, sus enlaces químicos hacen que sean muy duraderos en el medio.

Los gases de efecto invernadero producidos por el ser humano son los clorofluorocarbonos (CFC), un grupo de gases que contienen cloro, muy utilizados en el siglo XX como refrigerantes propulsores de pulverizadores y productos de limpieza. Los estudios científicos han demostrado que el cloro liberado por los CFC en la zona superior de la atmósfera destruye la capa de ozono. Por esta razón, está reduciéndose su producción a partir de un tratado internacional aprobado en 1987, el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Los CFC fueron prohibidos en la mayoría de los países industrializados desde el inicio de 1996 y en los países en desarrollo se estableció una retirada progresiva a partir de 2010. Se han obtenido nuevas sustancias químicas para sustituir a los CFC como los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC) pero también poseen un potente efecto invernadero.

Aunque los HCFC son menos dañinos para la capa de ozono que los CFC, también contienen cloro y está prevista su desaparición hacia 2030 gracias a las enmiendas de



2007 al Protocolo de Montreal. Los países industrializados deben acabar con el uso de HCFC en 2020 según el nuevo protocolo.

Aunque los HCF y los PFC no destruyen la capa de ozono, son gases con un potente efecto invernadero. Además, permanecen en la atmósfera más tiempo que los CFC, que poseen una vida media de unos 120 años. Los PFC tienen una permanencia excepcionalmente larga ya que pueden mantenerse en la atmósfera entre 2.600 y 50.000 años según el tipo de sustancia. Su acumulación en la atmósfera es, por tanto, prácticamente irreversible. Los PFC se emplean en la producción de aluminio, en la fabricación de semiconductores y como refrigerantes.

Otra sustancia química fabricada por los seres humanos, el hexafluoruro de azufre, es uno de los gases de efecto invernadero con mayor potencial destructivo jamás conocido. Este gas sintético produce un calentamiento 24.000 veces mayor que el dióxido de carbono. Se trata de un gas muy estable que puede permanecer en la atmósfera unos 3.200 años después de ser liberado. El hexafluoruro de azufre se emplea como dieléctrico en aparatos de alto voltaje y en la producción y fundición del magnesio.

4.1.2.1.6. AEROSALES.

La combustión de la gasolina y, en menor medida, los procesos industriales y agrícolas producen no solo gases sino también diminutas partículas sólidas y líquidas, denominadas aerosales, que permanecen suspendidas en la atmósfera. Aunque los aerosales no son gases de efecto invernadero, afectan al calentamiento global de distintos modos.

Los motores diesel y algunos tipos de combustiones de biomasa producen aerosales negros como el hollín, que absorben la energía solar y contribuyen al calentamiento. Por el contrario, las plantas energéticas alimentadas con carbón rico en azufre emiten aerosales de sulfato que tienen un color claro y reflejan la energía solar de vuelta al espacio. De este modo producen un efecto de enfriamiento. Los aerosales naturales que también tienen un efecto de enfriamiento se forman durante las erupciones volcánicas y la evaporación del agua de mar. Las partículas de aerosol tienen también un efecto de enfriamiento indirecto al actuar como “semillas” para la condensación del vapor de agua



en masas nubosas. En general, la cantidad de energía solar reflejada de vuelta al espacio es mayor en los días nublados.

En general, los aerosoles pueden compensar parcialmente el calentamiento neto que producen los gases de efecto invernadero diferentes del dióxido de carbono, la mitad mediante enfriamiento directo y la otra mitad mediante enfriamiento indirecto. Sin embargo, no se ha cuantificado con exactitud el efecto de enfriamiento de estos aerosoles.

4.1.3. EFECTOS DEL CALENTAMIENTO GLOBAL.

Los científicos emplean modelos informáticos sofisticados de temperatura, patrones de precipitación y circulación atmosférica para estudiar el calentamiento global. Basándose en estos modelos, los investigadores han realizado numerosas predicciones sobre cómo afectará el calentamiento global al clima, hielo glaciar, nivel del mar, agricultura, especies animales y vegetales y salud humana. Ya se están observando muchos de estos cambios relacionados con la subida de las temperaturas.

4.1.3.1. CLIMA.

Los científicos prevén que las regiones polares del hemisferio norte se calentarán más que otras zonas del planeta, y que los glaciares y el hielo del mar perderán extensión. La nieve desaparecerá en las regiones que ahora presentan nevadas suaves durante el invierno. En las montañas de zonas templadas las nieves perpetuas se localizarán a mayor altitud y los mantos de nieve se fundirán antes. Las temperaturas invernales y nocturnas tenderán a subir más que las diurnas y estivales. Muchas de estas tendencias están comenzando a aparecer. Las temperaturas árticas, por ejemplo, han subido casi el doble de la media global en los 100 últimos años.

Un mundo más caliente será, en general, también más húmedo, como consecuencia de una mayor evaporación del agua de los océanos. Una atmósfera más húmeda puede contribuir a provocar mayor calentamiento. Por una parte, el vapor de agua es un gas de



efecto invernadero y su mayor presencia aumentará aún más el calentamiento. Por otra, más vapor de agua en la atmósfera forma más nubes que reflejan la luz solar de vuelta al espacio y reducen el proceso de calentamiento (ciclo del agua). No sabemos cuál de estos efectos predominará en el futuro y los científicos tienen en cuenta ambas opciones al predecir los aumentos de la temperatura. Esta es una de las razones principales de que las predicciones contengan intervalos de temperaturas altas y bajas para diferentes supuestos de emisiones.

Se prevé que las tormentas serán más frecuentes e intensas en las zonas más calientes. También el agua del suelo se evaporará más rápidamente y provocará que este se seque más rápido entre los periodos de lluvias. Algunas regiones podrían estar más secas que ahora. En general, se supone que las mayores latitudes recibirán más agua de lluvia y que las zonas subtropicales recibirán menos. Estos desplazamientos de los patrones de precipitación (tanto de lluvia como de nieve) se han observado en muchas regiones desde 1900. Se ha detectado un aumento sustancial de la humedad en las regiones orientales de América del Norte y del Sur, norte de Europa y norte y centro de Asia. Un ambiente más seco ha prevalecido en la región Sahel del oeste de África, sur de África, mediterráneo y zonas del sur de Asia. Se prevé que las sequías serán más intensas y prolongadas, aunque esto ya se viene observando desde la década de 1970, sobre todo en los trópicos y subtrópicos.

Cabe esperar que los patrones climáticos sean menos previsibles y más extremos. Se prevé que los trayectos de las tormentas se desplacen hacia los polos, desplazando los patrones de viento, lluvia y temperatura. Las olas de calor serán más frecuentes e intensas, una tendencia ya observada. Es probable que los huracanes, tormentas violentas que descargan su fuerza sobre el agua caliente del océano, sean más violentos. La intensidad de los huracanes ya ha aumentado desde la década de 1970.

4.1.3.2. PLACAS DE HIELO Y GLACIARES.



Las temperaturas más altas ya están provocando cambios sustanciales en los glaciares de las montañas de todo el mundo, en las placas de hielo de Groenlandia y de la Antártida, y en el hielo del océano Glacial Ártico. En Europa, África, Asia y Norteamérica los glaciares de las montañas han disminuido durante el siglo XX y el deshielo es más rápido. Este deshielo a gran escala puede acelerar el ritmo del calentamiento global. El hielo tiene un efecto de enfriamiento porque refleja la luz solar de vuelta al espacio. El agua y la tierra, más oscuros que el hielo, absorben y retienen más calor.

Los glaciares del Kilimanjaro, la montaña más alta de África, han perdido el 82% de su hielo desde 1912 y se prevé su desaparición total hacia 2020. Los glaciares en la cordillera del Himalaya, en Asia, están sufriendo un deshielo a un ritmo de 9-15 m al año. Este deshielo alimenta a los principales ríos, como el Ganges, Yangtzé y Mekong. Se prevé la desaparición de los glaciares del Parque nacional de los Glaciares, en Estados Unidos, hacia el año 2030 y su número ya ha descendido desde 150 glaciares en 1850 a 26 en 2007.

La temperatura media anual en el Ártico ha aumentado casi al doble de la que había en las últimas décadas. La superficie cubierta por el hielo en los mares durante el verano ha descendido entre un 15% y un 20% en los 30 últimos años y se prevé que desaparecerá casi por completo a finales del siglo XXI. Numerosas especies como los osos polares, focas y morsas dependen del hielo para su supervivencia. La rápida pérdida de los glaciares en Alaska supone casi la mitad de la pérdida total de hielo en los glaciares de todo el mundo y contribuye de forma considerable a la elevación del nivel del mar observado. El deshielo de la placa de hielo de Groenlandia, que podría elevar el nivel del mar unos 7 metros si se deshelara por completo, también está acelerándose. La superficie que está sufriendo al menos cierto grado de deshielo aumentó un 16% entre 1979 y 2002 y los científicos calculan que un calentamiento de solo unos pocos grados centígrados podría causar un deshielo generalizado, provocando una elevación considerable del nivel del mar.

El agua dulce que fluye en el océano Atlántico norte al derretirse el hielo Ártico, podría alterar los patrones de circulación oceánicos que tienen gran influencia en el clima global. Según las predicciones científicas es improbable un colapso de estos patrones de

circulación hacia 2100. No obstante, los científicos esperan que se produzca un debilitamiento y ralentización de la circulación termohalina, conocida también como “cinta rodante” oceánica. Además, una alteración de los patrones de circulación en la superficie del océano Atlántico norte, conocida de forma colectiva como corriente del Golfo, podría provocar un enfriamiento en Europa.

En la Antártida la situación es algo distinta a la del Ártico. La península Antártica, el extremo más septentrional de la Antártida que se extiende hacia Sudamérica, ha sufrido un calentamiento drástico, a una velocidad varias veces superior a la media global en los últimos cincuenta años. Sin embargo, otras zonas de la Antártida no han presentado una tendencia similar, ya que algunas han sufrido calentamiento y otras enfriamiento. En general, se piensa que la Antártida está calentándose igual que la media de todo el planeta. A diferencia de lo que ocurre en el Ártico, no existe una tendencia general en el hielo del mar. No obstante, en la península Antártica diez placas de hielo flotante han perdido más de 14.000 km² de hielo y probablemente no han estado en un nivel tan bajo en los últimos 10.000 años. Los científicos calculan que un calentamiento superior a unos pocos grados centígrados podría provocar un deshielo generalizado de la placa de hielo de la Antártida occidental, igual que sucedería en Groenlandia. Solo este deshielo podría provocar una subida del nivel del mar de hasta 5 metros.

4.1.3.3. NIVEL DEL MAR.

Conforme se calienta la atmósfera también lo hace la capa superficial del océano, aumentando su volumen y subiendo el nivel del mar. El deshielo de los glaciares y de las placas de hielo, sobre todo alrededor de Groenlandia, aumenta todavía más el nivel del mar, que subió entre 10 y 25 cm durante el siglo XX (esta diferencia se debe a la incertidumbre de las mediciones y a la variabilidad regional). Se prevé que hacia finales del siglo XXI el nivel del mar habrá subido otros 28-58 cm si continúa el aumento considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero. La predicción es algo menor (19-37 cm) si estas emisiones comienzan a descender alrededor del año 2050. Estas predicciones no tienen en cuenta el posible deshielo a gran escala de las placas de



hielo de Groenlandia o de la Antártida, que podría comenzar en el siglo XXI si las temperaturas suben algunos grados centígrados.

La subida del nivel del mar podría dificultar la vida en muchas islas y regiones costeras. Las tormentas fuertes en las que el viento levanta el agua y sube el nivel del mar, serán más frecuentes y dañinas. Aumentará la erosión de los acantilados, playas y dunas. Conforme el mar invada la desembocadura de los ríos, aumentarán las inundaciones por escorrentía en la cuenca alta.

Pequeños países isleños como Tuvalu y Kiribati, en los que la tierra más alta está solo a unos pocos metros por encima del nivel del mar, están sufriendo ya la invasión del agua salada, que convierte el agua dulce en imbebible, así como un mayor impacto de los tifones y del fuerte oleaje. Estos países podrían desaparecer si continúa la subida del nivel del mar. Incluso una subida moderada de este nivel tendría consecuencias graves en los ecosistemas costeros.

Es posible limitar las consecuencias si se toman algunas medidas. Las costas pueden protegerse con diques, muros y otras barreras para impedir la invasión del mar. Otra opción es que los gobiernos ayuden a la población costera a trasladarse a otras zonas más elevadas, aunque puede resultar muy complicado en aquellas regiones muy pobladas. Países industrializados como los Países Bajos pueden precisar un gasto económico enorme para proteger su costa, mientras que otros países más pobres como Bangladesh pueden verse forzados a abandonar las regiones costeras bajas.

4.1.3.4. AGRICULTURA.

Un calentamiento global de algunos grados puede aumentar la producción agrícola, aunque no necesariamente, en algunas zonas donde ahora crecen cosechas. Por ejemplo, el sur de Canadá podría beneficiarse de lluvias más abundantes y de una estación de crecimiento más prolongada. Al mismo tiempo, las tierras de cultivo tropicales semiáridas, de algunas regiones de África, se empobrecerían todavía más. Las tierras de cultivo que reciben el agua de montañas alejadas podrían verse perjudicadas porque el manto de nieve invernal se fundiría antes de lo habitual y no coincidiría con los meses

de mayor crecimiento de las plantas cultivadas. Las cosechas y los bosques también podrían verse afectados por la presencia de mayor número de insectos y de enfermedades. Las zonas agrícolas necesitarían adaptarse a las condiciones cambiantes, por ejemplo modificando el tipo de cosechas o invirtiendo en variedades que soporten mejor la sequía o el calor. Los científicos calculan que un calentamiento de hasta 3 °C podría aumentar la capacidad agrícola global, pero es probable que un calentamiento más pronunciado redujera esta capacidad.

4.1.3.5. PLANTAS Y ANIMALES.

Las plantas y los animales tendrán problemas para escapar o adaptarse a los efectos del calentamiento global. Los científicos ya han observado cambios en los ciclos vitales de muchas plantas y animales, como el florecimiento más temprano o la incubación precoz de los pájaros en primavera. Numerosas especies han comenzado a desplazarse de sus territorios habituales o a cambiar su modelo migratorio anual debido a la elevación de la temperatura.

Con un calentamiento mayor, los animales tenderán a migrar hacia los polos y hacia territorios más elevados. Las plantas intentarán también cambiar sus habitantes, buscando nuevas zonas conforme las regiones en las que viven se calienten demasiado. No obstante, en muchas zonas el desarrollo humano impedirá estos cambios. Las especies que encuentren bloqueado su camino hacia el norte o hacia el sur por ciudades o terrenos cultivados podrán extinguirse. Las especies que viven en ecosistemas extremos, como los polos y las cumbres de las montañas, tienen mayor riesgo, porque no podrán migrar hacia hábitats nuevos. Por ejemplo, los osos polares y los mamíferos marinos del Ártico ya están amenazados por el deshielo del hielo del mar.

Es difícil predecir las especies en riesgo de extinción por el calentamiento global. Algunos científicos han estimado que entre el 20% y el 50% de las especies podrían estar abocadas a la extinción con una subida de 2-3 °C de temperatura. Para las plantas y los animales es muy importante, además, el ritmo de incremento de la temperatura, no solo la magnitud. Si el incremento es muy rápido, algunas especies animales e incluso

ecosistemas enteros, como ciertos tipos de bosques, podrían ser incapaces de adaptarse con la suficiente rapidez y podrían desaparecer.

Los ecosistemas oceánicos, especialmente aquellos más frágiles como los arrecifes coralinos, también se verán afectados por el calentamiento global. Una mayor temperatura oceánica puede producir un “blanqueo” del coral, un estado que si se prolonga produce la muerte del mismo. Los científicos calculan que un calentamiento global de 1 °C podría provocar un blanqueo generalizado con la consiguiente muerte de los arrecifes coralinos en todo el mundo. Además, el aumento del dióxido de carbono en la atmósfera afecta a los océanos y aumenta la acidez del agua oceánica. Esta acidificación perjudica todavía más a los ecosistemas oceánicos.

4.1.3.6. SALUD.

En un mundo más caliente los científicos prevén un aumento de las enfermedades y de las muertes relacionadas con el calor, debidas no solo a los días más calurosos sino sobre todo a las noches más calurosas. Las olas de calor más frecuentes e intensas contribuirán todavía más a esta tendencia. Por otro lado, habrá descensos en el número de muertes relacionadas con el frío. Enfermedades como la malaria, localizadas en la actualidad en los trópicos y transmitidas por mosquitos u otros insectos, ampliarán su zona de influencia conforme estos insectos se desplacen a regiones que antes eran demasiado frías para ellos. Otras enfermedades tropicales podrán propagarse de forma similar, como el dengue, la fiebre amarilla y la encefalitis. Los expertos prevén también un aumento de la incidencia de alergias y enfermedades respiratorias conforme el aire más caliente contenga más contaminantes, esporas de hongos y pólenes.

4.1.4. MEDIDAS PARA CONTROLAR EL CALENTAMIENTO GLOBAL.

La respuesta al desafío de controlar el calentamiento global precisa cambios fundamentales en la producción de energía, el transporte, la industria, las políticas gubernamentales y los planes de desarrollo en todo el mundo. Estos cambios requieren tiempo. El desafío actual es controlar las consecuencias inevitables con medidas que permitan evitar consecuencias más graves en el futuro.

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, también denominada atenuación de los gases de efecto invernadero, es una medida necesaria para controlar el calentamiento global. Existen dos estrategias principales para ralentizar la acumulación de gases de efecto invernadero. Una es reducir el uso de combustibles fósiles, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero. La otra es mantener el dióxido de carbono fuera de la atmósfera almacenando el gas o su componente de carbono en otro lugar, lo que se conoce como secuestro o captura del carbono.

4.1.4.1. CAPTURA DEL CARBONO.

Una manera de evitar que las emisiones de dióxido de carbono alcancen la atmósfera es conservar y plantar más árboles. Los árboles, especialmente los más jóvenes y los de crecimiento rápido, eliminan una gran cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera y almacenan átomos de carbono en la madera nueva. En todo el mundo están desapareciendo bosques a un ritmo alarmante, sobre todo en los trópicos. En muchas zonas, la reforestación es escasa y la tierra pierde fertilidad o se destina a otros usos como terrenos cultivados o desarrollos urbanísticos. Además, cuando se talan o queman árboles liberan el carbono almacenado de nuevo a la atmósfera en forma de dióxido de carbono. Ralentizar la velocidad de la deforestación y plantar nuevos árboles ayuda a contrarrestar la acumulación de gases de efecto invernadero.

También es posible una captura directa del dióxido de carbono en forma gaseosa. Antes se inyectaba en pozos de petróleo vacíos para forzar la salida de petróleo desde la tierra o el fondo del mar. Es posible utilizar ese mismo proceso para almacenar el dióxido de carbono liberado por una planta de producción de energía o una fábrica. Por ejemplo, desde 1996 se ha empleado este proceso en una plataforma de perforación de gas natural cerca de la costa noruega. El dióxido de carbono que sale a la superficie con el gas

natural es capturado, comprimido y después inyectado en un acuífero profundo por debajo del lecho marino, del que no puede escapar. En la mayoría de los casos el proceso de captura de dióxido de carbono implica también el transporte del gas en forma comprimida a sitios adecuados para su almacenamiento, bajo la superficie. Las aguas oceánicas profundas podrían absorber también una gran cantidad de dióxido de carbono aunque sus efectos sobre la vida oceánica pueden resultar perjudiciales. La viabilidad y los efectos medioambientales de estas medidas están siendo estudiados por equipos internacionales.

4.1.4.2. FUENTES DE ENERGÍA.

El consumo mundial de combustibles fósiles aumenta cada año. No obstante, el uso de energía en todo el mundo está cambiando lentamente: el uso de combustibles que emiten gran cantidad de dióxido de carbono está siendo sustituido por el de combustibles que emiten menos cantidad de este gas.

La madera fue la primera fuente de energía utilizada por el ser humano. Con la Revolución Industrial (a mediados del siglo XVIII), el carbón se convirtió en la fuente principal de energía. Hacia mediados del siglo XIX la utilización del petróleo superó a la del carbón para alimentar los motores de combustión interna, que después se emplearon en los automóviles. En el siglo XIX comenzó el uso generalizado del gas natural para calentar y alumbrar. La combustión de gas natural emite menos dióxido de carbono que el petróleo que, a su vez, emite menos que el carbón o la madera. Sin embargo, es posible que se produzca un cambio en esta tendencia conforme se agoten las reservas de petróleo. En la actualidad, están comenzando a utilizarse otros combustibles, como las arenas asfálticas. La obtención de petróleo a partir de las arenas asfálticas implica un proceso de extracción y refinado que emite dióxido de carbono. Además, la abundancia relativa de reservas de carbón en países como China y Estados Unidos podría provocar un nuevo ascenso del uso de carbón para generar electricidad. Tecnologías innovadoras para las plantas de energía alimentadas con carbón podrían ayudar a paliar los efectos nocivos.

Solo es posible conseguir una reducción sustancial de las emisiones de dióxido de carbono cambiando la procedencia de la energía, que ahora se obtiene a partir de los combustibles fósiles. Las centrales nucleares no emiten dióxido de carbono pero la energía nuclear genera polémica por motivos de precaución, seguridad, así como por el elevado coste de eliminación de los residuos nucleares. Las energías solar, eólica y la obtenida del hidrógeno tampoco emiten gases de efecto invernadero. Estas fuentes de energía pueden ser alternativas prácticas poco contaminantes frente al uso de los combustibles fósiles. Otras opciones son los combustibles obtenidos de las plantas como el biodiesel (obtenido del aceite vegetal nuevo y usado) y el bioetanol (un aditivo de la gasolina obtenido de las plantas). El uso de estos combustibles ayudaría a reducir las emisiones totales de dióxido de carbono por los automóviles. El automóvil eléctrico híbrido, que emplea un motor eléctrico combinado con uno de gasolina o diesel, emite menos dióxido de carbono que los coches convencionales.

Para nosotros como entes partícipes dentro de la comunidad que se ha propuesto incidir directamente en plantear soluciones a la crisis actual de contaminación global por el uso de combustibles fósiles y al poseer los conocimientos sobre las energías alternas recibas dentro del currículo como alumnos de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, nos hemos puesto como objetivo el d producción de biodiesel a partir de aceites de cocina usados para apoyar la iniciativa de eliminar la emisión de dióxido de carbono que provocan los combustibles fósiles.

4.1.4.3. ACUERDOS INTERNACIONALES.

Es necesaria la cooperación internacional para conseguir una reducción de los gases de efecto invernadero. La primera conferencia internacional sobre este problema se celebró en 1992 en Río de Janeiro, Brasil. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida de manera informal como Cumbre de Río o Cumbre de la Tierra, los países asistentes se comprometieron a afrontar el problema de los gases de efecto invernadero firmando la Convención Marco sobre el Cambio Climático. Hasta ahora, más de 180 países han ratificado la Convención, que compromete a los países a estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que podría evitar una interferencia humana peligrosa con el



clima. Esto es necesario para que los ecosistemas puedan adaptarse de forma natural al calentamiento global, para no poner en riesgo la producción de alimentos y para que el desarrollo económico sea sostenible.

Los países que acudieron a la Cumbre de la Tierra acordaron reunirse de nuevo para plasmar estas buenas intenciones en un tratado de obligado cumplimiento sobre reducción de las emisiones. En 1997 se reunieron en Japón 160 países y acordaron el denominado Protocolo de Kioto. Este tratado fija objetivos obligatorios para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los países industrializados que firmaron el tratado están obligados a reducir sus emisiones un 5% por debajo de la cantidad emitida en 1990. Esta reducción debe alcanzarse antes de 2012 y las medidas para conseguirlo deben empezar a aplicarse en 2008. Los países en desarrollo no están obligados a cumplir estas reducciones. Según las normas del Protocolo de Kioto, los países industrializados deben tomar las primeras medidas porque son responsables de la mayoría de las emisiones hasta ahora y tienen más recursos para conseguir esta reducción.²

Este protocolo no entraría en vigor a menos que fuera firmado por los países industrializados responsables del 55% de las emisiones en 1990. Esto se logró en noviembre de 2004, cuando Rusia aprobó el tratado, y comenzó a aplicarse en febrero de 2005. A finales de 2006, 166 países habían firmado y ratificado el tratado. Estados Unidos y Australia son dos excepciones notables.

El Protocolo de Kioto que expira en 2012 es solo el primer paso para conseguir la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Para estabilizar o reducir las emisiones en el siglo XXI es necesario tomar medidas más amplias y firmes. Esto se debe en parte a que las recomendaciones de este tratado no tuvieron en cuenta la rápida industrialización de países como China o India que están entre los países en desarrollo exentos de cumplir el tratado. No obstante, se prevé que los países en desarrollo producirán la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero hacia 2035. Los dirigentes de estos países argumentan que los controles de las emisiones tienen un coste considerable que dificultaría su desarrollo económico. En el pasado, la prosperidad y la contaminación iban juntas porque la industrialización era siempre un elemento

² “Cambio Climático”, Microsoft Encarta 2009, [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.

necesario para el desarrollo económico. Una pregunta fundamental que debe plantearse es si la economía puede crecer o no sin aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero ya que países como China e India están en el camino de la industrialización.

En 2007 la Unión Europea (UE) tomó la iniciativa en un nuevo plan internacional para controlar el calentamiento global. En la “cumbre verde” celebrada en marzo, los 27 países de la UE alcanzaron un acuerdo de referencia que superaba las recomendaciones planteadas en el Protocolo de Kioto para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Este acuerdo fijó objetivos ambiciosos para la UE aunque quedan por determinar los objetivos y reglas para cada país mediante negociaciones adicionales.

En este acuerdo, los dirigentes de la Unión Europea decidieron reducir las emisiones en 2020 a un 20% respecto a las cifras de 1990 o hasta un 30% si los países que no pertenecen a la UE se unen a este acuerdo. También acordaron que las energías renovables, como la solar y la eólica, deberán representar el 20% de la energía total de la UE en 2020 (un aumento del 14 por ciento). Además, acordaron llevar a cabo un incremento, de hasta el 10%, de la energía que se obtiene de combustibles procedentes de las plantas, como el biodiesel y el bioetanol. Junto con estos objetivos, los dirigentes de la UE acordaron diseñar un plan para promocionar las bombillas fluorescentes de bajo consumo, siguiendo el ejemplo de países como Australia y Chile que han limitado de forma progresiva el uso de bombillas incandescentes de mayor consumo.

4.2. LOS BIOCARBURANTES O BIOCOMBUSTIBLES.

Los biocarburentes son combustibles líquidos o gaseosos para automoción producidos a partir de biomasa, entendiéndose como tal la materia orgánica biodegradable procedente de cultivos energéticos y residuos agrícolas, forestales, industriales y urbanos.

Los combustibles biológicos o biocarburentes son obtenidos por destilación de líquidos obtenidos de la molturación de productos de origen agrícola. Se distinguen dos grupos de biocarburentes: los aceites vegetales (BIODIESEL), equivalente al gasóleo, y el alcohol etílico (BIOETANOL), equivalente a la gasolina.

El biodiesel se obtiene a partir de especies convencionales de girasol, soja y colza, con alta riqueza en grasa, a las que se aplican operaciones de esterificación y refinado. Se consigue así un combustible utilizable en motores convencionales. Su uso más frecuente es mezclado con gasóleo en proporciones inferiores al 50%.

En el caso del bioetanol, su materia prima se obtiene a partir de cultivos tradicionales como el cereal, el maíz y remolacha.³

Actualmente en el Ecuador el sector del transporte consume energía que procede, en un 99%, de derivados del petróleo, lo que convierte a este sector en el segundo mayor contribuyente de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Sin embargo, las previsiones tendenciales para la próxima década sitúan al transporte como el sector con mayor crecimiento del consumo de energía, con un 4,2 % de media anual entre 2000 y 2012, hecho que de manifestarse convertiría al transporte en el mayor emisor de GEI de nuestro país.

Por dichos motivos, pensando en el futuro ecológico de nuestro país enfatizamos que el sector del transporte debe transformarse rápidamente durante los próximos años, pues de otro modo no cabría la posibilidad de que nuestro país cumpliera con los acuerdos internacionales de la Cumbre de Río.

La introducción de los biocarburantes en lugar de los combustibles fósiles tradicionales, presenta un gran potencial como fuente de abastecimiento para el sector del transporte por lo siguiente:

1. No requiere la generación de grandes infraestructuras, ya que emplea maquinaria y logística existentes en la actualidad.
2. Mejora las posibilidades de autoabastecimiento energético en un marco regional.
3. Tiene importantes ventajas medioambientales al ser fuentes renovables no contaminantes; destacar entre estas:
 - a. Muy bajo contenido de azufre y cloro
 - b. Muy bajo contenido de partículas de gases de escape
 - c. Ausencia de emisión de sulfuros

³ Asociación de Productores de Energías Renovables, 2009, Biocarburantes. [En línea], [<http://www.appa.es/03biocarburantes/03que-son-los-biocarburantes.php>], [20 de Octubre del 2009]

- d. Emisiones reducidas de contaminantes monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NOx), respecto a los combustibles fósiles.

4.2.1. BIOACEITES.

Se conoce como bioaceite al aceite vegetal que se extrae de plantas oleaginosas (Girasol, soja, palma africana, manía, mostaza o colza, entre otras plantas); a este tipo de aceite se le ha considerado como un combustible para motores desde que el inventor del motor diesel (Rudolf Diesel) lo mencionara como adecuado para su motor en una patente del año 1912. Sin embargo su utilización en forma pura no es muy conveniente debido a problemas que causa a largo plazo en el ensuciamiento de los inyectores. Existen algunos vehículos que en la actualidad usan aceite vegetal puro pero que han tenido que realizar algunas modificaciones en su motor para que su utilización no sea perjudicial al mismo.⁴

Mediante un proceso químico conocido como **esterificación**⁵, es posible hacer que las propiedades físico-químicas de un aceite vegetal se aproximen a las del diesel para poder sustituirlo como combustible sin tener que hacer ninguna modificación al motor.

El proceso por lo tanto para la elaboración del biodiesel consiste en hacer reaccionar al aceite vegetal con un alcohol (metanol) en presencia de un catalizador; como catalizador comúnmente se usa el hidróxido de sodio (NaOH) o el hidróxido de potasio (KOH). Como subproducto de esta reacción, además del biodiesel, se obtiene la glicerina, que una vez refinada se puede utilizar en la industria química, cosmética, farmacéutica o para la elaboración de explosivos.

⁴ PEREZ, Gerónimo, Mayo 2009, Hablemos de energías renovables. [En línea], [<http://geroperez.blogspot.com/bioaceites.html>], [15 de Agosto del 2009]

⁵ Esterificación es el proceso por el cual se sintetiza un éster. Un éster es un compuesto derivado formalmente de la reacción química entre un ácido (usualmente ácido sulfúrico) y un alcohol, para este caso, el éster producido es un éster metílico, comúnmente conocido como biodiesel.

En Europa, el aceite más utilizado es el que se extrae de la colza o mostaza (*brassica napus*) mientras que en Estados Unidos se utiliza el aceite que se obtiene de la soja (*Glycine max*). En Guatemala, en los últimos años se ha desarrollado el cultivo de la palma africana (*Elaeis guineensis*) inicialmente para la elaboración de aceite para la industria alimenticia, sin embargo se le ha visto como un cultivo potencial para la elaboración de biodiesel. Para el año 2008 ya existían 65000 hectáreas de ese cultivo y con potencialidades de incrementarse aun más en los próximos años.

Dentro de Latinoamérica sabemos que Ecuador es uno de los países con más consumo de aceite vegetal por habitante. Estos aceites y otras grasas, una vez usados son, en alta medida, vertidos sin ningún control al medio por los desagües, ocasionando graves problemas de contaminación si tomamos en consideración que un litro de aceite contamina mil litros de agua. Entonces el problema radica en que no existe el control para esta problema, por lo que nuestra propuesta y que creemos que es la más acertada es la de reciclar esta materia prima que es adecuada para la producción de biodiesel, lo que proporciona un combustible ecológico y renovable a un menor coste y elimina el problema de contaminación por aceite usado en el agua y los suelos.

4.2.2. VENTAJAS DE LOS BIOCARBURANTES.

- ❖ Disminuir de forma notable las principales emisiones de los vehículos, como son el monóxido de carbono y los hidrocarburos volátiles, en el caso de los motores de gasolina, y las partículas, en el de los motores diesel.
- ❖ Energía renovable.
- ❖ Reducción de la importación de crudos.
- ❖ Combustible no tóxico y biodegradable.
- ❖ Niveles de ingreso y empleo en el medio rural.
- ❖ Utilización de los excedentes de producción agrícola.
- ❖ Utilización de residuos orgánicos.

- ❖ La producción de biocarburantes supone una alternativa de uso del suelo que evita los fenómenos de erosión y desertificación a los que pueden quedar expuestas aquellas tierras agrícolas que, por razones de mercado, están siendo abandonadas por los agricultores.
- ❖ Supone un ahorro de entre un 25% a un 80% de las emisiones de CO₂ producidas por los combustibles derivados del petróleo, constituyendo así un elemento importante para disminuir los gases invernadero producidos por el transporte.

El consumo mundial de biocarburantes se cifra en torno a 17 millones de toneladas anuales, correspondiendo la práctica totalidad de la producción y consumo al bioetanol. Brasil, con alrededor de 90 millones de toneladas anuales y Estados Unidos, con una producción estimada para este año de casi 50 millones de toneladas, son los países más importantes en la producción y uso de biocarburantes. En Brasil el bioetanol se obtiene de la caña de azúcar y su utilización se realiza principalmente en mezclas al 20% con la gasolina. En Estados Unidos el bioetanol se produce a partir del maíz y se emplea en mezclas con gasolina, generalmente al 10%. En la actualidad, este último país ha sustituido casi el 2% de su gasolina por bioetanol.

4.2.3. BIOCOMBUSTIBLES Y SU VINCULACIÓN CON LA CRISIS ALIMENTARIA MUNDIAL.

Los biocombustibles, que nacieron con la promesa de convertirse en alternativa “verde” al petróleo, se encuentran en los primeros puestos de la lista de culpables de la crisis global desatada por el alza de los precios de los alimentos. Tanto el Fondo Monetario Internacional (FMI) como el Banco Mundial (BM), han puesto de manifiesto la conexión entre ambos fenómenos.

El debate sobre sus ventajas gana así un renovado protagonismo, aunque el creciente uso de productos de origen vegetal como el maíz en EEUU, la mandioca en China, la caña de azúcar y la soja en Brasil y el aceite de palma en Indonesia para la generación de combustibles y su posible impacto en los precios de la comida es desde hace tiempo objeto de estudio académico.



Corinne Alexander y Chris Hurt, de la Universidad de Purdue (Indiana), señalan en un extenso análisis que la demanda de maíz y soja aumentó rápidamente durante los primeros años de la era de los biocombustibles, cuya producción despegó con fuerza alrededor del 2000.⁶

Eso hizo que subieran los precios de ambas cosechas y se tradujo en un incentivo para destinar más acres a esos cultivos, sobre todo el maíz, lo que redujo el espacio para otros productos, que también se encarecieron, al continuar la demanda y contraerse la oferta.

Los cambios en el precio del trigo se trasladaron a la harina, el pan y otros derivados. La subida de la soja se reflejó en los aceites para cocinar y la margarina. El pollo, la carne de ganado y los lácteos también subieron, ya que los citados animales son grandes consumidores de maíz y soja.

Lo anterior se sumó a otros factores como las sequías recientes en países productores como Australia, la subida del petróleo y el consiguiente encarecimiento de fertilizantes y costes de transporte y los cambios en la dieta en países como China, cuyo consumo de carne per cápita ha aumentado un 150% desde 1980.

Esa combinación fatídica ha impulsado en un 48% los precios de los alimentos desde finales del 2006, según el FMI, y provocado revueltas —en algunos casos violentas— en países tan distantes como Egipto, Pakistán, Haití o Burkina Faso. Como consecuencia, varias docenas de naciones han impuesto algún tipo de control sobre los precios y más de 30 afrontan riesgos de desestabilización, según el Banco Mundial, que calcula que la pobreza podría aumentar entre un 3% y un 4% en los próximos años a raíz de la actual crisis.

El rostro de esta tragedia es humano, como queda de manifiesto en la mirada perdida de los niños desnutridos que estos días han vuelto a aparecer en algunos medios de comunicación.

De ahí que hayan empezado a multiplicarse los llamados para frenar los

⁶ Editor Burica Press, 13 de Abril del 2008, Biocombustibles, principales culpables en crisis alimentaria. [En línea], [<http://burica.wordpress.com/biocombustibles-principales-culpables-en-crisis-alimentaria.html>], [20 de Octubre del 2009]



biocombustibles, sobre todo los que se producen a base de maíz en los países ricos. Brasil utiliza fundamentalmente caña de azúcar, que ofrece las mayores ventajas contra el cambio climático.

La escalada mundial en el precio de los productos básicos amenaza con crear 100 millones de pobres y conflictos en casi 40 países. El problema es que no se produce suficiente comida, sobre todo porque los campos ahora se destinan a los biocombustibles.⁷

Sin embargo defensores de los biocombustibles argumentan que los factores que han originado el fin de la ilusión de la abundancia en la que hemos vivido desde hace 20 años son múltiples y complejos: un desequilibrio estructural creciente entre oferta y demanda producido por políticas equivocadas y por la demanda de los países emergentes, agravado por malas condiciones climáticas y por el precio del petróleo, que tiene un gran impacto en los costes agrícolas desde los fertilizantes al transporte, y amplificado por la especulación ante la escasez creada por las restricciones a la exportación y la debilidad de los stocks.

Otro de los factores causantes de la crisis, señalado con frases lapidarias, se atribuye al papel de los biocombustibles. Aunque habría que distinguir entre bioetanol y biodiésel, su impacto ha sido menor del que se les adjudica mientras que el de la especulación ha sido mayor del que se quiere reconocer.

En efecto, un 77% de aumento del índice de precios FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) en el 2007, no puede explicarse por los 20 millones de toneladas adicionales de cereales dedicados al bioetanol sobre una producción mundial de 2.100 millones. Debe haber otras causas más importantes, como las malas cosechas.

Por ejemplo, en Europa se dedican a la producción de bioetanol 2 millones de toneladas, menos del 2% del total de la cosecha, pero ésta disminuyó 33 millones en el 2005, 11 en el 2006 y no se recuperó en el 2007.

⁷ MANZANO, Jesús, 11 de Abril del 2008, Crisis alimentaria. [En línea], [<http://notime-towaste.blogspot.com/crisis-alimentaria.html>], [20 de Octubre del 2009]



Por ello la Comisión Europea insiste en mantener el objetivo del 10% de participación de los biocombustibles, basado en criterios estrictos de sostenibilidad y teniendo en cuenta los de segunda generación que no interfieren en la producción alimentaria. Y el Parlamento Europeo ha rechazado todas las enmiendas destinadas a suprimir o reducir este objetivo.

El cereal que más ha subido de precio es el arroz, que no se utiliza en la producción de bioetanol. El trigo se utiliza muy poco pero también ha subido mucho. Y, por el contrario, el azúcar ha bajado a pesar de que la caña que lo produce es la materia prima del etanol brasileño en plena expansión. Pero, como se explicó, la caña de azúcar de Brasil ocupa el 2% de las tierras agrícolas y sólo la mitad se dedica al etanol. Los datos de la producción de cereales desmienten que la expansión del etanol se haya hecho en detrimento de la producción de alimentos.

Es cierto que un 25-30% de la cosecha de maíz americano se dedica a la producción de bioetanol y ello ha influido, de forma difícil de cuantificar, en el aumento de su precio. Pero, aun así, el maíz es el cereal que menos ha subido en términos relativos.

El 99% de la producción es maíz amarillo, que no se usa para la alimentación humana. Y las exportaciones americanas de maíz no han disminuido porque la producción también ha aumentado. Si no se hubiese dedicado al bioetanol lo más probable es que no se hubiese producido y la oferta alimentaria no habría sido mayor.

En cambio, parece claro que la especulación en los mercados financieros de futuros ha actuado como acelerador de los precios. Un aumento de 400 a 1.000 dólares la tonelada de arroz en cinco semanas, no se puede atribuir a ninguna variable física y mucho menos a la producción de biocarburantes, que no lo consumen.

La crisis mexicana tiene mucho que ver con la disminución de su capacidad agrícola. Desde 1994 México ha triplicado su importación de cereales mientras 2 millones de hectáreas o se han aprovechado en la agricultura y 2 millones de empleos agrarios perdidos emigran a EE UU. Lo mismo ha ocurrido en muchos países en desarrollo. Se impulsó la agricultura de exportación aprovechando los bajos costes laborales en disminución de la producción de alimentos para la población, destruyendo el equilibrio territorial y provocando la dependencia alimentaria, confiando en que los precios a la importación serían siempre bajos.



Hoy el 75% de los 3.000 millones de pobres son rurales y malviven de la agricultura. Pero ésta sólo recibe el 4% de la ayuda al desarrollo. Como se dice y repite, esta crisis es una oportunidad para impulsar el desarrollo agrícola, especialmente en África. Para aprovecharla hay que aumentar su productividad aportando insumos en vez de una ayuda alimentaria que no resuelve el problema de fondo y cuya disponibilidad depende de los excedentes alimentarios.

Pero para corregir los errores de fondo no bastará dotar de semillas y abonos a los pequeños agricultores africanos si siguen enfrentados a importaciones con las que no pueden competir. Y la producción no aumentará, más bien disminuirá, sin un enorme esfuerzo para adaptarse a las consecuencias, ya inevitables, del cambio climático en África. Ni servirá de nada aumentarla sin infraestructuras que permitan trasladarla a los mercados.

Los biocarburantes pueden contribuir a este nuevo desarrollo agrícola aumentando la inversión y generando precios rentables sin los cuales no hay desarrollo agrícola posible.

Forman parte de una respuesta a la crisis alimentaria que debe ser tan multidimensional y compleja como sus causas. Y sin olvidar que necesitamos alimentar a un 50% más de seres humanos y, a la vez, reducir un 50% las emisiones de CO₂ de aquí al 2050.⁸

Nuestra posición frente a la problemática mundial que se acentúa en tiempos actuales como lo es la crisis alimentaria, crisis económica o el aumento de pobreza, va encaminada a que esta no se relaciona con la producción de biocarburantes, y acentuamos dicha acotación basándonos en lo anteriormente descrito y defendido con estudios e investigaciones realizadas por quienes se oponen a la culpabilidad que se le otorga a la nueva alternativa en combustibles para los automotores de combustión interna.

Además para ejecutar nuestra investigación no haremos uso de ninguna fuente que esté vinculada con la siembra de plantas oleaginosas, ya que nuestra materia prima a utilizar

⁸ Biodiesel Spain, 21 de Julio del 2008, La especulación en la crisis alimentaria. [En línea], [<http://www.biodieselspain.com/artículo-la-especulación-en-la-crisis-alimentaria.html>], [20 de Octubre del 2009]



será el aceite de cocina usado que provoca contaminación ambiental considerando que en el sector la mayoría de la población hace uso de este para consumo humano y sus residuos no son desechados de una manera correcta. Ahora que con nuestra investigación daremos una alternativa para solucionar dos problemas, una la contaminación del medio ambiente provocado por los gases de los vehículos y dos la contaminación que provoca los aceites de cocina usados.

4.2.4. ECUADOR Y LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES.

Nuestro país por sus condiciones geográficas, la riqueza de sus recursos naturales y la bondad de su pueblo trabajador, cuenta con un enorme potencial de energías renovables que ameritan un futuro promisorio en el dominio energético y en el desarrollo.

El uso generalizado de las energías renovables y un uso racionalizado de la energía son un componente del único camino que asegura ese futuro promisorio que todos anhelamos. Las energías renovables implican tecnologías que incorporan varios factores positivos al desarrollo: ventajas medioambientales, creación de puestos de trabajo, uso de recursos locales, reducción de la dependencia de los fósiles, seguridad geoestratégica, etc.

Es por tal razón que el objetivo fundamental del uso generalizado de las energías renovables, se adjunta a la Política 11.15, del Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2010, que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía disponible, que garantice un suministro económico, confiable y de calidad.

Esta propuesta del Concejo Nacional de Electricidad – CONELEC, se apropiado de este reto y busca introducir en todos los ámbitos de la actividad productiva y de la vida cotidiana de los ecuatorianos las energías renovables y el uso racional de la energía.

El potencial de Biomasa en el Ecuador es de gran importancia, siendo que es un país tradicionalmente agrícola y ganadero, cuyas actividades generan gran cantidad de desechos que pueden ser aprovechados energéticamente. Dentro del balance energético 2003 del Ecuador, la biomasa (6.73%) bajo la forma de leña y bagazo, ocupa un lugar

importante en la energía primaria, es decir, casi tan importante como la hidroenergía (7.17%).

El Ecuador tiene en funcionamiento tres centrales de generación eléctrica que utilizan como materia prima la Biomasa:

- SAN CARLOS. San Carlos S.A. con su central a vapor de 35MW, que usa bagazo de caña principalmente, empezó a realizar transacciones en el mercado ene enero 2005.
- ECOELECTRIC. Ecoelectric S.A. con su central a vapor del mismo nombre, usa principalmente bagazo de caña del Ingenio Valdez, opera desde junio 2005 con 6MW y desde octubre de 2007 con 36.5MW.
- ECUDOS. Lucega S.A. Electric, que a fines del año 2005 fue absorbida por Ecudos S.A., opera una planta a vapor con bagazo de caña, en La Troncal, Cañar, desde julio 2005 con 13MW y desde julio de 2006 con 29,8MW.

Por otro lado el Programa Nacional de Biocombustibles ha propuesto un plan para producir biocombustibles, para esto han identificado algunos productos agrícolas que serán usados en esta iniciativa: la palma africana, caña de azúcar, piñón, entre otros.

En el Ecuador existen 75 903 hectáreas sembradas de caña de azúcar para producción de azúcar, y 54 685 hectáreas de caña sembradas para otros usos. Existe una producción de etanol anhidro de 60 000 litros al día.

El Programa Nacional de Biocombustibles considera incorporar un porcentaje de alcohol anhidro en la gasolina extra, que se irá incrementando conforme aumente la disponibilidad de alcohol anhidro, hasta llegar a alcanzar un 10% de la mezcla, lo cual implicará un consumo de 650 000 litros por día. Con este porcentaje de mezcla, no se requieren modificaciones en los motores.

El Programa Nacional de Biocombustibles también está considerando una reformulación de diesel 2 con el 5% de biodiesel, para lo cual se requerirá aproximadamente 1 175 000 barriles de biodiesel al año para atender a todos los

sectores. Existen cantidades limitadas de biodiesel provenientes de una fábrica instalada en Manabí, pero cuya producción se destina a la exportación.

Las plantas oleaginosas que existen en el Ecuador y que han sido priorizadas por el Programa Nacional de Biocombustibles son:

- La palma africana: con 207 000 hectáreas de cultivo.
- Higuera: 3 700 hectáreas en Manabí.
- Piñón: tradicionalmente cultivado en Manabí en cercas vivas.
- Otras: soya, algodón, girasol, maní de árbol.

La estructura de los biocombustibles incluye también la elaboración de aceite vegetal para generación eléctrica en las islas Galápagos.

En el País existe una producción de 350 000 TM de aceite de palma y un consumo interno de 200 000 TM, lo cual deja un remanente de 150 000 TM disponible para exportación, volumen que puede ser utilizado para biocombustible.

La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera (ANCUPA), presentó el plan pero la ejecución aún no se da. El Programa Nacional de Biocombustibles quiere desarrollar 50.000 hectáreas más de palma africana para biodiesel.

La ANCUPA tiene que afrontar muchas complicaciones para vender biocombustibles, una de ellas es que las gasolineras son subsidiadas; eso dificulta cualquier iniciativa para hacer biocombustibles. Con los precios actuales no es negocio. El biocombustible no se podría comercializar a no ser que el Estado lo subsidiara.




Además existe una producción artesanal de aceite de piñón que no cumple con los estándares de suciedad y de fósforo, magnesio y calcio. El proceso de obtención requiere de un mejoramiento sustancial.

La Universidad Nacional de Loja y específicamente la carrera de Ingeniería Electromecánica es la principal responsable de proponer proyectos que ayuden a fortalecer las ideas de los ministerios de Agricultura y de Electricidad y Energías Renovables. Es por ello que nuestra tesis será la base para futuros proyectos de desarrollo de energías alternas, ya que propondrá una alternativa al uso de los residuos como lo son los aceites de cocina usados para producir biodiesel.

En conclusión, en el País existe un importante potencial para la producción de biocombustibles, pero no se tiene una certeza sobre su disponibilidad en el corto plazo. Por tal razón no se los considera en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010, aunque no puede descartarse su utilización en el mediano plazo, en función de su nivel de desarrollo.

4.2.5. TIPOS DE BIOCARBURANTES.

En la actualidad se producen a escala industrial tres tipos de biocarburos:

-  Bioetanol
-  Biogás
-  Biodiesel

4.2.5.1. BIOETANOL.

El alcohol etílico o etanol es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales, remolacha, caña de azúcar o biomasa. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa. Las plantas crecen gracias al proceso de fotosíntesis, en el que la luz del sol, el dióxido de carbono de la atmósfera, el agua y los nutrientes de la tierra forman moléculas orgánicas complejas como el azúcar, los hidratos de carbono y la celulosa, que se concentra en la parte fibrosa la planta.

Actualmente, en el mundo se producen más de 20.000 millones de litros de biocarburos cada año, en su mayor parte de bioetanol. Para su fabricación se pueden utilizar una gran cantidad de materias primas. Brasil produjo 15.066 millones de litros, principalmente de caña de azúcar, EE.UU. 13.351 millones de litros, procedentes del almidón del maíz, por resaltar los dos mayores productores, pero también se utiliza remolacha, cereal o residuos forestales. Se está estudiando la posibilidad de cultivar árboles, con alto contenido de celulosa, con el único fin de producir etanol, como pueden ser el chopo o el sauce. Igualmente el cultivo específico de algunas plantas con el fin de producir combustible podría ser una alternativa a las tierras sin cultivo, en el marco de la Política Agraria Común (PAC).



Otra alternativa a las cosechas dedicadas a fines energéticos, es el uso de residuos de procesos agrícolas, forestales o industriales, con alto contenido en biomasa. Estos residuos pueden ir desde la paja de cereal a las “limpias” forestales, pasando por los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) o las cáscaras de cereal o de arroz. Los residuos tienen la ventaja de su bajo coste, ya que son la parte no necesaria de otros productos o procesos, salvo cuando son utilizados en la alimentación del ganado. Los RSU tienen un alto contenido en materia orgánica, como papel o madera, que los hace una potencial fuente de materia prima, aunque debido a su diversa procedencia pueden contener otros materiales cuyo preproceso de separación incrementa mucho el precio de la obtención del bioalcohol.

La utilización del etanol como combustible ha pasado por varias etapas a través de los años. En los orígenes de la industria automovilística fue el principal combustible: los motores de ciclo Otto se diseñaron en principio para utilizarlo, pero posteriormente con el desarrollo de la industria basada en el petróleo los fabricantes de motores se decantaron por esta segunda opción. Cuando se temió por la estabilidad de estos mercados en los años 20 y el posterior embargo petrolífero del año 1973 se volvió a invertir en el desarrollo de bioetanol. El primer país que asumió este reto fue Brasil que a partir de ese año comenzó a mezclar etanol y gasolina en la proporción de 22:78. En 1979 Brasil produjo los primeros automóviles que podían funcionar con alcohol hidratado (95% de etanol y 5% de agua), más tarde, en 1980 la mayor parte de los automóviles fabricados estaban diseñados para funcionar exclusivamente con etanol.

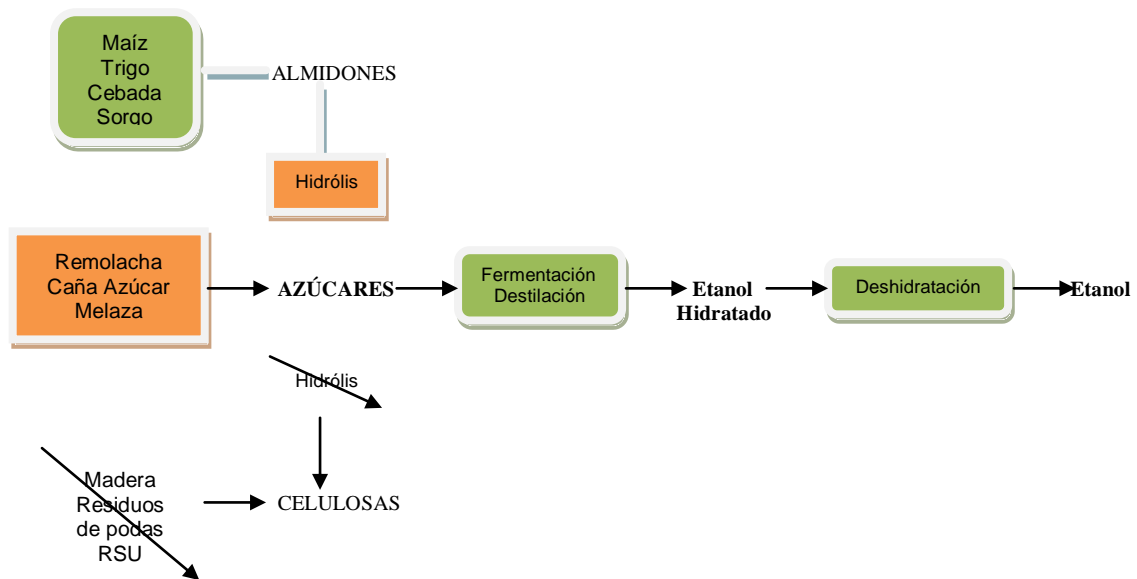
Hasta los años 80 la principal motivación para la producción de etanol fue su uso como combustible alternativo para la automoción, y así disminuir la dependencia de las importaciones de crudo y minimizar el impacto que las fluctuaciones del mercado ocasionan en los precios. A partir de mediados de los 80, a esta motivación se ha unido las políticas de mejoras medioambientales, principalmente en lo relativo a emisiones gaseosas. El creciente interés que han generado en los últimos años los problemas derivados del cambio climático, producido por las emisiones de gases de “efecto invernadero”, ha hecho que se busquen combustibles más respetuosos con el medio ambiente. Al igual que en el caso del biodiesel, la combustión del bioetanol produce el mismo CO₂ que absorbió la planta durante su crecimiento, si se exceptúa el emitido

debido a la actividad energética necesaria en el proceso de su producción, por lo que algunos autores dicen que el balance es cero, en cuanto a las emisiones de CO₂.

El etanol se usa en mezclas con la gasolina en concentraciones del 5 o el 10%, E5 y E10 respectivamente, que no requieren modificaciones en los motores actuales. Un obstáculo importante es la legislación europea sobre la volatilidad de las gasolinas que fija la proporción de etanol en mezclas E5. Concentraciones más elevadas, autorizadas en Suecia y Estados Unidos, permitirían disponer de un vehículo flexible, con un depósito, motor y sistema de combustible único capaz de funcionar con gasolina y etanol, solos o mezclados en cualquier proporción. La otra alternativa para su uso es en forma de aditivo de la gasolina como etil ter-butyl éter (ETBE) que posee las ventajas de ser menos volátil y más miscible con la gasolina que el propio etanol y, como el etanol, se aditiva a la gasolina en proporciones del 10-15%. La adición de ETBE o etanol sirve para aumentar el índice de octano de la gasolina, evitando la adición de sales de plomo. También se utilizan ambos productos como sustitutivos del MTBE (metil ter-butyl eter) de origen fósil, que en la actualidad se está empleando como aditivo de la gasolina sin plomo.

Producción de Bioetanol.- El bioetanol se produce por la fermentación de los azúcares contenidos en la materia orgánica de las plantas. En este proceso se obtiene el alcohol hidratado, con un contenido aproximado del 5% de agua, que tras ser deshidratado se puede utilizar como combustible.

En la gráfica 1. se puede ver, de forma esquemática, el proceso completo de obtención del alcohol, a partir de las principales materias primas que se utilizan para su producción.



GRÁFICA 1. Proceso de producción de bioetanol. Producción propia.

Principalmente se utilizan tres familias de productos para la obtención del alcohol:

- Azúcares, procedentes de la caña o la remolacha.
- Cereales, mediante la fermentación de los azúcares del almidón.
- Biomasa, por la fermentación de los azúcares contenidos en la celulosa y hemicelulosa.

Los materiales lignocelulósicos son los que ofrecen un mayor potencial para la producción de bioetanol. Una gran parte de los materiales con alto contenido en celulosa, susceptibles de ser utilizados para estos fines, se generan como residuos en los procesos productivos de los sectores agrícola, forestal e industrial. Los residuos agrícolas proceden de cultivos leñosos y herbáceos y, entre otros, hay que destacar los producidos en los cultivos de cereal. Por su parte, los residuos de origen forestal proceden de los tratamientos silvícola y de mejora o mantenimiento de los montes y masas forestales.

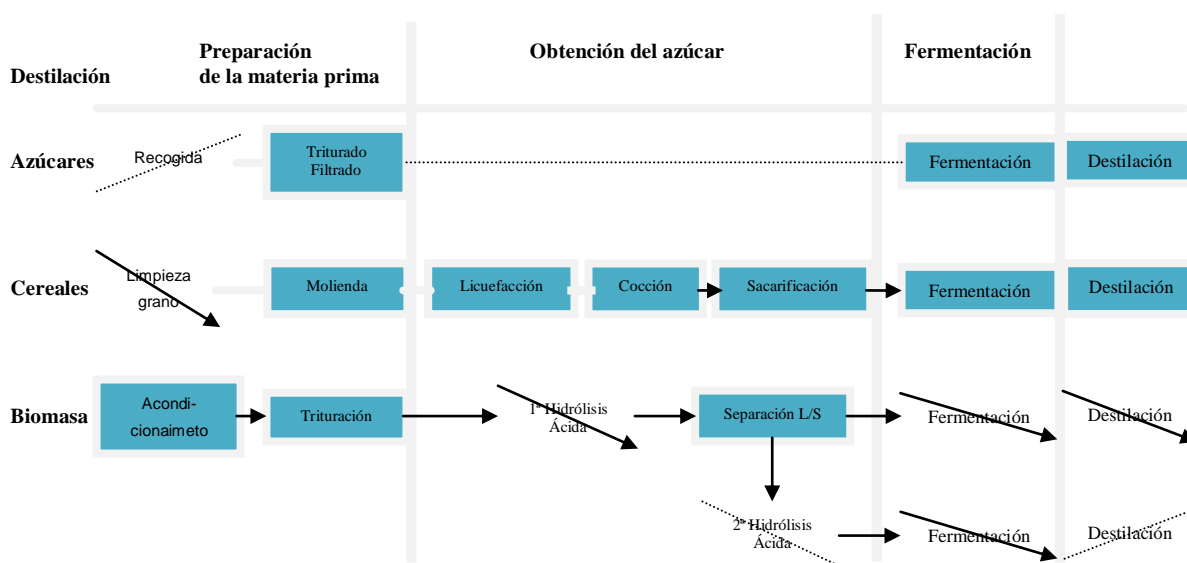
También pueden utilizarse residuos generados en algunas industrias, como la papelera, la hortofrutícola o la fracción orgánica de residuos sólidos industriales. Muchos de estos

residuos no sólo tienen valor económico en el contexto donde se generan sino que pueden ser causa de problemas ambientales durante su eliminación.

Los residuos de biomasa contienen mezclas complejas de carbohidratos, llamados celulosa, hemicelulosa y lignina. Para obtener los azúcares de la biomasa, esta es tratada con ácidos o enzimas que facilitan su obtención.

La celulosa y hemicelulosa son hidrolizadas por enzimas o diluidas por ácidos para obtener sacarosa, que es entonces fermentada. Tres son los principales métodos para extraer estos azúcares: la hidrólisis con ácidos concentrados, la hidrólisis con ácidos diluidos y la hidrólisis enzimática.

En la gráfica 2. se pueden ver las diferentes formas de procesar las materias primas, en función de su origen, para la obtención de sus azúcares.



GRÁFICA 2. Diferenciación de procesos de producción de bioetanol.

4.2.5.2. BIOGAS.

El biogás es un gas compuesto principalmente por metano (en un 80-92%) formado por la degradación de materia orgánica en atmósfera libre (o pobre) de oxígeno, proceso conocido como digestión anaerobia o metanización. Generalmente, sus características

de combustión son asimilables a las del gas natural, pudiendo tener incluso una mayor pureza que éste.

4.2.5.3. BIODIESEL.

4.2.5.3.1. DEFINICIÓN Y ESPECIFICACIONES.

La definición de biodiesel propuesta por las especificaciones ASTM (American Society for Testing and Material Standard, asociación internacional de normativa de calidad) lo describe como ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales o grasas de animales, y que se emplean en motores de ignición de compresión. Sin embargo, los ésteres más utilizados el metanol y etanol (obtenidos a partir de la transesterificación de cualquier tipo de aceites vegetales o grasas animales o de la esterificación de los ácidos grasos) debido a su bajo coste y sus ventajas químicas y físicas.⁹

Los metilesteres de los aceites vegetales poseen muchas características físicas y físico-químicas muy parecidas al gasóleo con el que pueden mezclarse en cualquier proporción y utilizarse en los vehículos diesel convencionales sin necesidad de introducir modificaciones en el diseño básico del motor. Sin embargo, cuando se emplean mezclas de biodiesel en proporciones superiores al 5% es preciso reemplazar los conductos de goma del circuito del combustible por otros de materiales como el teflón, debido a que el biodiesel ataca a los primeros. A diferencia del etanol, las mezclas con biodiesel no modifican muy significativamente gran parte de las propiedades físicas y fisicoquímicas del gasóleo, tales como su poder calorífico o el índice de cetano. El biodiesel, obtenido a partir de materias primas renovables, es un combustible líquido no contaminante y biodegradable, que se utiliza en el sector del transporte urbano, minero, agrícola y marino, así como en calderas de calefacción, incorporándolo directamente o mezclado con diesel.

⁹ GARCÍA CAMÚS, Juan; GARCÍA LABORDA, José. 2006, Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. España, Elecé Industria Gráfica. pp. 32-35.



Actualmente es producido y utilizado en toda Europa y ha ido ganando popularidad mundial como energía renovable debido a sus muchas ventajas. Con el consumo de biodiesel se reduce el nivel de emisiones de CO₂, de sulfuros, el humo visible y los olores nocivos. Desde el punto de vista de la inflamabilidad y toxicidad el biodiesel, es más seguro que el gas-oil proveniente del petróleo, no contamina el ambiente y es biodegradable.

A diferencia de otros combustibles, los biocarburantes presentan la particularidad de utilizar productos vegetales como materia prima. Esto es la causa de que sea preciso tener en cuenta las características de los mercados agrícolas, junto a la complejidad que ya de por sí presentan los mercados energéticos. En este sentido, hay que destacar que el desarrollo de la industria de los biocarburantes no depende principalmente de la disponibilidad local de materia prima, sino de la existencia de una demanda suficiente.

Al asegurar la existencia de una demanda de biocarburantes, el desarrollo de su mercado puede aprovecharse para potenciar otras políticas como la agrícola, favoreciendo la creación de empleo en el sector primario, la fijación de población en el ámbito rural, el desarrollo industrial y de actividades agrícolas, y reduciendo a la vez los efectos de la desertización gracias a la plantación de cultivos energéticos.

En cuanto a la utilización del biodiesel como combustible de automoción, ha de señalarse que las características de los ésteres son más parecidas a las del gasóleo que las del aceite vegetal sin modificar. La viscosidad del éster es dos veces superior a la del gasóleo frente a diez veces ó más de la del aceite crudo; además el índice de cetano de los ésteres es superior, siendo los valores adecuados para su uso como combustible.

En la tabla 1. se enumeran las especificaciones establecidas para el biodiesel.

PROPIEDADES	UNIDAD	LÍMITES	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Contenido en éster	%(m/m)	96,5	-
Densidad a 15 °C	kg/m ³	860	900
Viscosidad a 40 °C	mm ² /g	3,50	5,00
Punto de inflamación	°C	-	120
Contenido de azufre	mg/kg	-	10,0
Residuo de carbón (en 10% de residuo destilado)	%(m/m)	-	0,30
Índice de cetano		51,0	
Contenido de cenizas sulfatadas	%(m/m)	-	0,02
Contenido en agua	mg/kg	-	500
Contaminación total	mg/kg	-	24
Corrosión de la tira de cobre (3h a 50°C)	Clasificación	Clase 1	
Estabilidad a la oxidación 110°C	Horas	6,0	-
Índice de ácido	mg KOH/g	-	0,50
Índice de yodo	g de yodo/100g		140
Éster de metilo de ácido linoléico	%(m/m)		12,0
Ésteres de metilo poli-insaturados (> = a 4 dobles enlaces)	%(m/m)		1
Contenido de metanol	%(m/m)		0,20
Contenido en monoglicéidos	%(m/m)		0,80
Contenido en diglicéidos	%(m/m)		0,20
Contenido en triglicéidos	%(m/m)		0,20
Glicerol libre	%(m/m)		0,02
Glicerol total	%(m/m)		0,25
Metales del grupo I (Na+K)	mg/kg		5,0
Metales del grupo II (Ca+Mg)	mg/kg		5,0
Contenido de fósforo	mg/kg		10,0

TABLA 1. Propiedades del biodiesel.

El biodiesel necesita disponer de unas especificaciones que enumere las propiedades y garantice la calidad del producto. Además, el biodiesel debe cumplir los requisitos para los combustibles minerales de automoción y que se encuentran recogidas en la norma europea EN-590 [ED]. Los requerimientos específicos y los métodos de control para la comercialización y distribución de ésteres metílicos de ácidos grasos –FAME- para su utilización en motores diesel con 100% de concentración se encuentran en la norma EN 14214.



4.2.5.3.2. MATERIAS PRIMAS PARA PRODUCIR BIODIESEL.

Como la producción de biodiesel tiende a provenir mayoritariamente de los aceites extraídos de plantas oleaginosas, especialmente girasol, soja y colza. También puede utilizarse cualquier materia que contenga triglicéridos (girasol, colza, soja, aceites de fritura usado, sebo de vaca, grasa de pollo y de pescado, etc).

La materia prima que se utiliza para la producción de biodiesel son:

4.2.5.3.2.1. ACEITES VEGETALES CONVENCIONALES.

Las materias primas utilizadas convencionalmente en la producción de biodiesel han sido los aceites de semillas oleaginosas como el girasol y la colza (Europa), la soja (Estados Unidos) y el coco (Filipinas); y los aceites de frutos oleaginosos como la palma (Malasia e Indonesia). Por razones climatológicas, la colza (*Brassica napus*) se produce principalmente en el norte de Europa y el girasol (*Helianthus annuus*) en los países mediterráneos del sur, como España o Italia. La utilización de estos aceites para producir biodiesel en Europa ha estado asociada a las regulaciones de retirada obligatoria de tierras de la Política Agraria Común (PAC) que permite el cultivo de semillas oleaginosas a precios razonables. Sin embargo, la dedicación de sólo las tierras de retirada para la producción de materias primas energéticas supone un riesgo por cuanto estas superficies varían en el tiempo, ya que el régimen de retirada de tierras depende de la oferta y la demanda de cereales alimentarios, lo que implica que este índice está sujeto a alteraciones. En España, el uso de cultivos tradicionales como energéticos está condicionado además por la producción del aceite, ya que la producción media por hectárea de aceite de girasol resulta poco atractivo, desde el punto de vista del agricultor, para elegir este cultivo como fuente de obtención de biocarburantes.

4.2.5.3.2.2. ACEITES VEGETALES ALTERNATIVOS.

Además de los aceites vegetales convencionales, existen otras especies más adaptadas a las condiciones del país donde se desarrollan y mejor posicionadas en el ámbito de los cultivos energéticos. En este sentido, destacan la utilización, como materias primas de la producción de biodiesel, de los aceites de *Camelina sativa*, *Crambe abyssinica* y *Jatropha curcas*. Existen otros cultivos que se adaptan mejor a las condiciones de los países bálticos y que presentan rendimientos de producción mayores. En concreto, se trata de los cultivos de *Brassica carinata* y *Cynara cardunculus*. La *Brassica carinata* es una alternativa real al secano y regadío extensivo. La *Cynara cardunculus* es un cultivo plurianual y permanente, de unos diez años de ocupación del terreno, y orientado fundamentalmente a la producción de biomasa, aunque también pueden aprovecharse sus semillas para la obtención de aceite. Se obtienen de 2000 a 3000 kilogramos de semillas, cuyo aceite sirve de materia prima para la fabricación de biodiesel.

4.2.5.3.2.3. ACEITES VEGETALES MODIFICADOS GENÉTICAMENTE.

Los aceites y las grasas se diferencian principalmente en su contenido en ácidos grasos. Los aceites con proporciones altas de ácidos grasos insaturados, como el aceite de girasol o de *Camelina sativa*, mejoran la operatividad del biodiesel a bajas temperaturas, pero disminuyen su estabilidad a la oxidación, que se traduce en un índice de yodo elevado. Por este motivo, se pueden tener en consideración, como materias primas para producir biodiesel, los aceites con elevado contenido en insaturaciones, que han sido modificados genéticamente para reducir esta proporción, como el aceite de girasol de alto oleico.



4.2.5.3.2.4. ACEITES DE FRITURA USADOS.

El aceite de fritura usado 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 costes de tratamiento como residuo. Además, como valor añadido, la utilización de aceites usados significa la buena gestión y uso del residuo.

El informe sobre el marco regulatorio de los carburantes propone reciclar aceite de fritura en biodiesel. Esta alternativa es la que más ventajas tiene porque además de producir combustible elimina un residuo contaminante como es el aceite usado. Debido a que da problemas al depurar el agua.

La utilización de aceites usados presenta dificultades logísticas, no sólo por su recogida, sino también por su control y por no existir lineamientos para poder regularlo dentro del ámbito de ente contaminante debido a su carácter de residuo. Para esto los gobiernos locales con la ayuda de Asociaciones de Protección Ambiental deben crear un sistema de recogida del aceite usado, oleínas y grasas en tres etapas: industrial, hostelera y doméstica.

4.2.5.3.2.5. GRASAS ANIMALES.

Además de los aceites vegetales y los aceites de fritura usados, las grasas animales, y más concretamente el sebo de vaca, pueden utilizarse como materia prima de la transesterificación para obtener biodiesel. El sebo tiene diferentes grados de calidad respecto a su utilización en la alimentación, empleándose los de peor calidad en la formulación de los alimentos de animales. La aplicación de grasas animales surgió a raíz de la prohibición de su utilización en la producción de piensos, como salida para los mismos como subproducto.

4.2.5.3.2.6. ACEITES DE OTRAS FUENTES.

Por otra parte, es interesante señalar la producción de lípidos de composiciones similares a los aceites vegetales, mediante procesos microbianos, a partir de algas, bacterias y hongos, así como a partir de microalgas.

4.2.5.3.3. VENTAJAS DEL BIODIESEL.

Los motores diesel de hoy requieren un combustible que sea limpio al quemarlo, además de permanecer estable bajo las distintas condiciones en las que opera. El Biodiesel es el único combustible alternativo que puede usarse directamente en cualquier motor diesel. Como sus propiedades son similares al combustible diesel de petróleo, se pueden mezclar ambos en cualquier proporción, sin ningún tipo de problema.

Las bajas emisiones del biodiesel hacen de él un combustible ideal para el uso en las áreas marinas, parques nacionales, bosques y sobre todo en las grandes ciudades. El Biodiesel tiene muchas ventajas como combustible y las principales son:

a) Es un combustible que no daña el medioambiente.

El Biodiesel (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 con nuestro medio.

Para poder usarse se debería efectuar unas pequeñas modificaciones técnicas en los motores diesel, como sería modificar el compuesto de la goma y/o cauchos de los manguitos y latiguillos del circuito del combustible. Ello es debido a que el biodiesel 100% tiene la particularidad de disolver la goma. 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 Biodiesel 100% puro no los disuelve.



En España, y ante la imposibilidad de controlar si los vehículos que lo reposten en las estaciones de servicio están o no preparados para la utilización de Biodiesel 100% puro, se comercializa una mezcla Bionor MX-15 (12% Biodiesel +88% Gasóleo), y así cualquier vehículo lo puede utilizar sin ningún tipo de problema.

b) Se produce a partir de materias primas renovables.

El Biodiesel se produce a partir de aceites vegetales, vírgenes y reciclados. El aceite vegetal virgen se extrae de la semilla cultivada dejando atrás la harina de semilla que puede usarse como forraje animal. El aceite es refinado antes de incorporarlo al proceso de producción del biodiesel. Aunque existen más de trescientos tipos de oleaginosas, las más comunes en la producción de biodiesel son la colza, la soja, el girasol y la palma.

Los aceites reciclados proceden de la recogida de sectores como la hostelería, alimentarios, 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 vida que en ellas habita. Y evitamos su uso en la alimentación animal (piensos).

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.

c) No contiene prácticamente nada de azufre.

El uso del biodiesel reduce en un casi 100% la emisión de dióxido de azufre, agente que se encuentra en el gasóleo por su poder de lubricación. El uso de biodiesel puede extender la vida útil de motores porque posee mejores cualidades lubricantes que el combustible de diesel de petróleo.

En la actualidad los modernos gasóleos bajos en azufre, por su proceso de desulfuración pierden el poder de lubricación, incrementando el ruido y desgaste de los motores.

Las compañías petroleras deben por este motivo aditivar el gasóleo con aditivos químicos y sintéticos para paliar esa anomalía. En Francia se aditiva todo el gasóleo que se comercializa en las estaciones de servicio con Biodiesel al 2% como aditivo lubricador.

d) Mejora la combustión, reduciendo claramente emisiones de hollín (hasta casi un 55% desapareciendo el humo negro y olor desagradable).

Contiene 11% de oxígeno y dado a que la molécula de biodiesel aporta, por unidad de volumen, más átomos de oxígeno que lo que aporta el mismo volumen de gasóleo convencional, la presencia de inquemados es menor utilizando biodiesel dado que hay menos moléculas de carbono elemental (hollín) y menos de monóxido de carbono (CO).

e) Produce, durante su combustión menor cantidad de CO₂ que es el que las plantas absorben para su crecimiento (ciclo cerrado de CO₂).

El ciclo biológico en la producción y el uso del Biodiesel reduce aproximadamente en 80% las emisiones de anhídrido carbónico y un 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemado, y entre 75-90% en los hidrocarburos aromáticos. Además proporciona significativas reducciones en la emanación de partículas y de monóxido de carbono, que el diesel de petróleo y proporciona un leve incremento o decremento en óxidos de nitrógeno dependiendo del tipo de motor.

f) No contiene ni benceno, ni otras sustancias aromáticas cancerígenas (Hidrocarburos aromáticos policíclicos).

El Biodiesel, como combustible vegetal no contiene ninguna sustancia nociva, ni perjudicial para la salud ya que reduce compuestos cancerígenos como PAH y PADH, 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 alérgicas.

- g) Es fácilmente biodegradable, y en caso de derrame y/o accidente, no pone en peligro ni el suelo ni las aguas subterráneas.**

El Biodiesel, es biodegradable (aprox. 28 días), su origen vegetal lo hace compatible con la naturaleza por lo que resulta menos contaminante y letal para la flora y fauna marina que los combustibles fósiles.

- h) No es una mercancía peligrosa (el punto de inflamación se encuentra aproximadamente a 150°C).**

Es seguro de manejar y transportar porque es biodegradable como el azúcar, es 10 veces menos tóxico que la sal de la mesa, y tiene un punto de inflamación de aproximadamente 150°C comparado al diesel de petróleo que es de 50°C. Por eso no está clasificado como mercancía peligrosa, siendo su almacenamiento y manipulación segura.

- i) Posee un alto poder lubricante y protege el motor reduciendo su desgaste así como sus gastos de mantenimiento.**

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 abaratando los costes de mantenimiento.

Así mismo como característica del Biodiesel, cabe reseñar el poder detergente, que mantiene limpios los sistemas de conducción e inyección del circuito de combustible de los motores.

j) Es el único combustible no contaminante alternativo a los motores de gasóleo convencional.

El Biodiesel, es el único combustible renovable alternativo en los motores diesel.

Por su composición vegetal, es inocuo con el medio, es neutro con el efecto invernadero, y es totalmente compatible para ser usado en cualquier motor diesel, sea cual sea su antigüedad y estado.

La mezcla que se comercializa, siguiendo la normativa recién aprobada en España, cumple con todas y cada una de las especificaciones de Gasóleo de Automoción (EN-590), mejorando los parámetros deficitarios de dicha norma.

k) Ventajas económicas.

- ✚ La Oficina de Presupuesto Del Congreso, y el Departamento Americano de Agricultura, junto con otros organismos han determinado que el Biodiesel es la opción más económica de combustible alternativo que reúne todos los requisitos del Energy Policy Act.
- ✚ 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)
- ✚ El uso de biodiesel puede extender la vida útil de motores porque posee un alto poder lubricante y protege el motor reduciendo su desgaste así como sus gastos de mantenimiento. También es importante destacar el poder detergente del biodiesel, que mantiene limpios los sistemas de conducción e inyección del circuito de combustible de los motores.
- ✚ La plantación de semillas oleaginosas para la creación de biodiesel conlleva grandes ventajas para el sector agrícola, incluso para las tierras improductivas, ya que pueden reaprovecharse para la plantación de semillas oleaginosas. Asimismo, colabora en el fomento y desarrollo de cultivos autóctonos como el girasol.

- ✚ Natura, con la construcción y puesta en funcionamiento de sus plantas de Biodiesel, contribuirá a la creación de trabajos estables en diferentes zonas.

La sola observación de las propiedades de mejora ambiental que implica el uso de este combustible en sustitución del de origen fósil, hace recomendable la gestión de promover su elaboración y uso lo mas intensivo posible en la medida de su factibilidad económica, a pesar de que sus beneficios y contribución efectiva a la mejora del "efecto invernadero" justificarían la búsqueda de mecanismos de subvención para el sostenimiento de su uso.

Si se analiza el balance general energético de la elaboración del biodiesel incluyendo en el mismo la fase agrícola de obtención de la semilla oleaginosa, su industrialización y se computan luego las energías consumidas en todo el proceso y las generadas en el mismo valorizando las obtenidas de los subproductos proteicos oleaginosos el mismo resulta favorable y positivo.

El proceso comprende la transesterificación del aceite o grasa con alcoholes ligeros, utilizándose un catalizador adecuado, para dar ésteres de ácidos grasos (biodiesel). El alcohol que generalmente se utiliza es metanol, aunque se pueden utilizar otros alcoholes ligeros, como etanol, propanol o butanol. Como coproducto se obtiene glicerina, que se puede utilizar en otros procesos de interés industrial, suponiendo un factor positivo desde el punto de vista económico.

4.2.5.3.4. ALMACENAMIENTO, MANIPULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.

El biodiesel no es más peligroso en su manipulación y almacenaje que el petrodiesel. No se requieren particulares tanques o medidas de seguridad para su almacenamiento. El biodiesel tiene un punto de inflamación más alto que el petrodiesel.

Los productores de biodiesel aconsejan almacenarlo por no más de 3 a 6 meses a menos que se utilicen aditivos para estabilizarlo. Esto es válido también para las mezclas. Una vida más prolongada puede lograrse con la adición de estabilizantes.

El número de ácido del biodiesel y de sus mezclas puede elevarse si el combustible envejece, o si no fue producido en modo correcto. El incremento de este parámetro está asociado a la formación de depósitos y reduce la vida de la bomba y los filtros. El biodiesel podría solidificar a bajas temperaturas mucho más fácilmente que el petrodiesel, sin embargo las mezclas con menos del 20% mantienen en frío las mismas propiedades de fluidez que el diesel base, y por debajo del 5% prácticamente es igual al petrodiesel. El biodiesel puro y sus mezclas deben ser almacenados manteniendo una temperatura más alta de su punto de escurrimiento (pour point).

Las mezclas de biodiesel no se separan en presencia de agua, no obstante es conveniente controlar durante el almacenamiento con adecuados sistemas separando y alejando el agua que pudiese haber.

El biodiesel es ligeramente más pesado que el petrodiesel (peso específico 0,88 comparado con 0,85 del petrodiesel) siendo el procedimiento para hacer las mezclas aquel de agregar el biodiesel al petrodiesel. Esto asegura un buen mezclado.

4.2.5.3.5. NORMALIZACIÓN DEL BIODIESEL.

El biodiesel necesita contar con una especificación que incluya sus propiedades y garantizar la calidad del producto. La especificación vigente para estos combustibles se basa en la norma europea EN-590.

Esta norma radica en que los aceites vegetales tienen, entre otras cosas, la particularidad de disolver la goma y el caucho. Debido a que estos aceites vegetales son la materia prima para la fabricación del biodiesel, dicho producto también disuelve la goma y el caucho, materiales empleados en la fabricación de los conductos y las juntas del sistema de alimentación de los vehículos (latiguillos o manguitos) por lo que con el uso prolongado de biodiesel 100%, se podrían llegar a degradar dichos conductos, produciendo algún poro o pérdida de combustible (el biodiesel es biodegradable en un 98,3% en 21 días).

Desde mediados de los años 90, casi todos los fabricantes de vehículos (principalmente marcas alemanas), ya han substituido dichos conductos por conductos fabricados con materiales plásticos o derivados, con lo que el biodiesel no los disuelve.

Otros productores de la Unión Europea, y debido a su política comercial, venden toda su producción a una empresa petrolera, la cual opta por la mezcla del biodiesel en un 5% máximo en todos sus gasóleos. De esta forma se considera al biocombustible como un aditivo porque no altera las características técnicas del gasóleo mineral según la norma EN 590.

Si se incorpora más de un 5%, la mezcla final no cumple la norma EN-590, por lo que tendrían que informar y “etiquetar” dicho producto con un nombre diferente al de “Gasóleo ó Diesel” (fuente EBB -European Biodiesel Board).

4.2.5.3.6. PROBLEMAS ASOCIADOS POR LA UTILIZACIÓN DEL BIODIESEL.

En los motores de los automóviles, los problemas asociados por utilizar biodiesel como combustible de motores de inyección directa, son los que a continuación se presentan:

- ✓ La potencia del motor disminuye, porque el poder calorífico inferior (P.C.I.) del biodiesel es menor
- ✓ El consumo de combustible aumenta, ya que el biodiesel contiene menos poder calorífico que el gasóleo.
- ✓ Las emisiones de óxidos de nitrógeno generalmente aumentan, consecuencia de las mayores presiones y temperaturas que se alcanzan en la cámara de combustión, que a su vez se deben a un tiempo de retraso de la misma.
- ✓ Cuando se utiliza 100% de biodiesel, el aceite lubricante se contamina, debido a la menor viscosidad del éster en comparación a éste.
- ✓ Algunos materiales se deterioran con el biodiesel: pinturas, plásticos, gomas, etc. cuando se utiliza 100% de biodiesel.
- ✓ El Biodiesel tiene un punto de congelación entre 0° y -5°.
- ✓ La primera vez que se empieza a consumir biodiesel, y debido a su poder disolvente, puede que se deba realizar el primer cambio de filtros antes de lo

normal, dependiendo del nivel de “suciedad” que haya en el motor y en el depósito de combustible del usuario.

Otro de los problemas esta dado por su ataque a los conductos de transporte del mismo, cuando ellos están desarrollados sobre la base de caucho, pero se resuelve fácilmente reemplazando estos conductores, por elementos construidos con teflón.

Actualmente y tal como lo señala la ARS (2000) los problemas a ser solucionados están dados por:

- La emisión de óxidos nitrosos, éste está parcialmente resuelto por el agregado de aditivos.
- La determinación rápida, en la línea de producción de los estándares de calidad del combustible.
- Los costos de la materia prima.
- Las propiedades de fluidez del combustible a bajas temperaturas, es decir que este combustible se congela antes que los petroderivados (2 ó 3°C de diferencia).
- La estabilidad del producto durante su almacenamiento, está afectada por su escasa estabilidad hidrolítica y oxidativa, comprometiéndose así sus cualidades técnicas durante los almacenamientos prolongados.

4.3. PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.

En este punto se describirán los diferentes procesos para la producción de biodiesel entre los que se incluyen el proceso general de transesterificación y el proceso general de esterificación, aunque habitualmente en este último el proceso se utiliza en combinación con el de transesterificación a partir de los ácidos grasos, subproductos de este proceso, para la producción de biodiesel. Además también se comentarán estos procesos en discontinuo y en continuo, para finalizar con el proceso en condiciones supercríticas donde no es necesario añadir catalizadores.¹⁰

¹⁰ GARCÍA CAMÚS, Juan; GARCÍA LABORDA, José. 2006, Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. España, Elecé Industria Gráfica. pp. 49-54.

4.3.1. PROCESO GENERAL DE TRANSESTERIFICACIÓN.

Existen múltiples opciones de operación viables para la fabricación de biodiésel. Muchas de estas tecnologías pueden ser combinadas de diferentes maneras variando las condiciones del proceso y la alimentación del mismo. La elección de la tecnología será función de la capacidad deseada de producción, alimentación, calidad y recuperación del alcohol y del catalizador.

En general, plantas de menor capacidad y diferente calidad en la alimentación suelen utilizar procesos Batch o discontinuos. Los procesos continuos, sin embargo, son más idóneos para plantas de mayor capacidad que justifique el mayor número de personal y requieren una alimentación más uniforme.

El proceso de **transesterificación** consiste en combinar el aceite (normalmente aceite vegetal) con un alcohol ligero, normalmente metanol, y deja como residuo glicerina que puede ser aprovechada por la industria cosmética, entre otras.

La fuente de aceite vegetal suele ser aceite de colza, pues es la planta con mayor rendimiento de aceite por hectárea, aunque también se pueden utilizar aceites usados (por ejemplo, aceites de fritura), en cuyo caso, la materia prima es muy barata y además se reciclan lo que en otro caso serían residuos.

4.3.1.1. PROCESO DISCONTINUO.

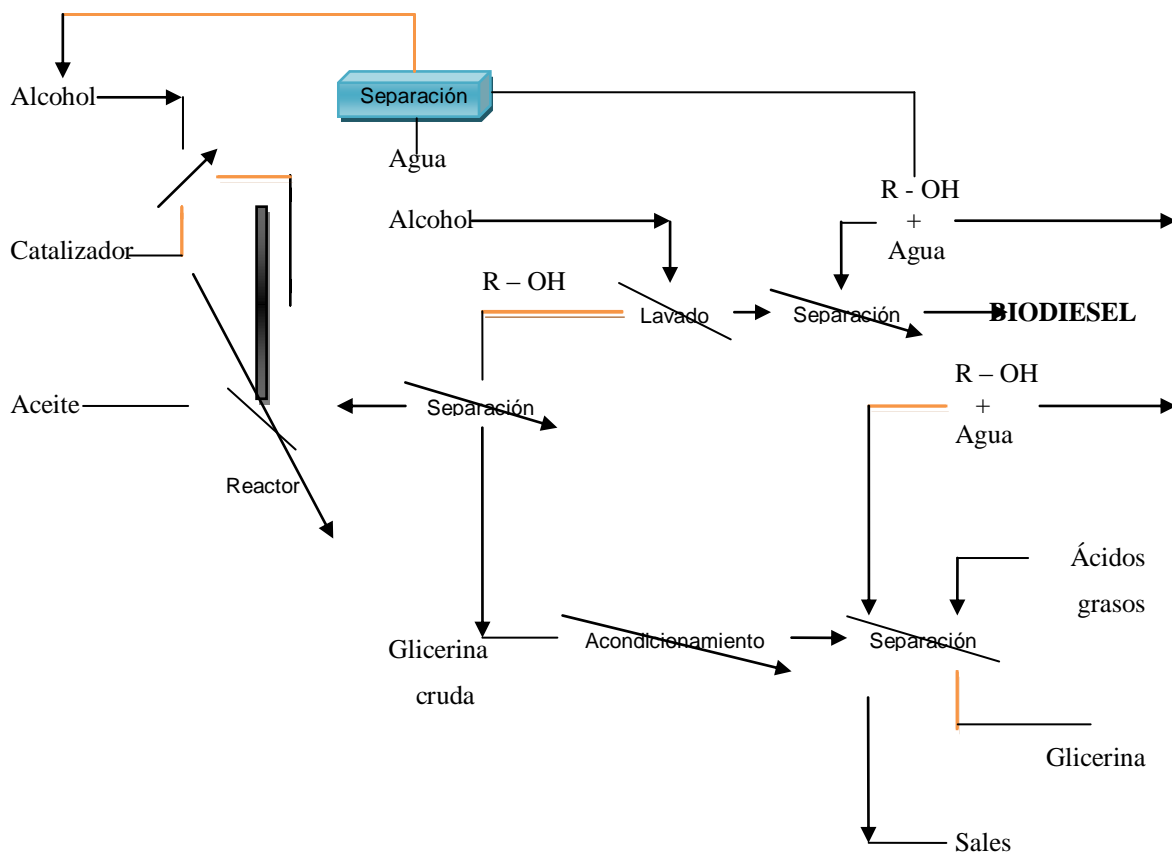
Es el método más simple para la producción de biodiesel donde se han reportado ratios 4:1 (alcohol-triglicérido). Se trata de reactores con agitación, donde el reactor puede estar sellado o equipado con un condensador de reflujo. Las condiciones de operación más habituales son a temperaturas de 65°C, aunque rangos de temperaturas desde 25°C a 85°C también han sido publicadas.

El catalizador más común es el NaOH (Hidróxido de Sodio), aunque también se utiliza el KOH (Hidróxido de Potasio), en rangos del 0,3% al 1,5% (dependiendo que el catalizador utilizado sea KOH o NaOH). Es necesaria una agitación rápida para una correcta mezcla en el reactor del aceite, el catalizador y el alcohol. Hacia el fin de la

reacción, la agitación debe ser menor para permitir al glicerol separarse de la fase éster. Se han publicado en la bibliografía resultados entre el 85% y el 94%. En la transesterificación, tal y como se comentó anteriormente, cuando se utilizan catalizadores ácidos se requiere temperaturas elevadas y tiempos largos de reacción.

Algunas plantas en operación utilizan reacciones en dos etapas, con la eliminación del glicerol entre ellas, para aumentar el rendimiento final hasta porcentajes superiores al 95%. Temperaturas mayores y ratios superiores de alcohol-aceite pueden asimismo aumentar el rendimiento de la reacción. El tiempo de reacción suele ser entre 20 minutos y una hora.

En la gráfica 3 se reproduce un diagrama de bloques de un proceso de transesterificación en discontinuo.



GRÁFICA 3. Proceso de transesterificación.

4.3.1.2. PROCESO CONTINUO.

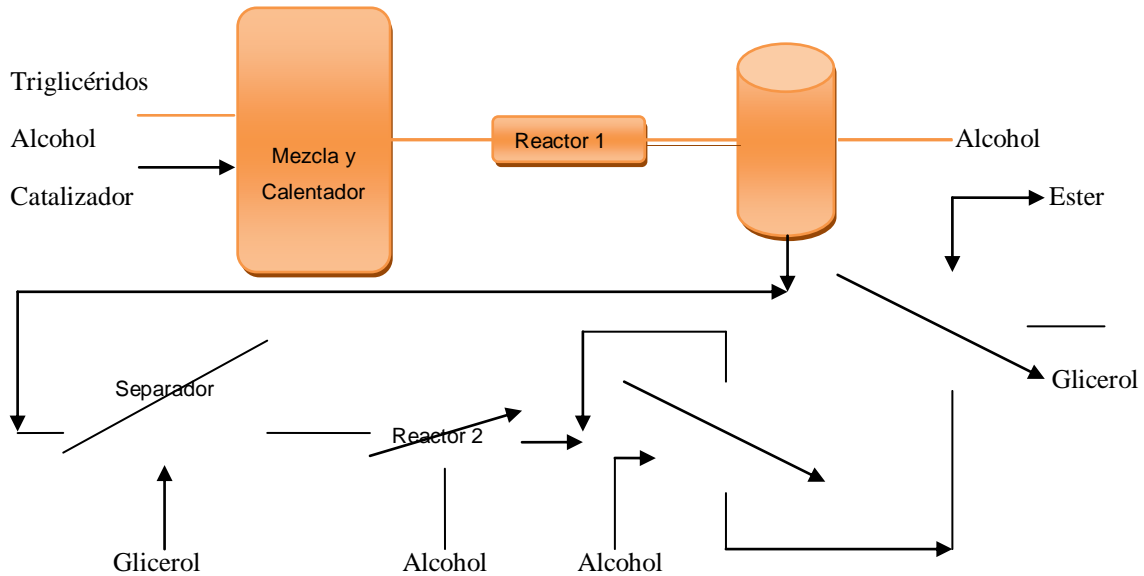
Una variación del proceso discontinuo es la utilización de reactores continuos del tipo tanque agitado, los llamados CSTR del inglés, Continuous Stirred Tank Reactor. Este tipo de reactores puede ser variado en volumen para permitir mayores tiempos de residencia y lograr aumentar los resultados de la reacción. Así, tras la decantación de glicerol en el decantador la reacción en un segundo CSTR es mucho más rápida, con un porcentaje del 98% de producto de reacción.

Un elemento esencial en el diseño de los reactores CSTR es asegurarse que la mezcla se realiza convenientemente para que la composición en el reactor sea prácticamente constante. Esto tiene el efecto de aumentar la dispersión del glicerol en la fase éster. El resultado es que el tiempo requerido para la separación de fases se incrementa.

Existen diversos procesos que utilizan la mezcla intensa para favorecer la reacción de esterificación. El reactor que se utiliza en este caso es de tipo tubular. La mezcla de reacción se mueve longitudinalmente por este tipo de reactores, con poca mezcla en la dirección axial. Este tipo de reactor de flujo pistón, Plug Flow Reactor (PFR), se comporta como si fueran pequeños reactores CSTR en serie.

El resultado es un sistema en continuo que requiere tiempos de residencia menores (del orden de 6 a 10 minutos) –con el consiguiente ahorro, al ser los reactores menores para la realización de la reacción. Este tipo de reactor puede operar a elevada temperatura y presión para aumentar el porcentaje de conversión.

En la gráfica 4 se presenta un diagrama de bloques de un proceso de transesterificación mediante reactores de flujo pistón. En este proceso, se introducen los triglicéridos con el alcohol y el catalizador y se somete a diferentes operaciones (se utilizan dos reactores) para dar lugar al éster y la glicerina.



GRÁFICA 4. Proceso de producción de biodiesel mediante reactores de flujo pistón.

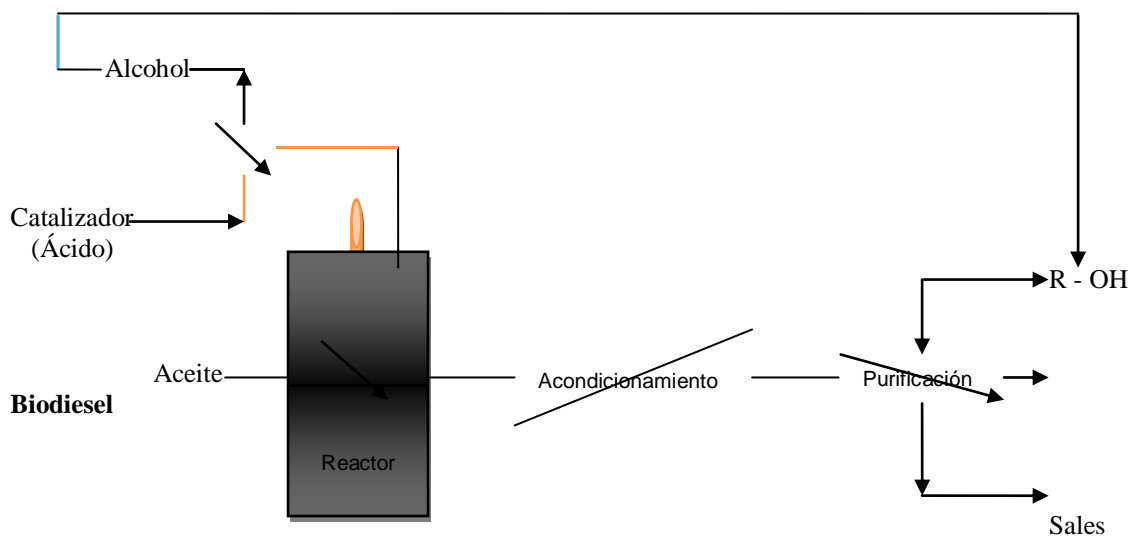
Dentro de la catálisis heterogénea los catalizadores básicos se desactivan fácilmente por la presencia de ácidos grasos libres (FFA) y de agua que favorece la formación de los mismos. Para tratar alimentaciones con cierto grado de acidez, se prefiere la esterificación de los ácidos grasos libres con superácidos que a su vez presenten una elevada velocidad de reacción de transesterificación si bien se necesitan dos reactores con una fase intermedia de eliminación de agua. De este modo, alimentaciones con hasta un 30% en FFA se pueden esterificar con metanol, reduciendo la presencia de FFA por debajo del 1%. Esta etapa previa de esterificación se puede llevar a cabo con alcoholes superiores o glicerina que resulta atractiva en la producción de biodiesel puesto que es un subproducto del proceso.

4.3.2. PROCESO GENERAL DE ESTERIFICACIÓN.

El más común consiste en el calentamiento de una mezcla del alcohol y del ácido correspondiente -en los procesos de esterificación se suelen utilizar catalizadores ácidos con ácido sulfúrico, utilizando el reactivo más económico en exceso para aumentar el rendimiento y desplazar el equilibrio hacia la derecha (esterificación de Fischer).

El ácido sulfúrico sirve en este caso tanto de catalizador como de sustancia higroscópica que absorbe el agua formada en la reacción. A veces es sustituido por ácido fosfórico concentrado. En la práctica este procedimiento tiene varios inconvenientes. El alcohol puede sufrir reacciones de eliminación formando olefinas, esterificación con el propio ácido sulfúrico o de formación del éter y el ácido orgánico puede sufrir decarboxilación.

En la gráfica 5 se observa el diagrama de una planta con proceso de esterificación.



GRÁFICA 5. Proceso de esterificación.

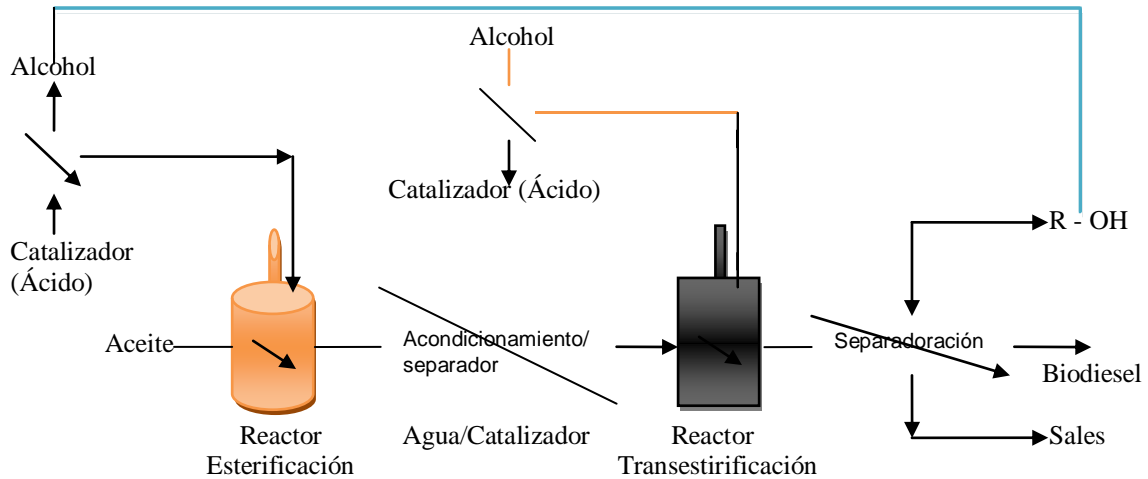
4.3.3. PROCESO COMBINADO ESTERIFICACIÓN-TRANSESTERIFICACIÓN.

Este tipo de procesos refina los ácidos grasos aparte del sistema de alimentación o mediante un tratamiento diferenciado en la unidad de esterificación. Se añaden los catalizadores cáusticos y el producto de reacción se separa mediante centrifugación (proceso llamado Caustic Stripping).

Los aceites refinados son secados y enviados a la unidad de transesterificación para un proceso posterior. De esta manera, los ácidos grasos pueden ser transformados en ésteres metílicos mediante un proceso ácido de esterificación.

Los procesos de catálisis ácida pueden ser usados para la esterificación directa de los ácidos libres (FFA). Una alternativa a esto sería utilizar un catalizador básico para formar deliberadamente jabón en el FFA. El jabón es recuperado, el aceite secado y posteriormente utilizado en un sistema convencional mediante catalizadores básicos.

El diagrama de proceso de esterificación/transesterificación se reproduce en la gráfica 6.



GRÁFICA 6. Proceso de producción de biodiesel mediante esterificación/transesterificación. Proceso de catálisis ácida.

En la reacción de transesterificación-esterificación, por su parte, se puede aprovechar los ácidos grasos subproductos de la reacción de la gráfica 7 para alimentar posteriormente un reactor de esterificación.

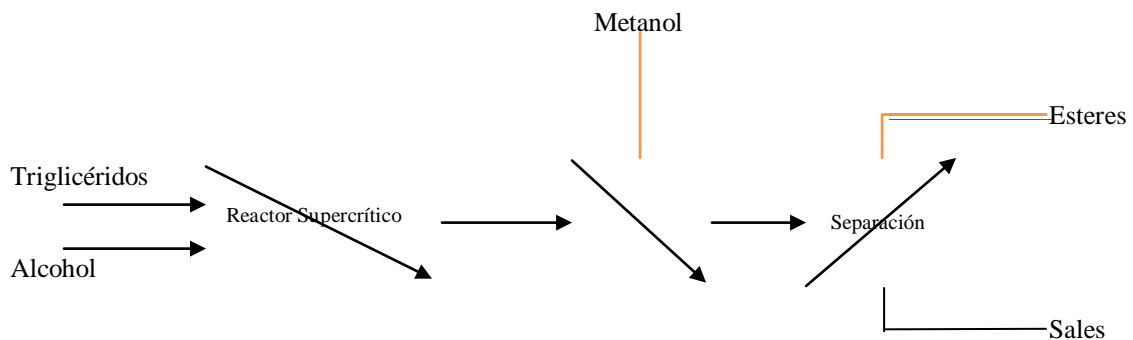
4.3.4. PROCESO EN CONDICIONES SUPERCRÍTICAS.

Cuando un fluido o gas es sometido a temperaturas y presiones que exceden su punto crítico, aparecen una serie de propiedades inusuales. Desaparece la diferencia entre la fase líquida y vapor, existiendo sólo una fase de fluido presente. Además, los disolventes que contienen grupos OH, como el agua o alcoholes primarios, toman las propiedades de superácidos.

Un ejemplo de sistema sin catalizadores es el que utiliza un elevado ratio de alcohol-aceite (42:1). Bajo condiciones supercríticas (350 a 400°C y $P > 80$ atm) la reacción se

completa en 4 minutos. Los costes de instalación y los costos de operación son más altos y la energía consumida mayor, por lo que aunque los resultados mediante este proceso son muy interesantes, el escalado de estas instalaciones a nivel industrial puede ser difícil.

En la gráfica 7 se representa el diagrama de bloques de un proceso en el que se utiliza un reactor supercrítico, sin necesidad de añadir catalizadores.



GRÁFICA 7. Proceso de producción de biodiesel mediante proceso supercrítico.

4.3.5. MÉTODOS EMPLEADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.

Hay tres métodos que se utilizan para producir biodiesel:

- ✓ Método alcalino de una etapa -- Mike Pelly.
- ✓ Método base-base de dos etapas -- Aleks Kac.
- ✓ Método ácido-base de dos etapas -- Aleks Kac.

4.3.5.1. MÉTODO ALCALINO DE UNA ETAPA.

También conocido como el método de Mike debido a su creador Mike Pelly. Para hacer uso de este método se debe adquirir los siguientes ingredientes que se detallan a continuación:

4.3.5.1.1. INGREDIENTES.

Para la Mezcla:

- Aceite de cocina usado; por ejemplo, aceite de freidora.
- Metanol (CH₃OH) con una pureza del 99% o más.
- Hidróxido de sodio (NaOH, sosa cáustica, lejía); debe estar seco.

Para la Valoración:

- Alcohol isopropílico con una pureza del 99% o más.
- Agua destilada Solución de fenolftaleína (que no tenga más de un año, protegerla de la luz intensa).

Para el Lavado:

- Vinagre.
- Agua.

4.3.5.1.2. PROCEDIMIENTO.

1. Filtrado.

Filtrar el aceite para separar los restos de comida. Se debe calentarlo hasta 35° C (95° F), aproximadamente, para que esté más fluido y pase bien por el filtro. Se puede usar un paño o un filtro de café.



2. Quitar el agua.

El aceite que ha sido utilizado para cocinar suele contener agua, que no beneficia a la reacción y favorece la formación de jabón. Cuanta menos agua, mejor.

Dejar que el agua se deposite en el fondo: Este método ahorra energía. Se calienta el aceite hasta 60° C (140° F), se mantiene la temperatura durante 15 minutos y se deja reposar por lo menos 24 horas. No utilizar más del 80% del contenido del recipiente porque el 20% que queda en el fondo es agua.

3. Valoración.

Para saber qué cantidad de lejía es necesaria, hay que medir la acidez del aceite con un método que se llama valoración. Es la parte más importante y más difícil del proceso. La valoración debe ser lo más exacta posible.

IMPORTANTE: La lejía tiene que estar seca. Protéjala de la humedad dentro de un recipiente hermético.

Preparar una disolución de un gramo de lejía en un litro de agua destilada asegurándose que queda totalmente disuelta. Esta muestra sirve como valor de referencia en la valoración. Es importante que esta disolución no se contamine porque será utilizada en muchas valoraciones.

Mezclar en un recipiente pequeño 10 ml de alcohol isopropílico con 1ml del aceite (verificar que es exactamente 1 ml). Coger la muestra de aceite después de haberlo calentado y agitado.

Añadir dos gotas de fenolftaleína, que es un indicador ácido-base incoloro en presencia de ácidos, y rojo en presencia de bases.

IMPORTANTE: La fenolftaleína se conserva bien durante un año nada más. Se degrada fácilmente con la luz y empieza a dar medidas erróneas después de un tiempo.

Con un cuentagotas graduado (que permita medir décimas de mililitro), o algún otro instrumento calibrado, se coloca en la disolución de aceite/isopropílico/fenolftaleína

gotas de la solución de lejía. Cada gota debe tener dos décimas de ml, medidas con mucha exactitud.

Después de cada gota agitar vigorosamente la disolución. En climas fríos puede que el aceite se espese y se tenga que hacer la valoración dentro de casa. Si todo sale bien la disolución se volverá magenta (rosa) y mantendrá ese color durante diez segundos. El magenta indica un pH de entre 8 y 9. Es importante colocar la cantidad exacta para alcanzar ese pH, El objetivo de la valoración es averiguar el número de ml de solución de lejía necesarios para alcanzar un pH de entre 8 y 9.

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

El cálculo.

El siguiente paso es calcular la cantidad de lejía necesaria para la reacción. Multiplicar el número de ml medidos en la valoración por el número de litros de aceite que se va a convertir en biodiesel.

En el cálculo hay que incluir algo más. Cada litro de aceite que NO ha sido cocinado (aceite nuevo) necesita 3,5 gr de lejía para la reacción. Por eso hay que sumar 3,5 gr de lejía por cada litro de aceite cocinado que se vaya a transesterificar.

Por ejemplo: en la valoración fueron necesarios 2,4 ml para alcanzar el pH 8-9 y se va a usar 150 litros de aceite.

$$2,4 \text{ gr lejía} \times 150 \text{ l aceite} = 360 \text{ gr lejía.}$$

$$3,5 \text{ gr lejía} \times 150 \text{ l aceite} = 525 \text{ gr lejía.}$$

$$360 \text{ gr} + 525 \text{ gr} = 885 \text{ gramos de lejía.}$$



Otro ejemplo: si el resultado de la valoración hubiera sido de 1,8 ml la cantidad final de lejía habría sido de 795 gramos.

Normalmente hacen falta entre seis y siete gramos de lejía por cada litro de aceite.

4. Preparación del metóxido de sodio.

Generalmente la cantidad de metanol necesaria es del 20% en masa de la cantidad de aceite. Las densidades de los dos líquidos son bastante parecidas; también debería funcionar con el 20% en volumen. Para estar completamente seguro, se debe medir medio litro de cada líquido, luego se lo pesa y se calcula exactamente el 20% en masa. Distintos aceites pueden tener distintas densidades dependiendo de su procedencia y de cómo hayan sido cocinados.

Por ejemplo: para 100 litros de aceite hacen falta 20 litros de metanol.

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

ADVERTENCIA: ¡Tratar el metóxido de sodio con extremo cuidado! ¡No respirar sus vapores! Si cae sobre la piel esta se quemará sin que la persona lo note, porque mata los nervios. Hay que lavar la zona con muchísima agua. Cuando se manipule metóxido de sodio debe haber siempre cerca agua corriente.

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

5. Calentar y mezclar.

Calentar el aceite hasta 48-55°C (120-130°F). Para mezclar se puede usar una taladradora eléctrica, firmemente sujeta, que haga girar una hélice o un mezclador de pintura.



Un giro demasiado rápido produce salpicaduras y burbujas y perjudica al resultado final. Para conseguir un buen resultado ajustar la velocidad, la forma de la hélice o su tamaño.

Si se quiere un reactor más silencioso se puede sustituir el mezclador por una bomba eléctrica que coja el líquido de abajo y lo lleve hasta la superficie. La bomba no debe estar muy abajo para que no se estropee luego con la glicerina.

Verter el metóxido en el aceite mientras se bate, y seguir agitando la mezcla durante 50 ó 60 minutos. La reacción suele completarse en media hora, pero es mejor batir durante más tiempo.

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

6. Reposo y separación.

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

Otra alternativa consiste en dejar que la mezcla repose al menos durante una hora después de la reacción, manteniendo la temperatura por encima de 38°C (100°F). De esta forma la glicerina se mantiene semilíquida (solidifica por debajo de 38° C) y se hunde antes. Después hay que decantar el biodiesel con cuidado.

Se pueden separar sacándolos por un agujero del fondo a través de un tubo transparente. La glicerina semilíquida es de color marrón oscuro; el biodiesel es del color de la miel. Observar el tubo todo el tiempo, y cuando empiece a salir biodiesel cambiar la salida del tubo de un recipiente a otro. Si cae algo de biodiesel en el recipiente de la glicerina es fácil recuperarlo cuando la glicerina se espesa.

Si la glicerina solidifica antes de separarla del biodiesel, se puede calentar para volver a licuarla, ¡Pero no se debe agitar!



Glicerina.

La glicerina procedente del aceite usado en la cocina es marrón y permanece sólida por debajo de 38°C (100°F). La glicerina del aceite nuevo suele mantenerse líquida a temperaturas menores de 38°C.

La glicerina se puede compostar después de un período de ventilación de tres semanas. En ese tiempo se evapora el metanol, que es malo para el compostaje. Se puede evaporar el metanol de otra manera, calentando hasta 66°C (150°F). El metanol se evapora a 64,7°C (148,5°F). El metanol evaporado con el segundo método, calentando, se puede reutilizar haciendo que pase a través de un condensador.

Lo que queda después de la transesterificación no es sólo glicerina, sino una mezcla de glicerina pura, metanol y cera. Estas tres sustancias pueden separarse por destilación, pero es difícil porque para evaporar la glicerina hace falta mucho calor. La glicerina pura tiene muchas aplicaciones: medicamentos, tintes, cremas.

La glicerina procedente de la transesterificación es un estupendo desengrasante industrial. Una manera de purificarla es calentarla hasta 65,5°C (150°F) para que se evapore el metanol, haciéndola segura para el contacto con la piel. Mucho cuidado con el vapor de metanol. Cuando se enfría, las impurezas se hunden hasta el fondo y queda de un color marrón oscuro más uniforme. Añadiendo agua queda del color de la canela, más diluída, y es más fácil limpiarla de las manos.

Otra forma de aprovechar la glicerina es transformarla en gas metano en un digestor de metano, o mejor aún, mediante pirólisis.

Restos de jabón.

En el biodiesel también hay jabón. Cuando el metanol se une a los ácidos grasos se forma agua. El aceite también puede contener agua. El jabón se forma porque el ion Na⁺ del hidróxido de sodio (NaOH) reacciona con los ácidos grasos en presencia de agua.



Si hay un exceso de agua en la mezcla durante la reacción, se forman más jabones de lo normal. El aceite que ha sido cocinado puede contener agua y hay que quitársela. El segundo paso, "Quitar el agua", explica cómo hacerlo.

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

7. Lavado y secado.

Hay más de una opinión sobre lo que se debe hacer con el biodiésel antes de usarlo como combustible. Una de esas opiniones es que hay que dejarlo reposar durante una semana, más o menos, para que los residuos de jabón se hundan hasta el fondo. Después ya se puede usar, pero es mejor lavarlo con agua.

Existen varios métodos para lavar el biodiesel, uno de ellos consiste en separar los jabones del combustible lavándolo con agua una o varias veces. En el primer lavado es mejor añadir un poco de vinagre (ácido acético) al agua. Con el ácido acético se consigue que el pH del biodiesel sea casi neutro, porque se une a los restos de lejía y los neutraliza.

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

También se puede enfriar el biodiesel para que los restos de jabón y de lejía sedimenten más deprisa. Con este método el biodiesel queda bastante limpio en poco tiempo.

8. Calidad.

La calidad del producto acabado puede comprobarse visualmente y midiendo su pH. El pH puede medirse con papel tornasol o con un medidor electrónico. Debe ser neutro (pH 7). Debe tener el aspecto del aceite vegetal, pero con un matiz marrón, parecido a la sidra.

Es malo que haya una película sobre la superficie, partículas o turbiedad. La película superficial puede ser de restos de jabón, y se quita lavándolo de nuevo o pasándolo por un filtro de cinco micrones (o más fino). La turbiedad puede ser agua y se quita

calentando. Las partículas pueden ser cualquier cosa y aparecen cuando los filtros fallan.

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

Es importante saber que el biodiesel limpia muy bien los restos de diesel mineral del interior del motor. Por eso es necesario comprobar y cambiar los filtros del combustible cuando se empieza a usar biodiesel.

4.3.5.2. MÉTODO BASE-BASE DE DOS ETAPAS.

4.3.5.2.1. INTRODUCCIÓN.

La utilización de este método se considera una forma establecida para incrementar la producción en comparación con el escenario de producción individual. Hoy en día existe un gran interés por este incremento y es debido a los resultados obtenidos con este método. Además, algunos productores caseros han diseñado vehículos con sistemas modernos de inyección de combustible que se cree que son más sensibles a pequeñas variaciones en la calidad del combustible. Algunos de los productores caseros simplemente quieren hacer el combustible de más alta calidad posible, mientras que otros están interesados en reducir el consumo de metanol.

Las pruebas hechas tanto por productores caseros, así como las pruebas hechas por académicos, ha demostrado que este método puede incrementar los índices de mezcla de manera significativa debido a que permite una reducción en el uso de metanol, manteniendo al mismo tiempo la producción de alta calidad.

Este método, en comparación con una sola etapa, los resultados en las tasas de conversión son mucho más altos, con la misma cantidad de metanol y catalizador. O bien, niveles similares de conversión se han alcanzado, utilizando mucho menos el exceso de metanol que con una sola etapa. Este método se ha producido con éxito de combustible que pasa por prueba con los volúmenes de metanol como bajas como

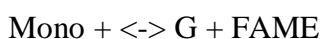
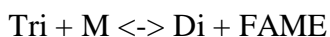
14,5% del aceite de partida. Típicamente, los productores caseros utilizan entre 16 y 20% de metanol, utilizando este método.

Más pruebas sería útil para cuantificar la conversión mejorada de petróleo (tricyclerides o TRI) en biodiesel (ésteres metílicos de ácidos grasos o FAME) y establecer la Base 2-Etapa / límites método base en la cerveza casera. Investigación cuantificar el aumento en la producción de jabón también sería útil, de modo que cerveceros caseros pueden tomar decisiones informadas sobre el método que se adapte a ellos mejor.¹¹

4.3.5.2.2. TEORÍA QUÍMICA.

En teoría, el uso de dos etapas permite que la reacción tenga lugar más adelante por completo debido a los involucrados en la cinética de las reacciones de equilibrio que producen los FAME frente al TRI. Al final de una etapa de la 2-etapa de reacción, se elimina el glicerol como sea posible. La eliminación de glicerol reduce la probabilidad de que el glicerol reaccione con los FAME y se convierta de nuevo en monoglicéridos y metanol. La eliminación de glicerol se llama "retracción del producto limitante." Este es un método bien conocido y útil de conducir una reacción de equilibrio químico hacia el producto final deseado. La práctica ha tenido un lugar en la ciencia en torno a la investigación y la producción de biodiesel desde la década de 1940.

Al final de una de las etapas de la reacción, los componentes siguientes están presentes en equilibrio entre sí: Metanol (M), triglicéridos (TRI), diglicéridos (DI), monoglicéridos (Mono), glicerol (G) y éster metílico de ácidos grasos (FAME).



¹¹ El método base-base de dos etapas. [En línea]. [<http://www.biodieselcommunity.org/basebase/>], [10 de Septiembre del 2009]



Con la eliminación del glicerol de los recipientes de reacción y la reactivación de la reacción con más de metanol y catalizador, hacen que el sistema se encuentre en un nuevo punto de equilibrio. Este nuevo punto de equilibrio es mucho más cercano al producto final deseado, debido a la cantidad muy reducida de glicerol. Esto da lugar a la conversión más completa de triglicéridos a ésteres metílicos de ácidos grasos, junto con una reducción correspondiente en los productos intermedios, diglicéridos y monoglicéridos.

Antes de comenzar, se tiene que elegir cuál de las dos versiones del método de dos Etapas Base / Base se va a utilizar. Las versiones son la del 80/20 80/20 versión (más fácil) o el 80/20 90/10 versión, (originalmente usada por los académicos que desarrollaron el proceso de dos etapas). En estas dos versiones, la primera pareja de números indica el porcentaje del total de metanol para la primera etapa y el segundo par de números indica el porcentaje del total de catalizador para la primera y segunda etapa. La única diferencia entre las dos versiones es el porcentaje del total de catalizador colocado en cada una de las dos bombonas de metanol para preparar el metóxido.

El método de dos etapas base – base comienza un poco como un proceso de una sola etapa, excepto que se agrega metóxido en dos etapas, y se deja un tiempo intermedio para eliminar la capa de glicerina.

Proceso para la reacción:

- ✘ Calentar el aceite.
- ✘ Valorar el aceite.
- ✘ Medir el catalizador.
- ✘ Mezclar el metanol y el catalizador para ambas etapas.
- ✘ Asegurarse de que en la etapa 1 el catalizador este 100% disuelto.

Entonces:

- ✘ Añadir el 80% del metóxido.
- ✘ Poner en funcionamiento el reactor durante 1-2 horas.
- ✘ Justo antes de apagar la bomba, tomar una pequeña muestra. Observar con que rapidez ocurre la separación del glicerol con el biodiesel y además palpar si ha

reaccionado parcialmente. Una vez que se ha separado el glicerol, esperar varios minutos. Normalmente, el tiempo total necesario para la separación de glicerol es de 15 a 30 minutos.

- ✘ Drenar la capa de glicerina que se ha separado del reactor.
- ✘ El biodiesel separado de la capa de mezcla, volver a procesarlo en el reactor. Cerrar la válvula en la parte inferior del reactor y succionar el combustible mezclado con la glicerina haciendo uso de la bomba.
- ✘ Añadir el 20% restante del metóxido total.
- ✘ Poner en funcionamiento el reactor durante 1-3 horas más.
- ✘ Dejar en reposo durante la noche.
- ✘ Al día siguiente drenar el glicerol restante. (A menudo, entre el 20-25% del total de glicerol).
- ✘ Lavar y secar con cualquiera de los métodos existentes.

La variación en los tiempos de funcionamiento dependerá de la mezcla, temperatura, y el porcentaje de metanol utilizado. En torno al 18% de metanol, 1 hora por etapa es a menudo suficiente, aunque esto dependerá de su equipo y la temperatura de partida.

4.3.5.3. MÉTODO ÁCIDO-BASE DE DOS ETAPAS.

Con este método no hace falta ningún instrumento especial. Un termómetro resulta útil, pero no es imprescindible medir el pH, aunque sí recomendable. Al principio es bueno medirlo para asegurar un buen resultado, pero con suficiente experiencia puede conseguirse un buen resultado sin medir el pH.

Es un proceso de dos etapas, la primera ácida y la segunda alcalina. Se basa en la gran concentración de ácidos grasos libres (AGL) de los aceites de cocina usados, pero se puede usar con cualquier aceite o grasa, ya sea de origen animal o vegetal, aunque no contenga muchos AGL. Este proceso mejora enormemente el rendimiento de la reacción.



4.3.5.3.1. INTRODUCCIÓN.

Para producir biodiesel de forma eficiente a partir de aceites usados hay que evitar un gran problema: la formación de jabón. El jabón se forma durante la transesterificación alcalina catalizada (la reacción que forma el biodiesel) cuando los iones de sodio se combinan con los ácidos grasos libres. El jabón perjudica el rendimiento del proceso porque une a los metilésteres con el agua formando emulsión. Esos ésteres unidos al jabón se pierden en la fase de lavado; es más difícil separar el biodiesel del agua y se gasta más agua. El proceso aquí explicado centra la atención sobre los ácidos grasos libres.

En una de las primeras pruebas se mezclaron en iguales porcentajes aceite de cocina muy usado con manteca de cerdo. El resultado fue un producto puro que no tenía ni rastro de jabón. El biodiesel tenía buen aspecto y olía bien, como si lo hubiera hecho a partir de aceite nuevo.

Es un procedimiento sencillo. La primera etapa no es la transesterificación, sino la esterificación. El siguiente paso después de la esterificación es la transesterificación, pero en condiciones ácidas es mucho más lenta que en condiciones alcalinas y no se completa porque depende mucho más del equilibrio. La cantidad de metanol necesaria para que se completara la reacción encarecería mucho el precio del combustible, por eso es necesaria la etapa alcalina.

En la primera etapa se forma un compuesto a partir de un ácido y de un alcohol. El alcohol, como en otros procesos, es metanol, pero en vez de lejía (hidróxido de sodio) el catalizador es ácido sulfúrico ("ácido de batería"). El ácido debe tener una pureza del 95% (el de las baterías es de 50%). El ácido sulfúrico es uno de los productos químicos más comunes de la tierra, como la lejía. El ácido sulfúrico concentrado (a partir de 98%) es más caro; una pureza del 95% es suficiente. No se puede utilizar ningún otro ácido, tiene que ser sulfúrico. En la segunda etapa hace falta lejía, como de costumbre, pero sólo la mitad que en otros procesos.

El ión sulfato procedente del ácido sulfúrico se combina con el ión sodio procedente de la lejía en la segunda etapa para formar sulfato de sodio, que es una sal soluble en agua que se separa del biodiesel durante el lavado. En el biodiesel no queda nada de azufre.

4.3.5.3.2. MATERIALES.

Para este método no hace falta un reactor especial. Es mejor que el recipiente se pueda tapar y que tenga un desagüe en el fondo. Los recipientes altos y estrechos son mejores que los anchos de poca profundidad. Es mejor mezclar con una bomba que con un agitador mecánico. La bomba debe tomar el líquido del fondo y verterlo en la superficie. Para un reactor de 35 litros se pueden usar una bomba de lavadora de 100 W y un calentador de inmersión de lavadora de 1,5 kW para calentar la mezcla (el calentador debe estar recubierto de acero inoxidable). Se puede comprar un termostato para controlar la temperatura, o también se puede medir la temperatura con un termómetro.

Con el tiempo el ácido corroe el hierro y el acero común. A pesar de ello se puede utilizar un bidón típico de 200 litros (55 galones). La concentración del ácido en este proceso es muy pequeña. El bidón debería aguantar un año o más antes de que el deterioro sea preocupante. Sirve cualquier plástico que no se deforme a 100°C (212°F) de temperatura. También sirve el acero inoxidable. En los recipientes de plástico hay que usar calentadores de inmersión. Los de acero pueden ponerse sobre una llama de propano para calentar el aceite, pero hay que cambiar la llama por un calentador de inmersión antes de añadir el metanol.

4.3.5.3.3. EL PROCESO.

1. Filtrar el aceite.
2. Si el aceite contiene agua la reacción no se desarrolla correctamente. Hay dos formas de separar el agua:
 - a) Dejar que el agua se deposite en el fondo: Este método ahorra energía. Se calienta el aceite hasta 60° C (140° F), se mantiene la temperatura durante 15 minutos y se deja reposar por lo menos 24 horas. No utilizar más del 90% del contenido del recipiente porque el 10% que queda en el fondo es agua.
 - b) Evaporar el agua: Este método no es recomendable porque hace falta más energía y se forman más ácidos grasos libres. Calentar el aceite hasta 100° C



(212° F). El calor hace que el agua se hunda hasta el fondo. Drenar el agua del fondo para evitar las burbujas de vapor, que luego estallan y salpican. Mantener la temperatura hasta que dejen de formarse burbujas.

Primera etapa:

3. Medir el volumen de aceite y grasas a procesar (preferiblemente en litros).
4. Calentar el aceite hasta 35° C (95° F); asegurarse de que las grasas sólidas se fundan y se mezclen con el aceite.
5. Metanol: Solo sirve si tiene una pureza del 99% o más. La cantidad debe ser de 0,08 litros de metanol por cada litro de aceite/grasas (8% en volumen). Poner el metanol con el aceite caliente.
6. Batir durante cinco minutos. La mezcla se volverá turbia porque el metanol es una sustancia polar y el aceite es apolar. Se forma una emulsión.
7. Por cada litro de aceite añadir 1 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) con una concentración del 95%. Se puede usar un cuentagotas graduado, una jeringa graduada o una pipeta.
8. Mezclar despacio y con cuidado, sin salpicar y manteniendo la temperatura a 35° C. La velocidad del agitador no debe sobrepasar las 500 ó 600 rpm. La velocidad exacta no importa, lo importante es que no salpique.
9. Mantener la temperatura a 35° C durante una hora y luego dejar de calentar, pero no de agitar.
10. Continuar agitando durante otra hora (dos horas en total, durante la primera hora se calienta y se agita, durante la segunda sólo se agita). Dejar que repose toda la noche (mínimo ocho horas).
11. Mientras tanto preparar el metóxido de sodio: medir 0,12 litros de metanol por cada litro de aceite/grasas (12% en volumen) y 3,1 gramos de NaOH (hidróxido de sodio) por



cada litro de aceite/grasas (3,5 gramos si existen dudas de la pureza del NaOH). Colocar el NaOH en el metanol y revolver hasta que se disuelva completamente.

NOTA: Este proceso necesita sólo la mitad de la cantidad normal de lejía porque hay menos grasas que transesterificar. Se debe usar NaOH con una pureza del 99% o más. Después de abrir el bote de la lejía cerrarlo lo antes posible para que no absorba humedad. Medir la cantidad con cuidado; un exceso de lejía complicará el proceso de lavado.

12. Después de ocho horas de reposo, o la mañana siguiente, verter la mitad del metóxido en la mezcla y agitar durante cinco minutos. Esto neutraliza el ácido sulfúrico y ayuda a que se produzca la catálisis alcalina. Si se ha utilizado grasa sólida, probablemente se haya solidificado durante el reposo; primero habrá que derretirla un poco.

Ahora se puede continuar con el proceso normal en la segunda etapa.

Segunda etapa:

Esta es la etapa alcalina.

13. Calentar la mezcla hasta 55° C y mantener esta temperatura hasta el final.

14. Añadir el resto del metóxido de sodio y agitar despacio como antes, no más de 500 ó 600 rpm.

15. Opcional: Si el reactor lo permite, empezar a sacar la glicerina del fondo 20 ó 25 minutos después del comienzo de la etapa alcalina. Si es necesario dejar de batir durante unos minutos para que la glicerina se hunda. Drenar cada diez minutos.

16. En todos los casos: Tomar muestras cada cierto tiempo en un recipiente de cristal de 1" ó 1,5" de diámetro. El color de la muestra debe ser amarillo pajizo, que es el color del biodiesel. La glicerina (marrón y viscosa) se hundirá hasta el fondo del recipiente. Cuando tenga ese color (suele tardar entre 1,5 y 2,5 horas) dejar de calentar y de batir. Para ver el color, en vez de tomar muestras se puede poner un tubo transparente en la salida de la bomba.

17. Dejar que repose durante una hora.

18. Opcional: para que el lavado sea más fácil sacar la glicerina, medir el 25% del total de glicerina (el total incluye la que se saco antes si se siguió el paso 15) y mezclar ese 25% con 10 ml de ácido fosfórico al 10% (H_3PO_4) por cada litro de aceite procesado. La mezcla puede hacerse con una cuchara de madera en un recipiente de plástico. Echar la glicerina acidificada en el reactor y remover durante veinte minutos, sin calentar. Dejar que sedimente al menos seis horas y luego sacar toda la glicerina.

TERMINADO. En la etapa ácida los ácidos grasos libres son esterificados y algunos triglicéridos son transesterificados. En la etapa alcalina sólo hay transesterificación, pero es mucho más rápida y completa.¹²

4.3.6. MÉTODOS DE LAVADO DEL BIODIESEL.

4.3.6.1. LAVADO CON NIEBLA.

El lavado con niebla consiste en rociar una nube de gotitas minúsculas que caen sobre la superficie sin perturbar el líquido y lo atraviesan arrastrando al fondo las impurezas. Este método funciona, por lo menos lava el biodiesel, aunque es lento y necesita mucha agua, que no suele reutilizarse.

4.3.6.2. LAVADO CON BURBUJAS.

El lavado con burbujas fue desarrollado en la Universidad de Idaho y es popular entre los productores caseros. Hace falta una pequeña bomba de aire (suele utilizarse las de acuario) y una piedra difusora. Se ponen agua y biodiesel en el tanque de lavado. Tiene que haber entre 1/4 y 1/2 más de agua que de biodiesel. El agua está en el fondo, donde se encuentra la piedra difusora, y el combustible flota encima. Las burbujas de aire

¹² Kac, A. 2001, El ácido graso libre convertido en éster. La manera segura de hacer Biodiesel. Journey to Forever. [En línea]. [http://www.journeytoforever.org/biodiesel_aleksnew.html], [15 de Agosto del 2009]

(mejor que sean muchas y muy pequeñas) suben atravesando primero el agua y luego el biodiesel. Cada gota queda cubierta por una fina película de agua y la eleva a través del biodiesel, lavándolo por el camino. Cuando la burbuja estalla en la superficie deja caer la gotita de agua que la acompañaba, que vuelve al fondo atravesando de nuevo el biodiesel y lavándolo más.

Para que quede bien limpio hacen falta tres o cuatro lavados consecutivos de entre seis y ocho horas de duración cada uno (el primero suele ser más corto), con un reposo intermedio de al menos una hora entre lavado y lavado, aunque algunos lo dejan reposar mucho más. Después del reposo el agua se saca por un desagüe del fondo para sustituirla por agua limpia. Al final del último lavado el agua debe estar cristalina, con pH 7 aproximadamente.¹³

Algunas piedras difusoras baratas se desmenuzan por culpa del biodiesel, especialmente las de color azul. Las cerámicas son mejores y duran indefinidamente.

Ventajas del lavado con burbujas: es fácil, funciona y no da preocupaciones; solo se necesita de agua, encender la bomba y luego volver más tarde.

Inconvenientes: tarda mucho. Hay formas mejores y más rápidas. También oxida el combustible.

El lavado con burbujas es delicado y puede ocultar una reacción incompleta, que se haría evidente agitando la mezcla. Siempre es bueno hacer una prueba antes de lavar.

Otro problema es que el lavado con burbujas oxida el combustible. Cada aceite tiene sus características. Algunos son aceites secantes, como el de linaza, que se usa en pinturas. Cuando se seca se polimeriza y forma un sólido parecido al plástico. Con las altas temperaturas que hay en los motores de combustión interna la polimerización se acelera. Ocurre cuando el oxígeno atmosférico rompe los enlaces dobles de los aceites insaturados.

¹³ LAROSA, Rodolfo; Procesos para la producción de biodiesel. Glaris Spa Co. Milán, Italia.

Todos sabemos lo que hace una bomba para acuario: bombea oxígeno en el agua; en el lavado con burbujas bombea oxígeno en el biodiesel.

No sólo afecta a los aceites secantes, también a los semisecantes, muchos de los cuales se emplean como materia prima para el biodiesel.

Los aceites saturados no se polimerizan, los insaturados sí. El grado de insaturación se llama índice de iodo. El aceite de linaza, el de tung, y algunos aceites de pescado tienen el índice de iodo entre 170 y 185. El aceite de coco tiene un índice de iodo de diez.

La conversión de los aceites insaturados en biodiesel reduce la polimerización, pero no la evita.

El estándar europeo para biodiesel de 2003 (EN 1421), que ha sido imitado por Australia, y pronto por Japón, establece un límite máximo para el índice de iodo y para la estabilidad de oxidación. El límite para el índice de iodo es 120, que excluye a la soja y al girasol como fuentes de aceite para producir biodiesel, pero permite el aceite de colza, la oleaginosa más cultivada en Europa. La más cultivada en EE.UU. es la soja. El estándar norteamericano (ASTM D-6751) no establece límites para el índice de iodo ni para la oxidación. Al utilizar aceites con bajo índice de iodo, el biodiesel oxidado puede formar polímeros y dañar los motores.

El lavado con burbujas produce oxidación. Se han encontrado resultados de análisis hechos en Europa. El biodiesel casero analizado superó todos los requerimientos de los estándares menos el nivel de estabilidad de oxidación.

4.3.6.3. LAVADO POR AGITACIÓN.

Este método sustituye a los métodos anteriores ya que se ha demostrado que es un método eficaz, pero antes de empezar a lavar siempre hay que asegurarse que la reacción se haya completado, porque se formaría emulsión y no se podría reprocesarlo. Antes de lavar se debe hacer una prueba mezclándolo con agua en un bote de cristal bien cerrado para ver si luego se separan bien.



El método por agitación se lo realiza de la siguiente manera:

- a. Mezclar el biodiesel con agua, la cantidad de agua recomendada es de 1/3 del volumen total de biodiesel, regularmente el tiempo de mezcla es de 5 a 10 minutos.
- b. Dejar que repose durante una hora.
- c. Separar el biodiesel del agua y repetir los pasos **a**, **b** y **c** otras dos veces.
- d. Dejar que se seque en un recipiente abierto bien ventilado. La poca agua que aún queda tiene que evaporarse. También se puede calentar hasta 48°C para que se seque con más facilidad.

Para obtener un mejor resultado se le agrega al agua 2ml de ácido fosfórico al 10% (H₃PO₄) por cada litro de agua de lavado.

La mayoría de la gente evita mezclar mecánicamente el combustible y el agua en la etapa de lavado pensando que se formará una emulsión. Y es cierto que se formará si se intenta lavar 'combustible' que no ha terminado de reaccionar.

Ventajas del lavado por agitación: Es rápido y efectivo, no oculta las reacciones incompletas y no oxida el combustible.

Inconvenientes: No tiene inconvenientes si se hace todo bien desde el principio. Algunos principiantes tienen dificultad con esto, todo parece ir bien hasta que empieza el lavado y llegan los problemas; se forma espuma, o se convierte en una emulsión que no puede separarse. Para que todo el proceso resulte hay que asegurarse que la valoración y las medidas son correctas, se debe ser meticuloso, comprobar que los productos sean de buena calidad y que se encuentren en buenas condiciones, de que se añada el suficiente metanol, que la temperatura sea correcta y el tiempo de agitación suficiente; tomando en cuenta todos estos puntos se obtendrá un biodiesel de buena calidad.

4.3.7. PRUEBA DE CALIDAD.

Esta es la mejor prueba de calidad: se debe mezclar en un bote 150 ml de biodiesel sin lavar (separado de la glicerina, después de doce horas de reposo) con 150 ml de agua. Luego poner la tapa y agitar vigorosamente durante diez segundos. Dejar que repose. En media hora, o menos, debe quedar encima el biodiesel cristalino, y debajo agua lechosa. Si el combustible es de buena calidad la separación es rápida y todas las impurezas quedan en el agua. Si supera esta prueba se lo puede lavar y usar con toda tranquilidad.

Pero si no se separa y forma una emulsión (con el aspecto de la mayonesa), o se separa muy despacio, con una fina capa blanca entre la capa de biodiesel y la de agua, no es combustible de buena calidad. Puede que se pusiera demasiada lejía, que forma jabón, o puede que no se completara la reacción y quedaran monoglicéridos y diglicéridos (para lo cual se debe hacer mejor la valoración, poner más metanol, agitar mejor, dejar que reaccione durante más tiempo, controlar mejor la temperatura).

Es muy difícil lavar el combustible de mala calidad. Por mucho que se lave seguirá siendo mal combustible mezclado con contaminantes perjudiciales para el motor.

Entre el agua y el biodiesel suele quedar una emulsión del grosor de una hoja de papel. Si esa capa intermedia es más gruesa, el lote debe ser reprocesado como si fuera aceite nuevo. Para lo cual se utiliza 3,5 gr de lejía y 100 ml de metanol por cada litro de aceite.

Es recomendable repetir la prueba después de lavarlo para comprobar que ha quedado bien limpio. Debe separarse limpiamente del agua después de unos minutos.

4.4. EXPERIENCIAS DE LA UTILIZACIÓN DE REACTORES PARA PRODUCIR BODIESEL.

El biodiesel se puede producir en cualquier mecanismo, desde una botella pequeña de 2 litros hasta en un reactor elaborado completo con los tanques separados para procesar, lavar, y mezclar el metóxido, colocar, y filtrarse. Existen varios tipos de equipos para la producción de biodiesel, aquí describiremos los que más han llamado nuestra atención.

4.4.1. REACTOR DE JOURNEY TO FOREVER PARA LOTES DE 60 LITROS.

La Journey to Forever ha construido artesanalmente un reactor barato, simple, seguro, y muy efectivo. Sirve para producir biodiesel de buena calidad. Está formado por cuatro depósitos de 90 litros procedentes de calentadores de agua. Sirve cualquier depósito parecido con tapa hermética y desmontable.



GRÁFICA 8. Reactor artesanal construido con material reciclado.

Empezando por la derecha: primer tanque de lavado, reactor, tanque de almacenamiento, segundo tanque de lavado. El tanque de almacenamiento y el segundo tanque de lavado son opcionales, sirven para doblar la capacidad de producción.

Abajo a la derecha: el metóxido es trasvasado del bidón de plástico al reactor con aire comprimido de una pequeña bomba de acuario, sin derrames ni desprendimiento de gases. La tapa del reactor es hermética y está sujeta por ocho cerrojos de palanca.

La bomba azul es una bomba de agua de 1" con un caudal de 2.000 litros/hora aproximadamente. En la salida de la bomba hay una reducción de 1" a 3/4" para que encajen las válvulas, lo que reduce el caudal, aunque sigue siendo suficiente para lotes de 60 litros, y hasta 100 litros. Para lotes mayores de 100 litros los tubos y válvulas deben ser de 1". Si el reactor es mucho mayor de 100 litros hay que cambiar la bomba

por otra mayor. Si no hay suficiente caudal el proceso tarda mucho en completarse, si es que se completa, y luego hay problemas en el lavado porque el combustible es de mala calidad.

La bomba lo mezcla todo durante la reacción, y al final bombea el biodiesel al depósito de almacenamiento.

Se lo puede construir todo con piezas normales de fontanería y tubo flexible de PVC reforzado (trenzado). Se colocan juntas de plástico en las bocas de entrada del reactor y de los otros depósitos, de forma que el tubo puede encajarse y desencajarse fácilmente. Otras juntas están hechas con tubo de acero de 3/4" con un extremo roscado y abrazaderas de acero para sujetar el otro extremo a la manguera de PVC.

En este reactor el mayor gasto realizado fue el de la bomba. Casi todas las demás piezas proceden de una chatarrería, incluidas las doce válvulas.

4.4.2. REACTORES BD2 PARA ELABORACIÓN DE BIODIESEL.

4.4.2.1. ANTECEDENTES.

Los reactores BD2 han sido diseñados con la finalidad específica de transesterificar aceites vegetales en forma sencilla y a bajo costo, tanto operativo como de inversión.

Para ello se utiliza el proceso base/base, optimizado mediante el uso de presión, alta temperatura, y un mezclador on-line de gran turbulencia.

4.4.2.2. DESCRIPCIÓN.

Los reactores BD2 son presurizados, con calefacción eléctrica, y utilizan tecnología de mezclado con alta velocidad. Están dotados de aislación en fibra de vidrio, mas regulación automática de presión y temperatura de proceso.

La construcción es en acero inoxidable 304. Los elementos utilizados son de fácil obtención en todo el mundo; la filosofía de diseño fue la de adoptar criterios

universales en cuanto a materiales y componentes. La construcción cumple con las normas DIN y ASTM para seguridad industrial, y ambiental.

Las plantas BD2 no generan efluentes. Están venteadas para evacuar los vapores de alcohol que pudieran generarse durante el llenado.

El tablero de control es estanco; el cableado eléctrico está entubado. Todos los circuitos eléctricos tienen protección propia adicional a la protección general del tablero.

4.4.2.3. COMPONENTES E INSTRUMENTACIÓN.

El sistema de llenado está provisto de dos entradas independientes que se conectan a la provisión de alcohol y aceite. El nivel es controlado visualmente. Las salidas se conectan a recipientes para glicerol y biodiesel. Para este último, se incluye un filtro de 5 micrones.

La temperatura de reacción se regula desde el tablero; para ello se provee un termostato y un termómetro analógico para control. Los controles de temperatura son de tipo capilar, lo que asegura la confiabilidad de los mismos.

La presión de reacción se fija mediante un regulador incorporado en la entrada de aire comprimido. Incluye además un manómetro analógico para control y válvula de seguridad.

4.4.2.4. OPERACIÓN.

Se aspira el alcohol y se inicia el mezclado. A continuación se vierte el álcali granulado por una entrada en la parte superior. Finalmente se incorpora el aceite mediante la bomba externa provista con el equipo. Se cierra el venteo y se presuriza (0,7 bar) el reactor, habilitando inmediatamente el temporizado y el circuito de calefacción.

Cuando se completa el tiempo de mezclado, se desactiva el circuito de calefacción, y manteniendo la presión, se espera el tiempo necesario para que ocurra la separación por decantación del glicerol y el biodiesel.

Aprovechando la presión del reactor, se expulsa primero el glicerol y a continuación se extrae el biodiesel pasándolo por el filtro de cinco micrones antes de almacenarlo. El biodiesel filtrado que se obtiene está listo para ser usado de inmediato, no requiriendo proceso posterior alguno. Cada ciclo se completa en 10-11 horas, pudiéndose efectuar entonces dos mezclas diarias.

El biodiesel que se obtiene puede cumplir con las normas ASTM y DIN-E.



GRÁFICA 9. Reactor BD2.

4.4.2.5. ESPECIFICACIONES BD2.

En la Tabla 2. Se muestran las especificaciones del reactor BD2.

Ancho	800 mm
Profundidad	860 mm
Altura	1845 mm
Peso	125 kg
Motor bomba mezcladora	1 hp
Motor bomba de aceite	½ hp
Termoresistencias	6 kw
Capacidad total	275 l

Capacidad de proceso	240 l
Capacidad de Biodiesel	200 l
Capacidad de Glicerol	40 l
Potencia requerida	10 hp
Consumo eléctrico por mezcla	6-7 kwh
Color	gris y rojo

TABLA 2. Especificaciones técnicas del reactor BD2.

4.4.3. REACTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL TOTALMENTE AUTOMATIZADO.

Este equipo es capaz de elaborar biodiesel sin la necesidad de operario en forma continua. El equipo está desarrollado con tecnología SIEMENS y el proceso controlado bajo normas de calidad ASTM.

La planta tiene capacidades de producción variables acorde a las necesidades del cliente. Están construidas sobre una estructura que permite al fácil traslado de la misma a cualquier punto del país.

Algunas materias primas con las que puede funcionar son: palma, canola/colza, tártago, soja, girasol, algodón, sebo vacuno, sebo porcino, grasa de pescado, grasa de pollo, aceite de frituras, aceite de algas, etc.



GRÁFICA 10. Reactor automatizado.

Existen diferentes tipos de reactores, que son construidos, algunos de forma artesanal con material reciclado y que se operan manualmente, otros se construyen en forma más técnica con componentes mecánicos y son maniobrados por personal capacitado. Además existen grandes plantas encaminadas a la producción de biodiesel que se encuentran en funcionamiento en países de la Comunidad Europea, en lo que corresponde a Sudamérica los países de Argentina y Paraguay tienen un amplio estudio sobre la tecnología y producción de biodiesel.

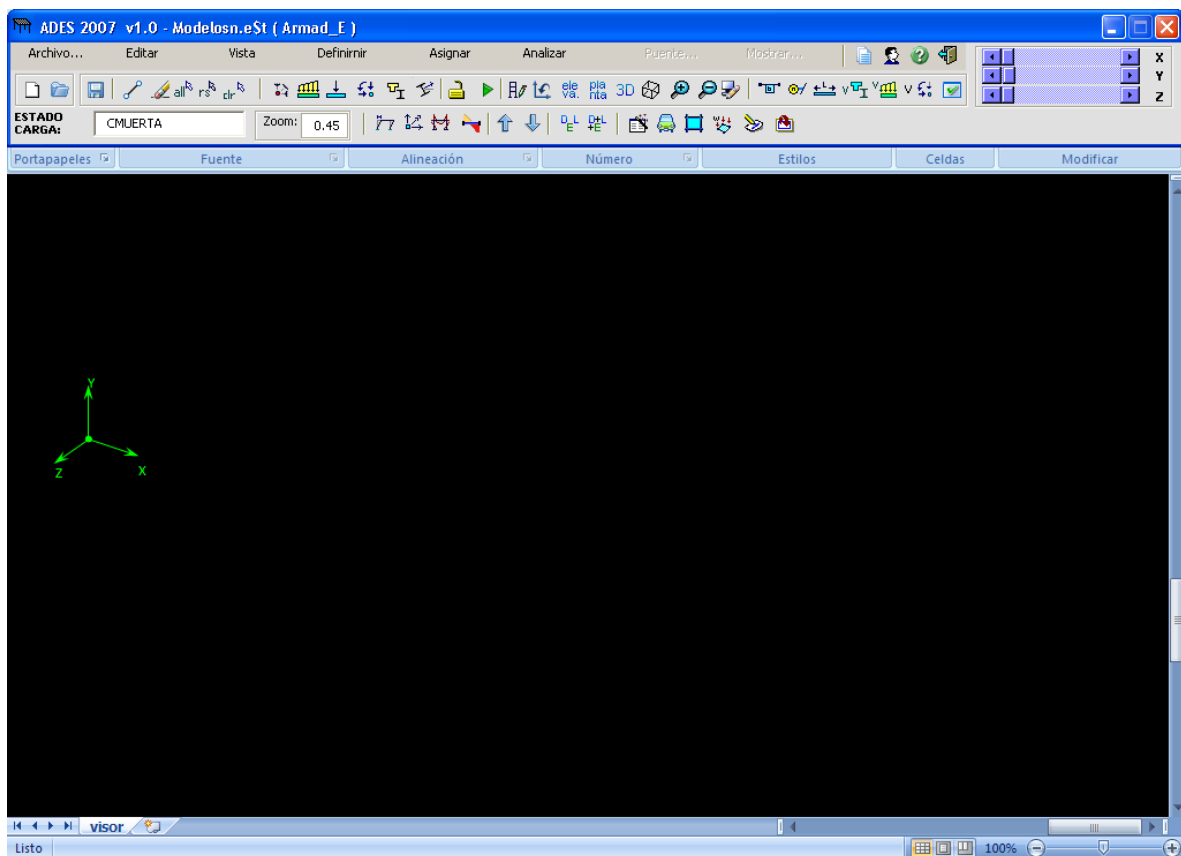
El reactor que es objeto de estudio del presente proyecto será construido en base a los modelos existentes pero de una forma más técnica ya que emplearemos diseños mecánicos y automatización lo cual nos permitirá realizar el proceso más eficaz y eficiente y con mejor calidad para garantizar la producción del biodiesel.

Además que la región sur del país no cuenta con esta tecnología, ya que nos encontramos en una sociedad considerada ecológica nuestro proyecto sería pionero en re-afianzar esa consideración.

4.5. SOFTWARE DE DISEÑO ESTRUCTURAL.

4.5.1. ADES 2007.

ADES 2007, es un software en el cual se puede efectuar el cálculo de estructuras, pórticos, armaduras, parrillas, etc. en dos y tres dimensiones con lo cual se ahorra tiempo a la hora de definir materiales, secciones, estados de carga, etc., por lo tanto se puede modelar estructuras más rápidamente. Además con la utilización de este software el análisis de estructuras de gran complejidad se vuelve más rápido, fácil y confiable, y a la vez que nos ayuda a comprender de cómo se comportan las estructuras bajo diversos estados de cargas y condiciones.



GRÁFICA 11. Ventana de inicio de ADES 2007.

El método de cálculo que utiliza el programa es **El Método de la Rigidez** (también llamados método del desplazamiento). Este método es aplicable generalmente a todos

los tipos de estructura, incluyendo aquellos formados de vigas, columnas, placas, cascarones y otros elementos estructurales. Sin embargo, todas las estructuras que se analizan son reticulares. Las estructuras reticulares son probablemente las más comúnmente encontradas en la práctica de la ingeniería y proporcionan ejemplos excelentes con los cuales ilustrar las ideas básicas del método de la rigidez. La formulación del método se hace mediante álgebra matricial. La expresión del método en términos matriciales permite una generalización inmediata a estructuras muy complicadas, y ésta es una de las ventajas principales de la notación matricial. También, el uso de matrices, plantea el problema en una forma ideal para programación en una computadora digital. El método de la rigidez puede organizarse hasta formar un procedimiento altamente sistematizado para el análisis de una estructura es por eso que este puede aplicarse a estructuras de cualquier grado de dificultad.

El método contempla los siguientes pasos:

- Estructura bien definida: donde se toma en cuenta tipo de estructura, posición de los nudos mediante coordenadas, tipo de nudos, tipo de miembros, posición tipo de apoyo.
- Definir las cargas: puede ser carga viva, carga muerta, carga de sismo, carga debido al viento, carga repartida o carga puntual (de superficie).
- Cambios de temperatura.
- Deformaciones previas.
- Desplazamientos de apoyo.

Los desplazamientos a considerarse pueden ser: Por flexión, por fuerza axial y por torsión.

Todas las cargas se consideran aplicadas a la estructura fija y se evalúan las diversas acciones en la estructura.

4.5.2. FASES QUE CONTEMPLA EL SOFTWARE.

4.5.2.1. ORDENAR LOS DATOS DE LA ESTRUCTURA.

La información que se refiere a la estructura debe ser ordenada y registrada. Esta información incluye:

- ✓ Número de miembros.
- ✓ Número de nudos.
- ✓ Número de grados de libertad.
- ✓ Propiedades elásticas del material.
- ✓ La localización de los nudos de la estructura está especificada por medio de coordenadas geométricas.
- ✓ Propiedades de las reacciones de cada miembro de la estructura (momento de inercia, área, torsión, factor de forma).
- ✓ Identificar condiciones de restricción de los apoyos.

4.5.2.2. GENERACIÓN E INVERSIÓN DE LA MATRIZ RIGIDEZ.

La matriz de rigidez (S) es una propiedad inherente de la estructura y está basada únicamente en los datos de la misma. Es independiente del tipo de carga aplicada.

La matriz S_j se obtiene sumando las contribuciones de las matrices individuales de rigidez de los miembros.

SJ.- Se llama matriz de rigidez de nudo total.

$$S_J = \begin{array}{|c|c|} \hline S_{DD} & S_{DR} \\ \hline S_{RD} & S_{RR} \\ \hline \end{array}$$



4.5.2.3. ORDENAR LOS DATOS DE CARGA.

Se debe tomar en cuenta:

- ✓ Determinar las cargas sobre miembros, para cada estado de carga por separado, las mismas que se obtienen indirectamente a partir de las acciones de empotramiento causadas por las cargas en los miembros.
- ✓ Determinar las cargas de nudos para cada estado de cargas por separado.

A.- Cargas en nudos.

AE.- Cargas en los miembros.

4.5.2.4. GENERACIÓN DE VECTORES ASOCIADOS CON CARGAS.

Las acciones de empotramiento debidas a cargas en los miembros se pueden convertir en cargas equivalentes de nudo. Estas cargas equivalentes de nudo se pueden sumar a las cargas reales para producir un problema en el que la estructura esta imaginariamente cargada tan solo en sus nudos.

4.5.2.5. CÁLCULO DE RESULTADOS.

En la fase final del análisis son calculados todos los desplazamientos de nudo, reacciones y acciones de extremo de miembro.

D.- Desplazamientos.

AM.- Acciones finales de extremo de barra.

AR.- Reacciones.

En esta fase hay también ciertas modificaciones al acercamiento previo. En particular, uno ejecuta el cálculo de las acciones de extremo de miembro, miembro por miembro, en vez de considerar la estructura como un todo. Tales cálculos requieren el uso de las matrices de rigidez de miembro.

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1. DISEÑO DEL REACTOR PARA ELABORACIÓN DE BIODIESEL.

5.1.1. ANTECEDENTES.

La transesterificación de los aceites vegetales con alcohol permite obtener GLICEROL, y alcoholes de ácidos grasos, comúnmente denominados BIODIESEL.

El reactor estará diseñado con la finalidad de transesterificar aceites vegetales en forma sencilla y a bajo costo, tanto operativo como de inversión.

Para ello se utilizará el proceso y el método que cuente con todos nuestros requerimientos así como utilizaremos los materiales y equipos que tengan las características más apropiadas para realizar el proceso de producción de biodiesel, optimizado mediante el uso de alta temperatura y mezclado de gran turbulencia.

5.1.2. MÉTODO Y PROCESO.

Para la elaboración del biodiesel utilizaremos el método alcalino de una sola etapa descrito en el capítulo 3, sección 3.3.5.1.

¿Por qué escogimos este método? La razón por la que escogimos este método es porque nos parece el más sencillo y el más exacto en cuanto a medidas se refiere, además según nuestras consultas en internet con organizaciones que tienen experiencia en la producción de biodiesel, hemos podido observar que este es el método más adecuado para principiar con la producción, una vez que se obtiene buenos resultados con este método se puede practicar con un método de dos etapas.

El proceso que utilizaremos es el Discontinuo que es uno de las variantes que posee el Proceso General de Transesterificación que está detallado en el capítulo 3, sección 3.3.1.

Seleccionamos este proceso porque es el más simple y apropiado para funcionar con cualquier método, ya sea este de una o de dos etapas, Además que este proceso utiliza

reactores que se apega a los requerimientos de nuestro diseño, como manejo de temperaturas y mezclado.

El método que utilizaremos para el lavado es el “método por agitación” (también descrito en el capítulo 3 en la sección 3.3.5.5.3.), porque es el más utilizado en todos los países que producen biodiesel los mismos que han verificado que este método es el más eficiente¹⁴.

5.1.3. DESCRIPCIÓN.

El reactor estará conformado por una red de tanques de diferentes dimensiones, con un sistema de bombeo y mezclado (bombas), con un sistema de calefacción eléctrica que usa como material la niquelina porque permite un mayor poder de conducción de calor, más regulación automática de temperatura del proceso por medio de termostatos. Los tanques estarán dotados de aislamiento en fibra de vidrio por ser el material que resulta más práctico para el aislamiento térmico.

Los elementos utilizados son de fácil obtención en el mercado local; para la filosofía de diseño hemos revisado todos los criterios universales en cuanto a materiales y componentes.

Todos los componentes del reactor serán montados sobre una estructura metálica.

El tablero de control es fijo; el cableado eléctrico será entubado. Todos los circuitos eléctricos tienen protección propia adicional a la protección general del tablero, además es opcional implementar un sistema de control automático que se lo realizaría por medio de un LOGO!.

¹⁴ Kac, A. 2001, El ácido graso libre convertido en éster. La manera segura de hacer Biodiesel. Journey to Forever. [En línea]. [http://www.journeytoforever.org/biodiesel_aleksnew.html], [15 de Agosto del 2009]

5.1.4. COMPONENTES E INSTRUMENTACIÓN.

La red contará con cinco tanques independientes, de los cuales los primeros tres estarán contruidos en acero inoxidable ANSI 304 de 1.2mm de espesor por lo que estos tanques estarán sometidos a calor y químicos; además el hidróxido de sodio reacciona con el aluminio, el cobre y el zinc, es por tal motivo que la Journey to Forever recomienda para el metóxido de sodio utilizar recipientes de vidrio, esmalte, acero inoxidable o HDPE (polietileno de gran densidad). Los otros dos ya no estarán sometidos a químicos ni calor, es por esta razón y por economía que se optó por utilizar un material que no se oxide y estarán contruidos en tol galvanizado de 1.2mm de espesor.

Los tanques serán denominados Tq1, Tq2, Tq3, Tq4 y Tq5; el primer tanque (Tq1) tendrá un sistema de calefacción eléctrica y estará provisto de dos salidas, una se la utilizará para drenar el aceite que no se utilizará y la otra salida se conectará a una bomba (B1). En el tanque dos (Tq2) tendremos un sistema de mezclado que se lo realizará con una bomba (B2), además esta servirá para transportar el fluido hacia el tanque tres.

El tanque tres (Tq3) estará provisto de un sistema de calefacción eléctrica y un sistema de mezclado similar al del tanque dos, el mismo que se lo realizará con una tercera bomba (B3), este tanque es el más importante ya que aquí se realiza el proceso en si (reacción), luego con la bomba (B3) se transportará el biodiesel obtenido hacia el tanque de lavado (Tq4), en este tanque tendremos otro sistema de mezclado similar a los anteriores, este constará con una bomba (B4), la misma que se encargará de la mezcla para efectuar la fase de lavado y de enviar el biodiesel al último tanque (Tq5), el cual cumplirá la función de almacenamiento.

El funcionamiento de los sistemas de calefacción, mezclado y transporte de los fluidos serán controlados desde el tablero de mando.

Todas las conexiones se harán con tubería PVC y controladas por válvulas independientes. Los instrumentos de protección serán para cada uno de los equipos.

5.1.5. SECUENCIA DEL PROCESO.

Para establecer la cantidad de biodiesel a producir nos basaremos en criterios como el consumo diario promedio de un motor a diesel que asumiremos por observación directa que rodea los 10 galones, que también establecernos un parámetro de producción a baja escala, que principalmente cubre las necesidades para experimentación y la existencia de la materia prima en el mercado local Existía el inconveniente de que no se sabía la cantidad de biodiesel a producir por que se pretendía producir una cantidad que no sea muy baja ni muy alta, es por tal razón que se definió el volumen del reactor y se resolvió el problema de poder producir una cantidad variable de biodiesel, de acuerdo a las necesidades y la disponibilidad de la materia prima; con lo cual el reactor tendrá una capacidad de 100 litros, en el mismo que se podrá producir desde los 20 hasta los 80 litros de biodiesel.

Primeramente se vierte en el Tq1 la cantidad de 100 litros de materia prima (aceites vegetales y/o grasas animales) previamente a este paso la materia prima es filtrada para quitar residuos de comida, debido a que es aceite ya usado. Ya en el Tq1 se enciende el sistema de calefacción hasta alcanzar la temperatura de 60°C y se la mantiene por un tiempo de 15 minutos gracias a la utilización del termostato, luego de haberse cumplido con este proceso se apaga el sistema de calefacción y se deja que repose el fluido, mínimo unas 24 horas, para lograr que el agua contenida en el aceite se deposite en el fondo, Posteriormente fuera del reactor se realiza el proceso llamado “valoración” que nos sirve para medir la acidez del aceite y así saber cuánto hidróxido de sodio es necesario para la transesterificación. En el Tq2 se colocan los químicos (metanol e hidróxido de sodio) y se procede a realizar la mezcla con la utilización de la B2 la cual succionará el fluido por la parte inferior del tanque y lo verterá por la parte superior para lo cual se abrirán las válvulas tres y cuatro (v3, v4), esto se lo hará por un tiempo de 15 minutos que será controlado con un temporizador, el producto químico obtenido se denomina metóxido de sodio. Para transportar el fluido del Tq1, se abre la v2 y se enciende la B1, la misma que transporta el 80 % del total del fluido hasta el Tq3, ya que el 20% del fluido sobrante no servirá para el proceso por lo que es una combinación de agua con aceite y será purgado por la parte inferior del tanque abriendo la v1, Ya con el aceite en este tanque se enciende el sistema de calefacción, hasta alcanzar una temperatura de 48 - 55°C, al mismo tiempo que, se abre la v6 y v7 y se enciende la B3



para mezclarlo. Una vez alcanzada esta temperatura se cierra la v4 y se abre la v5 para enviar el metóxido de sodio hacia el Tq3 con la utilización de la B2, este producto químico se mezclará con el aceite en proceso; y se seguirá mezclando por un tiempo de 50 o 60 minutos que se lo controlará con la utilización de un temporizador y un termostato para mantener la temperatura. En este proceso se obtendrá el Biodiesel acompañado de Glicerol, que después de haberse completado la reacción se los deja en reposo durante un periodo de 1 hora manteniendo la temperatura por encima de los 38°C con la finalidad de que el glicerol se mantenga semilíquido y poder extraer fácilmente. Seguidamente y con el glicerol en el fondo del tanque se cierra la v7 y se abre la v8 para extraerlo en un recipiente. Una vez extraído el glicerol se cierra la v8 y se abre la v9 para transportar el biodiesel hasta el Tq4 mediante la B3, lugar donde se dará paso al lavado, que se lo hará con agua en la cantidad de 1/3 del volumen total de biodiesel mezclada con 2ml de ácido fosfórico al 10% por cada litro de agua de lavado, para este proceso se abre la v10 y v11 y se enciende la B4 para realizar el proceso de lavado durante 10 minutos, después de lo cual se dejará en reposo durante 60 minutos. Una vez cumplido este tiempo se cierra la v11 y se abre la v12 para drenar el agua de lavado. Este proceso se lo efectuará mínimo de tres veces para conseguir el producto final que es el biodiesel propiamente dicho. Como último paso se cierra la v12 y se abre v13 para con el encendido de la B4, transportar el biodiesel hasta el Tq5 en donde se almacena el producto final.

Todas las válvulas del reactor deben estar cerradas al comienzo del proceso. El biodiesel que se obtiene debe apegarse a las normas ASTM y DIN-E.

NOTA: Todos las cantidades de volumen, tiempos de proceso y temperaturas están especificados por el método alcalino de una sola etapa (capítulo 3, sección 3.3.5.1) y el método de lavado por agitación (capítulo 3, sección 3.3.5.5.3).

5.1.6. DISEÑO DE LOS TANQUES.

Para el diseño de los tanques se tomo en cuenta los parámetros: capacidad de proceso y un dato adicional como el diámetro de los tanques que se estableció a partir de un criterio personal enfundado en experiencias de otros diseñadores que afirman que con tanques de forma delgada se obtendrá un mejor resultado en la mezcla y la reacción.



Para el cálculo de la longitud de los tanques se empleará la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * L \quad (1)$$

Donde:

V » Volumen [m^3]

D » Diámetro del tanque [m]

L » Longitud del tanque [m]

Como el volumen de los tanques está dado en litros se realiza una transformación mediante la utilización de una regla de tres para expresarlos en metros cúbicos y para esto tomaremos en cuenta que $1m^3$ equivale a 1000lt (ver anexo. Tablas de equivalencias).

$$1m^3 \rightarrow 1000lit$$

$$V \rightarrow \text{capacidad dada (lit)}$$

$$V = \frac{1m^3 * \text{capacidad dada (lit)}}{1000lit} \quad (2)$$

De la misma manera el diámetro está dada en pulgadas por lo que igualmente utilizaremos la regla de tres para transformar las unidades y dejarla expresada en metros, para esto tomaremos en cuenta que 1pulg equivale a 0.0254m (Ver anexo. Tablas de equivalencias)

$$0.0254m \rightarrow 1pulg$$

$$D \rightarrow \text{longitud dada (pulg)}$$

$$D = \frac{0.0254m * \text{longitud dada (plg)}}{1pulg} \quad (3)$$

5.1.7. DISEÑO DEL SISTEMA DE MEZCLADO Y BOMBEO.

Para bombear aceite y combustible existen en el mercado bombas adecuadas como las bombas de paletas que facilitan el transporte de estos fluidos, pero hemos decidido que para el sistema de mezclado y bombeo utilizar bombas centrífugas, que por su costo y por su utilización en varios reactores y por la mismas experiencias obtenidas por otros constructores, se nos hizo fácil optar por estas. Para comprobar si varía el funcionamiento de las bombas centrífugas al utilizar aceite de cocina, realizamos ensayos de bombeo en un banco de pruebas que reposa en las instalaciones de mantenimiento del Hospital Regional Isidro Ayora, con lo cual se pudo comprobar que la bomba no altera su funcionamiento al utilizar dicho fluido.

5.1.7.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LAS BOMBAS.

El cálculo de la potencia de las bombas se realiza en base a la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q * Hmt}{75 * \eta} * \gamma \quad (4)$$

Donde:

Q: Caudal [lt/seg]

Hmt: Altura manométrica [m.c.d.a.]

γ : Peso específico [Kg/lt]

η : Rendimiento que varía entre 0,7 y 0,8

P: Potencia [CV]

Altura manométrica de la bomba (presión manométrica).

Cálculo de la altura manométrica total (Hmt):



Hmt = Altura manométrica de aspiración (**Hma**) + Altura manométrica de elevación (**Hme**)

$$\mathbf{Hmt} = \mathbf{Hma} + \mathbf{Hme} \quad (5)$$

Donde:

Hma = Pérdidas por rozamiento en la cañería de aspiración + suma de las pérdidas de presión en cada conexión de la cañería de aspiración + la altura de aspiración (**h**).

$$\mathbf{Hma} = P_{Ra} + \sum \mathcal{E} + h \quad (6)$$

Hme = Pérdidas por rozamiento en la cañería de elevación + suma de pérdidas de presión en las conexiones de la cañería de elevación + altura de elevación (**H**).

$$\mathbf{Hme} = P_{Re} + \sum \mathcal{E} + H \quad (7)$$

Las pérdidas por rozamiento en cañerías se calculan con la siguiente fórmula:

La ecuación de Veronesse-Datei que se emplea fundamentalmente para tuberías de PVC.

$$P_R = 9.2 * 10^{-4} * \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) * L \quad (8)$$

Donde:

P_R: Pérdidas por rozamiento (m)

Q: Caudal (m³/s)

D: Diámetro interno de la tubería (m)

L: Longitud de la tubería (m)

5.1.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN.

El reactor constará de dos sistemas de calefacción independientes, los mismos que para sus cálculos partiremos del volumen a calentar y de las temperaturas establecidas por el método a utilizar y por la temperatura ambiente.

Primeramente realizaremos el cálculo de la masa y lo haremos mediante la siguiente ecuación:

$$m = V * \varphi \quad (9)$$

Donde:

m: Masa [kg]

V: Volumen del aceite a calentar [m³]

φ : Densidad del aceite [994 kg/m³]

Para el cálculo de la diferencia de temperatura lo haremos mediante la ecuación:

$$\Delta T = T1 - Tamb \quad (10)$$

Donde:

T1: Temperatura de la masa [°C]

Tamb: Temperatura ambiente [°C]

La cantidad de calor necesaria para aumentar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia,¹⁵ se la obtiene mediante la siguiente ecuación:

¹⁵ **Masa** es la propiedad intrínseca de un cuerpo, que mide su inercia; es decir, la resistencia del cuerpo a cambiar su movimiento. La masa no es lo mismo que el peso, Un principio fundamental de la física clásica es la ley de conservación de la masa, que afirma que la materia no puede crearse ni destruirse.



$$Q = m * c * \Delta T \quad (11)$$

Donde:

Q: Cantidad de calor [Kcal]

m: Masa [Kg]

c: Capacidad calorífica específica del aceite [0.475 Kcal/kg°C]

La constante **c** se denomina capacidad calorífica específica o, más comúnmente, calor específico y sólo depende del tipo de sustancia de que se trate, pero no de su cantidad.¹⁶

Para el cálculo de la potencia necesaria tomaremos en cuenta de que estará basado en un aparato térmico y de tipo de inmersión para la cual la fórmula a utilizar será:

$$Q = 860 * P * t * \eta \quad (12)$$

Donde:

P: Potencia ejercida [Kw]

t: Tiempo [h]

η: Coeficiente de rendimiento para un calentador de inmersión 0.95

El valor de 860 es un coeficiente de transformación para que la potencia quede expresada en vatios y no en Joule.

La energía eléctrica consumida viene expresada por:

$$W = P * t \quad (13)$$

¹⁶ **Calor específico** es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado. En el Sistema Internacional de unidades, el calor específico se expresa en julios por kilogramo y kelvin; en ocasiones también se expresa en calorías por gramo y grado centígrado.

Donde:

W: Energía eléctrica consumida [kwh].

Para la corriente consumida destacamos que el voltaje a utilizar será de 220 voltios ya que los calentadores son trifásicos y viene dada por la ecuación:

$$P = V * I \quad (14)$$

Donde:

V: Voltaje [v].

I: Corriente [A].

Para el cálculo de la resistencia eléctrica utilizaremos la ecuación:

$$R = \frac{V^2}{P} \quad (15)$$

Donde:

R: Resistencia eléctrica [Ω].

5.1.8.1. CÁLCULO DE LAS TEMPERATURAS EN LA SUPERFICIE DEL TANQUE.

Para calcular las temperaturas de las superficies de los tanques en donde se encuentran los sistemas de calefacción, haremos uso de la transferencia de calor en paredes cilíndricas tomando como datos una potencia mínima de disipación en cada tanque además de coeficientes de transferencia de calor por convección interna y externa, como el coeficiente de transferencia de calor por conducción del material que en este caso es el acero.

La ecuación general de transferencia de calor viene dada por:

$$\dot{q} = -K * A \frac{dt}{dx} \quad (16)$$

Integrando esta ecuación obtenemos:

$$\int_{x=0}^{x=L} \dot{q} dx = -k * A \int_{T_2}^{T_1} dt$$
$$\dot{q}x = -k * A(T_1 - T_2)$$
$$\dot{q} = \frac{k * A(T_2 - T_1)}{x} \quad (17)$$

De esta resulta la ecuación de la transferencia de calor para paredes cilíndricas:

$$\dot{q} = \frac{\Delta T}{Rt} \quad (18)$$

De donde:

\dot{q} : Flujo de calor mínimo [w].

ΔT : Diferencia de temperaturas [°C].

La resistencia térmica Rt puede ser por convección o por conducción.

Resistencia térmica por conducción:

$$Rt_{cond} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 * \pi * k * L} \quad (19)$$

De donde:

r_2 : Radio externo del cilindro [m].

r_1 : Radio interno del cilindro [m].

k : Coeficiente de conducción térmica del material acero [83 w/m°C].

L : Longitud del cilindro [m].

Resistencia térmica por convección:

$$Rt_{conv} = \frac{1}{2 * \pi * r * L * h} \quad (20)$$

De donde:

r: Radio del cilindro [m].

h: Coeficiente de convección térmica del ambiente [23 w/m²°C].

5.1.8.2. CÁLCULO DEL ESPESOR DEL MATERIAL AISLANTE.

El material aislante a ser considerado será la lana de vidrio ya que por sus características y propiedades permite que tenga un elevado punto de fusión y que sufra poca contracción y dilatación con los cambios de temperatura, además de que el vidrio es un mal conductor del calor y la electricidad, por lo que resulta práctico para el aislamiento térmico y eléctrico.

Para el cálculo del espesor del aislante se parte de la ecuación (17):

Donde su **Rt** será por conducción (18), quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$\dot{q} = \frac{\Delta T}{Rt_{cond}}$$

Reemplazando:

$$\dot{q} = \frac{\Delta T}{\frac{\ln(r_3/r_2)}{2 * \pi * k_{vid} * L}} \quad (21)$$

Donde:

ΔT : Diferencia de temperaturas entre el tanque y el material aislante [$^{\circ}\text{C}$].

r_3 : Radio del material aislante [m].

r_2 : Radio exterior del tanque [m].

k_{vid} : Coeficiente de conducción térmica de la fibra de vidrio [$0.0034 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$].

5.1.9. DISEÑO Y ANALISIS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

La estructura metálica será en donde va asentado todo el reactor con sus componentes tanto mecánicos como eléctricos; el diseño en si lo podemos ver en anexos en la parte de planos. El análisis estructural lo realizaremos mediante un software ADES 2007 el cual está descrito en el capítulo de Revisión de Literatura sección 4.5.1., este programa utiliza el Método de la Rigidez para realizar el cálculo de la estructura.

Las ecuaciones que utiliza el software para los desplazamientos del nudo, acciones de extremo de los miembros y reacciones son:

$$AD = ADL + SD \quad (22)$$

$$AR = ARL + ARD \times D \quad (23)$$

$$AM = AML + AMD \times D \quad (24)$$

Donde las acciones a determinarse son las siguientes:

AM.- Matriz de acciones finales en los extremos del miembro.

AR.- Matriz de reacciones en la estructura real.

AML.- Matriz de acciones de extremo en la estructura fija.

ARL.- Matriz de reacciones en la estructura fija.

AMD.- Matriz de acciones finales en los extremos el miembro correspondiente a desplazamientos unitarios de los desplazamientos desconocidos.



ARD.- Matriz de acciones correspondientes a las restricciones y debidas a desplazamientos unitarios de los desplazamientos desconocidos.

AD.- Matriz de acciones de la rigidez en la viga original correspondientes a los desplazamientos de nudo conocido.

ADL.- Matriz de acciones en la estructura fija correspondientes a los nudos desconocidos causados por las cargas (todas las cargas excepto aquellas correspondientes a desplazamientos de nudos desconocidos).

SD.- Matriz de rigidez correspondiente a los desplazamientos de nudos desconocidos.

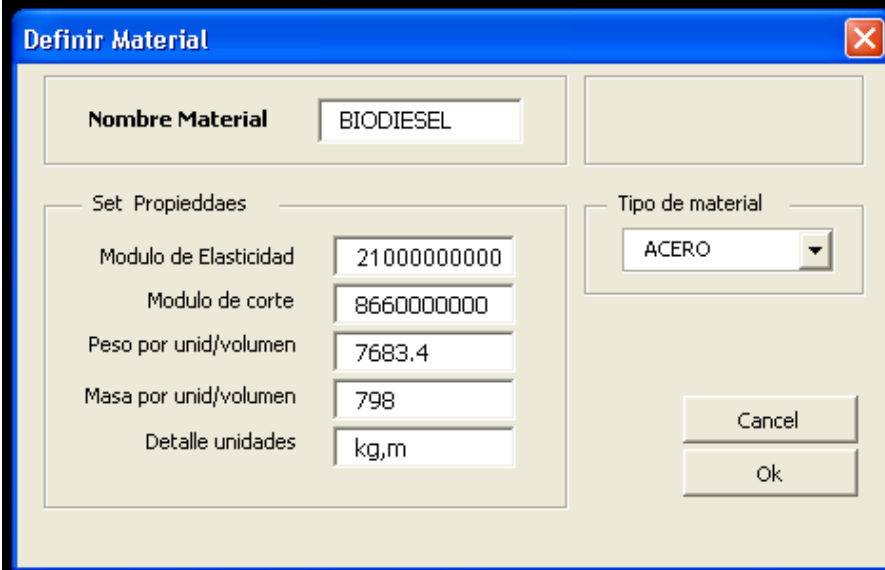
D.- Desplazamiento

En la primera de estas ecuaciones, el vector **AD** consiste de cargas correspondientes a los desplazamientos desconocidos **D**, el vector **ADL** está compuesto de acciones artificiales de restricción en la estructura fija correspondiente a los desplazamientos **D** y causadas por otras cargas que no sean las de **AD**, y la matriz de rigidez **S** corresponde a los desplazamientos **D**. En la segunda ecuación el vector **AM**; está formado por las acciones de extremo de los miembros en la estructura real, **AML**, es un vector de acciones de extremo de miembro en la estructura fija debidas a las cargas, y **AMD** es una matriz de acciones de extremo debidas a los valores unitarios de los desplazamientos de nudo. En la tercera ecuación, el vector **AR** representa las reacciones en los apoyos de la estructura real, **ARL** es el vector de las cantidades correspondientes en la estructura fija sujeta a las cargas, y **ARD** es una matriz de reacciones de apoyo debidas a los valores unitarios de los desplazamientos de nudo **D**.

Cuando se resuelven problemas a mano, uno puede generar las matrices en las ecuaciones de arriba en cualquier forma conveniente sin pérdida de eficiencia. Las ecuaciones son apropiadas para calcular ciertas acciones de extremo y reacciones de un miembro seleccionado en estructuras relativamente simples. Sin embargo, si la estructura por analizar es grande y complicada, no puede ser analizada a mano, porque los cálculos deben ser llevados a mano en una computadora digital. La diferencia está en el hecho de que cuando se usa una computadora se desea trabajar con todos los datos pertenecientes a la estructura desde el principio.

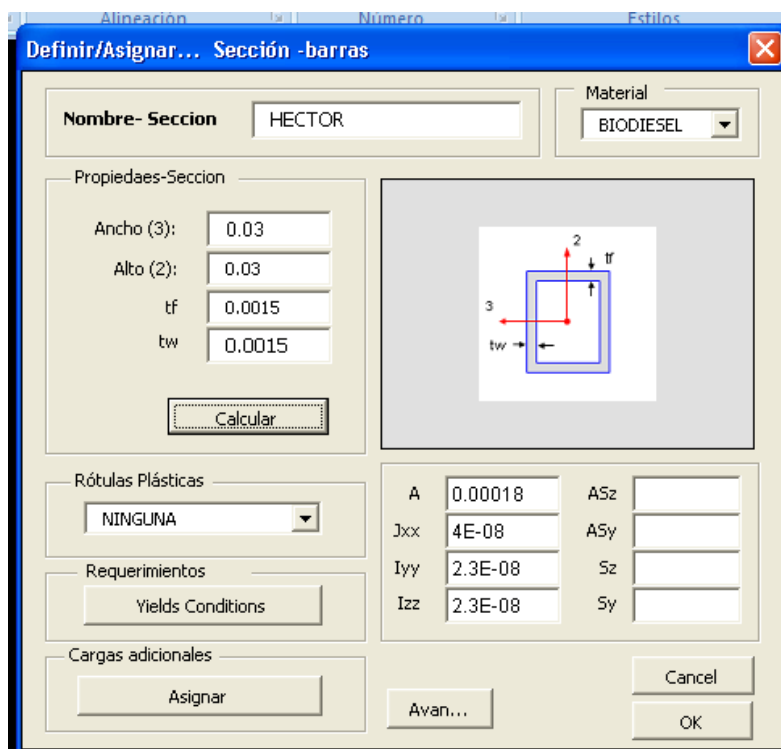
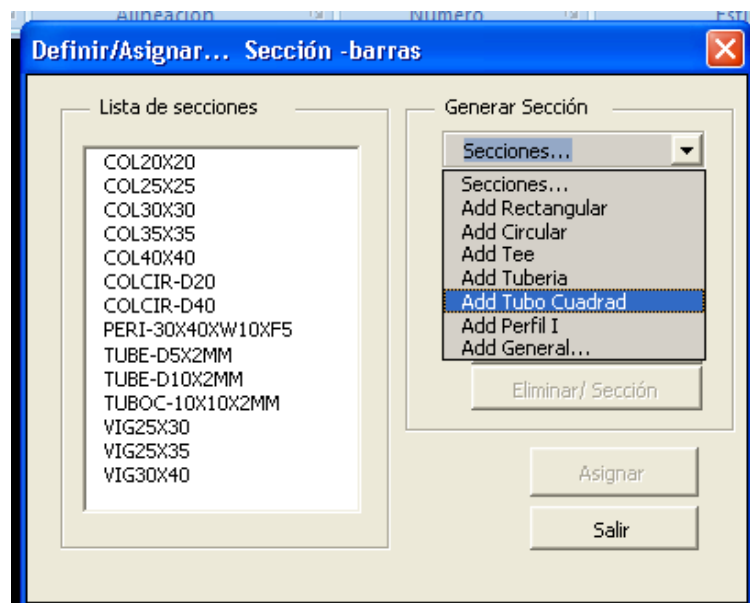
5.1.9.1. PASOS A SEGUIR PARA REALIZAR EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN EL PROGRAMA ADES 2007.

1. Definir el material: en esta ventana elegimos el tipo de material, en nuestro caso es acero, le colocamos un nombre y además de acuerdo al material elegido el programa establece las propiedades como son módulo de elasticidad, módulo de corte, peso por unidad de volumen, masa por unidad de volumen y además las unidades con las que se va analizar.



Definir Material	
Nombre Material	BIODIESEL
Set Propiedades	
Modulo de Elasticidad	21000000000
Modulo de corte	8660000000
Peso por unidad/volumen	7683,4
Masa por unidad/volumen	798
Detalle unidades	kg,m
Tipo de material	ACERO
Cancel	
Ok	

2. Definir – Propiedades de sección: aquí se ingresa los datos que corresponden a la perfilería que se va a utilizar en la construcción de la estructura en nuestro caso hemos pensado construirla con tubo estructural cuadrado de 1 ¼” x 1.5mm; y es entonces a este tubo al cual se le va realizar el análisis estructural. Se le coloca nombre a la sección y además ingresando sus propiedades se calcula el área del tubo, y los momentos de inercia en cada uno de los ejes xx, yy, zz.



3. Definir – Crear editar nudos: nudo se llama a cada unión soldada de la estructura y se establecen de acuerdo a las coordenadas geométricas que toman al desplazarse en el plano de los ejes xx , yy , zz , tomando como referencia un punto cero.

Definir/Editar Elementos...

Nudo

	X	Y	Z
48	2.353	1.7	-1.07

Eliminar_Punto Añadir Punto
Modicar Punto

Editar =

	X	Y	Z
1	0	0	0
2	0	0	-0.27
3	0	0	-1.07
4	0.53	0	-0.27
5	0.53	0	-0.8005
6	0.833	0	-0.27
7	0.833	0	-0.8005
8	1.363	0	-0.27
9	1.363	0	-0.8005
10	1.823	0	-0.27
11	1.823	0	-0.8005
12	2.353	0	-0.27
13	2.47	0	0
14	2.47	0	-1.07

OK

ADES 2007 v1.0 - armadura biodiesel.eSt (Armad_E)

Archivo... Editar Vista Definir Asignar Analizar Puente... Mostrar...

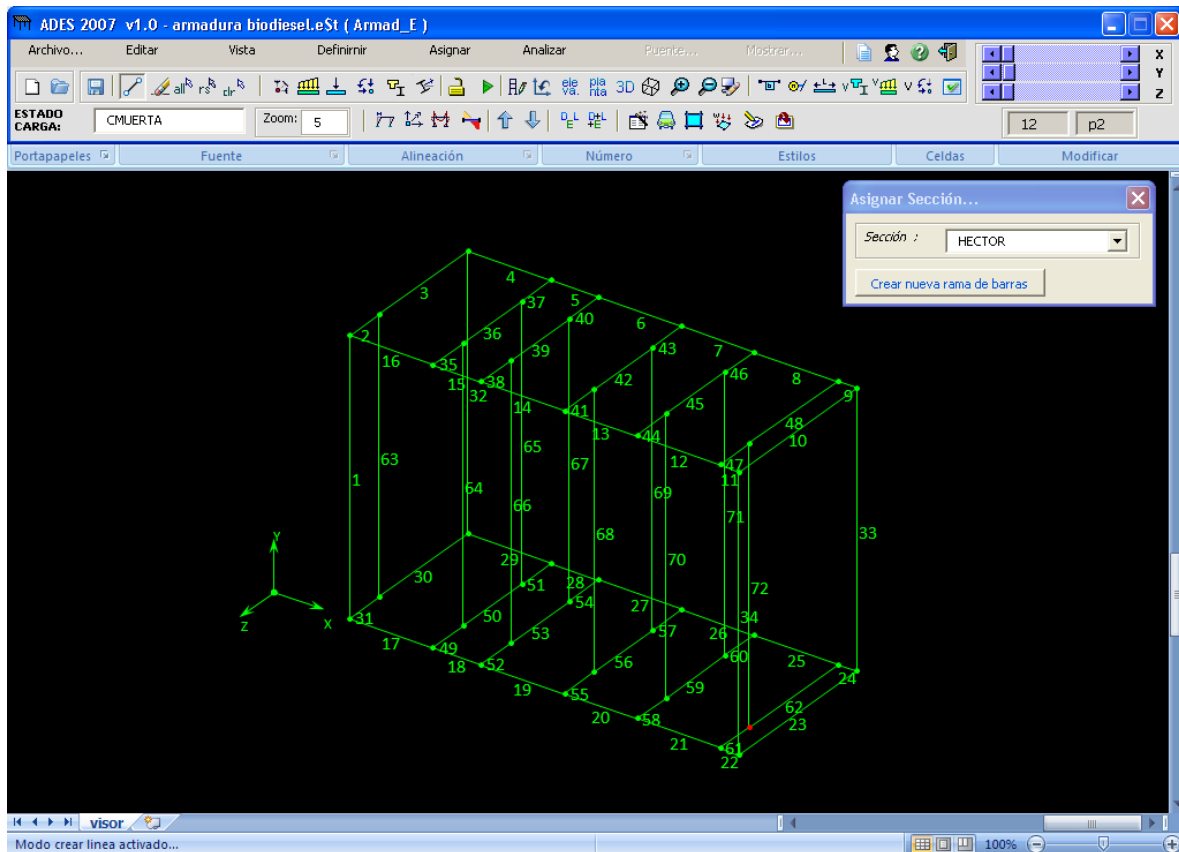
ESTADO CARGA: CMUERTA Zoom: 5

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

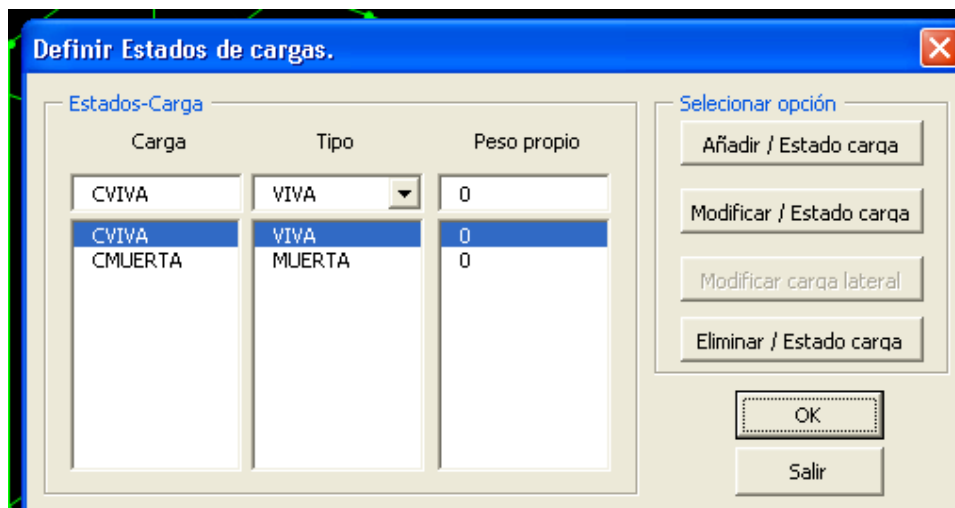
visor

Listo 100%

- Definir – Crear dibujar barras: se escoge el nombre de la sección que colocamos en el paso 2 y empezamos a unir cada uno de los nudos, con lo cual la estructura toma forma.

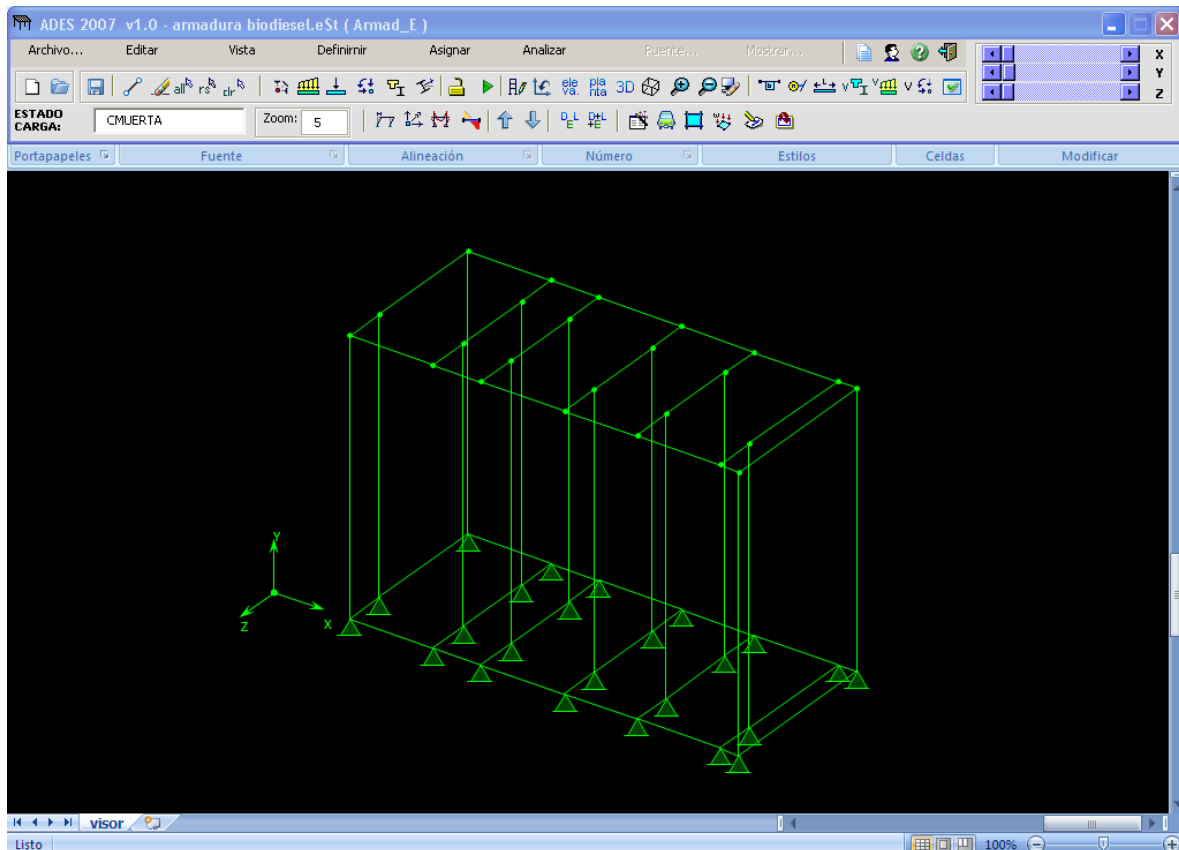


- Definir – Estados de carga: como describimos anteriormente existen diversos tipos de carga, en nuestro caso tenemos dos tipos de carga la una va ser carga viva; se considera carga viva a aquella que no es permanente producida por materiales o artículos en constante movimiento en nuestro caso los fluidos (aceite, químicos, biodiesel y agua) van a producir este tipo de carga ya que estarán en movimiento de un tanque a otro; otro de los tipos de carga que tomaremos en cuenta es carga muerta; carga muerta es aquella que se mantiene en constante magnitud y con una posición fija durante la vida útil de la estructura. Los tanques son quienes provocarán carga muerta en la estructura.

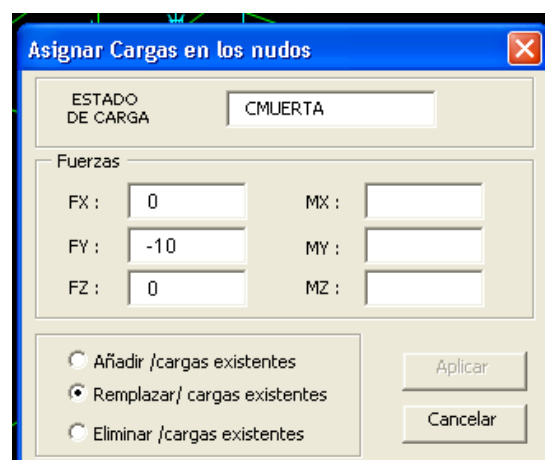
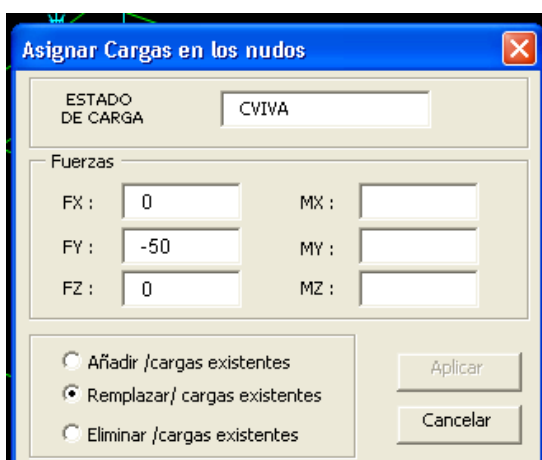


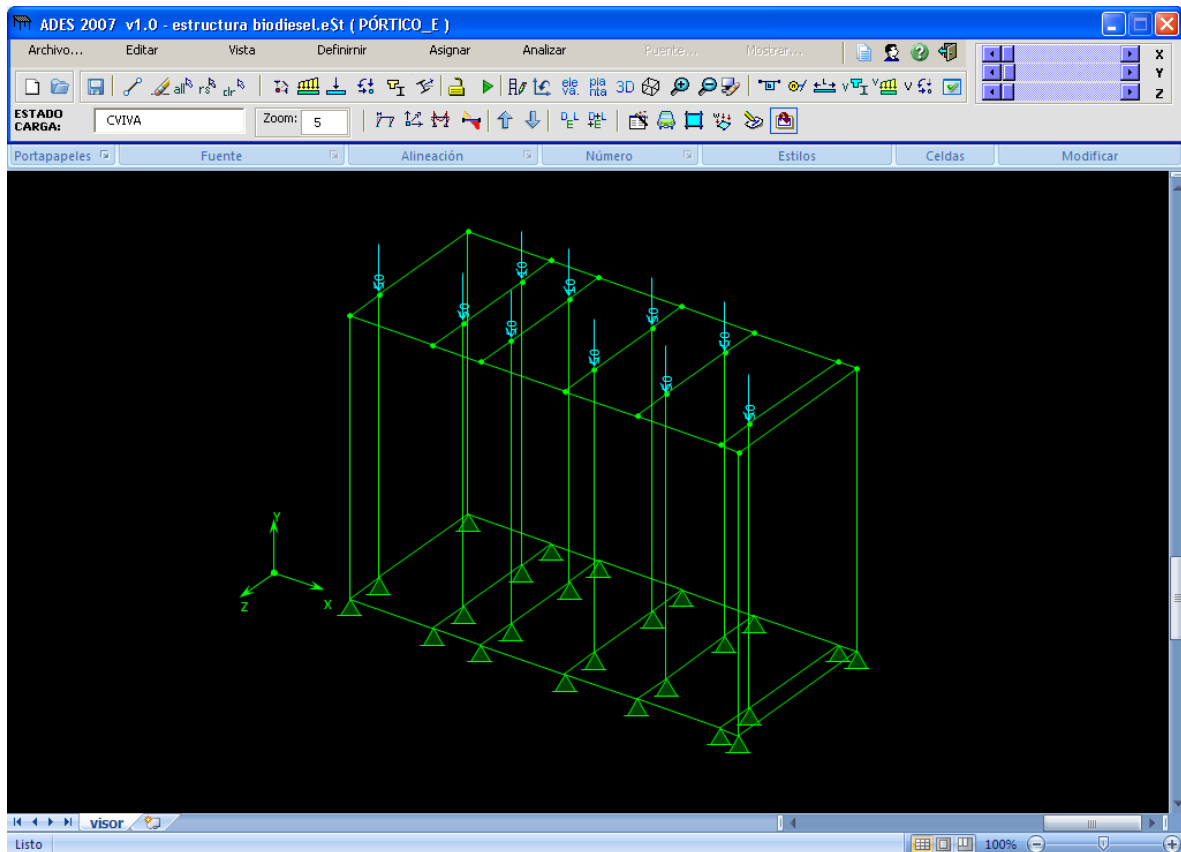
6. Asignar – Apoyos (restricciones): escogemos el apoyo articulación y este pone restricciones de traslación en los tres ejes xx, yy, zz.



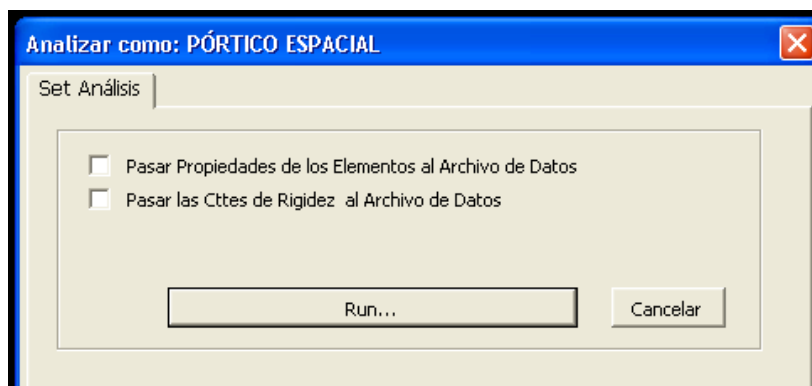


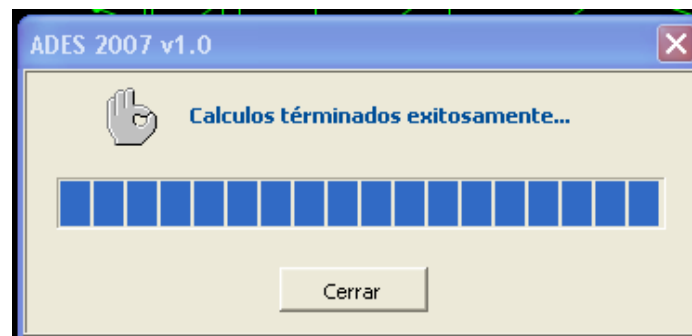
7. Asignar – Carga en nudos: en este paso se coloca las cargas en cada uno de los nudos en nuestro caso tenemos el peso del tanque mas el peso del aceite y los colocamos en los dos nudos donde van emperrados los tanques.





8. En la barra de herramientas damos click en Editar – actualizar archivo de datos y por último hacemos click en Calcular Estructura y luego click en Run.



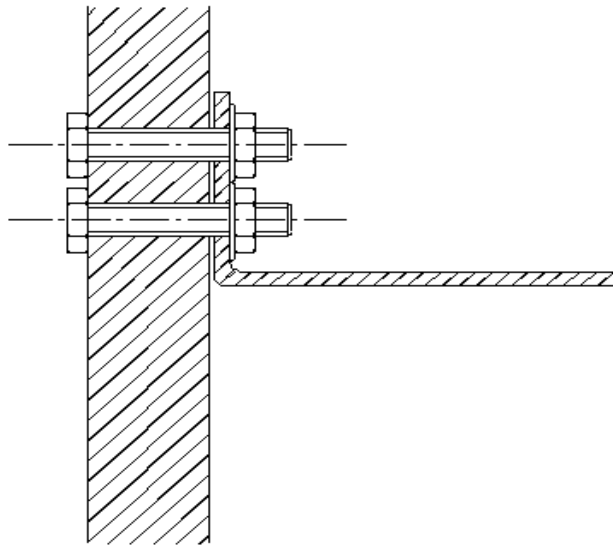


Los resultados se muestran en el siguiente capítulo.

5.1.9.2. CÁLCULO DE PERNOS.

Los pernos que serán objeto de cálculo en este capítulo se los utilizará para el anclaje de los tanques a la estructura metálica y vamos a considerar de la siguiente manera: La junta estará compuesta por dos elementos una platina de 4mm de espesor y el tubo cuadrado de 30mm la cual estará sujeta mediante dos pernos como se muestra en la figura; los pernos que hemos elegido son de tipo galvanizado y la medida de los mismos es de 11/2" por 9.5 mm de diámetro y tomando en cuenta el peso que van a soportar los mismos ($P = 6370N$ y $5096N$), vamos a determinar mediante la ecuación 25 el esfuerzo cortante de los pernos.

Además se tomará en cuenta un valor mínimo recomendado en el libro de Elementos de Máquinas en su Capítulo IX. Uniones Roscadas pp. 159, como coeficiente de seguridad del esfuerzo cortante; el cual es de un rango $n_f = \langle 1,5...3 \rangle$.



GRÁFICA 12. Seccionamiento de la junta a emperrar.

$$\tau = \frac{P}{\sum Ai} \quad (25)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante del perno (kn/m²).

P : Carga a soportar (kn).

$\sum Ai$: Sumatoria del área de los pernos (m²).

En el Anexo 1 podemos encontrar la tabla de especificaciones técnicas de los pernos más usuales; en la cual nos dice que el tipo de pernos que hemos escogido tiene una resistencia mínima a la tensión de 74000lb/plg² y transformando a KN/m² nos da igual a 510230 KN/m².

5.1.10. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

5.1.10.1. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE LAS BOMBAS Y DE LAS NIQUELINAS.

Selección del conductor.

Para la selección del conductor utilizaremos la siguiente fórmula:

$$I_{Cond} = 1.25 * I_{Nominal} \quad (27)$$

Luego de calcular la intensidad del conductor se recurre a las tablas técnicas de especificaciones de conductores (Ver Anexo 2. Tabla técnica de alambres y cables de cobre tipo THHN) y se selecciona el conductor.

Selección de los equipos de protección y control.

Para la selección de los equipos de protección y control tanto para las bombas como para las niquelinas se utilizará los catálogos técnicos de la marca CAMSCO y SIEMENS, (Ver anexos 3 y 4 Catalogo técnico de la marca CAMSCO y SIEMENS).

Además utilizaremos la siguiente fórmula para calcular la capacidad del breaker de protección contra corto circuito de todo el sistema.

$$I_{Breaker} = 2 * I_{De la niquelina} + I_{Nominal de la bomba} \quad (28)$$

6. RESULTADOS.

6.1. DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS.

6.1.1. CÁLCULO DE LOS TANQUES.

Para el cálculo de los tanques se tomo en cuenta que el reactor se construirá con una capacidad para procesar 100lt de aceite de cocina usado, además se tomo en cuenta los criterios personales de experiencias de otros diseñadores que afirman que con tanques de forma delgada se obtiene mejores resultados en la mezcla y la reacción; por tal motivo asumimos que los tanques uno y tres tendrán una capacidad de 100lt y su diámetro será de 12pulg.

Aplicando la fórmula (2) y (3) transformamos:

$$V = \frac{1m^3 * \text{capacidad dada (lit)}}{1000lit} \quad D = \frac{0.0254m * \text{longitud dada (plg)}}{1pulg}$$

$$V = \frac{1m^3 * 100lit}{1000lit} \quad D = \frac{0.0254m * 12pulg}{1pulg}$$

$$V = 0.1m^3 \quad D = 0.3048m$$

Con los datos conocidos y aplicando la fórmula (1) podemos encontrar la longitud de los tanques:

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

$$0.1m^3 = \frac{\pi * (0.3048m)^2}{4} * L$$

$$0.1m^3 = 0.073m^2 * L$$

$$L = \frac{0.1m^3}{0.073m^2}$$

$$L = 1.37m$$



El tanque dos será diseñado de acuerdo a la cantidad de aceite que se mezclará con el metóxido de sodio, ya que de 100lt que se verterá en el primer tanque solo se puede utilizar un 80%. La cantidad de metóxido de sodio a utilizar es el 20% de la cantidad de aceite es decir 15lt. Es por esta razón que el tanque dos está diseñado para una capacidad de 15lt y su diámetro es de 7pulg.

Aplicando la formula (2) y (3) transformamos:

$$V = \frac{1m^3 * \text{capacidad dada (lit)}}{1000lit} \quad D = \frac{0.0254m * \text{longitud dada (plg)}}{1pulg}$$

$$V = \frac{1m^3 * 15lit}{1000lit} \quad D = \frac{0.0254m * 7pulg}{1pulg}$$

$$V = 0.015m^3 \quad D = 0.1778m$$

Aplicamos la fórmula (1) y obtenemos:

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

$$0.015m^3 = \frac{\pi * (0.1778m)^2}{4} * L$$

$$0.015m^3 = 0.02483m^2 * L$$

$$L = \frac{0.015m^3}{0.02483m^2}$$

$$L = 0.604m$$

El cuarto tanque es el que se utilizará para el lavado del biodiesel, como en este se vierte agua y el biodiesel obtenido, lo hemos diseñado para una capacidad de 120lt y su diámetro es de 13pulg.



Aplicando la fórmula (2) y (3) transformamos:

$$V = \frac{1m^3 * \text{capacidad dada (lit)}}{1000lit} \quad D = \frac{0.0254m * \text{longitud dada (plg)}}{1pulg}$$

$$V = \frac{1m^3 * 120lit}{1000lit} \quad D = \frac{0.0254m * 13pulg}{1pulg}$$

$$V = 0.12m^3 \quad D = 0.3302m$$

Mediante la fórmula (1) tenemos:

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

$$0.12m^3 = \frac{\pi * (0.3302m)^2}{4} * L$$

$$0.12m^3 = 0.08563m^2 * L$$

$$L = \frac{0.12m^3}{0.08563m^2}$$

$$L = 1.40m$$

El último tanque se utilizará para depósito del biodiesel, este es más ancho y pequeño porque no debe cumplir con normas técnicas, se lo ha dimensionado para una capacidad de 100lt y su diámetro es de 0.4m.

Aplicando la fórmula (2) y (3) transformamos:

$$V = \frac{1m^3 * \text{capacidad dada (lit)}}{1000lit}$$

$$V = \frac{1m^3 * 100lit}{1000lit}$$

$$V = 0.1m^3$$



Utilizando la fórmula (1) tenemos:

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

$$0.1m^3 = \frac{\pi * (0.4m)^2}{4} * L$$

$$0.1m^3 = 0.1257m^2 * L$$

$$L = \frac{0.1m^3}{0.1257m^2}$$

$$L = 0.795m$$

6.1.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LAS BOMBAS.

Cálculo de la primera bomba: esta bomba se la utilizará para enviar el aceite del primer tanque hacia el tanque tres.

De la formula (8):

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 0.76$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 0.76$$

$$P_{Ra} = 0.0512m$$

Utilizando (6) tenemos:

$$Hma = P_{Ra} + \sum \varepsilon + h$$

$$Hma = 0.0512m + 5 + 0.5m$$

$$Hma = 5.5512m$$



De (8):

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 2.90$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 2.90$$

$$P_{Re} = 0.195\text{m}$$

Utilizando la formula (7):

$$Hme = P_{Re} + \sum \mathcal{E} + H$$

$$Hme = 0.195\text{m} + 6 + 1.735\text{m}$$

$$Hme = 7.93\text{m}$$

Aplicando la formula (5):

$$Hmt = Hma + Hme$$

$$Hmt = 5.5512\text{m} + 7.93\text{m}$$

$$Hmt = 13.48\text{m}$$

La potencia será según (4):

$$P = \frac{Q \times Hmt}{75 \times \eta} \times \gamma$$

$$P = \frac{0.32 \text{ lt/seg} \times 13.48\text{m}}{75 \times 0.8} \times 0.93\text{Kg/lt}$$

$$P = \frac{4.3136\text{m/seg}}{60} \times 0.93\text{Kg}$$

$$P = 0.067\text{CV}$$

$$P = 49.29\text{W}$$

Cálculo de la segunda bomba: esta bomba se la utilizará mezclar el metanol con el hidróxido de sodio y así obtener el metóxido de sodio.

De la formula (8):

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

Utilizando (6) tenemos:

$$Hma = P_{Ra} + \sum \mathcal{E} + h$$



$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 0.6188$$

$$H_{ma} = 0.0417\text{m} + 5 + 0.52\text{m}$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 0.6188$$

$$H_{ma} = 5.56\text{m}$$

$$P_{Ra} = 0.0417\text{m}$$

De (8):

Utilizando la formula (7):

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$H_{me} = P_{Re} + \sum \mathcal{E} + H$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 1.44$$

$$H_{me} = 0.0969\text{m} + 6.5 + 1.24\text{m}$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 1.44$$

$$H_{me} = 7.84\text{m}$$

$$P_{Re} = 0.0969\text{m}$$

Aplicando la formula (5):

La potencia será según (4):

$$H_{mt} = H_{ma} + H_{me}$$

$$P = \frac{Q \times H_{mt}}{75 \times \eta} \times \gamma$$

$$H_{mt} = 5.56\text{m} + 7.84\text{m}$$

$$P = \frac{0.32 \text{ lt/seg} \times 13.4\text{m}}{75 \times 0.8} \times 0.791\text{Kg/lt}$$

$$H_{mt} = 13.4\text{m}$$

$$P = \frac{4.288\text{m/seg}}{60} \times 0.791\text{Kg}$$

$$P = 0.057\text{CV}$$

$$P = 41.93\text{W}$$

Cálculo de la tercera bomba: con la utilización de esta bomba enviaremos el metóxido de sodio hacia el tanque tres.

De la formula (8):

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 0.6188$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 0.6188$$

$$P_{Ra} = 0.0417\text{m}$$

Utilizando (6) tenemos:

$$H_{ma} = P_{Ra} + \sum \mathcal{E} + h$$

$$H_{ma} = 0.0417\text{m} + 5 + 0.52\text{m}$$

$$H_{ma} = 5.56\text{m}$$

De (8):

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 2.80$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 2.80$$

$$P_{Re} = 0.189\text{m}$$

Utilizando la formula (7):

$$H_{me} = P_{Re} + \sum \mathcal{E} + H$$

$$H_{me} = 0.189\text{m} + 9.5 + 1.73\text{m}$$

$$H_{me} = 11.42\text{m}$$

Aplicando la formula (5):

$$H_{mt} = H_{ma} + H_{me}$$

$$H_{mt} = 5.56\text{m} + 11.42\text{m}$$

La potencia será según (4):

$$P = \frac{Q \times H_{mt}}{75 \times \eta} \times \gamma$$

$$P = \frac{0.32 \text{ lt/seg} \times 16.98\text{m}}{75 \times 0.8} \times 0.791\text{Kg/lt}$$

$$Hmt = 16.98m$$

$$P = \frac{5.4336m/seg}{60} \times 0.791Kg$$

$$P = 0.072CV$$

$$P = 52.97W$$

Cálculo de la cuarta bomba: con esta bomba mezclaremos el metóxido de sodio con el aceite para que se dé la reacción química y obtener el biodiesel.

De la formula (8):

Utilizando (6) tenemos:

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$Hma = P_{Ra} + \sum \mathcal{E} + h$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 0.6286$$

$$Hma = 0.0423m + 5 + 0.2186m$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 0.6286$$

$$Hma = 5.26m$$

$$P_{Ra} = 0.0423m$$

De (8):

Utilizando la formula (7):

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$Hme = P_{Re} + \sum \mathcal{E} + H$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 2.09$$

$$Hme = 0.1407m + 6.5 + 1.735m$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 2.09$$

$$Hme = 8.38m$$

$$P_{Re} = 0.1407m$$



Aplicando la formula (5):

$$H_{mt} = H_{ma} + H_{me}$$

$$H_{mt} = 5.26\text{m} + 8.38\text{m}$$

$$H_{mt} = 13.64\text{m}$$

La potencia será según (4):

$$P = \frac{Q \times H_{mt}}{75 \times \eta} \times \gamma$$

$$P = \frac{0.32 \text{ lt/seg} \times 13.64\text{m}}{75 \times 0.8} \times 0.93\text{Kg/lt}$$

$$P = \frac{4.3648\text{m/seg}}{60} \times 0.93\text{Kg}$$

$$P = 0.067\text{CV}$$

$$P = 49.29\text{W}$$

Cálculo de la quinta bomba: mediante esta bomba podremos enviar el biodiesel al tanque de lavado.

De la formula (8):

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 0.6286$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 0.6286$$

$$P_{Ra} = 0.0423\text{m}$$

Utilizando (6) tenemos:

$$H_{ma} = P_{Ra} + \sum \mathcal{E} + h$$

$$H_{ma} = 0.0423\text{m} + 5 + 0.2186\text{m}$$

$$H_{ma} = 5.26\text{m}$$

De (8):

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

Utilizando la formula (7):

$$H_{me} = P_{Re} + \sum \mathcal{E} + H$$



$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 2.33$$

$$H_{me} = 0.1568\text{m} + 8.5 + 1.765\text{m}$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 2.33$$

$$H_{me} = 10.42\text{m}$$

$$P_{Re} = 0.1568\text{m}$$

Aplicando la formula (5):

La potencia será según (4):

$$H_{mt} = H_{ma} + H_{me}$$

$$P = \frac{Q \times H_{mt}}{75 \times \eta} \times \gamma$$

$$H_{mt} = 5.26\text{m} + 10.42\text{m}$$

$$P = \frac{0.32 \text{ lt/seg} \times 15.68\text{m}}{75 \times 0.8} \times 0.9\text{Kg/lt}$$

$$H_{mt} = 15.68\text{m}$$

$$P = \frac{5.0176\text{m/seg}}{60} \times 0.9\text{Kg}$$

$$P = 0.075\text{CV}$$

$$P = 55.18\text{W}$$

Cálculo de la sexta bomba: la siguiente bomba se la utilizará para mezclar el biodiesel con el agua para poder realizar el proceso del lavado.

De la formula (8):

Utilizando (6) tenemos:

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$H_{ma} = P_{Ra} + \sum \mathcal{E} + h$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 0.4861$$

$$H_{ma} = 0.0327\text{m} + 5 + 0.2161\text{m}$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 0.4861$$

$$H_{ma} = 5.25\text{m}$$

$$P_{Ra} = 0.0327\text{m}$$



De (8):

Utilizando la formula (7):

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$Hme = P_{Re} + \sum \mathcal{E} + H$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 2.075$$

$$Hme = 0.1397\text{m} + 6.5 + 1.765\text{m}$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 2.075$$

$$Hme = 8.40\text{m}$$

$$P_{Re} = 0.1397\text{m}$$

Aplicando la formula (5):

La potencia será según (4):

$$Hmt = Hma + Hme$$

$$P = \frac{Q \times Hmt}{75 \times \eta} \times \gamma$$

$$Hmt = 5.25\text{m} + 8.40\text{m}$$

$$P = \frac{0.32 \text{ lt/seg} \times 13.65\text{m}}{75 \times 0.8} \times 0.9\text{Kg/lt}$$

$$Hmt = 13.65\text{m}$$

$$P = \frac{4.368\text{m/seg}}{60} \times 0.9\text{Kg}$$

$$P = 0.066\text{CV}$$

$$P = 48.56\text{W}$$

Cálculo de la séptima bomba: la misma que se la utilizará para enviar el biodiesel al tanque de almacenamiento.

De la formula (8):

Utilizando (6) tenemos:

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$Hma = P_{Ra} + \sum \mathcal{E} + h$$

$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 0.4861$$

$$Hma = 0.0327\text{m} + 5 + 0.2161\text{m}$$



$$P_{Ra} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 0.4861$$

$$H_{ma} = 5.25\text{m}$$

$$P_{Ra} = 0.0327\text{m}$$

De (8):

Utilizando la formula (7):

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) \times L$$

$$H_{me} = P_{Re} + \sum \mathcal{E} + H$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0.00032^{1.8}}{0.02^{4.8}} \right) \times 2.066$$

$$H_{me} = 0.139\text{m} + 8.5 + 1.365\text{m}$$

$$P_{Re} = 9.2 \times 10^{-4} \times (73.168) \times 2.066$$

$$H_{me} = 10\text{m}$$

$$P_{Re} = 0.139\text{m}$$

Aplicando la formula (5):

La potencia será según (4):

$$H_{mt} = H_{ma} + H_{me}$$

$$P = \frac{Q \times H_{mt}}{75 \times \eta} \times \gamma$$

$$H_{mt} = 5.25\text{m} + 10\text{m}$$

$$P = \frac{0.32 \text{ lt/seg} \times 15.25\text{m}}{75 \times 0.8} \times 0.9\text{Kg/lt}$$

$$H_{mt} = 15.25\text{m}$$

$$P = \frac{4.88\text{m/seg}}{60} \times 0.9\text{Kg}$$

$$P = 0.073\text{CV}$$

$$P = 53.71\text{W}$$

En los cálculos anteriores se ha dimensionado la potencia de cada una de las bombas que se utilizarán para el proceso de la elaboración del biodiesel, las mismas que están dadas en caballos de vapor por lo que las hemos transformado a vatios, tomando en cuenta que 1HP equivale a 1.014CV y a 746W. Como se puede observar las potencias



calculadas son muy bajas que varían entre los 41.93W y los 55.18W, por tal razón utilizaremos cuatro bombas de 373W lo mismo que equivale a 0.5HP.

6.1.3. CÁLCULO DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN.

6.1.3.1. PRIMER SISTEMA.

Utilizando la ecuación (9) calculamos la masa.

$$m = V \times \rho$$

$$m = 0.1m^3 \times 994 \frac{kg}{m^3}$$

$$m = 99.4kg$$

Para calcular la diferencia de temperatura utilizaremos la ecuación (10).

$$\Delta T = T1 - Tamb$$

$$\Delta T = 60^\circ C - 18^\circ C$$

$$\Delta T = 42^\circ C$$

Para el cálculo de la cantidad de calor utilizaremos la ecuación (11).

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 99.4Kg \times 0.475 \frac{Kcal}{Kg^\circ C} \times 42^\circ C$$

$$Q = 1982.92Kcal$$



La ecuación (12) nos servirá para calcular la potencia ejercida.

$$Q = 860 \times P \times t \times \eta$$

$$P = \frac{Q}{860 \times t \times \eta}$$

$$P = \frac{1982.92Kcal}{860 \times 0.5h \times 0.95}$$

$$P = 4.85Kw \approx 5Kw$$

Para el cálculo de la energía consumida utilizaremos la ecuación (13).

$$W = P \times t$$

$$W = 5Kw \times 0.5h$$

$$W = 2.5Kwh$$

Utilizando la ecuación (14) calcularemos la corriente eléctrica.

$$P = V \times I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{5000w}{220V}$$

$$I = 22.72A$$

La resistencia eléctrica la calcularemos utilizando la ecuación (15).

$$P = \frac{V^2}{R}$$



$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$R = \frac{(220V)^2}{5000w}$$

$$R = 9.68\Omega \approx 10\Omega$$

El primer sistema de calefacción eléctrico estará conectado a 220 voltios y necesitará una potencia de 5kw. El material a ser usado como conductor calorífico es la niquelina.

6.1.3.2. SEGUNDO SISTEMA.

Para el segundo sistema utilizaremos las mismas ecuaciones que para el primero.

Para el cálculo de la masa. Ecuación (9).

$$m = V \times \rho$$

$$m = 0.09m^3 \times 994 \frac{kg}{m^3}$$

$$m = 89.46kg$$

Diferencia de temperatura. Ecuación (10)

$$\Delta T = T1 - Tamb$$

$$\Delta T = 55^\circ C - 18^\circ C$$

$$\Delta T = 37^\circ C$$



Cantidad de calor. Ecuación (11).

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 89.46 \times 0.475 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \times 37^\circ\text{C}$$

$$Q = 1572.26 \text{Kcal}$$

Potencia ejercida. Ecuación (12).

$$Q = 860 \times P \times t \times \eta$$

$$P = \frac{Q}{860 \times t \times \eta}$$

$$P = \frac{1572.26 \text{Kcal}}{860 \times 0.5h \times 0.95}$$

$$P = 3.85 \text{Kw} \approx 4 \text{Kw}$$

Energía consumida. Ecuación (13)

$$W = P \times t$$

$$W = 4 \text{Kw} \times 0.5h$$

$$W = 2 \text{Kwh}$$

Utilizando la ecuación (14) calcularemos la corriente eléctrica.

$$P = V \times I$$



$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{4000w}{220V}$$

$$I = 18.18A$$

Resistencia eléctrica. Ecuación (15)

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$R = \frac{(220V)^2}{4000w}$$

$$R = 12.1\Omega \approx 12\Omega$$

El segundo sistema de calefacción eléctrico estará conectado a 220 voltios y necesitará una potencia de 4kw. El material a ser usado como conductor calorífico es la niquelina.

6.1.3.3. TEMPERATURAS EN LA SUPERFICIE DEL TANQUE.

El tanque tanto del primer como del segundo sistema, por ser de las mismas características y por realizar similares trabajos, los asumiremos por igual, para analizar las temperaturas en las paredes interiores y exteriores de los mismos, por lo que sus datos serán iguales.

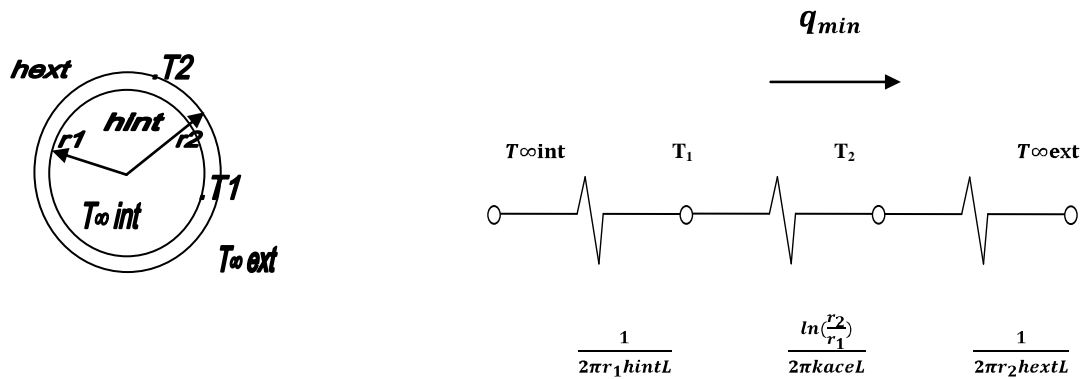


Fig 1. Circuito Térmico Equivalente.

Para el cálculo de la temperatura en la superficie externa del tanque utilizaremos la ecuación (18).

$$\dot{q} = \frac{\Delta T}{Rt}$$

En donde Rt será por convección. Ecuación (20).

$$\dot{q} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{2 * \pi * r * L * h}}$$

$$q_{min} = \frac{T_2 - T_{\infty ext}}{\frac{1}{2\pi r_2 h_{ext} L}}$$

$$100w = \frac{T_2 - 20^{\circ}C}{\frac{1}{2 \times \pi \times 0.15m \times 23 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}C} \times 1.37m}}$$

$$100w = \frac{T_2 - 20^{\circ}C}{0.0336 \frac{^{\circ}C}{w}}$$

$$T_2 = 3.36^{\circ}C + 20^{\circ}C$$

$$T_2 = 23.36^{\circ}C$$

$$T_2 = 296.51^{\circ}K$$

Para el cálculo de la temperatura interna del tanque utilizaremos la ecuación anterior (18) y la Rt será por conducción y por convección. Ecuación (19) y (20) respectivamente.

$$q_{min} = \frac{T_1 - T_{\infty ext}}{\frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{2 \times \pi \times k_{ace} \times L} + \frac{1}{2 \times \pi \times r_2 \times h_{ext} \times L}}$$

$$100w = \frac{T_1 - 20^{\circ}C}{\frac{\ln(\frac{0.15m}{0.1488m})}{2 \times \pi \times 83 \frac{w}{m^{\circ}C} \times 1.37m} + \frac{1}{2 \times \pi \times 0.15m \times 23 \frac{w}{m^2 \cdot ^{\circ}C} \times 1.37m}}$$

$$100w = \frac{T_1 - 20^{\circ}C}{0.0000112 \frac{^{\circ}C}{w} + 0.0336 \frac{^{\circ}C}{w}}$$

$$T_1 = 3.36^{\circ}C + 20^{\circ}C$$

$$T_1 = 23.36^{\circ}C$$

$$T_2 = 296.51^{\circ}K$$

6.1.3.4. MATERIAL AISLANTE.

Al conocer que los tanques de ambos sistemas poseen las mismas temperaturas en sus paredes exteriores, de igual manera lo calcularemos para establecer el espesor del material aislante.

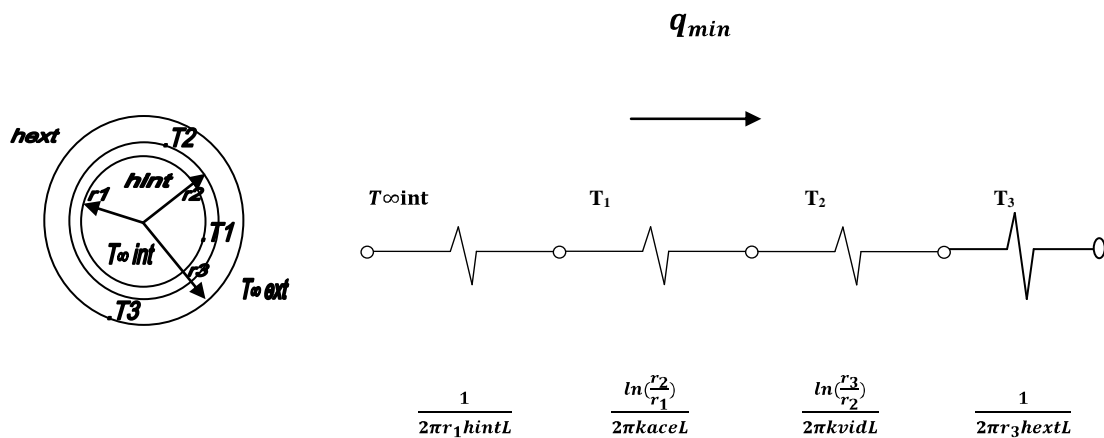


Fig 2. Circuito Térmico Equivalente.

Ecuación (10).

$$\Delta T = T_2 - T_3$$

$$\Delta T = 23.36^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 3.36^\circ\text{C}$$

Para el cálculo del espesor del material aislante utilizaremos la ecuación (21)

$$q_{min} = \frac{\Delta T}{\frac{\ln(r_3/r_2)}{2 * \pi * k_{vid} * L}}$$

$$r_3 = r_2 \times e^{\frac{2 \times \pi \times k_{vid} \times L \times \Delta T}{q_{min}}}$$

$$r_3 = 0.15m \times e^{\frac{2 \times \pi \times 0.0034 \frac{W}{m^\circ C} \times 1.37m \times 3.36^\circ C}{100W}}$$

$$r_3 = 0.15m$$

$$\text{espesor} = 0.01m$$

El espesor del aislante a utilizar en el tanque del primero y segundo sistema es de 1cm de lana de vidrio.

6.1.4. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

A continuación veremos los cuadros de resultados de desplazamientos en los nudos más críticos que corresponden a las secciones en donde se ubica la mayor carga.

El nudo número 22 soporta el peso del tanque 3 cuya carga muerta es de 12.5Kg más el peso de los fluidos que es una carga viva de 50Kg, dando un total de 62.5Kg que reposan sobre este nudo; luego de realizar el cálculo con ADES 2007 se puede evidenciar en el siguiente cuadro que el nudo 22 tiene desplazamientos de traslación y rotación en los ejes xx, yy, zz, pero estos son mínimos.

DESPLAZAMIENTOS EN LOS NUDOS...

Nudo seleccionado : 22

	X	Y	Z
Tras :	-0.00000572	-0.00002258	-0.00000133
Rotn :	0.00000001	-0.00000048	0.00000277

Mostrar Derivas Laterales....

En el siguiente cuadro observamos el resultado de los desplazamientos en el nudo número 25 el cual soporta la carga muerta que corresponde al peso del tanque y es de 5Kg, además la carga viva que es el peso de los fluidos 50Kg, da un total de 55Kg. Esta carga también ocasiona desplazamientos de traslación y rotación en los ejes xx, yy, zz, en el nudo 25 pero al igual que en el nudo anterior estos también son mínimos.

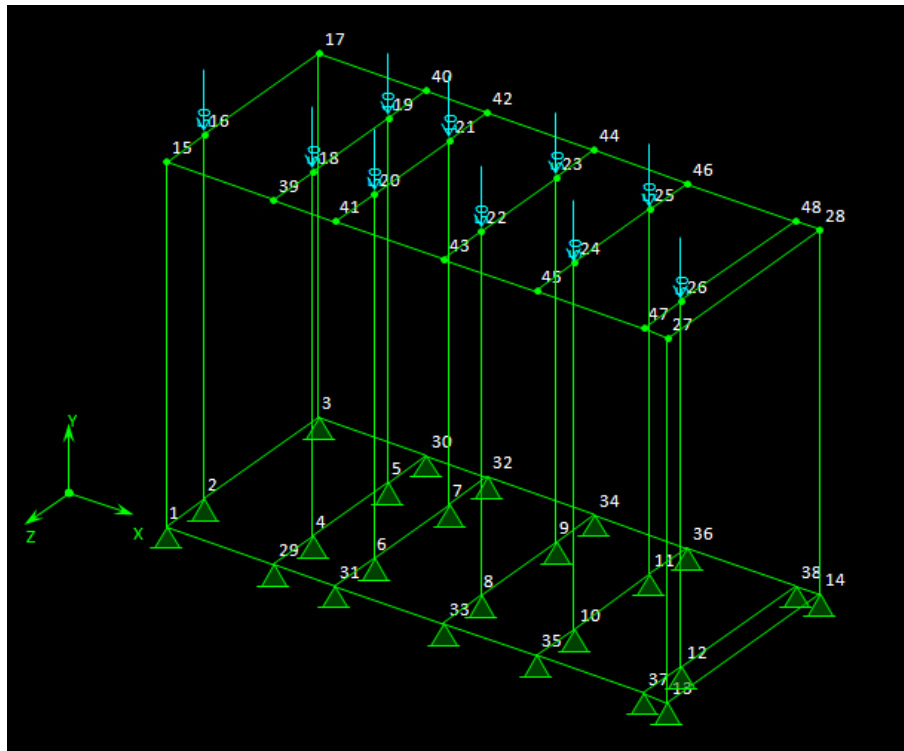
DESPLAZAMIENTOS EN LOS NUDOS...

Nudo seleccionado : 25

	X	Y	Z
Tras :	-0.00000541	-0.00002246	-0.00000241
Rotn :	0.00000774	-0.00000045	0.00000905

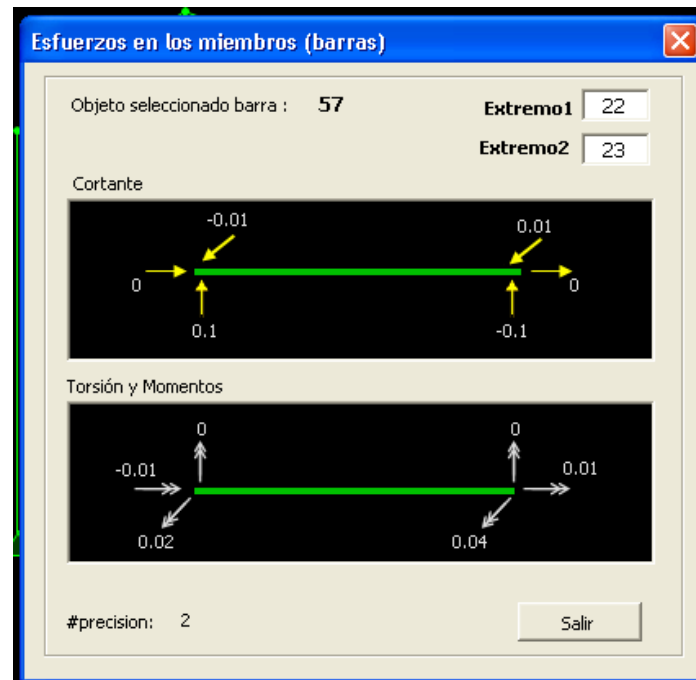
Mostrar Derivas Laterales....

En el siguiente gráfico podemos identificar los nudos con sus respectivas cargas.

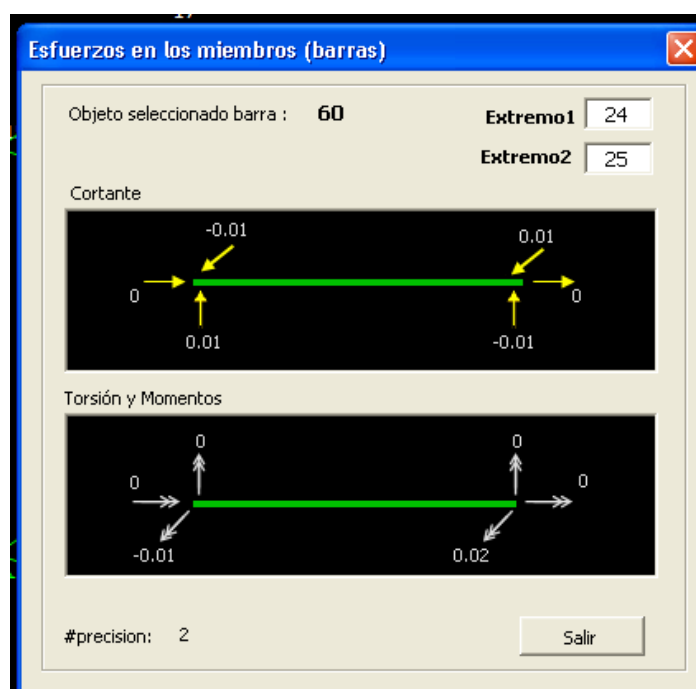


En los siguientes diagramas podremos visualizar los esfuerzos cortante y de torsión en las barras más críticas y corroboramos que son mínimos tendiendo a cero.

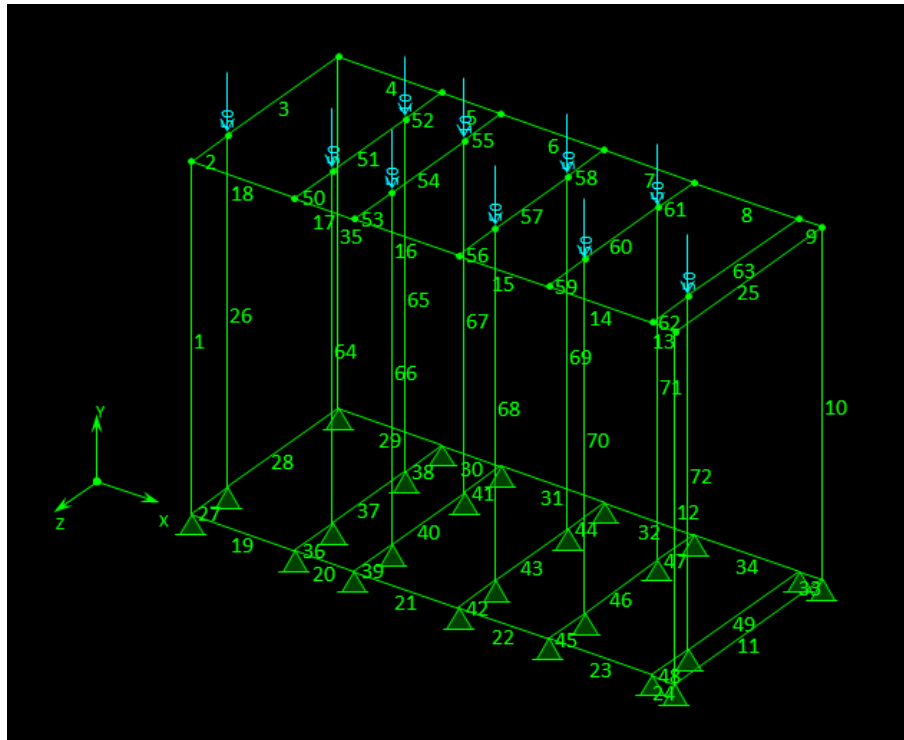
En la barra 57 ubicada entre los nudos 22 y 23, soporta la carga muerta de los tanques 3 y 4 que es de 12.5 y 5 kg respectivamente, y una carga viva de 50kg dando un total de 67.5kg, esta carga produce esfuerzo cortante y de torsión que luego gracias al software utilizado, evidenciamos que estos esfuerzos tienden a cero.



A continuación en la gráfica siguiente, muestra los esfuerzos cortante y de torsión en la barra 60 ubicada entre los nudos 24 y 25, donde se apoya la carga muerta de 5kg del tanque 4 y 5kg del tanque 5, la carga viva de es 50kg para dar un total de cargas que actúan en esta barra de 60kg, y de la misma manera que le caso anterior observamos mediante el software que los esfuerzos son mínimos.



En el siguiente gráfico podemos identificar las barras con sus respectivas cargas.



Una vez obtenidos los resultados tanto en nudos como en barras, observamos que estos son mínimos tendiendo a cero por lo que determinamos que la estructura está bien diseñada para soportar con facilidad todas las cargas sin tener desplazamientos en los nudos así como no se muestra ninguna alteración en el estado de las barras.

Los resultados del análisis estático de la estructura se encuentran en el anexo 5.

6.1.5. CÁLCULO DE PERNOS.

Los pernos que vamos a calcular van a soportar una carga de 6370N.

Esfuerzo cortante de los tornillos: utilizando la ecuación 25 tenemos.

$$\tau = \frac{P}{\sum A_i}$$

$$\tau = \frac{6370N}{\sum \left(\frac{\pi \times (0.0095m)^2}{4} \right)}$$

$$\tau = 44933716.90N/m^2$$

$$\tau = 44933.7169KN/m^2$$

La resistencia limite del tipo de perno que vamos a utilizar es de 510230KN/m² y con los resultados anteriores podemos observar que el esfuerzo máximo que van a tener los pernos en nuestra junta es de 44933.7169 KN/m² con lo que se puede afirmar que los pernos están bien seleccionados; pero se debe tomar en cuenta que en la práctica se pueden producir diversos factores que causen daños a los pernos, es por tal motivo que tomaremos un coeficiente de seguridad para el esfuerzo cortante del perno seleccionado, con lo que se debe cumplir la siguiente función:

$$\tau_{max} \leq \frac{\tau_{lim}}{n_f}$$

En nuestro caso hemos considerado el coeficiente de seguridad más alto descrito en el capítulo anterior en la sección de cálculo de pernos, para evitar cualquier inconveniente en el diseño.

$$44933.7169 \frac{KN}{m^2} \leq \frac{510230 \frac{KN}{m^2}}{3}$$

$$44933.7169 \frac{KN}{m^2} \leq 170076.66 \frac{KN}{m^2}$$

Con lo expuesto anteriormente tenemos que los pernos escogidos aún tomando un coeficiente de seguridad sí soportan la carga que se les va aplicar, (Ver anexos 1 Tabla de especificaciones técnicas de los pernos más usuales).

6.1.6. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE LAS BOMBAS Y DE LAS NIQUELINAS.

6.1.6.1. PARA LAS BOMBAS.

Selección del conductor: Mediante la ecuación 27 tenemos.

$$I_{Cond} = 1.25 * I_{Nominal}$$

$$I_{Cond} = 1.25 * 2.4A$$

$$I_{Cond} = 3A$$

Una vez calculada la intensidad del conductor se utiliza la tabla técnica de conductores del catálogo de productos CABLEC (Ver anexo 2 Tabla técnica de alambres y cables de cobre tipo THHN) y se selecciona el conductor. Como resultado tenemos que se elige un conductor AWG - # 14 tipo THHN.

Selección del contactor.

De acuerdo al catálogo técnico de la marca CAMSCO, (Ver anexo 3 Catalogo técnico de la marca CAMSCO) utilizaremos un contactor de Categoría de uso AC3 tipo C1-D09-220.

Selección del relé térmico.

El relé lo seleccionamos mediante el catálogo CAMSCO, (Ver anexo 3 Catalogo técnico de la marca CAMSCO) del cual hemos escogido el siguiente: Tipo R2-D1310 con un margen de regulación de 4 – 6A.

Las bombas estarán controladas por medio de un módulo lógico universal de Siemens (LOGO!)¹⁷. El mismo que lo seleccionamos de la tabla de variantes y características de LOGO! (Ver anexo 4 Tabla de variantes y características de LOGO!).

Utilizaremos un LOGO! 230RC, con una tensión de entrada de 115....240V CA/CC, 8 entradas digitales, 4 salidas digitales (salidas a relé), corriente constante (I_{th}) máximo 10A por relé.

Con el uso del LOGO! podremos controlar los tiempos de encendido y apagado de las bombas, ya que una de las funciones especiales de LOGO! es la de temporizador.

6.1.6.2. PARA LAS NIQUELINAS.

Selección del conductor: Mediante la ecuación 27 tenemos.

$$I_{Cond} = 1.25 * I_{Nominal}$$

$$I_{Cond} = 1.25 * 22A$$

$$I_{Cond} = 33A$$

Con la intensidad del conductor calculada anteriormente podemos seleccionar el conductor (Ver anexo 2 Tabla técnica de alambres y cables de cobre tipo THHN) y tenemos: un conductor AWG - # 10 tipo THHN.

Selección del contactor.

El contactor que hemos seleccionado para las niquelinas es de Categoría de uso AC3 tipo C1-D25-220, (Ver anexo 3 Catalogo técnico de la marca CAMSCO).

¹⁷ LOGO! es un módulo lógico universal para la electrotecnia, que permite solucionar las aplicaciones cotidianas con un confort decisivamente mayor y menos gastos. Mediante LOGO! se solucionan cometidos en las técnicas de instalaciones en edificios y en la construcción de máquinas y aparatos (por ejemplo: controles de puertas, ventilación, bombas de aguas, etc.)

Para controlar la temperatura que se necesita para calentar los fluidos, las niquelinas estarán gobernadas por medio de un dispositivo llamado Pirómetro o Controlador de Temperatura.

El dispositivo que se ha elegido es un TC-96N/199/K, (Ver anexo 3 Catalogo técnico de la marca CAMSCO), que es un componente de control de temperatura digital que tolera un rango de temperatura de 0 – 199°C con una tensión de 110/220V y usa termocuplas tipo K.

Las termocuplas que se necesitan son: SJ-107 que toleran un rango de temperatura de 0 – 450°C, tipo K (termocupla bayoneta), (Ver anexo 3 Catalogo técnico de la marca CAMSCO).

Además se utilizará un selector de 22mm de 3 posiciones, SKOS-ED33, (Ver anexo 3 Catalogo técnico de la marca CAMSCO), color negro, contactos 1NA + 1NA.

Selección del breaker: De la ecuación 28.

$$I_{Breaker} = 2 * I_{De\ la\ niquelina} + I_{Nominal\ de\ la\ bomba}$$

$$I_{Breaker} = 2 * 22A + 2.4A$$

$$I_{Breaker} = 46.4A$$

Según lo calculado anteriormente podemos seleccionar el breaker el mismo que será un NF50-CS 50A, (Ver anexo 3 Catalogo técnico de la marca CAMSCO), tipo termomagnético de 3 polos con una corriente nominal de 50A, temperatura de trabajo de 40°C y resiste un voltaje máximo de 600V.

Los auxiliares de mando que utilizaremos serán pulsadores de 22mm marca CAMSCO: FPB-EA1/G, pulsador de marcha, color verde (1NA) y FPB-EA2/R, pulsador de paro, color rojo (1NC), (Ver anexo 3 Catalogo técnico de la marca CAMSCO).

Además para las conexiones de los conductores en el tablero, se ha seleccionado borneras plásticas blancas de 12 polos, sujeción tipo brida: H-0612 para 6A y H-3012 para 30A, (Ver anexo 3 Catalogo técnico de la marca CAMSCO).

Por último, tenemos que todos los elementos del sistema eléctrico serán montados en un tablero metálico, modelo AY4620, (Ver anexo 3 Catalogo técnico de la marca CAMSCO), cuyas medidas son: (600×400×200) mm.

TABLA 3. TABLA DE RESULTADOS.

1. Tanques		
DESCRIPCIÓN	RESULTADO	OBSERVACIONES
Tanque en acero inoxidable. (Tq1 y Tq3)	V=100lt D=0.3048m L=1.37m	Para el diseño se tomo en cuenta la opinión de experiencias de otros constructores, que manifiestan que con tanques largos y delgados se obtiene mejores resultados.
Tanque en acero inoxidable. (Tq2)	V=15lt D=0.1778m L=0.604m	
Tanque en tool galvanizado. (Tq3)	V=120lt D=0.3302m L=1.40m	
Tanque en tool galvanizado. (Tq4)	V=100lt D=0.4m L=0.795m	
2. Bombas		
4 Bombas	1/2HP	Las bombas que se utilizarán son hidráulicas, destacando que estas no son las indicadas para bombear aceite, por pruebas hechas en un banco de bombas hidráulicas se pudo constatar que no presentaban ningún inconveniente al bombear aceite.



3. Niquelinas		
Niquelina Tq1	5KW	Este tipo de resistencias no se encuentran en el mercado local, porque su potencia es de tipo industrial con lo que se hizo necesario adquirirlas mediante pedido especial a una empresa constructora y especializada en resistencias. La misma que las construyó adaptadas a nuestras necesidades y requerimientos.
Niquelina Tq3	4KW	
Material aislante	Lana de vidrio Espesor 1cm	Este material aislante se lo adoptó por precaución y por seguridad industrial.
4. Estructura Metálica		
Tubo estructural cuadrado	1 ¼" x 1.5mm	El tubo estructural seleccionado soporta con facilidad las cargas sin presentar desplazamientos y ni alterar su estado.
Pernos de tipo galvanizado	1.5" x 3/8".	Dan la seguridad requerida para anclar los tanques a la estructura.
5. Material eléctrico		
Contactador	C1-D09-220	Categoría de uso AC3
Relé térmico	R2-D1310	Margen de regulación 4-6A
LOGO!	230RC	8 entradas digitales y 4 salidas digitales
Contactador	C1-D25-220	Categoría de uso AC3
Control de temperatura	TC-96N/199/K	Tolera un rango de temperatura de 0 – 199°C, usa termocuplas tipo K
Termocupla	SJ-107	Toleran un rango de temperatura de 0 – 450°C, tipo K (termocupla bayoneta)
Breaker trifásico	NF50-CS 50A	Tipo termomagnético de 3 polos
Pulsador de marcha	FPB-EA1/G	Color verde (1NA)
Pulsador de paro	FPB-EA2/R	Color rojo (1NC)
Borneras plásticas blancas	H-0612	Para 6A



Borneras plásticas blancas	H-3012	Para 30A
Tablero metálico	AY4620	Medidas de (600×400×200) mm
Selector de 3 posiciones	SKOS-ED33	Color negro (1NA + 1NA)
Conductor	AWG #14-THHN	Se seleccionaron de acuerdo a la intensidad de corriente.
Conductor	AWG #10-THHN	

6.1.7. PROCESO CONSTRUCTIVO.

Al poner en marcha un proyecto se sabe que para que este tenga una terminación exitosa no basta con un planteamiento específico de lo que se quiere lograr a través de dicho proyecto, sino también dar acompañamiento al mismo, para ello es necesario un proceso de seguimiento, que en el caso de la construcción se denomina Proceso Constructivo.

Es por eso que para tener un control eficiente del presente proyecto es necesario seguir un proceso constructivo, el cual nos servirá como referencia para proceder durante la ejecución de la tesis.

El proceso constructivo tiene un papel muy importante en la etapa de construcción, el objetivo es ir supervisando cada paso en cada actividad de tal forma que se cumplan con las especificaciones y que cada actividad se realice con una óptima calidad.

6.1.7.1. AUTORES.

En todo proceso constructivo intervienen diversos Actores. En el presente proyecto los actores serían: los autores de la tesis, el director de tesis y la universidad.

6.1.7.2. PLAN DE OBRA.

La planificación de la construcción es muy importante en un proyecto, en nuestro caso la planificación estará dada por las siguientes actividades:

- Construcción de los tanques.
- Construcción de la estructura.

- Selección de las bombas de acuerdo a los cálculos realizados.
- Selección de las niquelinas de acuerdo a los cálculos realizados.
- Selección del material eléctrico (equipo de control y protección).

Construcción de los Tanques: Los tanques serán construidos en acero inoxidable y tool galvanizado, para lo cual contrataremos los servicios de un taller industrial, garantizando el cumplimiento de las normas y procedimientos establecidos en el acatamiento de los parámetros de diseño.

Construcción de la Estructura: La estructura se la construirá en el taller mecánico de la Universidad Nacional de Loja Para la construcción de la estructura se utilizará tubo estructural metálico sección cuadrada de 1 3/4" x 1.5mm, las medidas de la estructura serán de 250cm de largo, 110cm de ancho y 170cm de alto, garantizando el cumplimiento de las normas y procedimientos establecidos en el acatamiento de los parámetros de diseño.

Primeramente se recortará los tubos con las medidas indicadas luego para armar la estructura se soldará los tubos. Una vez armada la estructura se tomara en cuenta las medidas de los tanques para poder realizar las separaciones con columnas de tubo en las cuales irán empernados los tanques.

Luego de terminar de soldar toda la estructura con sus respectivas separaciones se debe proceder a corregir fallas con masilla, luego se lijará, se limpiará con diluyente y así quedara lista para pintar.

La última fase de la construcción de la estructura será el pintado de la misma, para lo cual se utilizara pintura anticorrosiva y el color quedará por elegir.

Selección de las bombas: Se utilizarán cuatro bombas monofásicas de 1/2 HP, estas se puede encontrar en cualquier proveedor de maquinaria eléctrica, en el mercado local o nacional.

Selección de las niquelinas: Se necesita dos niquelinas de 5000W y para la adquisición de las mismas se investigará sobre empresas distribuidoras de resistencias, se las puede adquirir de igual manera en el mercado local o nacional. Estas niquelinas irán colocadas en los tanques uno y tres; además a estos tanques se los cubrirá con un material aislante que será lana de vidrio.

Selección del material eléctrico: Los equipos de protección y control se los encuentra en el mercado local; con los cuales luego de su adquisición se procederá a realizar las instalaciones eléctricas, con lo que se estaría dando fin al proceso constructivo del reactor, quedando así una máquina lista para la producción de biodiesel.

6.1.7.3. PROTECCIONES PERSONALES.

Las protecciones personales se determinarán para cada uno de los puestos de trabajo existentes en la obra. El trabajador deberá conocer los riesgos que su trabajo conlleva y el porqué de las medidas de protecciones personales y colectivas.

A continuación se relacionan las principales prendas y equipos de protección personal de utilización en las obras:

- ✓ Mascarilla de seguridad para soldar.
- ✓ Calzado de seguridad provisto de puntera metálica para protección de los dedos de los pies y suela de seguridad para protección de las plantas contra pinchazos.
- ✓ Protector auditivo.
- ✓ Guantes de seguridad.
- ✓ Gafas de seguridad.
- ✓ Mascarilla antipolvo.

6.1.8. VALORACIÓN ECONÓMICA.

Es importante hacer una evaluación económica del proyecto para concluir si el reactor se puede construir, si se recuperará la inversión en poco tiempo y si se obtendrán ganancias del mismo.

La evaluación se la realizó en base a lo que costaría el primer año de funcionamiento del reactor, produciendo 80 litros de biodiesel diarios.

6.1.8.1. COSTOS DIRECTOS.

Los costos directos del presente proyecto son:

- Materiales y construcción
- Químicos y materia prima
- Sueldos

En las siguientes tablas se detallan los costos directos del reactor:

Tabla 4. Costo de materiales para la construcción del reactor.

N°	DESCRIPCIÓN	CANT.	V/UNIT.	V/TOTAL.
1	Tanque de acero inoxidable	3	200.00	600.00
2	Tanque de tool galvanizado	2	90.00	180.00
3	Bomba	4	38.00	152.00
4	Niquelina	2	150.00	300.00
5	Fibra de vidrio	5m	5.00	25.00
6	Estructura metálica	1	200.00	200.00
7	Tubo de 3/4" para fluido frio	2	7.50	15.00
8	Tubo de 3/4" para fluido caliente	2	11.25	22.50
9	Neplo cintura de 3/4"	22	0.45	9.90
10	Manguera transparente de 3/4"	2m	1.00	2.00
11	Abrazadera metálica	4	0.40	1.60
12	Teflón G	4	1.00	4.00
13	Codo cachimba de 3/4"	3	1.00	3.00
14	Unión de 3/4"	1	0.48	0.48
15	Universal de 3/4"	3	1.50	4.50
16	Codo a 90° de 3/4"	35	0.60	21.00



17	Tee de 3/4"	5	0.75	3.75
18	Bushing de 1" a 3/4"	8	0.80	6.40
19	Válvulas cortadoras de 3/4"	14	4.40	61.60
20	Contactador C1-D09-220	4	14.00	56.00
21	Relé térmico R2-D1310	4	10.23	40.92
22	LOGO! 230RC	1	130.00	130.00
23	Contactador C1-D25-220	2	32.40	64.80
24	Control de temperatura TC-96N/199/K	1	78.00	78.00
25	Termocupla SJ-107	2	15.00	30.00
26	Breaker trifásico NF50-CS 50A	1	20.00	20.00
27	Auxiliares de mando de 22mm	2	8.00	16.00
28	Borneras plásticas blancas H-0612	1	0.70	0.70
29	Borneras plásticas blancas H-3012	3	2.40	7.20
30	Tablero metálico AY4620	1	80.00	80.00
31	Selector de 3 posiciones de 22mm	1	5.50	5.50
32	Conductor AWG #14-THHN	50m	1.20	60.00
33	Conductor AWG #10-THHN	20m	0.72	14.40
34	Conductor AWG #8-THHN	50m	0.30	15.00
35	Conductor flexible AWG #20-THHN	20m	0.20	4.00
SUBTOTAL				2,235.25

Tabla 5. Costo de químicos y materia prima.

Nº	DESCRIPCIÓN	CANT. DIARIA	CANT. ANUAL	V/UNIT.	V/TOTAL.
1	Metanol	16 lt	4,000 lt	2.34	9,378.00
2	Hidróxido de Sodio	0.4 Kg	100 Kg	25.00	2,500.00
3	Aceite de cocina usado	100	25,000 lt	0.10	2,500.00
SUBTOTAL					14,378.00

Tabla 6. Costo de sueldos de la persona encargada de operar el reactor.

Nº	DESCRIPCIÓN	CANT.	SUELDO MENSUAL	SUELDO ANUAL
1	Técnico	1	300	3,600.00
SUBTOTAL				3,600.00

Tabla 7. Total del costo directo del proyecto.

Nº	DESCRIPCIÓN	SUBTOTAL.
1	Materiales y construcción	2,235.25
2	Químicos y materia prima	14,378.00
3	Sueldos	3,600.00
TOTAL		20,213.25

6.1.8.2. COSTOS INDIRECTOS.

El costo indirecto lo realizamos en base a cualquier imprevisto, problema o daño que se pueda dar durante la manipulación del reactor y la producción de biodiesel; por tal razón podríamos asumir un valor de \$ 30.00 dólares americanos mensuales dándonos un total de \$ 360.00 dólares americanos anuales.

A continuación daremos el costo total del lo que significaría poner en funcionamiento el reactor para producir biodiesel a partir de aceite de cocina usado durante el primer año.

Tabla8. Costo total del proyecto.

Nº	DESCRIPCIÓN	SUBTOTAL.
1	Costo directo	20,213.25
2	Costo indirecto	360.00
TOTAL		20,573.25

Como podemos observar el costo total de la construcción, funcionamiento y producción de biodiesel por parte del reactor es relativamente alto dando un total de \$ 20,573.25 dólares americanos durante un año; asumiendo 250 días laborables.



El reactor está diseñado para producir 80 litros de biodiesel diarios, dando un total de 20,000 litros al año lo que equivale alrededor de 5,277 galones al año. Además se obtiene un subproducto que es la glicerina, la misma que es utilizada para elaborar productos como fertilizantes, jabones, detergentes, etc.; la cantidad de glicerina que se conseguiría es de 16 litros diarios que igual multiplicados por los días laborables nos daría un total de 4,000 litros al año, lo que sería cerca de 1,055 galones al año.

Ya obtenidos los gastos de funcionamiento del reactor, a continuación realizaremos un análisis con indicadores económicos como es el TIR y el VAN, para lo cual el análisis lo haremos para 10 años que es el tiempo de vida útil aproximado del reactor, se tomara en cuenta la tasa de descuento de 14.8% y un margen de ganancia del 5% anual.

El VAN y el TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que podemos hacer en un negocio en marcha, tales como el desarrollo de un nuevo producto, la adquisición de nueva maquinaria, el ingreso en un nuevo rubro de negocio, etc.

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

$VAN > 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable.

$VAN = 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable también, porque ya está incorporado ganancia de la TD.

$VAN < 0 \rightarrow$ el proyecto no es rentable.

Para iniciar el análisis primeramente se calcula el costo del galón de biodiesel el cual se lo realiza mediante la siguiente expresión:

$$\text{Costo del galón} = \frac{\text{Costo de la inversión}}{\text{La producción anual de biodiesel}}$$

Luego al costo del galón se lo multiplica por un porcentaje de margen de ganancia (5% del costo del galón).

$$\text{Costo total} = (\text{Costo del galón} * 5\%) + \text{Costo de galón}$$

Para calcular el ingreso anual se multiplica el costo total del galón por el número de galones producidos anualmente.

El incremento de los ingresos en cada año se da mediante:

$$PF = I(1 + i)^n$$

El incremento de los gastos en cada año se da mediante:

$$PF = G(1 + i)^n$$

Para calcular el flujo de caja se utiliza la siguiente expresión:

$$F_c = (\text{Ingresos} - \text{Gastos} - \text{Dep}) * \left(1 - \frac{t_{\text{impuesto}}}{100}\right) + \text{Dep}$$

El **Flujo Descontado Acumulado (Fda) (VPN) o (VAN)** se determina según la siguiente expresión:

$$VAN = -K_0 \sum \frac{F_c_n}{(1 + i)^n}$$

En la tabla 9 podemos observar el valor del VAN calculado para 10 años.

Tabla9. Calculo del VAN.

Años	Inversión inicial	Flujo de caja	Factor actual 14.8%	Flujo neto actual
0	20573.25			
1		3624	1.148	3156.79
2		3986	1.317904	3024.50
3		4385	1.51295379	2898.30
4		7699.00	1.73687095	4432.68
5		8469	1.99392785	4247.40
6		9315	2.28902918	4069.41
7		10247	2.62780549	3899.45
8		11272	3.01672071	3736.51
9		12399	3.46319537	3580.22
10		13639	3.97574829	3430.55
			VAN	15902.57

La **tasa interna de retorno** o **tasa interna de rentabilidad** (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad.

$TIR > i \Rightarrow$ realizar el proyecto.

$TIR = i \Rightarrow$ el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

$TIR < i \Rightarrow$ no realizar el proyecto.

La tasa interna de retorno TIR se la calcula mediante la siguiente expresión:

$$TIR = TasaMenor + DiferenciaTasas \left(\frac{VAN_{menor}}{VAN_{tasamenor} - VAN_{tasamayor}} \right)$$

En la tabla 10 podemos observar los resultados del TIR.

Tabla10. Calculo del TIR.

Años	Flujo Neto	Factor Actualización 28%	VAN tasa menor	Factor Actualización 29%	VAN tasa mayor
Inv.	20573.25				
1	3624	0.7813	2831.25	0.7752	2809.30
2	3986	0.6104	2432.86	0.6009	2395.29
3	4385	0.4768	2090.93	0.4658	2042.68
4	7699.00	0.3725	2868.10	0.3611	2780.20
5	8469	0.2910	2464.80	0.2799	2370.74
6	9315	0.2274	2117.99	0.2170	2021.36
7	10247	0.1776	1820.23	0.1682	1723.73
8	11272	0.1388	1564.30	0.1304	1469.88
9	12399	0.1084	1344.30	0.1011	1253.37
10	13639	0.0847	1155.27	0.0784	1068.77
TOTAL			-116.79		637.92

TIR	0.43 43%
-----	-------------

La evaluación de los proyectos de inversión cuando se hace con base en la Tasa Interna de Retorno, toman como referencia la tasa de descuento. Si la Tasa Interna de Retorno es mayor que la tasa de descuento, el proyecto se debe aceptar pues estima un rendimiento mayor al mínimo requerido, siempre y cuando se reinviertan los flujos netos de efectivo. Por el contrario, si la Tasa Interna de Retorno es menor que la tasa de descuento, el proyecto se debe rechazar pues estima un rendimiento menor al mínimo requerido.

Una vez realizado el análisis mediante los indicadores económicos podemos evidenciar que el proyecto es rentable pero siempre y cuando el precio del galón de biodiesel sea de \$4.09 dólares americanos, ya que si se quisiera competir con el precio del diesel fósil tocaría venderlo a un costo de \$0.95 centavos de dólar americano; pero si se lo comercializa a ese precio entonces el proyecto no sería rentable y nunca se recuperaría la inversión del mismo. Esta es la principal desventaja de este tipo de proyectos debido a que el costo del galón de biodiesel no puede competir con el del diesel fósil, ya que el precio de nuestro producto estaría por 4 veces más que el del diesel fósil.

Por tal razón nuestra investigación se justifica en el ámbito ambiental ya que más del 50% de las emisiones de CO₂ en el planeta son producto de la quema de combustibles fósiles y esto constituye la primera causa del calentamiento global. Si observamos las reales ventajas del diesel, por citar un ejemplo, podemos tomar en cuenta su bajo consumo y reducido costo; sin embargo, de su composición se derivan también contaminantes pesados como el ácido sulfúrico, cadmio, aluminio, entre otros.

A continuación en la valoración de impactos Socio – Ambientales podremos observar cómo se justifica el presente proyecto desde el punto vista ambiental.

6.1.9. VALORACIÓN DE IMPACTOS SOCIO – AMBIENTALES.

En la Valoración de Impactos Socio- Ambientales se deben identificar, describir y evaluar los impactos ambientales y sociales que se presentarán durante la ejecución del proyecto.

La descripción y evaluación de los impactos ambientales y sociales que se presenta corresponden a un análisis integral de todo el reactor que incluye todos sus componentes e instalaciones. Para este análisis integral ha sido necesario el conocimiento y evaluación de los elementos del medio físico, biológico y socioeconómico de toda el área de estudio en donde funcionará el reactor, así como de las acciones, actividades y procedimientos que se utilizarán durante la implementación del proyecto.

Los aspectos metodológicos de análisis ambiental que se utilizan han sido determinados considerando que las actividades del proyecto en su interacción con el ambiente generan efectos sobre el mismo.

Con lo descrito anteriormente podemos decir que el tipo de maquinaria que implementaremos en el presente proyecto no producen efectos negativos al medio ambiente pues no emite agentes contaminantes que puedan deteriorar el aire o a su vez el agua, ya que si bien utilizamos agua para lavar el biodiesel esta queda tan inofensiva



como el agua residual de cualquier casa. La mayor parte del metanol y la lejía quedan en la capa de glicerina, no en el biodiesel que luego se lava. La lejía no daña las cañerías porque en realidad sirve para limpiarlas, y los jabones son muy abundantes en las aguas residuales. El resto de las impurezas no deben ser muy distintas de las que quedan después de lavar los platos. En conclusión no se causa ningún problema si deja que esta agua se vaya por el drenaje. Las bombas utilizadas en el reactor producen un ruido que no altera a los decibeles normales que pueden soportar los oídos de las personas; las instalaciones eléctricas para este tipo de maquinaria puede montarse en cualquier zona o área.

Algo que puede llamar la atención es que el reactor se encuentra en una habitación en la que su ventilación este un poco limitada, pero eso se justifica porque la obtención de biodiesel se logra a través de una reacción química y no por un proceso térmico, como es el caso de otros combustibles y los equipos no generan calor, se llegará máximo a 60° C, y además los tanques estarán tapados.

En lo que respecta a los impactos sociales tenemos que con el presente trabajo de tesis de diseño y construcción de tecnologías para producir biodiesel a partir de aceites de cocina usados podemos difundir y concienciar a la comunidad de la importancia de reducir la contaminación ambiental, mediante el reciclaje de los aceites de cocina quemados y la posterior utilización de un biocombustible limpio que no daña el medio ambiente.

Es interesante mencionar aquí el potencial que representa el reúso de aceites vegetales de cocina usados para la elaboración de biodiesel. El volumen de aceites de cocina usados de la ciudad entera no bastaría para satisfacer ni siquiera un porcentaje ínfimo de la demanda local de combustibles, pero la alternativa es interesante desde el punto de vista ambiental.

Si bien muchos locales de comidas venden sus aceites de cocina usados a precios bajos (normalmente para su utilización como aceites de cocina de segunda categoría), existe un balance y un ciclo para éstos aceites, y en algún punto los mismos son desechados, a menudo a la red colectora cloacal o a rellenos sanitarios. En general, la flora bacteriana

de un buen sistema de tratamiento de efluentes en una ciudad organizada o un buen compostaje podrá lidiar con dicha carga, pero a menudo éstos aceites llegan directamente a cursos de agua, sin previo tratamiento, y representan un riesgo para la flora y fauna acuática al formar una delgada capa superficial que impide procesos fisicoquímicos fundamentales para la vida. Esto no solo representa un problema ambiental, sino que es un desperdicio absoluto de materia prima valiosa, tanto para la obtención de glicerina, ácidos grasos o ésteres como el biodiesel.

Los biocarburantes tienen importantes ventajas medioambientales al ser fuentes renovables no contaminantes; ya que estos son de muy bajo contenido de azufre, cloro y partículas de gases de escape.

Los biocarburantes son energías renovables y con la utilización de estos se puede disminuir de forma notable las principales emisiones de los vehículos, como son el monóxido de carbono y los hidrocarburos volátiles, en el caso de los motores de gasolina, y las partículas, en el de los motores diesel; se supone un ahorro de entre un 25% a un 80% de las emisiones de CO₂ producidas por los combustibles derivados del petróleo, constituyendo así un elemento importante para disminuir los gases invernadero producidos por el transporte.

Estos son combustibles no tóxicos y biodegradables. En cuanto a la toxicidad tienen la misma tabla que la sal de mesa y en cuanto a la biodegradabilidad, el 85% se degrada en aproximadamente 28 días.

El biodiesel es elaborado en su totalidad por productos vegetales y su producción no requiere de elementos contaminantes, además, al ser un aceite, reduce considerablemente la producción de gases de efecto invernadero.

Esta tecnología, desarrollada a escala industrial permite reducir los gases de efecto invernadero, aprovechar tierras que no están siendo cultivadas, diversificar la producción agrícola sin desplazar cultivos ni amenazar la seguridad alimentaria, reducir el impacto ambiental, entre otros.

Otra de las ventajas del biodiesel es que no emite óxido de azufre, gas responsable de las lluvias ácidas. Asimismo, en caso de un derrame o accidente, no representa un mayor peligro para el entorno. No habría un mayor daño debido a que es un aceite, obviamente tendrá su impacto, pero no el mismo que con el combustible corriente. El impacto sería mucho menor pues el biodiesel no se lo extrae de la tierra sino de las plantas.

Para la elaboración de biodiesel se también se puede aprovechar de materias primas como existentes en nuestro medio como son la higuerilla y la jatropha, dos plantas oleaginosas de donde se extrae un aceite de uso industrial no comestible y de la utilización de estas plantas se puede producir harina de alto contenido en proteínas para la ganadería, procedente de los restos de las cáscaras de sus semillas. Además, de la reacción química resultante de la mezcla de este aceite con metanol e hidróxido de sodio se obtiene el biodiesel y glicerol, este último es utilizado para elaborar productos como fertilizantes, jabones, detergentes, etc.

En definitiva nuestro proyecto reúne las características de confiabilidad y seguridad socio-ambiental que las normas actuales exigen.

6.1.10. MANUAL DE OPERACIÓN DEL REACTOR.

Para maniobrar el reactor se debe seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que todas las válvulas de paso del reactor se encuentren cerradas.
2. Conectar el tablero de control.
3. Activar el disyuntor principal.
4. Filtrar el aceite de cocina usado.
5. Depositar en el Tq1 la cantidad a procesar de aceite de cocina usado.
6. Encender el sistema de calefacción activando el selector en Tq1.
7. Mediante el pirómetro marcar la temperatura de 60°C.
8. Una vez alcanzada la temperatura deseada mantenerla durante 15 minutos.



9. Luego desconectar el selector que controla sistema de calefacción y dejar reposar el fluido por 24 horas.
10. Abrir la V1 para purgar el 20% del total del aceite calentado que corresponde a agua mezclada con aceite, el resto se puede procesar normalmente.
11. Extraer una muestra del aceite calentado para realizar la valoración.
12. Activar el selector manual o automático según como se quiera trabajar.

En caso de elegir manual:

13. Abrir la V2 y activar la B1 para transportar el aceite al Tq3, luego apagar la bomba y cerrar la válvula.
14. Encender el sistema de calefacción activando el selector en Tq3, al mismo tiempo se abre la V6, V7 y se enciende la B3 para hacer recircular el aceite en el Tq3, hasta alcanzar una temperatura de 53 °C.
15. Una vez conocido el resultado de la valoración y mientras se calienta el aceite en el Tq3 se procede a preparar el metóxido de sodio.
16. Verter en el Tq2 la cantidad necesaria de metanol en un 20% de la cantidad del aceite a procesar, además depositar el hidróxido de sodio necesario y establecido dependiendo de los resultados de la valoración.
17. Abrir la V3, V4 y encender la B2 para realizar la mezcla de los químicos por un tiempo de 30 a 60 minutos y de esta manera obtener el metóxido de sodio, luego de este tiempo cerrar las válvulas abiertas y dejar reposar durante unos 10 minutos.
18. Una vez alcanzada la temperatura deseada en el Tq3 se envía el metóxido de sodio del Tq2 al Tq3 para lo cual se abre la V3 y la V5 al mismo tiempo que se enciende la B2, luego de este paso apagar la bomba y cerrar las válvulas abiertas.
19. Seguir mezclando el metóxido de sodio con el aceite durante un tiempo de 3 horas manteniendo la temperatura de 53 °C.
20. Concluido con el tiempo de mezcla desactivar el sistema de calefacción, la bomba y cerrar las válvulas abiertas, dejar reposar durante 1 hora manteniendo la temperatura por encima de los 38 °C con la finalidad de mantener el glicerol semilíquido y poder extraerlo con facilidad.
21. Abrir la V8 para extraer la glicerina en un recipiente.



22. Extraer una muestra de 150ml de biodiesel para realizar la prueba de calidad que se determina mediante la mezcla con agua en una cantidad igual a la muestra.
23. Si el biodiesel pasa la prueba de calidad se procede a lavarlo.
24. Abrir la V6 y V9 para enviar el biodiesel al Tq4 encendiendo la B3.
25. Ya con el biodiesel en el Tq4 se apaga la B3 y se cierran las válvulas abiertas.
26. Colocar agua en el Tq4 en una cantidad de un 1/3 del volumen total de biodiesel.
27. Se abre la V10, V11 y se enciende la B4 para recircular la mezcla biodiesel/agua durante 10 minutos y de esta manera realizar el primer lavado. Luego de este tiempo apagar la B4 y cerrar válvulas abiertas, dejar reposar durante 80 minutos para lograr la separación del agua con el biodiesel.
28. Abrir la V12 para drenar el agua.
29. Repetir los pasos 26, 27 y 28 al menos 3 o 4 veces hasta obtener agua cristalina.
30. Una vez terminado el proceso de lavado se abre la V10 y V13 para enviar el biodiesel al Tq5 con el encendido de la B4. Luego del cual se apaga la bomba y se cierran las válvulas abiertas.
31. Desconectar el disyuntor principal.

En caso de elegir automático:

Para esto se siguen los mismos pasos descritos anteriormente exceptuando los encendidos de las bombas ya que estas serán controladas por el LOGO.

6.1.10.1. PASOS PARA LA VALORACIÓN.

1. Preparar una disolución de 1 gr de hidróxido de sodio en 1 lt de agua destilada asegurándose que quede totalmente disuelta.
2. Mezclar en un recipiente pequeño 10 ml de alcohol isopropílico con 1 ml de aceite de cocina usado de la muestra extraída en el paso 11 de manual de operación del reactor.
3. Colocar el recipiente en baño maría con el fin de que se mezcle el alcohol isopropílico con el aceite de cocina usado de manera uniforme.
4. Añadir a la mezcla de alcohol isopropílico con el aceite de cocina usado dos gotas de fenolftaleína, que es un indicador ácido-base incoloro en presencia de ácidos y rojo en presencia de bases.



5. Con un cuenta gotas graduado (que permita medir décimas de mililitro), colocar en la disolución de alcohol isopropílico/aceite/fenolftaleína gotas de la disolución de hidróxido de sodio con agua destilada. Cada gota debe tener 2 décimas de ml, medidas con mucha exactitud.
6. Después de cada gota agitar vigorosamente la disolución. Si todo sale bien la disolución se volverá de un color magenta (rosa) y mantendrá ese color durante 10 segundos, esto indica que el pH es neutro entre 8 y 9.

Es importante colocar la cantidad exacta para alcanzar ese pH, el objetivo de la valoración es averiguar el número de ml de solución de hidróxido de sodio con agua destilada que fueron necesarios para alcanzar un pH entre 8 y 9. Es recomendable hacer la valoración más de una vez para comprobar que la medida sea correcta. Dependiendo del tipo de aceite, de la temperatura que alcanzó en la freidora, de los alimentos que fueron cocinados con él y del tiempo de uso, la cantidad de disolución de hidróxido de sodio con agua destilada necesaria en la valoración suele ser de entre 1.5 y 3 ml.

6.1.10.2. PASOS PARA LA PRUEBA DE CALIDAD.

1. Coger la muestra de biodiesel sin lavar (paso 22 del manual de operación del reactor).
2. Colocar en un recipiente transparente 150 ml de biodiesel con 150 ml de agua.
3. Tapar el recipiente y agitar vigorosamente durante 10 segundos.
4. Dejar reposar durante 30 minutos tiempo en el cual, debe quedar encima biodiesel cristalino y debajo agua lechosa.

Si el combustible es de buena calidad la separación es rápida y las impurezas quedan en el agua, si supera esta prueba se puede proceder a lavarlo y usarlo con toda tranquilidad. Entre el agua y el biodiesel suele quedar una emulsión del grosor de una hoja de papel. Si esa capa intermedia es más gruesa el lote debe ser reprocesado.



6.1.11. MEDIDAS DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO.

Es importante tomar en cuenta las medidas de seguridad que describimos a continuación para evitar riesgos laborales. La parte donde existe mayor riesgo de accidentes es en la manipulación de los químicos.

1. Utilizar gafas para proteger la vista ya que el contacto con los químicos puede provocar daños irreversibles como la ceguera.
2. Evitar la aspiración de los gases que emanan los químicos para lo cual sugerimos la utilización de mascarillas
3. Utilizar guantes largos ya que el metóxido de sodio es una sustancia que quema la piel sin que la persona perciba el daño.
4. Utilizar overol o delantal para protegerse del contacto con los químicos.
5. Tener una fuente de agua cercana al reactor para que en caso de contacto directo con los químicos lavar con abundante agua la parte afectada.
6. Evitar derramar aceite en el piso y utilizar zapatos antideslizantes.
7. Tener precaución al manipular los componentes eléctricos.
8. No ingerir las sustancias utilizadas en el reactor, ya que la mayoría de estos son sustancias venenosas.
9. Evitar que personas ajenas o no autorizadas manipulen el reactor.
10. Mantener limpia el área de trabajo.

6.1.12. MANTENIMIENTO DEL REACTOR.

Para tener un buen funcionamiento del reactor y para que los equipos lleguen a cumplir con su tiempo de vida útil se recomienda realizar un mantenimiento mensual al reactor.

1. Verificar que los equipos de mando y control estén debidamente conectados.
2. Controlar que los cables de las conexiones no se hallan dañado, como puede ser que se hallan pelado o cortado lo cual puede producir un corto circuito.
3. Dar una limpieza al reactor y a todos sus componentes, debido a la existencia de agentes contaminantes que pueden ocasionar daños a los equipos.



4. Es recomendable, nunca dejar que las bombas y las niquelinas funcionen en vacío porque esto puede acortar la vida útil de los mismos.

6.1.12.1. INFLUENCIA DE LA LIMPIEZA DE LAS MAQUINARIAS EN LA MANTENCIÓN.

En los sistemas de maquinaria se encuentran todas aquellas superficies que quedan expuestas para limpiar, entre los tipos de contaminantes a extraer se tienen:

Polvo y partículas:

Se debe limpiar con brochas, paños y si no hay elemento desprendibles se puede utilizar una sopladora.

Grasas y manchas:

Los elementos para limpiar son por lo general base líquida o base polvo, se denominan detergentes industriales. Se fabrican a base de soda, elementos espumantes, agentes activos y como elementos distintivo se utilizan colorantes.

Como modo de aplicación se debe hacer con huaipe, paño, brocha, etc., se debe cuidar de aplicar siempre con guantes, según la situación. Por lo general cualquier superficie a limpiar se debe hacer con precaución revisando previamente la ausencia de aristas vivas o elementos corto punzantes.

El líquido utilizado para grasas debe ser un detergente a base de antigrasa y sustancias espumantes que ayudan a la evacuación de los contaminantes y cuerpos extraños alojados en puntos recónditos. No se deben usar combustibles como líquido limpiante por los peligros que esto genera tanto para el mecánico o para la infraestructura.

La limpieza propiamente tal se realiza con brocha, frotando con relativa fuerza los pelos de la brocha sobre la superficie y lugares internos. Para retirar el líquido desengrasante, se deja estilar y eventualmente se puede sopletar siempre y cuando, esta operación se realice en una cabina especialmente dispuesta para ello y con las antiparras de seguridad por parte del mecánico.



Limpieza de sistemas eléctricos:

En general se debe utilizar un sistema de escobillas para limpiar y extraer el polvo, para los contactos mecánicos se debe utilizar limpia contacto. También para remover polvo y pelusas se debe soplear nunca aspirar el tablero ya que se puede desconectar alguna unión floja.

7. DISCUSIÓN.

En la presente investigación hemos recopilado toda la información necesaria para el desarrollo de la misma, con lo cual tomando en cuenta toda la documentación relacionada a las energías alternativas como los biocombustibles, en especial el biodiesel y los diferentes tipos de reactores existentes; hemos evidenciado que muchos países tanto de Europa como de Latinoamérica están desarrollando cada vez más su tecnología encaminada a la producción de biodiesel; ya que si bien estos países buscan en este tipo de biocombustible un recurso renovable de forma permanente para la generación de energía limpia y que sea favorable con el medio ambiente. Especialmente en los países europeos las perspectivas del desarrollo de la producción de biodiesel como combustible ha llevado a impulsar un cambio en el parque automotriz al reemplazar la utilización de los combustibles fósiles (diesel) por el biodiesel.

El desarrollo de biocombustibles en el Ecuador es aún incipiente principalmente al tratarse de un país petrolero siendo su principal fuente de energía el uso de combustibles fósiles, pero se hace necesario la búsqueda de políticas encaminadas al desarrollo de las energías alternativas en nuestro caso el biodiesel con el cual se aprovecharía el uso de materia prima barata y así podría reducir significativamente el empleo de hidrocarburos, impulsando la conservación del medioambiente.

La presente investigación se encaminó de acuerdo a las diferentes normas y metodologías de diseños de reactores y plantas de producción de biodiesel, realizando de esta forma la recopilación bibliográfica necesaria para el diseño y construcción del mismo. De esta manera se ha diseñado un reactor para la producción de biodiesel a partir de aceite de cocina usado; tomando en cuenta los resultados obtenidos y haciendo una comparación con la teoría hemos observado que nuestro diseño cumple con los requerimientos necesarios para la producción de biodiesel.

El reactor está diseñado para procesar desde 20 hasta 80lt de aceite; los tanques que hemos diseñado funcionaron a cabalidad en especial al momento de mezclar porque obtuvimos buenos resultados con los productos; si bien las bombas no son las indicadas para bombear el aceite y los químicos, debido a que son bombas de agua estas no presentaron ningún inconveniente al momento de mezclar y bombear los productos.



Una de las mejores maneras de asegurar una buena reacción es tener una buena estrategia para mezclar el aceite y los reactivos, hay dos estrategias generales para hacerlo, la una consiste en hacer recircular los fluidos mediante bombeo y la otra en mezclar revolviendo con un motor y un mezclador con aspas. En nuestro caso optamos por la primera, la misma que nos dio un buen resultado aunque cabe recalcar que al utilizar este sistema normalmente toma más tiempo para realizar la mezcla y se dé a cabo la reacción completa; pero esto se compensa al utilizar la misma bomba para enviar el biodiesel al tanque de lavado, además se compensa porque al utilizar el otro sistema se tendría que comprar un motor, un mezclador y realizar el montaje de estos elementos en la parte superior del tanque, además de que no garantiza el mezclado total de los fluidos.

El sistema de calefacción instalado cumplió su objetivo con total normalidad sin presentar inconvenientes calentando la materia prima hasta la temperatura requerida. De la misma manera el sistema de control y de protección tanto de bombas como de las resistencias actuaron correctamente.

Una vez terminado y montado el reactor se procesó aceite de cocina usado por dos ocasiones; en el primer lote procesado obtuvimos un biodiesel de muy baja calidad consecuencia de algunos factores como: una mala valoración del aceite usado, mal control de la temperatura y poco tiempo de mezclado.

El primer factor que se trata de la valoración incidió en un alto porcentaje en el proceso debido a que se la realizó de una forma inexacta ya que se contrató un laboratorio particular y no fuimos entes directos en un paso muy importante, en la cual no se había utilizado las medidas y los equipos correctos, dando como resultado que la valoración no esté bien hecha.

Para el segundo factor que se relaciona con el mal control de la temperatura, se cometió el error de no tomar en cuenta que al momento de mezclar el metanol con el hidróxido de sodio se produce una reacción exotérmica (desprendimiento de calor), y se trasladó el metóxido de sodio de forma directa sin dejar que repose por un tiempo; el cual al mezclarse con el aceite caliente se alteró la temperatura en la reacción, provocando evaporación del metanol.



En el último factor destacamos que el tiempo de mezclado para que se dé a cabo la reacción fue muy corto debido a que no todo aceite se lo puede procesar de la misma forma y es por tal razón que se debe tomar la precaución de mezclar por más tiempo.

Todos estos factores descritos anteriormente afectaron para que el resultado sea un biodiesel de mala calidad, se pudo constatar esto basándonos en una prueba de calidad muy básica pero fundamental, la cual consiste en mezclar homogéneamente el biodiesel con agua y por observación directa, si estas se separan instantáneamente hablamos de un buen producto; pero por lo contrario como sucedió en nuestro caso al momento de realizar esta prueba se obtienen tres sustancias: biodiesel, una emulsión parecida a la mayonesa y agua, los cuales demoraron en separarse varios días, nos da lugar a manifestar que el producto es de mala calidad.

En el segundo lote procesado se tomo en cuenta los factores que incidieron en el primer lote; primeramente se decidió realizar la valoración en la cual seamos los actores directos en la misma, con la ayuda del laboratorio de química del Área de Educación de la Universidad con el fin de constatar que se realice con las medidas exactas y con los equipos correspondientes dándonos como resultado una valoración con rangos exactos y diferentes a la anterior.

Una vez realizada esta se procedió a obtener el metóxido de sodio tomando en cuenta que luego de la mezcla debe dejar en reposo por un tiempo para hacer la reacción con el aceite. Con esto se corrigió la temperatura necesaria para el proceso.

Al momento de realizar la reacción se tomo en cuenta el tiempo de mezclado dejándolo por un tiempo mayor al anterior.

Con todas las correcciones hechas en el proceso de este nuevo lote confiamos en que obtendríamos un mejor resultado, el mismo que fue palpado al momento de realizarle la prueba descrita anteriormente observando que el biodiesel se separó instantáneamente del agua sin producir ninguna emulsión; con lo que se manifiesta que el producto es de buena calidad y dando fe que el reactor cumplió con el objetivo para el cual fue diseñado.

De acuerdo a los reactores estudiados en el capítulo de revisión de literatura, nuestro diseño se adapta a los lineamientos en cuales se basaron los constructores tanto



artesanales como los constructores de reactores totalmente automatizados, obteniendo resultados similares, es por tal razón que nuestro reactor cumple con normativas establecidas en países europeos como en países de Latinoamérica líderes en la producción de biocombustibles.

En relación al impacto medio ambiental, recalamos que nuestro reactor utiliza como materia prima un contaminante que por siglos no se le ha dado la importancia debida como lo es el aceite de cocina usado, además de que este es una materia prima ya procesada y que no proviene directamente como materia producida en campos agrícolas, como lo hacen los grandes productores que utilizan grandes extensiones de tierra para cultivar plantas de donde se obtiene el aceite y que es destinado únicamente para la producción de biocombustibles, lo cual da lugar a que exista especulaciones en cuanto a la crisis alimentaria por parte de organismos ecologistas que aseguran que los biocombustibles son los principales culpables de este problema a nivel mundial.

8. CONCLUSIONES.

- La información recopilada sobre reactores y producción de biodiesel aportó efectivamente para realizar el diseño y la construcción de nuestro reactor; así como también fue muy importante al momento de empezar con la producción de biodiesel.
- La parte más elemental de un procesador de biodiesel es el tanque reactor, por tal razón los tanques diseñados tuvieron un buen desempeño porque fueron construidos en base a criterios de productores con experiencia; es así que los tanques son de forma delgada, larga y de fondo cónico lo cual facilitó el calentamiento y la mezcla de los fluidos, ya que en estos se concentra mejor el calor que en los de forma ancha y el fondo cónico permite drenar fácilmente los fluidos.
- Se concluye que a partir de los resultados obtenidos, el diseño y la construcción del reactor se lo realizó de forma eficaz en el cual se pueden procesar diferentes tipos de aceite y en un volumen de 20 hasta 80lt de aceite de cocina usado.
- El sistema de mezclado por recirculación mediante bombeo implementado en nuestro diseño, es igual de eficiente que el utilizado en otros reactores existentes mediante la utilización de un motor con mezclador.
- El producto obtenido es de buena calidad basándonos en pruebas básicas de lavado las cuales coinciden con extensas pruebas realizadas en todo el mundo con éste combustible que demuestran que el mismo es competitivo con el diesel fósil, y representa una de las alternativas más viables en el campo de las energías renovables.
- Con la implementación de nuestra tesis ayudaríamos a contrarrestar los índices de contaminación ambiental producida por los actuales vehículos a diesel que son los principales responsables de la acumulación de CO₂ y las emisiones de azufre, las mismas que se reducirían en gran escala con la utilización del biodiesel ya que este es un combustible de muy bajo impacto ambiental, debido a que es elaborado en su



totalidad con productos vegetales y su producción no requiere de elementos contaminantes; además, al ser un aceite, reduce considerablemente la producción de gases de efecto invernadero y no emite óxido de azufre, gas responsable de las lluvias ácidas, y tampoco emite partículas, humos visibles, hidrocarburos y compuestos aromáticos teniendo así una mejor calidad del aire. Además estamos ayudando a contrarrestar la contaminación del agua de las vertientes de la ciudad de Loja que provocan las empresas y microempresas que utilizan el aceite y lo vierten directamente en los drenajes, a la cual estamos proponiendo implementar un sistema de reciclaje de este aceite para su utilización en la producción de biodiesel; todos estos impactos ambientales son el motivo por el cual este biocombustible se está imponiendo en el mundo.

- Si bien el aceite usado es actualmente desechado o vendido a precios ínfimos para su reutilización, hemos evidenciado a partir de la valoración económica, que el biodiesel tiene un alto costo para su comercialización refiriéndonos en términos comparativos, de los químicos y de los procesos de fabricación que provocan la falta de competitividad, en ausencia de un subsidio por parte del Estado a los biocombustibles frente a los carburantes convencionales.









9. RECOMENDACIONES.



- Se recomienda seguir los pasos descritos en la secuencia del proceso para la obtención del biodiesel, observando que al poner en marcha el reactor, las válvulas estén cerradas, el circuito eléctrico se encuentre desactivado y que sean entendidas todas las medidas de seguridad personal.
- Para obtener un buen resultado en el procesamiento del biodiesel, recomendamos que la valoración del aceite se realice de forma exacta para evitarse problemas al momento de la reacción y además que exista un buen control de la temperatura y del tiempo de mezclado.
- Al manipular los reactivos se recomienda el uso imperativo de elementos de protección personal (mascarillas, guantes, mandil, gafas) ya que los vapores de los químicos son perjudiciales para la salud.
- Fomentar proyectos específicos de reciclaje del aceite usado con el objetivo de disminuir la contaminación en los drenajes de la ciudad y de esta forma contribuir a la concientización de su uso en aplicaciones energéticas y la existencia de procesos de transformación de este producto en biocombustible y de esta manera se lograría abaratar el costo final del galón de biodiesel porque se obtendría más fácilmente la principal materia prima para su producción.
- Para abaratar costos se podría fortalecer el proceso, reciclando un 70% del metanol que se queda mezclado en la glicerina, el cual se lo realizaría mediante un proceso de evaporación y condensación del producto; con lo que se ahorraría un capital considerable y por ende el precio del galón de biodiesel disminuiría; otra vía sería el subsidio de los químicos por parte del gobierno.
- Desarrollar iniciativas que promuevan el uso de los biocarburantes en el transporte público o en vehículos de organismos gubernamentales, y poner en marcha campañas publicitarias de amplia difusión y programas informativos específicos acerca de las ventajas y disponibilidad de los biocombustibles.

10. BIBLIOGRAFÍA.








LIBROS:

-  CALERO, William; CHICAIZA, Erika; CHICAIZA, Wilson; VIZUETE David; Marzo de 2007, Síntesis y refinación de biodiesel y glicerina obtenidos a partir de grasa vegetal. Universidad Central del Ecuador; Facultad de Ciencias Químicas. Quito. 30p.
-  FERNANDEZ, Covadonga; CLARIMÓN, Luís; SÁNCHEZ Berta; Marzo de 2005, Informe sobre el empleo de combustibles renovables: Biodiesel. Zaragoza. 28p.
-  GARCÍA CAMÚS, Juan; GARCÍA LABORDA, José. 2006, Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. España, Elecé Industria Gráfica. 130p.
-  Jornadas “Aportación de la biomasa al desarrollo de las energías renovables” Diciembre de 2002. Organizadas por CCOO e IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético):
- ✓ “Desarrollo en tecnología y aplicaciones industriales de combustibles líquidos”. Mercedes Ballesteros CIEMAT
 - ✓ “Utilización de aceites usados para la obtención de biodiesel” Mercedes Martínez. Laboratorio de Procesos Químicos y Bioquímicos Integrados Universidad Complutense de Madrid.
-  LAROSA, Rodolfo; Procesos para la producción de biodiesel. Glaris Spa Co. Milán, Italia. 95p.
-  Microsoft Encarta 2009, [DVD]. “Cambio Climático”, Microsoft Corporation, 2008.



-  OLADE, Santiago J. Sánchez Miño 2003. Energías Renovables: Conceptos y Aplicaciones, Quito, Ecuador, WWF - Fundación Natura. 153 p.
-  WHITMAN DIRECT ACTION; Biodiesel Producción y Aplicaciones. 2009. Washington-Honduras-Nicaragua. 114p.

PÁGINAS WEB:

-  <http://www.appa.es/biocarburantes/que-son-los-biocarburantes>.
-  <http://www.biodieselcommunity.org/basebase>.
-  <http://www.biodieselspain.com/articulo-la-especulacion-en-la-crisis-alimentaria>.
-  <http://burica.wordpress.com/biocombustibles-principales-culpables-en-crisis-alimentaria>.
-  <http://geroperez.blogspot.com/bioaceites>.
-  http://www.journeytoforever.org/biodiesel_aleksnew.
-  <http://notime-towaste.blogspot.com/crisis-alimentaria>.

11. ANEXOS.

Anexo1. Datos técnicos de tornillos más usuales.

DATOS TECNICOS DE TORNILLOS Y TUERCAS MAS USUALES									
LOS DATOS AQUÍ INDICADOS SON REPRODUCCION FIEL DE NORMAS SAE, ANSI, ASTM, DIN, ISO, ETC									
PRODUCTO	OBSERVACIONES	NORMA DIMENSIONAL	NORMA MECANICA Y QUIMICA	MARCAS EN EL PRODUCTO	ACERO ESPECIFICADO	RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION LBS/PLG ²		DUREZA ESPECIFICADA	
						DIAMETRO	RESISTENCIA		
TORNILLO G-2		ANSI/ASME B18.2.1	SAE J429 GRADO 2		BAJO O MEDIO CARBON AISI 1010 - 1050	1/4" a 3/4" 3/4" a 1-1/2"	74,000 60,000	80 - 100 HB 70 - 100 HB	
TORNILLO 307	GRADO A	ANSI/ASME B18.2.1	ASTM A307 A		BAJO O MEDIO CARBON AISI 1010 - 1050	TODOS LOS DIAMETROS	60,000	69 - 100 HB	
TORNILLO 307	GRADO B	ANSI/ASME B18.2.1 HEAVY HEX	ASTM A307 B		BAJO O MEDIO CARBON AISI 1010 - 1050	Todos los Diámetros	100,000 Max 60,000 Min	69 - 95 HB	
TORNILLO G-5		ANSI/ASME B18.2.1 CAP	SAE J429 Grado 5		MEDIO CARBON AISI 1035 - 1050 TEMP Y REV.	Hasta 1" 1-1/8" a 1-1/2"	120,000 105,000	25 19	
TORNILLO CLASE 8.8		ISO - 4014 EQUIV. ANSI B18.23.1M CAP	SAE J429		MEDIO CARBON AISI 1035 - 1050 TEMP Y REV.	M16 - M72	120,000	23 - 34 HRC	
TORNILLO G-8		ANSI/ASME B18.2.1 CAP	SAE J429 Grado 8		MEDIO CARBON ALEADO AISI 4135 a 9840 TEMP Y REV	TODOS LOS DIAMETROS	150,000	33 - 39 HRC	
TORNILLO CLASE 10.9		ISO - 4014 EQUIV. ANSI B18.23.1M CAP	SAE J429		MEDIO CARBON ALEADO AISI 4135 a 9840 TEMP Y REV	M16 - M72	150,000	33 - 39 HRC	
TORNILLO A325	TIPO 1	ANSI/ASME B18.2.1 HEAVY HEX	ASTM A-325		MEDIO CARBON AISI 1035 - 1050 Temp y Rev	Hasta 1" 1-1/8" a 1-1/2"	120,000 105,000	25 - 34 HRC 19 - 30 HRC	
TORNILLO A394	TIPO 0 GALVANIZADO	ANSI/ASME B18.2.1	ASTM A394 T-0		0.55% C MAX	TODOS LOS DIAMETROS	74,000	80 - 100 HB	

Anexo 2. Tabla técnica de alambres y cables de cobre tipo THHN.

CALIBRE AWG O MCM	SECCION mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPEJOR AISLAMIENTO mm.	ESPEJOR CHAQUETA mm.	DIAMETRO EXTERIOR mm.	PESO TOTAL Kg/Km	CAPAC. DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	CAPAC. DE CORRIENTE para 3 conductores en conduit Amp.	TIPO CABLE
20	0,519	1 × 0,813	0,38	0,10	1,77	7,07	15	10	TFN
18	0,823	1 × 1,02	0,38	0,10	1,98	10,94	15	10	TFN
16	1,31	1 × 1,29	0,38	0,10	2,25	16,48	20	15	TFN
14	2,08	1 × 1,63	0,38	0,10	2,59	23,17	35	25	THHN
12	3,31	1 × 2,05	0,38	0,10	3,01	34,16	40	30	THHN
10	5,26	1 × 2,59	0,51	0,10	3,81	55,04	55	40	THHN
8	8,34	1 × 3,26	0,76	0,13	5,04	91,22	80	55	THHN
16	1,31	19 × 0,30	0,38	0,10	2,46	17,95	20	15	TFN
14	2,08	19 × 0,38	0,38	0,10	2,86	23,80	35	25	THHN
12	3,31	19 × 0,47	0,38	0,10	3,31	35,70	40	30	THHN
10	5,26	19 × 0,60	0,51	0,10	4,22	56,20	55	40	THHN
8	8,37	7 × 1,23	0,76	0,13	5,47	93,70	80	55	THHN
6	13,30	7 × 1,55	0,76	0,13	6,43	141,30	105	75	THHN
4	21,15	7 × 1,96	1,02	0,15	8,22	227,60	140	95	THHN
2	33,62	7 × 2,47	1,02	0,15	9,75	348,10	190	130	THHN
1	42,36	7 × 2,78	1,27	0,18	11,24	446,20	220	150	THHN
1/0	53,49	19 × 1,89	1,27	0,18	12,35	553,30	260	170	THHN
2/0	67,43	19 × 2,12	1,27	0,18	13,50	688,70	300	195	THHN
3/0	85,01	19 × 2,39	1,27	0,18	14,85	856,80	350	225	THHN
4/0	107,20	19 × 2,68	1,27	0,18	16,30	1069,50	405	260	THHN
250	127,00	37 × 2,09	1,52	0,20	18,07	1263,00	455	290	THHN
300	152,00	37 × 2,29	1,52	0,20	19,47	1502,00	505	320	THHN
350	177,00	37 × 2,47	1,52	0,20	20,73	1743,00	570	350	THHN
400	203,00	37 × 2,64	1,52	0,20	21,92	1981,00	615	380	THHN
500	253,00	37 × 2,95	1,52	0,20	24,09	2457,00	700	430	THHN
600	304,00	37 × 3,23	1,78	0,23	26,63	2960,00	780	475	THHN
650	329,00	37 × 3,37	1,78	0,23	27,61	3221,00	820	500	THHN

REFERENCIA:

(1) CABLEC - Catálogo de productos.

Anexo 3. Catálogo técnico de la marca CAMSCO.

BREAKERS CAJA MOLDEADA 2 Y 3 POLOS CAMSCO "NF-CS"
TIPO: TERMOMAGNETICO

VOLTAJE MAXIMO: 600 V

REGULACION MAGNETICA: FIJA

REGULACION TERMICA: FIJA

TEMP. DE TRABAJO: 40°C (PARA 100% CAPACIDAD)

PAG. #96 DEL CATALOGO 2006

REFERENCIA	CORRIENTE NOMINAL	IEC-230V Icu/Ics (sym) KA	
		2 POLOS	
NF100-CS 60A/2P	60A	25/20	7.5/5
NF100-CS 75A/2P	75A	25/20	7.5/5
NF100-CS 100A/2P	100A	25/20	7.5/5
		3 POLOS	
NF50-CS 10A	10A	5/5	2,5/1,5
NF50-CS 20A	20A	5/5	2,5/1,5
NF50-CS 30A	30A	5/5	2,5/1,5
NF50-CS 40A	40A	5/5	2,5/1,5
NF50-CS 50A	50A	5/5	2,5/1,5
NF100-CS 60A	60A	25/20	7.5/5
NF100-CS 75A	75A	25/20	7.5/5
NF100-CS 100A	100A	25/20	7.5/5
NF250-CS 125A	125A	25/20	10/7.5
NF250-CS 150A	150A	25/20	10/7.5
NF250-CS 200A	200A	25/20	10/7.5
NF250-CS 250A	250A	25/20	10/7.5
NF400-CS 300A	300A	35/20	15/10
NF400-CS 400A	400A	35/20	15/10
NF630-CS 500A	500A	50/35	18/10
NF630-CS 630A	630A	50/35	18/10
NF800-GP 800A	800A	50/42	35/30

CONTACTORES TRIFASICOS TIPO "C1-D" Y "C1-F" CAMSCO
MONTAJE POR TORNILLOS Y EN RIEL (HASTA 95 AMP)
BOBINAS EN: 24/120/220/440 VAC 60 HZ

CATEGORIA DE USO AC3: MOTORES AC1: RESISTENCIA

NORMAS: IEC-947/IEC 158-1/NF C 63110/VDE 0660/BS 5424

PAG. # 26...28 DEL CATALOGO 2006

REFERENCIA	CORRIEN AC3	CORRIENTE AC1	CAPACIDAD MOTOR		CONTACTOS	CARTON
			H.P. 220V	H.P. 440V		
C1-D09 *	9 AMP	25 AMP	3	5,5	1 NA	50
C1-D12 *	12 AMP	25 AMP	4	7,5	1 NA	50
C1-D18 *	18 AMP	32 AMP	5,5	12	1 NA	50
C1-D25 *	25 AMP	40 AMP	7,5	15	1 NA	50
C1-D32 *	32 AMP	50 AMP	10	20	1 NA	50
C1-D40 *	40 AMP	60 AMP	15	30	1 NA - 1 NC	20
C1-D50 *	50 AMP	80 AMP	20	40	1 NA - 1 NC	20
C1-D65 *	65 AMP	90 AMP	25	50	1 NA - 1 NC	20
C1-D80 *	80 AMP	125 AMP	30	60	1 NA - 1 NC	15
C1-D95 *	95 AMP	130 AMP	35	70	1 NA - 1 NC	15
C1-F115**	115 AMP	200 AMP	40	79	2 NA	4
C1-F150**	150 AMP	250 AMP	54	107	2 NA	
C1-F185**	185 AMP	275 AMP	74	134	2 NA	
C1-F225**	225 AMP	315 AMP	85	148	2 NA	
C1-F265**	265 AMP	350 AMP	100	188	2 NA	
C1-F330**	330 AMP	400 AMP	134	268	2 NA	
C1-F400**	400 AMP	500 AMP	148	335	2 NA	

* AÑADIR VOLTAJE DE LA BOBINA: 24/120/220/440 V.A.C.

**AÑADIR VOLTAJE DE LA BOBINA 220/440 V.A.C

RELES TERMICOS TIPO "R2-D" CAMSCO
BOTON DE RESET / PERILLA AUTO - MANUAL
CONTACTOS 1NA + 1NC
COMPENSADOS Y DIFERENCIALES
NORMAS: IEC 292/947/VDE 0660/JEM 1356-5/BS 88

PAG. # 29 DEL CATALOGO 2006

REFERENCIA	REGULACION	PARA CONTACTOR
R2-D1306	1.0 - 1.6 AMP	C1-D09 C1-D32
R2-D1306	1.25 - 2 AMP	C1-D09 C1-D32
R2-D1307	1.6 - 2.5 AMP	C1-D09 C1-D32
R2-D1308	2.5 - 4 AMP	C1-D09 C1-D32
R2-D1310	4 - 6 AMP	C1-D09 C1-D32
R2-D1312	5.5 - 8 AMP	C1-D09 C1-D32
R2-D1314	7 - 10 AMP	C1-D09 C1-D32
R2-D1316	9 - 13 AMP	C1-D09 C1-D32
R2-D1321	12 - 18 AMP	C1-D09 C1-D32
R2-D1322	17 - 25 AMP	C1-D09 C1-D32
R2-D1353	23 - 32 AMP (PEQUEÑO)	C1-D09 C1-D32
R2-D3353	23 - 32 AMP (GRANDE)	C1-D40 C1-D95
R2-D3355	30 - 40 AMP	C1-D40 C1-D95
R2-D3357	37 - 50 AMP	C1-D40 C1-D95
R2-D3359	48 - 65 AMP	C1-D40 C1-D95
R2-D3361	55 - 70 AMP	C1-D40 C1-D95
R2-D3363	63 - 80 AMP	C1-D40 C1-D95
R2-D3365	80 - 93 AMP	C1-D40 C1-D95
TH-120/80	72 - 96 AMP	MONTAJE INDEPENDIENTE
TH-120/105	80 - 130 AMP	MONTAJE INDEPENDIENTE
TH-120/130	100 - 160 AMP	MONTAJE INDEPENDIENTE

AUXILIARES DE MANDO DE 22mm CAMSCO

PAG. # 207... 210 CATALOGO 2006

(PLASTICOS Y METALICOS)

PAG. # 1-7 DEL CATALOGO UNID. CONTROL 22MM

REFERENCIA	CARACTERISTICA	COLOR	CONTACTOS	CARTON
PULSADORES CUERPO PLASTICO (SERIE E)				
FPB-EA1/G	PULSADOR DE MARCHA	VERDE	1 NA	300/20
FPB-EA2/R	PULSADOR DE PARO	ROJO	1 NC	300/20
PB-XAN-G	PULSADOR MONOBLOQUE	VERDE	1 NA	10
PB-XAN-R	PULSADOR MONOBLOQUE	ROJO	1 NC	10
AS-22 S/LUZ	PULSA. MARCHA-PARO RECTAN.	VERDE - ROJO	1NA + 1NC	200/10
AS-22N	PULSA. MARCHA-PARO RECTAN.	VERDE - ROJO + LUZ	1NA + 1NC + LUZ	200/10
APBB-22N	PULSA. MARCHA-PARO OVAL.	VERDE - ROJO + LUZ	1NA + 1NC + LUZ	200/10
LMB-ES5	PULSA EMERGENCIA C/RET.	ROJO	1 NC	15
MPB-EC2	PULSA EMERGENCIA S/RET.	ROJO	1 NC	15

**SELECTORES DE 22mm CAMSCO (PLASTICOS Y METALICOS)**

PAG. # 2-3-8-9 DEL CATALOGO UNID. CONTROL 22MM

REFERENCIA	CARACTERISTICA	COLOR	CONTACTOS	CARTON
SELECTORES CUERPO PLASTICO (SERIE E)				
SKOS-ED21	SELECTOR 2 POSICIONES	NEGRO	1 NA	200
SKOS-ED33	SELECTOR 3 POSICIONES	NEGRO	1 NA + 1 NA	200
SKL-EG41	SELECTOR 2 POS. C/LLAVE	NEGRO	1 NA	
SKL-EG03	SELECTOR 3 POS. C/LLAVE	NEGRO	1 NA + 1 NA	
SKOS-ED41	SELECTOR 2 POS. C/RET>IZQ	NEGRO	1 NA	20
SKOS-ED53	SELECTOR 3 POS. C/RET>CTR.	NEGRO	1 NA + 1 NA	
SELECTORES CUERPO METALICO (SERIE B) (NUEVOS)				
LKOS-BJ21	SELECTOR 2 POSICIONES	NEGRO		1 NO
LKOS-BJ33	SELECTOR 3 POSICIONES	NEGRO		1 NA + 1 NC
SKL-BG61	SELECTOR 2 POS. C/LLAVE	NEGRO		1 NA
SKL-BG33	SELECTOR 3 POS. C/LLAVE	NEGRO		1 NA + 1 NA
LKOS-BJ41	SELECTOR 2 POS. C/RET>IZQ	NEGRO		1 NA
LKOS-BJ53	SELECTOR 3 POS. C/RET>CTR.	NEGRO		1 NA + 1 NC
SKL-BG83	SELECTOR 3 POS. C/LLAVE RET DER>CTR	NEGRO		1 NA + 1 NC
LKOS-BJ73	SELECTOR 3 POS. C/LLAVE RET>CTR	NEGRO		1 NA + 1 NC
SKOS-BK2 G/220V	SELECTOR 2 POS. LUMINOSO 220V	VERDE		1 NA
SKOS-BK2 R/220V	SELECTOR 2 POS. LUMINOSO 220V	ROJO		1 NA
SKOS-BK3 G/220V	SELECTOR 3 POS. LUMINOSO 220V	VERDE		1 NA + 1 NC
SKOS-BK3 R/220V	SELECTOR 3 POS. LUMINOSO 220V	ROJO		1 NA + 1 NC

**BORNERAS PLASTICAS TRANSPARENTES BLANCAS DE 12 POLOS CAMSCO
SON DE 12 PARES SE PUEDEN CORTAR LOS PARES QUE SE NECESITEN SUJECCION TIPO BRIDA**

PAG. # 158 DEL CATALOGO 2006

REFERENCIA	CARACTERISTICA	AMP.	USO CABLE AWG	MEDIDAS	CARTON
H-0312	BORNERAS	3 A	# 22 y # 20	15.9 x 92 mm	1200/10
H-0612	BORNERAS	6 A	# 18	18.4 x 115 mm	1000/10
H-1512	BORNERAS	15 A	# 16 y # 14	24 x 139 mm	500/10
H-3012	BORNERAS	30 A	# 12 y # 10	26 x 162 mm	300/10
H-6012	BORNERAS	60 A	# 8 y # 6	30 x 192 mm	200/10
H-8012	BORNERAS	80 A	# 4	36 x 201 mm	120/10
H-10012	BORNERAS	100 A	# 2	38 x 229 mm	100/10

CONTROLES DE TEMPERATURA CAMSCO

PAG. # 150 y 151 DEL CATALOGO 2006

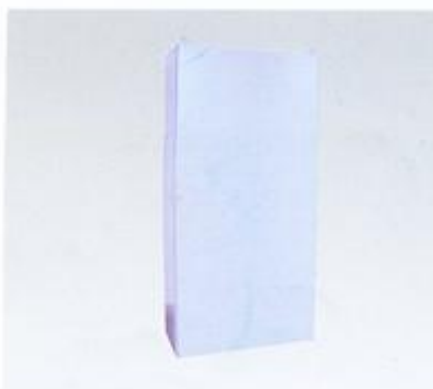
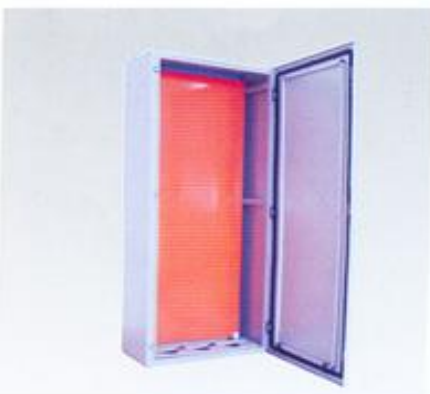
REFERENCIA	CARACTERISTICA	RANGO	TENSION	USA TERMOCUPLAS	CARTON
TC-72N/199/J	CONTROL TEMP. DIGITAL 72x72	0 - 199°C	110/220 V	J	30
TC-72N/199/K	CONTROL TEMP. DIGITAL 72x72	0 - 199°C	110/220 V	K	30
TC-72N/399/J	CONTROL TEMP. DIGITAL 72x72	0 - 399°C	110/220 V	J	30
TC-72N/399/K	CONTROL TEMP. DIGITAL 72x72	0 - 399°C	110/220 V	K	30
TC-72N/999/J	CONTROL TEMP. DIGITAL 72x72	0 - 999°C	110/220 V	J	30
TC-72N/999/K	CONTROL TEMP. DIGITAL 72x72	0 - 999°C	110/220 V	K	30
TC-96N/199/J	CONTROL TEMP. DIGITAL 96x96	0 - 199° C	110/220 V	J	20
TC-96N/199/K	CONTROL TEMP. DIGITAL 96x96	0 - 199° C	110/220 V	K	20
TC-96N/399/J	CONTROL TEMP. DIGITAL 96x96	0 - 399°C	110/220 V	J	20
TC-96N/399/K	CONTROL TEMP. DIGITAL 96x96	0 - 399°C	110/220 V	K	20
TC-96N/999/J	CONTROL TEMP. DIGITAL 96x96	0 - 999°C	110/220 V	J	20
TC-96N/999/K	CONTROL TEMP. DIGITAL 96x96	0 - 999°C	110/220 V	K	20
TC-3/400/K	CONTROL TEMP. ANALOGICO 96x96	0 - 400°C	110/220 V	K	20

NOTA: LOS CONTROLES DE TEMPERATURA NO INCLUYEN TERMOCUPLA
TERMOCUPLAS CAMSCO

PAG. # 150 y 151 DEL CATALOGO 2006

REFERENCIA	CARACTERISTICA	RANGO	TIPO	DIMENSIONES
C106	TERMOCUPLA TORNILLO	0 - 500°C	K	CABLE MALLADO 2 mt
C105B	TERMOCUPLA C/RESORTE	0 - 300°C	PT100	Ø 5mm/20mm/cable 2mt
SJ-107	TERMOCUPLA BAYONETA	0 - 450°C	K	Ø 6/8 mm
C105	TERMOCUPLA	0 - 600°C	J	Ø 5mm/200mm/CABLE
C101	TERMOCUPLA	0 - 1200°C	K	Ø 21,7 mm/500mm / SIN CABLE
C102	TERMOCUPLA	0 - 800°C	K	Ø 12,7/200mm/ SIN CABLE
C102A	TERMOCUPLA	0 - 800°C	K	Ø 9,5 mm/200mm/SIN CABLE
CABLE C105/6/7	CABLE P` TERMOCUPLA C 105/C106/C107 (metro) APANTALLADO			
CABLE C105B	CABLE P` TERMOCUPLA C 101/C105B (metro) RECUBRIMIENTO DE CAUCHO			

TABLEROS METÁLICOS CAMSCO



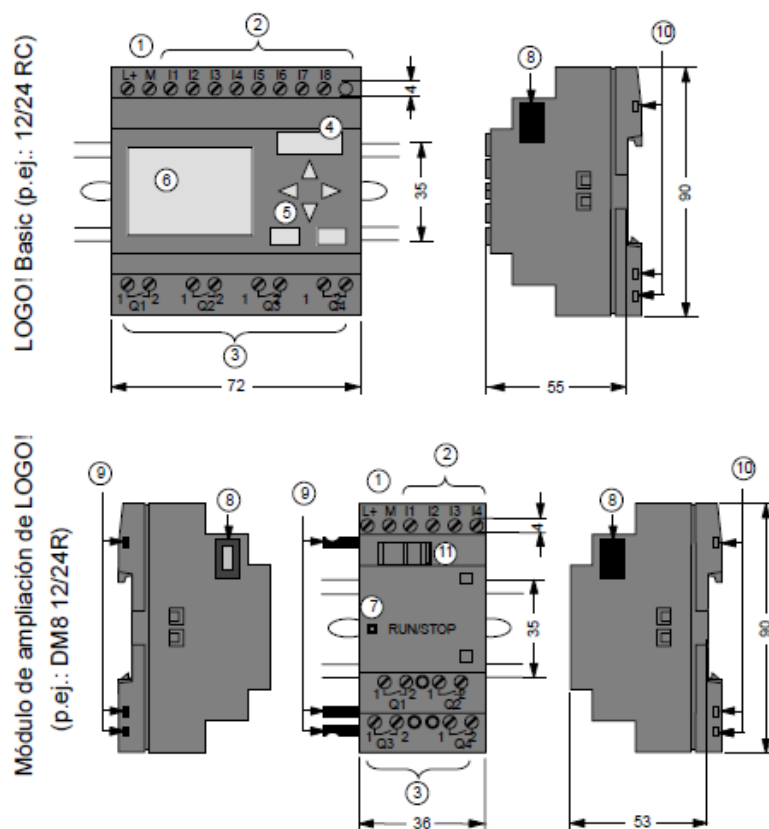
Main technique parameter

Model	Size A×B×C / mm
AY2215	200 × 200 × 150
AY2515	250 × 200 × 150
AY2315	300 × 200 × 150
AY2320	300 × 200 × 200
AY3320	300 × 300 × 200
AY3325	300 × 300 × 250
AY3415	400 × 300 × 150
AY3420	400 × 300 × 200
AY3430	400 × 300 × 300
AY4415	400 × 400 × 150
AY4420	400 × 400 × 200
AY4425	400 × 400 × 250
AY4430	400 × 400 × 300
AY3515	500 × 300 × 150
AY3520	500 × 300 × 200
AY3525	500 × 300 × 250
AY3530	500 × 300 × 300
AY4515	500 × 400 × 150
AY4520	500 × 400 × 200
AY4525	500 × 400 × 250
AY4530	500 × 400 × 300
AY5515	500 × 500 × 150
AY5530	500 × 500 × 300
AY4615	600 × 400 × 150
AY4620	600 × 400 × 200
AY4630	600 × 400 × 300
AY5620	600 × 500 × 200
AY6615	600 × 600 × 150
AY6620	600 × 600 × 200
AY5720	700 × 500 × 200
AY5725	700 × 500 × 250
AY6720	700 × 600 × 200
AY6820	800 × 600 × 200
AY8820	800 × 800 × 200
AY8830	800 × 800 × 300
AY6 1020	1000 × 600 × 200
AY6 1025	1000 × 600 × 250
AY6 1030	1000 × 600 × 300
AY8 1020	1000 × 800 × 200
AY10 1025	1000 × 1000 × 250
AY10 1030	1000 × 1000 × 300
AY6 1220	1000 × 600 × 200
AY8 1220	1000 × 800 × 200
AY6 1430	1400 × 600 × 300
AY8 1430	1400 × 800 × 300
AY8 1630	1600 × 800 × 300
AY10 1630	1600 × 1000 × 300
AY10 1830	1800 × 1000 × 300

Anexo 4. Tabla de variantes y características de LOGO! marca SIEMENS.

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 V CC	8 digitales (1)	4 relés de 10A	
	LOGO! 24	24 V c.c.	8 digitales (1)	4 transistores 24V / 0,3A	Sin reloj
	LOGO! 24RC (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC (2)	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24 V CC	8 digitales (1)	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitales (1)	4 transistores 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo (2)	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

- (1): De ellos pueden utilizarse alternativamente:
2 entradas analógicas (0 ... 10V) y 2 entradas rápidas.
- (2): Variantes de 230 V: entradas en dos grupos de 4.
Dentro del grupo sólo puede haber una misma fase,
entre grupos puede haber fases distintas.
- (3): Las entradas digitales pueden utilizarse alternativamente
con conexión P o conexión N.



- | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------------------|
| ① Alimentación de tensión | ⑤ Panel de manejo (no en RCo) | ⑧ Interfaz de ampliación |
| ② Entradas | ⑥ Pantalla LCD (no en RCo) | ⑨ Codificación mecánica – pernos |
| ③ Salidas | ⑦ Indicación del estado RUN/STOP | ⑩ Codificación mecánica – conectores |
| ④ Receptáculo de módulo con revestimiento | | ⑪ Guía deslizante |

Anexo 5. En el siguiente anexo tenemos los resultados del análisis estático de la estructura metálica; para lo cual los hemos presentado en una forma resumida tomando en cuenta los puntos más críticos de la estructura.

ADES 2007

Software de análisis estructural espacial y pre-procesador de archivos para el programa RUAUMOKO.

ANÁLISIS ESTÁTICO.

DATOS DE LA ESTRUCTURA:

Tipo de estructura: 6

Número de nudos: 48

Número de barras: 72

Grados de libertad por nudo (Gln): 6

Aparentes grados libertad (Agl): 288

Número de restricciones (Nres): 72

Grados de libertad reales (Agl-Nres): 216

===== MATRICES DE CÁLCULO =====

MATRIZ DE CARGAS COMBINADAS AC

Ind	CVIVA	CMUERTA
50	-50	-12.5
62	-50	-12.5
68	-10	-5
74	-50	-12.5
80	-10	-5
86	-50	-12.5
92	-50	-5
98	-50	-5
104	-50	-5
110	-50	-5

DESPLAZAMIENTOS [Dj] DE CADA BARRA

índ	CVIVA	CMUERTA
Djb54		
115	-0.00000547	-0.00000011
116	-0.00002235	-0.00000561
117	-0.00000094	0.00000025



118	0.00002148	0.00000411
119	-0.00000003	-0.00000072
120	-0.00000294	-0.00000115
121	-0.00000556	0.00000022
122	-0.00000471	-0.00000226
123	-0.00000094	0.00000025
124	0.00002085	0.00000059
125	0.00000004	-0.00000067
126	-0.00000884	-0.00000063

Djb57

127	-0.00000572	-0.00000019
128	-0.00002258	-0.00000558
129	-0.00000133	0.00000071
130	0.00000001	0.00000309
131	-0.00000048	-0.00000074
132	0.00000277	0.00000192
133	-0.00000536	0.00000026
134	-0.00002235	-0.00000228
135	-0.00000133	0.00000071
136	0.00001063	0.00000524
137	0.00000003	-0.00000008
138	-0.00000688	-0.00000011

Djb60

139	-0.00000588	-0.00000022
140	-0.00002249	-0.00000229
141	-0.00000241	0.00000086
142	-0.00000064	0.00000016
143	-0.00000022	-0.00000075
144	0.00000873	0.00000026
145	-0.00000541	0.00000028
146	-0.00002246	-0.00000223
147	-0.00000241	0.00000086
148	0.00000774	0.00000123
149	-0.00000045	-0.00000086
150	0.00000905	0.00000067

MATRIZ DE REACCIONES [AR]

Ind	CVIVA	CMUERTA
5	48.231642	12.060727
11	49.49002	12.397649
17	49.688962	12.479195
23	50.205262	12.411186
26	49.678461	5.059033
29	50.004209	5.080936
32	49.915962	4.948627
35	48.707666	4.858217

ESFUERZOS [AM]i DE CADA BARRA

índ	CVIVA	CMUERTA
AM54		
115	-0.004558	-0.00012069



116	-0.24875451	-0.02715172
117	0.00257128	0.0017225
118	-0.003855	0.00034327
119	-0.00131873	-0.00050252
120	-0.06541116	-0.00883004
121	0.004558	0.00012069
122	0.24875451	0.02715172
123	-0.00257128	-0.0017225
124	0.003855	-0.00034327
125	-0.00004534	-0.00041127
126	-0.06655311	-0.00557395

AM57

127	0.00343361	0.00058506
128	0.10131584	-0.04263817
129	-0.00912421	-0.0014712
130	-0.00629614	-0.00132524
131	0.00195559	0.00044581
132	0.01729208	-0.01326601
133	-0.00343361	-0.00058506
134	-0.10131584	0.04263817
135	0.00912421	0.0014712
136	0.00629614	0.00132524
137	0.0028848	0.00033466
138	0.03645597	-0.00935354

AM60

139	0.00392699	-0.00008305
140	0.01236068	0.02690725
141	-0.01145965	-0.00286076
142	0.00021014	-0.00126312
143	0.00324313	0.00085735
144	-0.00959252	0.00747616
145	-0.00392699	0.00008305
146	-0.01236068	-0.02690725
147	0.01145965	0.00286076
148	-0.00021014	0.00126312
149	0.00283621	0.00066029
150	0.01614986	0.00679814

Anexo 6. Certificación de la valoración del aceite de cocina usado.

CERTIFICACIÓN.

Dr. Rubén Darío Ortiz Flores.

**ENCARGADO DEL LABORATORIO DE LA CARRERA QUÍMICO-BIOLÓGICO
DEL ÁREA DE LA EDUCACIÓN, EL ARTE Y LA COMUNICACIÓN.**

CERTIFICA:

Que los señores egresados Héctor Ademir Guevara Elizalde y Luís Augusto Quizhpe Escaleras, realizaron bajo mi dirección en el laboratorio a mí encargado la valoración del aceite de cocina usado, con el fin de determinar el contenido de ácidos grasos libres en el aceite y así establecer la cantidad de hidróxido de sodio necesaria para la producción de biodiesel.

La valoración se realizó por seis ocasiones obteniendo los siguientes resultados:

Nº	ALCOHOL ISOPROPÍLICO	ACEITE DE COCINA USADO	SOLUCIÓN DE FENOLFTALEÍNA	SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO
1	10ml	1ml	2 gotas	1,4ml
2	10ml	1ml	2 gotas	1,4ml
3	10ml	1ml	2 gotas	1,5ml
4	10ml	1ml	2 gotas	1,6ml
5	10ml	1ml	2 gotas	1,4ml
6	10ml	1ml	2 gotas	1,6ml
PROMEDIO				1.48ml

Loja, Julio del 2011.

Atentamente,



Dr. Rubén Darío Ortiz Flores.

ENCARGADO DEL LABORATORIO DE QUÍ-BIO.



Anexo 7.

Planos.

Anexo 8. Fotografía.



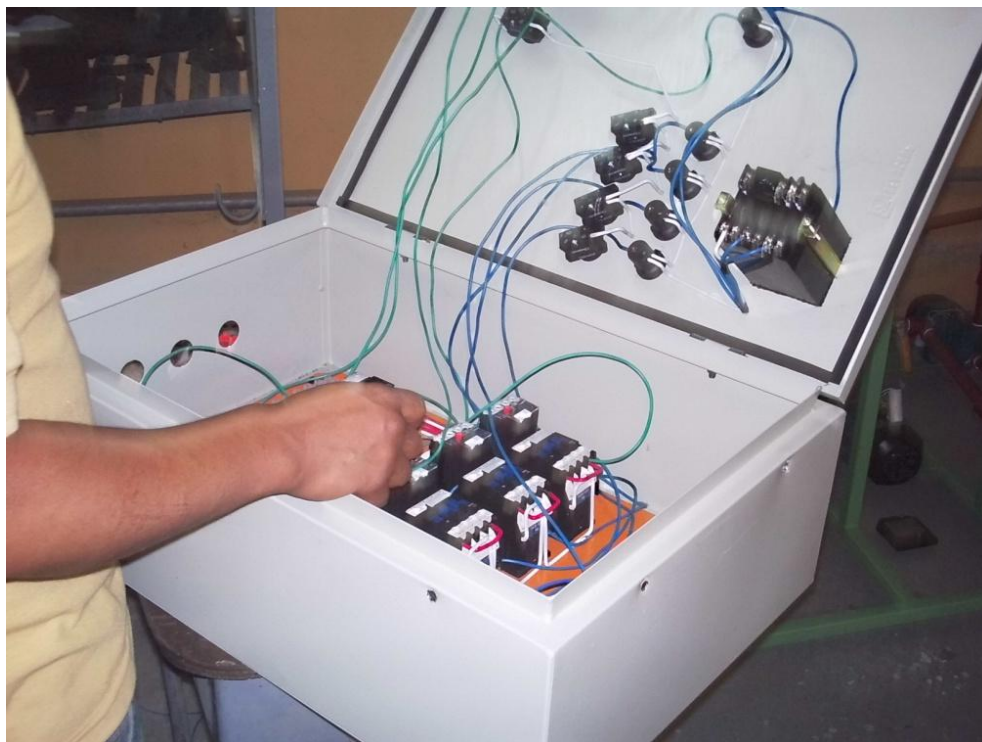
Fotografía 1. Construcción de la estructura metálica.



Fotografía 2. Montaje de los tanques.



Fotografía 3. Montaje de tanques y bombas en la estructura.



Fotografía 4. Montaje de los equipos de mando y control.



Fotografía 5. Aceite, metanol e hidróxido de sodio.



Fotografía 6. Filtrado del aceite.



Fotografía 7. Tablero de control.



Fotografía 8. Reactor.

		
Fotografía 9. Biodiesel de buena calidad.	Fotografía 10. Biodiesel de mala calidad.	Fotografía 11. Glicerina.
FOTOS DE LAS PRUEBAS DE CALIDAD.		
		
Fotografía 12. Biodiesel de buena calidad mezclado con agua.	Fotografía 13. Biodiesel de mala calidad mezclado con agua.	

FOTOS DE LAS PRUEBAS DE CALIDAD.

Fotografía 14. Separación del biodiesel de buena calidad y el agua, luego de 10 a 15 min.



Fotografía 15. Separación del biodiesel de mala calidad y el agua, luego de 10 a 15 min.



Fotografía 16. Primer lavado, agua lechosa.



Fotografía 17. Segundo lavado, agua turbia.



Fotografía 18. Tercer lavado, agua transparente.



Fotografía 19. Biodiesel cristalino.

Anexo 9. Proyecto de tesis.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA,

LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS

NATURALES NO RENOVABLES

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de Tesis

Tema:

“Diseño y construcción de un reactor para la producción de biodiésel a partir de aceites de cocina usados”

Autores:

Héctor Ademar Guzmán Elizalde.

Luis Augusto Quizhpe Escaleras.

Loja – Ecuador

2008 – 2009

1859



PROYECTO DE TESIS

1. TITULO.

“Diseño y construcción de un reactor para la producción de biodiesel a partir de aceites de cocina usados”

2. PROBLEMÁTICA.

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

Las energías alternativas o renovables, es el tema de mayor importancia en los últimos años, debido a que las energías convencionales o no renovables; tales como, los combustibles fósiles están presentando una serie de efectos en el mundo, por ejemplo; los conflictos que se crean y se manifiestan en intereses por la posesión y control de los centros de producción de combustibles, sumados a la incertidumbre en los precios del petróleo y los efectos medioambientales que estos producen.

Uno de ellos es el calentamiento de la atmósfera que es el principal desafío medioambiental que hoy afronta la humanidad a nivel mundial. Ninguna población es ajena a este problema y a sus consecuencias.

El calentamiento global es consecuencia del aumento del contenido de ciertos gases en la atmósfera. Esos gases, denominados de “efecto invernadero”, impiden la disipación de la energía radiante que recibe la tierra. Los dos gases responsables del fenómeno son el anhídrido carbónico (CO₂) y el metano. Importa en consecuencia reducir la concentración de estos gases en la atmósfera. En el caso del dióxido de carbono, ello ocurre debido mayormente al uso de combustibles fósiles (petróleo y carbón) como fuente de energía, lo cual forja que se haga necesaria la búsqueda de fuentes alternativas de energía que sustituyan a los combustibles fósiles.



Es así que se ha empezado a mejorar la eficiencia de los procesos energéticos, a crear una conciencia sobre la escasez de los recursos, a disminuir los efectos contaminantes del uso de la energía y a reutilizar y reprocesar los residuos.

El uso de la Biomasa es una de las soluciones a los problemas antes mencionados, ya que una de sus aplicaciones es la obtención de los biocombustibles a partir de materias primas de origen agrícola y por lo tanto renovable. La energía de la biomasa se puede transformar en combustible líquido para ser usado en sistemas de generación eléctrica o en sistemas de transportación, es decir, para motores de combustión interna, en reemplazo de los combustibles tradicionales (fuel oil, gasolina, diesel o bunker).

En la actualidad los tipos de biocombustibles más utilizados son el Etanol y el Biodiesel.

El Biodiesel es un éster, producido a partir de materias de bases renovables, como los aceites vegetales, grasas animales y aceites de cocina usados, se puede usar en los motores diesel. Es un combustible alternativo que es más limpio cuando se quema.

El presente proyecto está relacionado con la posibilidad de usar combustibles alternativos que sean capaces de reducir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera.

Este permitiría plantear una alternativa, en primer lugar, a la contaminación atmosférica debido a la alta toxicidad de las emisiones de gases de los vehículos con motores diesel, ya que el empleo del biodiesel como aditivo en motores diesel mejora considerablemente la calidad de estas emisiones. Por otra parte, se abordaría el problema de la disposición final de los aceites de cocina usados, que en muchos casos puede generar problemas de contaminación del agua (cuando se arrojan directamente al desagüe) o riesgos para la salud pública (cuando se reutilizan para el consumo humano).

Con el reciclaje de los aceites usados, evitamos su vertido, salvaguardando la contaminación de las aguas subterráneas, fluviales y marinas, así como la vida que en ellas habita. Y evitamos su uso en la alimentación animal (piensos).

Como el biodiesel no es nocivo para la salud humana, para la vegetación, los animales vivos y no daña monumentos y/o edificios. Por tal motivo su empleo es ventajoso frente al combustible diesel sobre todo para el transporte público en las grandes ciudades. Es



seguro y fácil de transportar debido a que es biodegradable y posee un punto de inflamación de 150°C contra 64°C del combustible diesel.

El biodiesel puede mezclarse con diesel convencional o usarse puro al 100% (B100) en un motor de diesel, con mínimas modificaciones. La proporción de mezcla de diesel y biodiesel es normalmente de 80:20; es decir, 20% de biodiesel con 80% diesel de petróleo, denominado (B20) y no se requiere modificaciones en el motor y también se puede utilizar en una proporción baja como aditivo del 1 al 5 %. El biodiesel puede ocasionar un aumento de las emisiones de óxido nitroso pero reduce las de monóxido de carbono, partículas pesadas, hollín, hidrocarburos y emisiones tóxicas propias del diesel fósil. Un vehículo a biodiesel despide un olor a papas fritas, algo más agradable que el olor a hollín y al aceite del diesel convencional.

Los biocombustibles, en este caso como el biodiesel es una energía alternativa, que se la puede obtener en una forma sencilla, para lo cual se realiza una reacción o un proceso llamado transesterificación.

La transesterificación puede hacerse a temperatura ambiente, mediante mezcla mecánica de un alcohol, un álcali, y el aceite vegetal. Al cabo de un cierto tiempo de mezcla y reposo, se separan por decantación el biodiesel y el glicerol.

Para el proceso de elaboración del biodiesel se hace necesaria la utilización de un reactor en el cual se puede almacenar el aceite vegetal y mezclarlo con un alcohol, también aquí se realiza el proceso de lavado del biodiesel, para su consumo. El reactor se podría decir que es la tecnología necesaria para la producción del biodiesel. Lamentablemente en nuestro país y en nuestra ciudad no se ha producido esta tecnología.

Los reactores para la producción de biodiesel, han sido diseñados con la finalidad específica de transesterificar aceites vegetales en forma sencilla y a bajo costo, tanto operativo como de inversión. Para ello se puede utilizar varios procesos como el ácido/base, optimizado mediante el uso de presión, alta temperatura, y un mezclador on-line de gran turbulencia.



Los reactores BD son presurizados, con calefacción eléctrica, y utilizan tecnología de mezclado con alta velocidad. Están dotados de aislamiento en fibra de vidrio, mas regulación automática de presión y temperatura de proceso.

La construcción es en acero inoxidable 304. Los elementos utilizados son de fácil obtención en todo el mundo; la filosofía de diseño fue la de adoptar criterios universales en cuanto a materiales y componentes.

El tablero de control es estanco; el cableado eléctrico esta entubado. Todos los circuitos eléctricos tienen protección propia adicional a la protección general del tablero.

El sistema de llenado esta provisto de dos entradas independientes que se conectan a la provisión de alcohol y aceite. El nivel puede ser controlado visualmente o de manera automatizado. Las salidas se conectan a recipientes para glicerol y biodiesel. Para este ultimo, se incluye un filtro de 5 micrones.

La temperatura de reacción se regula desde el tablero; para ello se provee un termostato y un termómetro analógico para control. Los controles de temperatura son de tipo capilar, lo que asegura la confiabilidad de los mismos.

La presión de reacción se fija mediante un regulador incorporado en la entrada de aire comprimido. Incluye además un manómetro analógico para control y válvula de seguridad.

El biodiesel que se obtiene solo requiere filtrado para su uso. No se degrada con el tiempo, pudiendo almacenarse de idéntica manera que el diesel de petróleo. Este biocombustible, elaborado con insumos de origen local, abarata el combustible y prolonga la vida útil de los motores.

El principal objetivo de nuestro proyecto es desarrollar y probar un modelo tecnológico (reactor) para la producción de biodiesel a pequeña escala a partir de aceites de cocina usados.

De lo antes expuesto podríamos dar por enunciado la problemática de nuestro proyecto:

2.2. ENUNCIADO PROBLEMÁTICO:

“La contaminación ambiental que produce el uso de los combustibles fósiles y la falta de utilización de fuentes alternativas de energía que sustituyan a dichos combustibles y por ende disminuyan la emisión de dióxido de carbono al medio ambiente”.

PROBLEMA GENERAL DE INVESTIGACIÓN.- El problema general de investigación queda enunciado de la siguiente manera:

“Los esquemas tradicionales de diseño y los procedimientos metodológicos disponibles, no aportan efectivamente en el empeño de diseñar y construir un reactor para la producción de biodiesel”.

2.3. DELIMITACIÓN.

2.3.1. PROBLEMAS ESPECÍFICOS DE INVESTIGACIÓN.

Dentro de los problemas específicos existentes en el presente proyecto de tesis tenemos los siguientes:

- ✘ La falta de conocimientos científicos sobre las tecnologías existentes y su funcionamiento para la elaboración de biodiesel.
- ✘ Falta de un diseño piloto para la elaboración de biodiesel.
- ✘ Necesidad de evidenciar la calidad del biodiesel obtenido en el reactor construido.
- ✘ Falta de una base técnica y de gestión que impulse el desarrollo de prácticas investigativas para la elaboración del biodiesel en la Universidad Nacional de Loja, Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables.

2.3.2. ESPACIO.

El proyecto de tesis de grado se lo realizará en la Universidad Nacional de Loja, en el Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, como fuente de estudio de las energías renovables o alternativas, para la cual se utilizarán los talleres y laboratorios con los que consta el Área, así como también se hará uso del Internet y de la bibliografía existente en la biblioteca del Área.

2.3.3. TIEMPO.

El tiempo estimado para la investigación será de 8 meses a partir de la aprobación del proyecto de tesis de grado.

2.3.4. UNIDADES DE OBSERVACIÓN.

Para el desarrollo del proyecto se tomarán en cuenta las especificaciones de los manuales de las maquinas y equipos que utilizaremos como motores, bombas, sensores, entre otros, además se requerirá de los fundamentos de las siguientes unidades:

- Química
- Dibujo técnico
- Mecánica de fluidos
- Máquinas de fluidos
- Termodinámica
- Talleres eléctrico y mecánico
- Instalaciones industriales
- Automatización
- Computación I, II y III
- Estadística
- Tecnología de los materiales
- Energías alternativas

3. JUSTIFICACIÓN.

3.1. JUSTIFICACIÓN.

El presente proyecto de investigación se lo desarrolla pensando en la necesidad urgente de plantear una alternativa, en primer lugar, a la contaminación atmosférica debido a la alta toxicidad de las emisiones de gases de los vehículos con motores diesel ya que el empleo del biodiesel como aditivo en estos motores mejora considerablemente la calidad de estas emisiones. Por otra parte, se abordaría el problema de la disposición final de los aceites de cocina usados, que en muchos casos puede generar problemas de contaminación del agua (cuando se arrojan directamente al desagüe) o riesgos para la salud pública (cuando se reutilizan para el consumo humano).

Es por lo anteriormente enunciado que se hace necesario el diseño y la construcción de un modelo tecnológico (reactor), con el cual se pueda producir biodiesel; al mismo que se le realizarán las pruebas necesarias para comprobar sus propiedades como son viscosidad, densidad, poder calorífico, entre otras. De esta manera evidenciar la eficiencia del combustible y poder proyectarlo como un combustible alternativo o como aditivo para los vehículos con motores a diesel.

A todos estos factores, conjuntamente con los estrictamente económicos, como pueden ser los costes de construcción y la capacidad de producción, hay que añadir otros como son la repercusión social y el impacto de la producción de aceites de cocina usados en el medio, entre otros factores.

Por todo ello, el futuro a corto plazo de los biocombustibles se presenta prometedor, siendo necesario incrementar de manera significativa la producción de biodiesel mediante el uso de procesos innovadores, tecnologías y materias primas que sean competitivas y respetuosas con el medio ambiente.

Además se hace indispensable dejar como objeto de estudio dentro de la unidad de energías alternativas que se imparte en la carrera de Ingeniería Electromecánica y como requisito indispensable para obtener el título de ingeniero.

3.2. VIABILIDAD.

La base en la que se fundamenta el presente proyecto de tesis es que se considera que el biodiesel puede ser una opción viable y recomendable como fuente energética limpia para el medio ambiente.

Es por ello que después de un análisis de los recursos financieros, humanos y materiales se ha determinado que el presente proyecto es viable y factible ya que nuestro principal objetivo es diseñar y construir un modelo tecnológico (reactor) que nos permita y facilite la producción de biodiesel.

Dicho modelo tecnológico (reactor) se lo construirá con equipos y materiales existentes en los mercados locales y nacionales; además los distintos procesos para su diseño y construcción están dentro de los conocimientos que hemos adquirido en el transcurso de la carrera, así como existen bases de los avances logrados hasta el momento y tomaremos como referencia el importante impulso que viene recibiendo esta tecnología en otros países del continente y el mundo entero.



4. OBJETIVOS.

4.1. OBJETIVO GENERAL.

- Diseñar y construir un modelo tecnológico (reactor) para la producción de biodiesel.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Adquirir información y ampliar conocimientos sobre la utilización del reactor y su empleo para la producción del biodiesel.
- Elaborar biodiesel a partir de aceite de cocina usado, utilizando el modelo tecnológico (reactor).
- Evaluar la calidad y eficiencia del combustible obtenido, tomando en cuenta todas sus propiedades.
- Establecer las bases técnicas y de gestión necesarias para impulsar la realización de prácticas de elaboración de biodiesel usando el modelo tecnológico.



5. MARCO TEÓRICO.

ESQUEMA DEL MARCO TEÓRICO

1. BIODIESEL.

1.1. Introducción.

1.2. Características del biodiesel.

1.2.1. Emisiones.

1.2.2. Toxicidad.

1.2.3. Biodegradabilidad.

1.3. Balance energético.

1.4. Almacenamiento, manipulación y distribución.

1.5. Principales ventajas del biodiesel.

1.5.1. Ventajas energéticas, medioambientales y económicas.

1.6. Empleo del biodiesel.

2. TECNOLOGÍA Y ERQUIPAMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE BIODIESEL.

2.1. Reactores BD2 para la elaboración de biodiesel.

2.1.1. Antecedentes.

2.1.2. Descripción.

2.1.3. Componentes e instrumentación.

2.1.4. Proceso.

3. ELABORACIÓN DE BIODIESEL.

3.1. Productos necesarios o materia prima.

3.1.1. Para la mezcla.

3.1.2. Para el lavado.

3.2. Método ÁCIDO-BASE para la producción de biodiesel.



- 3.2.1. Introducción.
- 3.2.2. Materia.
- 3.2.3. El proceso.
- 3.2.4. Lavado y secado del biodiesel.
- 3.3. Recuperación del metanol.

4. EFICIENCIA Y CALIDAD DEL BIODIESEL.

- 4.1. Propiedades del biodiesel.
- 4.2. Comprobar la calidad del biodiesel.
 - 4.2.1. Comprobación de la viscosidad.

1. BIODIESEL.

1.1. INTRODUCCIÓN.

El biodiesel, obtenido a partir de materias primas renovables, es un combustible líquido no contaminante y biodegradable, que se utiliza en el sector del transporte urbano, minero, agrícola y marino, así como en calderas de calefacción, incorporándolo directamente o mezclado con diesel.

Es un combustible sustituto del gas-oil para motores diesel, el cual puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales), aceites o grasas de fritura usados y metanol o etanol (estos también puede ser obtenidos a partir de productos agrícolas).

El biodiesel posee las mismas propiedades del combustible diesel empleado como combustible para automóviles, camiones, ómnibus y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diesel obtenido de la refinación del petróleo.

No es necesario efectuar ninguna modificación en los motores para poder emplear este combustible. Importantes fabricantes de vehículos europeos efectuaron pruebas con resultados satisfactorios en automóviles, camiones y ómnibus.

Actualmente es producido y utilizado en toda Europa y ha ido ganando popularidad mundial como energía renovable debido a sus muchas ventajas. Con el consumo de biodiesel se reduce el nivel de emisiones de CO₂, de sulfuros, el humo visible y los olores nocivos.

Desde el punto de vista de la inflamabilidad y toxicidad el biodiesel, es más seguro que el gas-oil proveniente del petróleo, no es peligroso para el ambiente y es biodegradable.



1.2. CARACTERÍSTICAS DEL BIODIESEL.

1.2.1. Emisiones.

- Monóxido de carbono (CO): la emisión durante la combustión del biodiesel en motores diesel es del orden del 50% inferior (comparada con aquella que produce el mismo motor con combustible diesel). Es conocida la toxicidad del monóxido de carbono sobre todo en las ciudades.
- Dióxido de azufre (SO₂): no se produce emisión de dióxido de azufre por cuanto el biodiesel no contiene azufre. El dióxido de azufre es nocivo para la salud humana así como para la vegetación.
- Material particulado: esta emisión con el empleo del biodiesel se reduce del 65% respecto del combustible diesel. Las partículas finas son nocivas para la salud.
- Productos orgánicos aromáticos: el biodiesel no contiene productos aromáticos (benceno y derivados) siendo conocida la elevada toxicidad de los mismos para la salud.
- Balance de dióxido de carbono (CO₂): el dióxido de carbono emitido durante la combustión del biodiesel es totalmente reabsorbido por los vegetales. Por lo tanto el biodiesel puede ser considerado un combustible renovable.

1.2.2. Toxicidad.

El impacto de este producto en la salud humana es un importante criterio para su empleo en aplicaciones comerciales. El efecto sobre la salud puede ser medido en términos de toxicidad del producto para el cuerpo humano así como el impacto sobre la salud de las emisiones de escape de los motores. Los laboratorios de investigación WIL conjuntamente con la Universidad de Idaho investigaron la toxicidad del B20 y del B100 en ratas. Las pruebas mostraron que el biodiesel es menos tóxico que el petrodiesel.

En el trabajo de Sharp este investigador halló que el uso del biodiesel reduce las emisiones en los gases de escape de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y sus



nitroderivados (nPAH). Dichos compuesto (PAH) se redujeron de un 75 a un 85%, con excepción del benzo-antraceno que se redujo solo del 50%. Los nitroderivados (nPAH) usando biodiesel se redujeron drásticamente, con el 2-nitrofluoreno y 1-nitropireno, reducidos en un 90% y de los restantes nPAH solo se hallaron trazas. Esto es debido fundamentalmente al hecho que el biodiesel no contiene hidrocarburos aromáticos.

En el informe CSIRO se indica que no existen riesgos para la salud de emisiones tóxicas del biodiesel respecto a la mortalidad, toxicidad, fertilidad o teratología (rama de la embriología y de la patología que trabaja con desarrollos anormales y de formaciones congénitas). Todas las emisiones tóxicas de gases de escape del biodiesel son inferiores respecto del petrodiesel, excepto para la acroleína. Aunque esta es altamente tóxica el ligero incremento es compensado por el decremento de las emisiones de aldehídos tóxicos.

1.2.3. Biodegradabilidad.

La biodegradabilidad es la facilidad con la cual la molécula de un compuesto químico se rompe en otras más simples llegando a formar CO₂ y H₂O. El mecanismo predominante de la biodegradación es aquel debido a la actividad microbiana. Este mecanismo es deseable en el caso de pérdidas o derrames de biodiesel en el terreno o en el ambiente en general. Inversamente la estabilidad del carburante biodiesel es una característica importante sobre todo durante el almacenamiento, la manipulación y la distribución del mismo.

Los componentes del diesel se biodegradan lentamente o no son biodegradables. El diesel está formado por una mezcla de alcanos, alcanos ramificados, cicloalcanos e hidrocarburos aromáticos. Muchas especies de microorganismos pueden degradar los alcanos, los otros compuestos pero los aromáticos son más resistentes a la degradación. El diesel contiene pocos componentes que poseen oxígeno en su molécula y por este motivo puede considerarse como poco activo biológicamente.

El biodiesel está formado por cadenas hidrocarbonadas que forman esteres con dos átomos de oxígeno, lo que lo hace biológicamente activo. En el proceso de degradación



los ácidos grasos se oxidan y degradan formando ácido acético y un ácido graso con pocos átomos de carbono.

Los biodiesel derivados del aceite de colza y del aceite de soja son fácilmente biodegradables en ambiente acuático de acuerdo con los estándares de US-EPA y sufren una biodegradación elevada en dicho ambiente. Zhang [op. cit] mostró que el biodiesel derivado del aceite de colza y aquel derivado del aceite de soja poseen una biodegradabilidad del 88,49 % en 28 días. La máxima biodegradabilidad del petrodiesel después de 28 días es del orden del 26 %.

Las mezclas del biodiesel y el petrodiesel han mostrado que la biodegradabilidad se acelera, así la mezcla B20 se biodegrada dos veces más velozmente que el petrodiesel. Otras pruebas hechas con mezclas con concentraciones del 20 al 80% mostraron que el biodiesel acelera la degradación del petrodiesel cuanto más biodiesel está presente en la mezcla.

La biodegradación bajo condiciones aeróbicas involucra microorganismos que metabolizan el sustrato en dos sustancias CO_2 y H_2O . Así la presencia del CO_2 es un indicador de la descomposición del sustrato. O sea se asume que el sustrato es la única fuente de carbono. Por lo tanto la cantidad de CO_2 liberado será proporcional a la cantidad de carbono consumido por los microorganismos del sustrato 9.

En el trabajo indicado en la referencia 10 se informa que el biodiesel derivado del aceite de soja puede ser biodegradado por bacterias bajo condiciones aeróbicas así como anaeróbicas en el agua así como en el terreno. Este hallazgo es importante por cuanto el diesel está involucrado en aproximadamente el 21% de los derrames de productos petrolíferos. Como ya indicáramos el petrodiesel se degrada en condiciones aeróbicas cuatro veces más lentamente que el biodiesel, pero resiste la biodegradación en condiciones anaeróbicas. Por lo tanto se puede decir que desde el punto de vista del impacto ambiental es ventajoso el empleo del biodiesel o de sus mezclas.

Es así como en ciertas actividades el biodiesel alcanza una gran difusión, por ejemplo en la náutica por el hecho de la biodegradabilidad y la menor toxicidad para los organismos acuáticos.

Las emisiones de gases tóxicos que emiten los motores que utilizan combustibles fósiles son muy altas y perjudican al medio ambiente, es por esta razón que nuestro proyecto se encamina a buscar una alternativa de solución que ayude a contrarrestar este fenómeno, de tal manera que conociendo las características del biodiesel nos proponemos en construir un modelo tecnológico que nos permita la producción de este combustible y así contribuir con la protección del medio ambiente de la región sur del país ya que Loja es considerada como una ciudad ecológica.

1.3. BALANCE ENERGÉTICO.

El balance energético del biodiesel, considerando la diferencia entre la energía que produce 1 Kg. de biodiesel y la energía necesaria para la producción del mismo, desde la fase agrícola hasta la fase industrial es positivo al menos en un 30%. Por lo tanto puede ser considerada una actividad sostenible.

Además de las consideraciones favorables desde el punto de vista ecológico y energético merece destacarse la posibilidad del empleo inmediato en los motores.

El biodiesel quema perfectamente no requiriendo ningún tipo de modificación en motores existentes pudiendo alimentarse alternativamente con este combustible diesel o la mezcla de ambos. Esta es una diferencia importante respecto de otras experiencias de sustitución de combustibles como aquella del etanol, donde era necesario efectuar en los motores modificaciones irreversibles.

El empleo de biodiesel aumenta la vida de los motores debido a que posee un poder lubricante mayor, mientras que el consumo de combustible además la auto ignición, la potencia y el torque del motor permanecen inalterados.

El biodiesel fue asimismo probado por las fuerzas armadas de diversos países europeos siendo empleado en tanques de combate y otros vehículos militares con muy buenos resultados.

Hoy en Europa varios centenares de miles de toneladas del mismo se producen y vuelcan en el mercado consumidor. La especificación del producto fue acordada,

emitida y aprobada por todos los gobiernos de la Comunidad Económica Europea. Los principales países productores son: Alemania, Francia, Italia, Bélgica, Austria y España. Hoy en día este combustible no es una alternativa experimental es una realidad en el mercado europeo. Existen referencias de diarios y revistas europeos y norteamericanos sobre el tema así como publicaciones técnicas de empresas constructoras de vehículos diesel. Las empresas automotrices europeas extendieron la garantía de los vehículos de su producción alimentados con biodiesel.

1.4. ALMACENAMIENTO, MANIPULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.

El biodiesel no es más peligroso en su manipulación y almacenaje que el petrodiesel. No se requieren particulares tanques o medidas de seguridad para su almacenamiento. El biodiesel tiene un punto de inflamación más alto que el petrodiesel.

Los productores de biodiesel aconsejan almacenarlo por no más de 3 a 6 meses a menos que se utilicen aditivos para estabilizarlo. Esto es válido también para las mezclas. Una vida más prolongada puede lograrse con la adición de estabilizantes.

El número de ácido del biodiesel y de sus mezclas puede elevarse si el combustible envejece, o si no fue producido en modo correcto. El incremento de este parámetro está asociado a la formación de depósitos y reduce la vida de la bomba y los filtros. El biodiesel podría solidificar a bajas temperaturas mucho más fácilmente que el petrodiesel, sin embargo las mezclas con menos del 20% mantienen en frío las mismas propiedades de fluidez que el diesel base, y por debajo del 5% prácticamente es igual al petrodiesel. El biodiesel puro y sus mezclas deben ser almacenados manteniendo una temperatura más alta de su punto de escurrimiento (pour point).

Las mezclas de biodiesel no se separan en presencia de agua, no obstante es conveniente controlar durante el almacenamiento con adecuados sistemas separando y alejando el agua que pudiese haber.

El biodiesel es ligeramente más pesado que el petrodiesel (peso específico 0,88 comparado con 0,85 del petrodiesel) siendo el procedimiento para hacer las mezclas aquel de agregar el biodiesel al petrodiesel. Esto asegura un buen mezclado.



1.5. PRINCIPALES VENTAJAS DEL BIODIESEL.

- Es el único combustible alternativo en cumplir con los requisitos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), bajo la sección 211(b) del “Clean Air Act”.
- El biodiesel funciona en cualquier motor diesel convencional, no requiere ninguna modificación. Puede almacenarse puro o en mezcla, igual que el diesel.
- El biodiesel puede usarse puro o mezclarse en cualquier proporción con el combustible diesel de petróleo. La mezcla más común es de 20% de biodiesel con 80% diesel de petróleo, denominado "B20".
- La combustión de biodiesel disminuye en 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados, y entre 75-90% en los hidrocarburos aromáticos. Además proporciona significativas reducciones en la emanación de partículas y de monóxido de carbono. Proporciona un leve incremento en óxidos de nitrógeno dependiendo del tipo motor. Distintos estudios en EE.UU. han demostrado que el biodiesel reduce en 90% los riesgos de contraer cáncer.
- El biodiesel contiene 11% de oxígeno en peso y no contiene azufre. El uso del biodiesel puede extender la vida útil de motores porque posee mejores cualidades lubricantes que el combustible de diesel fósil, mientras el consumo, encendido, rendimiento y torque del motor se mantienen prácticamente en sus valores normales.
- El biodiesel es biodegradable en solución acuosa, el 95% desaparece en 28 días y tiene un punto de inflamación de 150°C que se compara muy favorablemente al diesel de petróleo cuyo valor es de 50°C.
- El biodiesel se produce a partir de cultivos que abundan en nuestro país, como es la palma africana.
- El biodiesel es un combustible probado satisfactoriamente en más de 15 millones de km en los Estados Unidos y por más de 20 años en Europa.
- Los olores desagradables de la combustión del diesel del petróleo, son reemplazados por el aroma de las palomitas de maíz o papas fritas que se producen con el biodiesel.
- La Oficina del Presupuesto del Congreso y el Departamento de Defensa, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, junto con otros organismos han

determinado que el biodiesel es la opción más económica de combustible alternativo que reúne todos los requisitos del Acta de Política Energética.

1.5.1. Ventajas energéticas, medioambientales y económicas.

El biodiesel, utilizado como combustible líquido, presenta las siguientes ventajas:

- **Desarrollo sostenible.**
 - Agricultura energética.
- **Menor impacto ambiental.**
 - Reducción de las emisiones contaminantes: SO₂, partículas, humos visibles, hidrocarburos y compuestos aromáticos.
 - Mejor calidad del aire.
 - Efectos positivos para la salud, ya que reduce compuestos cancerígenos como PAH y PADH.
- **Reduce el calentamiento global.**
 - Reduce emisiones de CO₂ . Protocolo de Kyoto.
 - Balance energético positivo (sin emisiones netas).
 - Producto biodegradable: Se degrada el 85% en 28 días (en caso de derrames).
- **Desarrollo local y regional.**
 - Mejores condiciones sociales y económicas en las áreas productoras de palma africana.
 - Creación de puestos de trabajo.
- **Favorece el mercado doméstico.**

1.6. EMPLEO DEL BIODIESEL.

Biodiesel se puede utilizar fácilmente en cualquier vehículo del motor diesel. Una vez que esté procesado, lavado, y secado, el biodiesel se pueda verter simplemente en el tanque del combustible de cualquier motor diesel. Biodiesel se puede también mezclar



con el petrodiesel en cualquier cociente. Se mezcla fácilmente con el petrodiesel y comúnmente se vende mezclado comercialmente con el petrodiesel.

En general no se necesita modificaciones en el motor, en el sistema de encendido ni en los inyectores de combustible de un motor diesel estándar. Tan sólo se necesita el cambio de algunos manguitos y materiales de revestimiento de piezas que estén en contacto directo con el combustible. El rendimiento, desgaste y consumo del motor son similares a la operación con petrodiesel.

Es un buen **lubricante**, mejor que los lubricantes domésticos, no es desagradable ni tóxico. Si un niño traga un poco por accidente no le ocurre nada grave. Es perfecto para los jardineros, especialmente para la jardinería ecológica. No hay nada mejor para engrasar las herramientas y mantenerlas limpias y sin herrumbre, y no es tóxico. Lo mismo puede decirse para las herramientas de taller. Es magnífico si vives en una antigua granja japonesa con puertas correderas.

También sirve como **aditivo lubricante** para el diesel con poco azufre. En los motores diesel el combustible lubrica las piezas. Los motores diesel actuales duran menos que los antiguos por la falta de lubricidad del diesel con poco azufre (500 ppm), y el nuevo ULSD (ultra-low-sulphur fuel)(15 ppm), pero el biodiesel resuelve este problema. Un 1% de biodiesel mejora la lubricidad un 65%. Las investigaciones sugieren que un 0,4% ó 0,5% de biodiesel en el diesel mineral es suficiente. En Francia es obligatorio que todo el combustible diesel contenga entre 3% y 5% de biodiesel; otros países están aplicando medidas similares.

Faroles y cocinas: El biodiesel no sube bien por las mechas, como el queroseno o el aceite de quemar, por eso no funciona en muchas de las lámparas y cocinas con mecha. Sin embargo, las pruebas han demostrado que sube por la mecha siete centímetros, pero no más, y que la mecha debe ser fina (1 cm) y con las hebras no muy apretadas; las mechas comerciales con un trenzado muy apretado no funcionan bien. Puede que el biodiesel no funcione en todos los hornos y cocinas, pero en algunos modelos sí, y otros pueden ser adaptados.

El farol **BriteLyt** multi-combustible de Petromax funciona bien con biodiesel. "Este farol se mantiene encendido durante ocho horas. Su funcionamiento es magnífico, brilla



mucho, y no huele en absoluto; en espacios cerrados no se nota ningún olor." Estos faroles también funcionan con etanol. Tienen un accesorio para poder cocinar.

Las bajas emisiones del biodiesel lo hacen un combustible ideal para el uso en las áreas marinas, parques nacionales, bosques y sobre todo en las grandes ciudades.

Otro aspecto muy importante que se evidencia en el presente proyecto es que se hace necesario establecer como una actividad sustentable, no solo como una experimentación, debido a que en nuestra región no se han propuesto ni se han generado proyectos energéticos de este sentido; que al analizar sus ventajas tanto energéticas, medioambientales y económicas, se puede evidenciar que este es un proyecto que traerá beneficios no solo en el ámbito ambiental sino también en lo social y económico al hacerse realidad.

Una elevada productividad, bajos costos de inversión hacen que sea factible encarar este emprendimiento teniendo en cuenta además la posibilidad de construir localmente aquello que la industria del país en condiciones de competitividad y calidad pueda fabricar (tanques, reactores, bombas, instrumental, etc).

2. TECNOLOGÍA Y EQUIPAMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE BIODIESEL.

2.1. REACTORES BD2 PARA ELABORACIÓN DE BIODIESEL.

2.1.1. ANTECEDENTES.

La transesterificación de los aceites vegetales con alcohol permite obtener GLICEROL, y alcoholesteres de ácidos grasos, comúnmente denominados BIODIESEL.

Los reactores BD han sido diseñados con la finalidad específica de transesterificar aceites vegetales en forma sencilla y a bajo costo, tanto operativo como de inversión.

Para ello se utiliza los métodos base / base y ácido / base, optimizado mediante el uso de presión, alta temperatura, y un mezclador on-line de gran turbulencia.

2.1.2. DESCRIPCIÓN.

Los reactores BD son presurizados, con calefacción eléctrica, y utilizan tecnología de mezclado con alta velocidad. Están dotados de aislamiento en fibra de vidrio, más regulación automática de presión y temperatura de proceso.

La construcción es en acero inoxidable 304. Los elementos utilizados son de fácil obtención en todo el mundo; la filosofía de diseño fue la de adoptar criterios universales en cuanto a materiales y componentes. La construcción cumple con las normas DIN y ASTM para seguridad industrial y ambiental.

Las plantas BD no generan efluentes. Están venteadas para evacuar los vapores de alcohol que pudieran generarse durante el llenado.

El tablero de control es estanco; el cableado eléctrico está entubado. Todos los circuitos eléctricos tienen protección propia adicional a la protección general del tablero. Se provee un plano detallado de los circuitos.

2.1.3. COMPONENTES E INSTRUMENTACIÓN.

El sistema de llenado está provisto de dos entradas independientes que se conectan a la provisión de alcohol y aceite. El nivel es controlado visualmente. Las salidas se conectan a recipientes para Glicerol y Biodiesel. Para este último, se incluye un filtro de 5 micrones.

La temperatura de reacción se regula desde el tablero; para ello se provee un termostato y un termómetro analógico para control. Los controles de temperatura son de tipo capilar, lo que asegura la confiabilidad de los mismos.

La presión de reacción se fija mediante un regulador incorporado en la entrada de aire comprimido. Incluye además un manómetro analógico para control y válvula de seguridad.

2.1.4. OPERACIÓN.

Se aspira el alcohol y se inicia el mezclado. A continuación se vierte el álcali granulado por una entrada en la parte superior. Finalmente se incorpora el aceite mediante la bomba externa provista con el equipo. Se cierra el venteo y se presuriza (0,7 bar) el reactor, habilitando inmediatamente el temporizado y el circuito de calefacción.

Cuando se completa el tiempo de mezclado, se desactiva el circuito de calefacción, y manteniendo la presión, se espera el tiempo necesario para que ocurra la separación por decantación del Glicerol y el Biodiesel.

Aprovechando la presión del reactor, se expulsa primero el Glicerol y a continuación se extrae el Biodiesel pasándolo por el filtro de cinco micrones antes de almacenarlo. El Biodiesel filtrado que se obtiene está listo para ser usado de inmediato, no requiriendo proceso posterior alguno. Cada ciclo se completa en 10-11 horas, pudiéndose efectuar entonces dos mezclas diarias.

NOTA: El biodiesel que se obtiene puede cumplir con las normas ASTM y DIN-E.

Existen diferentes tipos de reactores, que son construidos, algunos de forma artesanal con material reciclado y que se operan manualmente, otros se construyen en forma más técnica con componentes mecánicos y son maniobrados por personal capacitado. Además existen grandes plantas encaminadas a la producción de biodiesel que se encuentran en funcionamiento en países de la Comunidad Europea, en lo que corresponde a Sudamérica los países de Argentina y Paraguay tienen un amplio estudio sobre la tecnología y producción de biodiesel.

El reactor que es objeto de estudio del presente proyecto será construido en base a los modelos existentes pero de una forma más técnica ya que emplearemos diseños mecánicos y automatización lo cual nos permitirá realizar el proceso más eficaz y eficiente y con mejor calidad para garantizar la producción del biodiesel.

Además que la región sur del país no cuenta con esta tecnología, ya que nos encontramos en una sociedad considerada ecológica nuestro proyecto sería pionero en reafianzar esa consideración.

3. PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.

La producción del biodiesel es bien conocida y citada extensamente en la literatura y a través de diversos medios informativos. Básicamente se elabora mediante la transesterificación de grasas y aceites con alcohol metílico en ambiente básico. Los catalizadores a emplear pueden ser soda cáustica o metilato sódico, ambos en solución metanólica.

3.1. PRODUCTOS NECESARIOS O MATERIA PRIMA.

3.1.1. Para la mezcla.

- ✘ **Aceite** de cocina usado o nuevo (triglicéridos); por ejemplo, aceite de freidora.
- ✘ **Metanol** (alcohol metílico) con una pureza del 99% o más, lo que quiere decir que tiene el 1% o menos de agua. Podría utilizarse también etanol (alcohol etílico) pero es mucho más difícil y por lo tanto menos económico conseguir etanol con una pureza tan alta. Generalmente el alcohol etílico farmacéutico tiene una pureza de hasta el 96%.
- ✘ **Hidróxido de sodio** (soda o sosa cáustica, lejía); se debe tener especial cuidado en mantenerlo seco.
- ✘ **Ácido sulfúrico** o ("ácido de batería"). Debe tener una pureza del 95% (el de las baterías es de 50%).

3.1.2. Para el lavado.

- ✘ **Ácido fosfórico** con una pureza del 10%.
- ✘ **Agua**

3.2. MÉTODO ÁCIDO-BASE PARA PRODUCIR BIODIÉSEL: Conversión de los ácidos grasos libres en ésteres.

Con este método no hace falta ningún instrumento especial. Un termómetro resulta útil, pero no es imprescindible medir el pH, aunque sí recomendable. Al principio es bueno medirlo para asegurar un buen resultado, pero con suficiente experiencia puede conseguirse un buen resultado sin medir el pH.

Es un proceso de dos etapas, la primera ácida y la segunda alcalina. Se basa en la gran concentración de ácidos grasos libres (AGL) de los aceites de cocina usados, pero se puede usar con cualquier aceite o grasa, ya sea de origen animal o vegetal, aunque no contenga muchos AGL. Este proceso mejora enormemente el rendimiento de la reacción.

3.2.1. Introducción.

Para producir biodiésel de forma eficiente a partir de aceites usados hay que evitar un gran problema: la formación de jabón. El jabón se forma durante la transesterificación alcalina catalizada (la reacción que forma el biodiésel) cuando los iones de sodio se combinan con los ácidos grasos libres. El jabón perjudica el rendimiento del proceso porque une a los metilésteres con el agua formando emulsión. Esos ésteres unidos al jabón se pierden en la fase de lavado; es más difícil separar el biodiésel del agua y se gasta más agua. El proceso aquí explicado centra la atención sobre los ácidos grasos libres.

En una de las primeras pruebas se mezcló a medias aceite de cocina muy usado con manteca de cerdo. El resultado fue un producto puro que no tenía ni rastro de jabón. El biodiésel tenía buen aspecto y olía bien, como si se lo hubiera hecho a partir de aceite nuevo.

Es un procedimiento sencillo. La primera etapa no es la transesterificación, sino la esterificación. El siguiente paso después de la esterificación es la transesterificación, pero en condiciones ácidas es mucho más lenta que en condiciones alcalinas y no se completa porque depende mucho más del equilibrio. La cantidad de metanol necesaria para que se completara la reacción encarecería mucho el precio del combustible, por eso es necesaria la etapa alcalina.

En la primera etapa se forma un compuesto a partir de un ácido y de un alcohol. El alcohol, como en otros procesos, es metanol, pero en vez de lejía (hidróxido de sodio) el catalizador es ácido sulfúrico ("ácido de batería"). El ácido debe tener una pureza del 95% (el de las baterías es de 50%). El ácido sulfúrico es uno de los productos químicos más comunes de la tierra, como la lejía. El ácido sulfúrico concentrado (a partir de 98%) es más caro; una pureza del 95% es suficiente si sigues bien las instrucciones. No puedes utilizar ningún otro ácido, tiene que ser sulfúrico. En la segunda etapa hace falta lejía, como de costumbre, pero sólo la mitad que en otros procesos.

El ión sulfato procedente del ácido sulfúrico se combina con el ión sodio procedente de la lejía en la segunda etapa para formar sulfato de sodio, que es una sal soluble en agua que se separa del biodiésel durante el lavado. En el biodiésel no queda nada de azufre.

3.2.2. Materiales.

Para este método se utiliza un reactor. Es mejor que el recipiente se pueda tapar y que tenga un desagüe en el fondo. Los recipientes altos y estrechos son mejores que los anchos de poca profundidad. Mejor mezclar con una bomba que con un agitador mecánico. La bomba debe tomar líquido del fondo y verterlo en la superficie. Para un reactor de 35 litros se pueden usar una bomba de lavadora de 100 W y un calentador de inmersión de lavadora de 1,5 kW para calentar la mezcla (el calentador debe estar recubierto de acero inoxidable). Para controlar la temperatura se utiliza un termostato y se debe conectar el calentador cuando sea necesario.

Con el tiempo el ácido corroe el hierro y el acero común. A pesar de ello se puede utilizar un bidón típico de 200 litros (55 galones). La concentración del ácido en este



proceso es muy pequeña. El bidón debería aguantar un año o más antes de que el deterioro sea preocupante. También sirve cualquier plástico que no se deforme a 100° C (212° F) de temperatura pero es mucho mejor que los recipientes sean de acero inoxidable. En todos los casos de recipientes hay que usar calentadores de inmersión.

3.2.3. El proceso.

1. Filtrar el aceite.
2. Si el aceite contiene agua la reacción no se desarrolla correctamente. Hay dos formas de separar el agua:
 - ✘ Dejar que el agua se deposite en el fondo: Este método ahorra energía. Se debe calentar el aceite hasta 60° C (140° F), mantener la temperatura durante 15 minutos y dejar que repose por lo menos 24 horas. No utilizar más del 90% del contenido del recipiente porque el 10% que queda en el fondo es agua.
 - ✘ Evaporar el agua: Este método no es recomendable porque hace falta más energía y se forman más ácidos grasos libres. Calentar el aceite hasta 100° C (212° F). El calor hace que el agua se hunda hasta el fondo. Drenar el agua del fondo para evitar las burbujas de vapor, que luego estallan y salpican. Mantener la temperatura hasta que dejen de formarse burbujas.

Primera etapa

3. Medir el volumen de aceite y grasas que se va a procesar (preferiblemente en litros).
4. Calentar el aceite hasta 35° C (95° F); asegurándose de que las grasas sólidas se funden y se mezclan con el aceite.
5. Metanol: Solo sirve si tiene una pureza del 99% o más. La cantidad debe ser de 0,08 litros de metanol por cada litro de aceite/grasas (8% en volumen). Poner el metanol con el aceite caliente.



6. Batir durante cinco minutos. La mezcla se volverá turbia porque el metanol es una sustancia polar y el aceite es apolar. Se forma una emulsión.
7. Por cada litro de aceite añadir 1 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) con una concentración del 95%. Se puede usar un cuentagotas graduado, una jeringa graduada o una pipeta.
8. Mezclar despacio y con cuidado, sin salpicar y manteniendo la temperatura a $35^\circ C$. La velocidad del agitador no debe sobrepasar las 500 ó 600 rpm. La velocidad exacta no importa, lo importante es que no salpique.
9. Mantener la temperatura a $35^\circ C$ durante una hora y luego dejar de calentar, pero no de agitar.
10. Continuar agitando durante otra hora (dos horas en total, durante la primera hora se calienta y se agita, durante la segunda sólo se agita). Dejar que repose toda la noche (mínimo ocho horas).
11. Mientras tanto se prepara el metóxido de sodio: medir 0,12 litros de metanol por cada litro de aceite/grasas (12% en volumen) y 3,1 gramos de NaOH (Hidróxido de Sodio) por cada litro de aceite/grasas (3,5 gramos si no se sabe correctamente de la pureza del NaOH). Añadir el NaOH en el metanol y revuelve hasta que se disuelva completamente.

El metóxido de sodio es PELIGROSO. Tomar todas las precauciones cuando se manipule metanol, lejía o metóxido de sodio. Ponerse gafas protectoras, guantes y ropa gruesa que cubra todo el cuerpo y tener cerca agua corriente.

NOTA: Este proceso necesita sólo la mitad de la cantidad normal de lejía porque hay menos grasas que transesterificar. Debe usar NaOH con una pureza del 99% o más. Después de abrir el bote de la lejía cerrarlo lo antes posible para que no absorba humedad. Medir la cantidad con cuidado; un exceso de lejía complicará el proceso de lavado.

12. Después de ocho horas de reposo, o la mañana siguiente, verter la mitad del metóxido en la mezcla y agitar durante cinco minutos. Esto neutraliza el ácido sulfúrico y ayuda a que se produzca la catálisis alcalina. Si ha utilizado grasa sólida, probablemente se haya solidificado durante el reposo; primero tendrá que derretirla un poco.

Ahora puede continuar con el proceso normal en la segunda etapa.



Segunda etapa: Esta es la etapa alcalina.

13. Calentar la mezcla hasta 55° C y mantener esta temperatura hasta el final.
14. Añadir el resto del metóxido de sodio y agitar despacio como antes, no más de 500 ó 600 rpm.
15. *Opcional:* Si su reactor lo permite, empiece a sacar la glicerina del fondo 20 ó 25 minutos después del comienzo de la etapa alcalina. Si es necesario deje de batir durante unos minutos para que la glicerina se hunda. drénela cada diez minutos. Tenga cuidado, está bastante caliente y es corrosiva. (Mire también el paso 18).
16. En todos los casos: Tome muestras cada cierto tiempo en un recipiente de cristal de 1" ó 1,5" de diámetro. El color de la muestra debe ser amarillo pajizo, que es el color del biodiésel. La glicerina (marrón y viscosa) se hundirá hasta el fondo del recipiente. Cuando tenga ese color (suele tardar entre 1,5 y 2,5 horas) deje de calentar y de batir. Para ver el color, en vez de tomar muestras puede poner un tubo transparente en la salida de la bomba.
17. Deje que repose durante una hora.
18. *Opcional:* para que el lavado sea más fácil sacar la glicerina, mida el 25% del total de glicerina (el total incluye la que sacó antes si seguiste el paso 15) y mezcle ese 25% con 10 ml de ácido fosfórico al 10% (H₃PO₄) por cada litro de aceite procesado. La mezcla puede hacerse con una cuchara de madera en un recipiente de plástico. Añadir la glicerina acidificada en el reactor y remover durante veinte minutos, sin calentar. Dejar que sedimente al menos seis horas y luego sacar toda la glicerina.

Terminado: En la etapa ácida los ácidos grasos libres son esterificados y algunos triglicéridos son transesterificados. En la etapa alcalina sólo hay transesterificación, pero es mucho más rápida y completa.

El producto de la segunda etapa es bastante oscuro, pero no importa porque después se lava.

Después de que la mezcla se vuelva de color amarillo pajizo (paso 16), deje que repose durante una hora y separe la glicerina. La cantidad total debe ser aproximadamente de 120 ml de glicerina por cada litro de aceite/grasas. Si esa cantidad es menor de 100 ml



por litro de aceite es porque algo ha salido mal, aunque el color sea correcto. La reacción no se ha completado.

La causa es casi siempre que la lejía está carbonatada. La lejía dura muy poco si no se almacena correctamente: el CO₂ del aire la neutraliza formando carbonato de sodio. La lejía carbonatada es mucho más blanca que la lejía pura, que es casi transparente. El carbonato no perjudica la reacción, pero hay que aumentar la cantidad de lejía.

Si sucede esto la solución es la siguiente: Repetir el procedimiento a partir del paso 13. Preparar un nuevo lote de metóxido con 0,03 litros de metanol y 0,75 gramos de lejía por cada litro de aceite/grasas. Volver a calentar el biodiésel a 55° C, añadir el nuevo metóxido y mezclar como se hizo antes. Esta vez no es necesario separar la glicerina durante el proceso (paso 15), y no preocuparse por el color. Mezclar durante una hora, deje que repose, extraiga la glicerina y continúe con el paso 18.

Para seguir usando la lejía carbonatada tiene que poner un 25% más que la cantidad normal. Consérvela a temperatura ambiente, en un lugar seco, si es posible. El recipiente debe estar cerrado herméticamente.

3.2.4. Lavado y secado del biodiesel.

Con el proceso ácido-base no es necesario controlar el pH durante el lavado (no es imprescindible, pero sí recomendable). Poner un poco de ácido fosfórico al 10% (H₃PO₄) en el agua (10 ml por galón), solo para asegurarte de que no queda lejía.

Si quiere asegurarse de que el producto final tiene un pH adecuado médalo con papel tornasol. El pH del biodiésel debe ser neutro (pH7), o casi neutro.

El volumen de agua debe ser 1/3 del volumen de biodiésel que va a ser lavado. El agua y el biodiésel deben estar a la misma temperatura, a temperatura ambiente.

Lavado por agitación.- Se puede hacer el lavado en menos tiempo de la siguiente manera:



- a) Nunca intentar lavarlo si no se ha completado la reacción, porque se formaría emulsión y no podrías reprocesarlo. Antes de lavar se hace una prueba mezclándolo con agua en un bote de cristal bien cerrado.
- b) Con una hélice movida por un motor, mezclar el agua y el biodiésel hasta que tengan un aspecto homogéneo (5 minutos).
- c) Dejar que repose durante una hora.
- d) Sacar el combustible con un sifón y repetir los pasos b, c y d otras dos veces.
- e) Dejar que se seque en un recipiente abierto bien ventilado. La poca agua que aún queda tiene que evaporarse. Se puede calentar hasta 48° C para que se seque con más facilidad.

Dependiendo del volumen del lote, y del tamaño y la potencia de los motores, se puede reducir el tiempo total de proceso a menos de 24 horas.

Ventajas del lavado por agitación: Es rápido y efectivo, no oculta las reacciones incompletas y no oxida el combustible.

Inconvenientes: No tiene inconvenientes si se hace todo bien desde el principio. Algunos principiantes tienen dificultad con esto, todo parece ir bien hasta que empieza el lavado y llegan los problemas; se forma espuma, o se convierte en una emulsión que no puede separarse. Luego se desaniman. Es cuestión de práctica. Asegúrese de que las medidas son correctas, sea tan meticuloso como pueda, compruebe que los productos sean de buena calidad y se encuentren en buenas condiciones, de que se pone suficiente metanol, de que la temperatura es correcta y el tiempo de agitación suficiente. El biodiésel tiene un aspecto más limpio y cristalino después de lavarlo. No se puede usar hasta que esté totalmente cristalino, después de tres semanas de reposo. Coger una muestra en un tarro de mermelada y ponerlo en una ventana para ver cómo se clarifica con el paso de los días. Puede usarse antes si se calienta hasta 45° C (113° F); cuando se enfría las impurezas se hunden hasta el fondo.

NOTA: Durante el reposo se forma un sedimento en el fondo ¡Que no entre en el depósito del coche!

3.3. RECUPERACIÓN DEL METANOL.

Para ahorrar se puede reciclar el metanol que queda sin reaccionar. Se lo puede hacer mediante la extracción por calentamiento. Que consiste en:

Después de la segunda etapa se debe calentar la mezcla hasta 70° C en un recipiente cerrado y hacer que el vapor de metanol pase por un condensador. Tener muchísimo cuidado porque el metanol se inflama con mucha facilidad y su vapor es explosivo. Debe aumentar la temperatura según disminuye la cantidad de metanol en la mezcla.

Cuando construya su reactor es mejor que no lo haga todo a la vez. Construya el reactor y aprenda bien cómo se realiza el proceso. Después podrá mejorarlo para reutilizar el metanol.

Se puede reutilizar por lo menos la cuarta parte del metanol; por ejemplo, 50 ml (o más) por cada litro de aceite/grasas. Mézclelo con metanol nuevo para preparar el siguiente lote de metóxido.

Existen muchos métodos para la elaboración de biodiesel, en nuestro proyecto hemos considerado el método que se describe anteriormente (ÁCIDO-BASE) debido a que el proceso con este método se torna más realizable que con otros y también se utilizan químicos comerciables en el mercado y que son permitidos por el CONSEP.

Además que este método es considerado básico y su proceso se lo puede desarrollar en el modelo tecnológico que se construirá.

4. EFICIENCIA Y CALIDAD DEL BIODIESEL.

4.1. PROPIEDADES DEL BIODIESEL.

Los motores diesel de hoy requieren un combustible que sea limpio al quemarlo, además de permanecer estable bajo las distintas condiciones en las que opera. El biodiesel es el único combustible alternativo que puede usarse directamente en

cualquier motor diesel, sin modificaciones. Como sus propiedades son similares al diesel de petróleo, se pueden mezclar en cualquier proporción, sin ningún tipo de problema.

Datos físico - químicos	Biodiesel	Diesel
Composición combustible	Ester metílico ac. Grasos C ₁₂ -C ₂₂	Hidrocarburo C ₁₀ -C ₂₁
Poder calorífico inferior, kcal/kg (aprox.)	9500	10800
Viscosidad cinemática, cst (a 40°C)	3,5 - 5,0	3,0 - 4,5
Peso específico, g/cm ³	0,875 - 0,900	0,850
Azufre, % P	0	0,2
Punto ebullición, °C	190 - 340	180 - 335
Punto inflamación, °C	120 - 170	60 - 80
Punto escurrimiento, °C	-15 / +16	-35 / -15
Número cetanos	48 - 60	46
Relación estequiométrica Aire/comb. p/p	13,8	15

BODIESEL, PROPIEDADES ESPECÍFICAS			
		Especificaciones del biodiesel DIN V51606	Especificaciones del biodiesel obtenido por el proceso CD
Densidad 15°C	kg/m ³	875 - 890	883
Flash point	K	383	443
Humedad	ppm	300	200
Número neutralización	mg KOH / g	0.5	0.15
Glicerina total	% peso	0.25	0.1
Glicerina libre	% peso	0.020	0.002
Fósforo	ppm	10	<2
Metanol	% peso	0.3	<0.005
CFPP*	K	253 - 263	Invierno: 251

*Cold filter plugging point = Punto de taponamiento de filtros.

Fuente: Normas Alemanas para biodiesel (DIN V51606)

Entre otras podemos enumerar las siguientes propiedades:

- ♣ Libre de contaminación
- ♣ Lubrica los motores
- ♣ Sencillo de elaborar
- ♣ Genera mano de obra
- ♣ Es Biodegradable

- ♣ Su producción es renovable
- ♣ Puede emplearse puro o combinado
- ♣ No se degrada con el tiempo
- ♣ No contiene azufre
- ♣ Mejora la combustión
- ♣ Prolonga la vida de los motores
- ♣ No es altamente inflamable
- ♣ Genera independencia económica
- ♣ Genera independencia energética
- ♣ No emite gases nocivos
- ♣ Es menos irritante para la epidermis
- ♣ Tiene un aroma agradable

4.2. COMPROBAR LA CALIDAD DEL BIODIESEL.

La calidad del producto acabado puede comprobarse visualmente y midiendo su pH. El pH puede medirse con papel tornasol o con un medidor electrónico. Debe ser neutro (pH 7). Debe tener el aspecto del aceite vegetal, pero con un matiz marrón, parecido a la sidra.

Es malo que haya una película sobre la superficie, partículas o turbiedad. La película superficial puede ser de restos de jabón, y se quita lavándolo de nuevo o pasándolo por un filtro de cinco micrones (o más fino). La turbiedad puede ser agua y se quita calentando. Las partículas pueden ser cualquier cosa y aparecen cuando los filtros fallan.

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

Es importante saber que el biodiésel limpia muy bien los restos de diésel mineral del interior del motor. Por eso debes comprobar y cambiar los filtros del combustible cuando empieces a usar biodiésel. Yo prefiero poner un filtro de plástico transparente, pequeño y barato, justo antes del filtro original. El nuevo filtro limpia en parte el

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

Otra manera de evaluar la calidad del biodiesel: mezclar en un bote 150 ml biodiesel sin lavar (separado de la glicerina, después de doce horas de reposo) con 150 ml de agua. Se pone la tapa y se agita vigorosamente durante diez segundos. Se deja reposar. En media hora, o menos, debe quedar encima el biodiesel cristalino, y debajo agua lechosa. Si el combustible es de buena calidad la separación es rápida y todas las impurezas quedan en el agua. Si supera esta prueba se puede lavarlo y usarlo con toda tranquilidad.

Pero si no se separa y forma una emulsión (con el aspecto de la mayonesa), o se separa muy despacio, con una fina capa blanca entre la capa de biodiesel y la de agua, no es combustible de buena calidad. Puede que se puso demasiada lejía, que forma jabón (haz mejor la valoración), o puede que no se completara la reacción y quedaran monoglicéridos y diglicéridos (pon más metanol, agita mejor, deja que reaccione durante más tiempo, controla mejor la temperatura), o puede que ocurrieran las dos cosas.

Es muy difícil lavar el combustible de mala calidad. Por mucho que se lave seguirá siendo mal combustible mezclado con contaminantes perjudiciales para el motor.

Entre el agua y el biodiesel suele quedar una emulsión del grosor de una hoja de papel. Si esa capa intermedia es más gruesa, el lote debe ser reprocesado como si fuera aceite nuevo. Pon 3,5 gr de lejía y 100 ml de metanol por cada litro de aceite.

Es recomendable repetir la prueba después de lavarlo para comprobar que ha quedado bien limpio. Debe separarse limpiamente del agua después de unos minutos.

4.2.1. Comprobación de la viscosidad.

La viscosidad es un indicador comparativo muy útil para comprobar la calidad del biodiesel, pero sólo sirve para comparar unos lotes con otros y saber cual es mejor y cual es peor. Incluso en los laboratorios y en la industria la viscosidad por sí sola no dice si la reacción se ha completado antes de alcanzar el equilibrio, es decir, que no



quedan en el combustible cantidades perjudiciales de sustancias que no han reaccionado. La viscosidad de los monoglicéridos y los diglicéridos es muy similar a la del biodiesel, y quedan disueltos en él si la reacción no se completa. Las concentraciones máximas permitidas son pequeñas: menos de 1% para los diglicéridos y menos de 0,4% para los monoglicéridos. Las pruebas de viscosidad tienen una precisión del 5%, que no es suficiente. Lo mismo ocurre con la densidad (medición de la gravedad específica). Ni siquiera las dos pruebas juntas (viscosidad y densidad) pueden indicar si la reacción se ha completado. El único método que permite saberlo es la cromatografía gaseosa, que no está al alcance de cualquiera. El mejor indicador de que se ha completado la reacción es el lavado. El producto final debe ser cristalino y fácil de lavar.

Sin embargo la viscosidad es un indicador útil, especialmente para los lotes de prueba. Se puede comprobar la viscosidad con una pipeta de 100 ml y un cronómetro; al medir el tiempo exacto que tardan 100 ml de tu biodiesel en salir de la pipeta. También se puede utilizar un medidor de viscosidad. Si queda metanol en el combustible las medidas no son correctas, por eso es imprescindible lavarlo antes de medir. Compruebe la viscosidad del diesel ordinario para compararla con la del biodiesel. Recuerde que la viscosidad depende de la temperatura; mídala varias veces a distintas temperaturas.

La viscosidad cinemática se mide en "Stokes". No se puede medirla en casa sin un viscosímetro. Además mida la gravedad específica pesando un determinado volumen de combustible. Recuerde que el volumen también depende de la temperatura. Un litro debería pesar alrededor de 880 gr a 15,5°C.

Una vez establecidos el modelo tecnológico y el método de elaboración del biodiesel podremos hablar sobre la eficiencia y calidad del combustible, el mismo que cumplirá con normas ya establecidas por organismos internacionales.

Estos parámetros serán medidos por instrumentos tales como: un medidor de viscosidad, PH, poder calorífico, densidad, etc., y serán comparados con los valores del diesel de petróleo, además utilizaremos datos obtenidos por laboratorios que han realizado pruebas de calidad y que tienen experiencia en este campo.



6. METODOLOGÍA.

6.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA GENERAL.

PROBLEMA GENERAL DE INVESTIGACIÓN (ENUNCIADO): “Los esquemas tradicionales de diseño y los procedimientos metodológicos disponibles, no aportan efectivamente en el empeño de diseñar y construir un reactor para la producción de biodiesel”.			
TEMA	OBJETO DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN
Diseño y construcción de un reactor para la producción de biodiesel a partir de aceites de cocina usados.	Reactor para la producción de biodiesel.	Diseñar y construir un modelo tecnológico (reactor) para la producción de biodiesel a pequeña escala.	Utilizando esquemas de diseño y procedimientos tecnológicos adecuados, se podrá lograr la construcción de un reactor para producir biodiesel con propiedades idóneas para sustituir combustibles fósiles.



6.2. DISEÑO METODOLÓGICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

La metodología constituye un factor importante en el desarrollo y explicación del presente proyecto de tesis, puesto que nos permitirá una visión más clara del mismo con los procedimientos más adecuados hasta llegar hacia donde se proyectan los objetivos.

En el desarrollo del proyecto utilizaremos varios métodos, técnicas e instrumentos que nos permitirán contrastar el conocimiento empírico con la validez del conocimiento científico, haciendo más efectivo el trabajo investigativo utilizando para ello los siguientes métodos.

Para dar cumplimiento al primer objetivo utilizaremos la investigación bibliográfica (libros, revistas, Internet, etc...), para obtener información sobre diseños y construcciones de pequeñas plantas piloto de elaboración de biodiesel en otros países, y los pasos para su elaboración, generalidades, propiedades, características, componentes, sus ventajas y su empleo; así como su evaluación en cuanto a su calidad.

En tanto que para la consecución del segundo objetivo daremos paso al método deductivo que nos permitirá ir de lo general a lo particular con lo que seguidamente diseñaremos los planos del modelo tecnológico (reactor) con todos sus equipos, componentes y sistemas, los mismos que serán comprados y otros elaborados para finalmente construir el modelo tecnológico basándose en los planos diseñados.

Para la evaluación de la calidad y la eficiencia del biodiesel planteado en el tercer objetivo, haremos uso del método de la experimentación que consiste en utilizar muestras de biodiesel las mismas que al aplicar un procedimiento nos permitirá evaluarlo y con esto comprobar el funcionamiento del modelo tecnológico.

En cuanto a la metodología para el cuarto objetivo utilizaremos el desarrollo de guías prácticas en donde se establecerán los pasos a seguir para la elaboración del biodiesel con todas sus especificaciones, cuadros de datos para evaluación y toda la seguridad de utilización del modelo tecnológico así como seguridad personal y mantenimiento del reactor.

6.3. MATERIALES, MÉTODOS Y TÉCNICAS DE TRABAJO.

Los materiales que se utilizarán para el diseño y construcción del modelo tecnológico son:

Materiales eléctricos y mecánicos:

Motores.

Bombas.

PLC.

Sensores de nivel.

Sensores de presión.

Electro válvula.

Tablero de control.

Accesorios de protección eléctrica.

Termómetros digitales.

Manómetros digitales.

Conductores.

Materiales para la construcción de los tanques de proceso y almacenamiento:

Acero inoxidable 304.

Materiales para la construcción de la estructura metálica:

Hierro.



Accesorios:

Tubería PVC.

Codos.

Uniones.

Universales.

Válvulas.

Materiales para la Elaboración del biodiesel:

Aceite de cocina usado.

Metanol.

Ácido sulfúrico.

Hidróxido de sodio.

Ácido fosfórico.

Agua.

Entre los métodos que utilizaremos para la ejecución de la investigación de tesis tenemos:

Método deductivo e inductivo; que nos servirán para la recopilación de datos.

Método empírico; lo utilizaremos para desarrollar las experimentaciones.

Método científico; el mismo que lo utilizaremos en la redacción del marco teórico.

Método analítico-crítico que nos servirá para analizar los resultados del funcionamiento del modelo tecnológico y su experimentación para presentar conclusiones y recomendaciones.



Método hipotético deductivo el cual nos llevará a contrastar las hipótesis planteadas con los resultados obtenidos.

Las técnicas que utilizaremos en nuestro proyecto:

Técnica del resumen

Técnica de la experimentación

Técnica de la observación

Técnica del diagnóstico para evaluar los resultados de funcionamiento de la máquina.

Técnica de la entrevista.

Técnica del diseño.

Técnica de la mezcla.



7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

ACTIVIDADES	OCT.		NOV.		DIC.		ENERO		FEB.		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO					
	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009				
Idea de Invest.	x	x																						
Recopilación de informa.	x	x																						
Obtención de datos			x	x																				
Presentación del proyecto					x																			
Aprobación del proyecto					x	x																		
Gestión financiam.							x	x																
Invest. teórica									x															
Capitulo I										x	x													
Capitulo II								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
Capitulo III															x	x	x							
Capitulo IV																x	x							
Elaboración del informe																	x	x	x					
Presentación y aprobacn.																		x	x	x	x			
Disertación																					x	x	x	x



8. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO.

PRESUPUESTO.

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V/UNIT.	V/TOTAL.
1	Acero inoxidable	3	200.00	600.00
2	Motor	2	140.00	280.00
3	Bomba	2	40.00	80.00
4	Sensores de presión	2	320.00	640.00
5	Sensores de nivel	2	315.00	630.00
6	PLC	1	140.00	140.00
7	Válvulas	14	4.00	56.00
8	Estructura metálica	1	70.00	70.00
9	Conductor	30m	50.00	50.00
10	Tubería	8	8.00	64.00
11	Accesorios de protección eléctrica	-	60.00	60.00
12	Tablero de control	1	20.00	20.00
13	Materiales para la elaboración biodiesel	6	-	200.00
14	Mano de obra	-	-	400.00
15	Accesorios	-	-	300.00
16	Gastos varios	-	-	300.00
			TOTAL	3890.00



FINANCIAMIENTO.

Después de un análisis de los recursos financieros, humanos y materiales se ha determinado que el presente proyecto es viable y factible ya que los recursos financieros se obtendrá mediante un crédito educativo otorgado por el IECE aparte de autofinanciamiento.

Los recursos humanos se los obtendrá de los docentes inmiscuidos quienes aportarán con sus conocimientos científicos y técnicos como tutores del proyecto y los recursos materiales son obtenibles en los mercados locales y nacionales.

9. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS:


- 📖 BOCKEY, Dieter. “Desarrollo del mercado actual del Biodiesel. Marketing y garantía de calidad.”
- 📖 WWF, Fundación Natura. Texto de Consulta: “ENERGÍAS RENOVABLES: CONCEPTOS Y APLICACIONES”. Quito, Abril,2004.Segunda edición.
- 📖 GARCÍA, Laborda, Biocarburantes Líquidos: Biodiesel y Bioetanol, CEIM Dirección General de Universidades e Investigación, Universidad de Alcalá y Universidad Rey Juan Carlos, España.
- 📖 LAROSA, Rodolfo, Proceso para la producción de biodiesel, Gladis Spa Co. Milán, Italia.
- 📖 MARTÍNEZ, Mercedes, “Utilización de aceites usados para la obtención de biodiesel”. Universidad Complutense de Madrid.
- 📖 TRÜCK, Ralf, “La tecnología del Biodiesel en el año 2000”


REVISTAS TÉCNICAS:


- 📖 ENERGÍAS RENOVABLES N° 12 “De la sartén al autobús”
- 📖 ENERGÍAS RENOVABLES N° 16.”Ha elegido usted biodiesel”
- 📖 RESIDUOS N° 44. Perspectivas de los biodiesel preparados a partir de aceites vegetales usados, en base a sus propiedades fisicoquímicas.



PAGINAS WEB:

 www.biodiesel.org

 www.biodiesel-uruguay.com

 www.biodiesel.8K.com

 www.bioneteuropa.com

 www.bionorte.com

 www.ecoindustria.com

 www.gencat.es/mediamb/cdma



10. ANEXOS.

10.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA ESPECÍFICA.

<p>➤ PROBLEMA ESPECÍFICO: La falta de conocimientos científicos sobre las tecnologías existentes y su funcionamiento para la elaboración de biodiesel.</p>			
OBJETIVO ESPECÍFICO	UNIDADE DE OBSERVACIÓN	HIPÓTESIS	SISTEMA CATEGORIAL
Adquirir información y ampliar conocimientos sobre las tecnologías de investigación y de producción del biodiesel.	<ul style="list-style-type: none">• Bibliografía existente en bibliotecas.• Información dada por organismos e instituciones.• Internet	Mediante la adquisición de información necesaria, se podrá obtener los conocimientos bases sobre las tecnologías existentes y los métodos apropiados para la producción de biodiesel.	<ul style="list-style-type: none">• Biodiesel.• Tecnología para elaboración de biodiesel.



➤ **PROBLEMA ESPECÍFICO:** Falta de un diseño piloto para la elaboración de biodiesel.

OBJETIVO ESPECÍFICO	UNIDADE DE OBSERVACIÓN	HIPÓTESIS	SISTEMA CATEGORIAL
Elaborar biodiesel a partir de aceite de cocina usado, utilizando el modelo tecnológico (reactor).	<ul style="list-style-type: none">• Bases tecnológicas sobre la construcción de reactores.• Diseños planteados por organismos e instituciones.• Métodos o procesos para la elaboración del biodiesel.	Mediante el diseño y construcción del reactor se podrá producir biodiesel a partir de aceite de cocina usado.	<ul style="list-style-type: none">• Diseño y construcción del reactor.• Proceso de obtención del biodiesel.• Elaboración del biodiesel.



➤ **PROBLEMA ESPECÍFICO:** Necesidad de evidenciar la calidad del biodiesel obtenido en el reactor construido.

OBJETIVO ESPECÍFICO	UNIDADE DE OBSERVACIÓN	HIPÓTESIS	SISTEMA CATEGORIAL
Evaluar la calidad y eficiencia del combustible obtenido, tomando en cuenta todas sus propiedades.	<ul style="list-style-type: none">• Parámetros y propiedades del biodiesel.• Normas y estándares de calidad del biodiesel.	<p>Mediante la utilización de un laboratorio se podrá realizar la evaluación de las propiedades.</p> <p>Mediante la utilización de un motor que utiliza combustible fósil se podrá reemplazar este por el biodiesel para evaluar la eficiencia.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Parámetros del biodiesel.• Propiedades del biodiesel.• Pruebas de laboratorio.



<p>➤ PROBLEMA ESPECÍFICO: Falta de una base técnica y de gestión que impulse el desarrollo de prácticas investigativas para la elaboración del biodiesel en la Universidad Nacional de Loja, Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables.</p>			
OBJETIVO ESPECÍFICO	UNIDADE DE OBSERVACIÓN	HIPÓTESIS	SISTEMA CATEGORIAL
Establecer las bases técnicas y de gestión necesarias para impulsar la realización de prácticas de elaboración de biodiesel usando el modelo tecnológico.	<ul style="list-style-type: none">• Bases técnicas.• Equipos construidos.• Programa de gestión documentada.	Mediante la investigación que se realice se podrá crear las bases para desarrollar los programas de investigación y producción de biodiesel en la UNL.	<ul style="list-style-type: none">• Planteo de la guía para la producción de biodiesel.

**10.2. MATRIZ DE OPERATIVIDAD DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

OBJETIVO ESPECÍFICO: Adquirir información y ampliar conocimientos sobre las tecnologías de investigación y de producción del biodiesel.						
ACTIVIDAD O TAREA	METODOLOGÍA	FECHA		RESPONSABLES	PRESUPUESTO	RESULTADOS ESPERADOS
		INICIO	FINAL			
<ul style="list-style-type: none">• Consulta bibliográfica de tecnologías y procesos para la producción de biodiesel.	<ul style="list-style-type: none">• Investigación bibliográfica.	08-12-08	19-12-08	Los autores: <ul style="list-style-type: none">• Sr. Héctor Guevara• Sr. Luís Quizhpe	\$ 5,00	<ul style="list-style-type: none">• Tener toda la información necesaria sobre los reactores para producir biodiesel y los diferentes procesos para la elaboración del mismo.
<ul style="list-style-type: none">• Diseño y construcción de un prototipo del reactor para la producción de biodiesel.	<ul style="list-style-type: none">• Investigación de campo.	12-01-09	31-03-09	Los autores: <ul style="list-style-type: none">• Sr. Héctor Guevara• Sr. Luís Quizhpe	\$ 3.390,00	<ul style="list-style-type: none">• El reactor listo para la producción de biodiesel.



OBJETIVO ESPECÍFICO: Elaborar biodiesel a partir de aceite de cocina usado, utilizando el modelo tecnológico (reactor).

ACTIVIDAD O TAREA	METODOLOGÍA	FECHA		RESPONSABLES	PRESUPUESTO	RESULTADOS ESPERADOS
		INICIO	FINAL			
<ul style="list-style-type: none">Adquirir las materias primas necesarias para la producción de biodiesel, tales como: aceite de cocina usado, el metanol y otras.	<ul style="list-style-type: none">Encuesta.Investigación de campo.	01-04-09	07-04-09	Los autores: <ul style="list-style-type: none">Sr. Héctor GuevaraSr. Luís Quizhpe	\$ 200,00	<ul style="list-style-type: none">Los productos químicos y el aceite necesario.
<ul style="list-style-type: none">Elaborar el biodiesel.	<ul style="list-style-type: none">Experimentación.	08-04-09	14-04-09	Los autores: <ul style="list-style-type: none">Sr. Héctor GuevaraSr. Luís Quizhpe	\$ 100,00	<ul style="list-style-type: none">El biodiesel



OBJETIVO ESPECÍFICO: Evaluar la calidad y eficiencia del combustible obtenido, tomando en cuenta todas sus propiedades.						
ACTIVIDAD O TAREA	METODOLOGÍA	FECHA		RESPONSABLES	PRESUPUESTO	RESULTADOS ESPERADOS
		INICIO	FINAL			
<ul style="list-style-type: none">Realizar pruebas de laboratorio.	<ul style="list-style-type: none">Experimentación.	15-04-09	24-04-09	Los autores: <ul style="list-style-type: none">Sr. Héctor GuevaraSr. Luís Quizhpe	\$ 100.00	<ul style="list-style-type: none">Evidenciar la calidad y eficiencia del biodiesel obtenido.



OBJETIVO ESPECÍFICO: Establecer las bases técnicas y de gestión necesarias para impulsar la realización de prácticas de elaboración de biodiesel usando el modelo tecnológico.

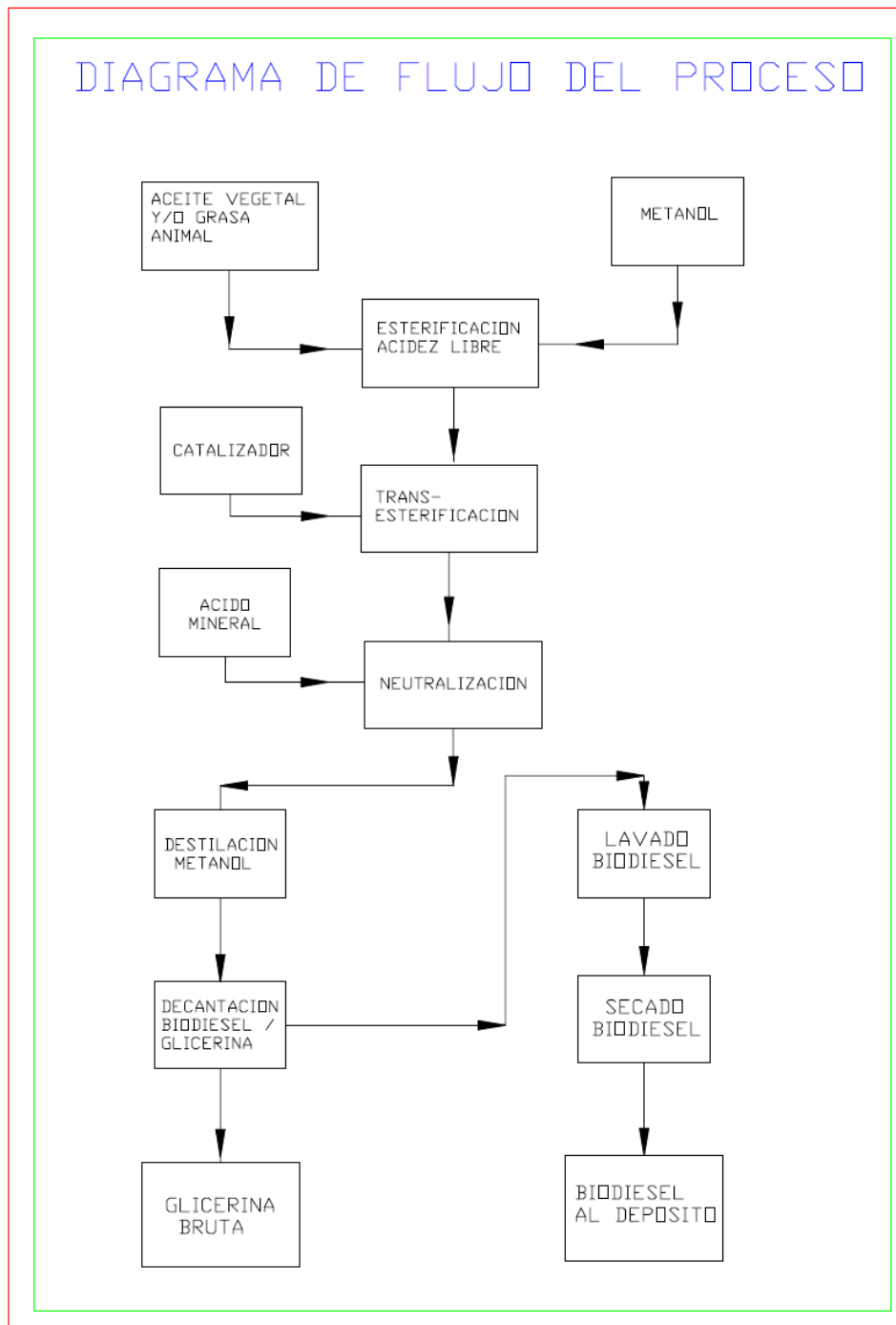
ACTIVIDAD O TAREA	METODOLOGÍA	FECHA		RESPONSABLES	PRESUPUESTO	RESULTADOS ESPERADOS
		INICIO	FINAL			
<ul style="list-style-type: none">• Redacción de un documento con las bases técnicas necesarias para la elaboración de biodiesel	<ul style="list-style-type: none">• Investigación bibliográfica.	25-04-09	08-05-09	Los autores: <ul style="list-style-type: none">• Sr. Héctor Guevara• Sr. Luís Quizhpe	\$20.00	<ul style="list-style-type: none">• El documento técnico elaborado.

**10.3. MATRIZ DE CONTROL DE RESULTADOS.**

Nº	RESULTADOS	FECHA	FIRMA DIRECTOR DE TESIS
1	Tener toda la información necesaria sobre los reactores para producir biodiesel y los diferentes procesos para la elaboración del mismo.	19-12-08	
2	El reactor listo para la producción de biodiesel.	31-03-09	
3	Los productos químicos y el aceite necesario.	07-04-09	
4	El biodiesel	14-04-09	
5	Evidenciar la calidad y eficiencia del biodiesel obtenido.	24-04-09	
6	El documento técnico elaborado.	08-05-09	

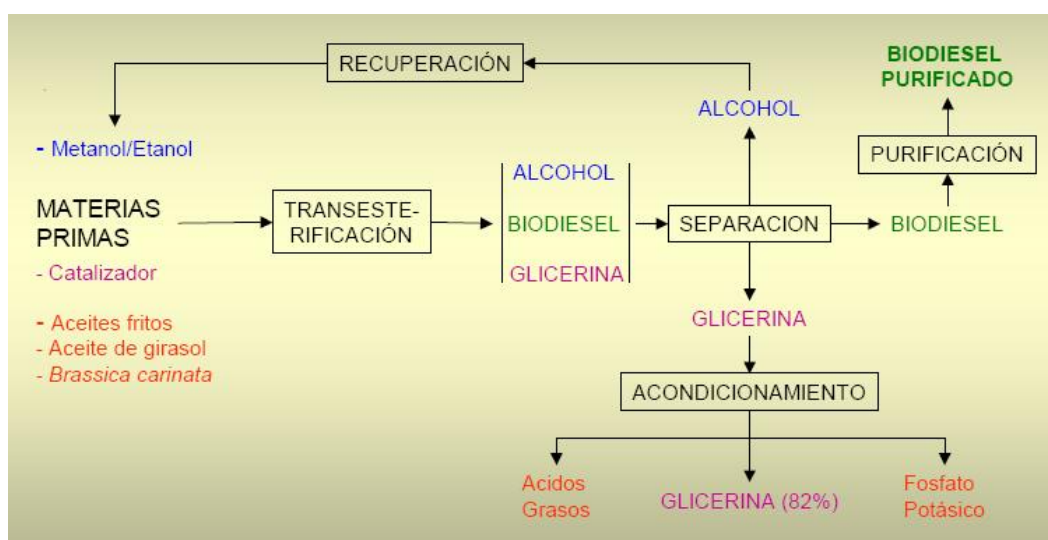
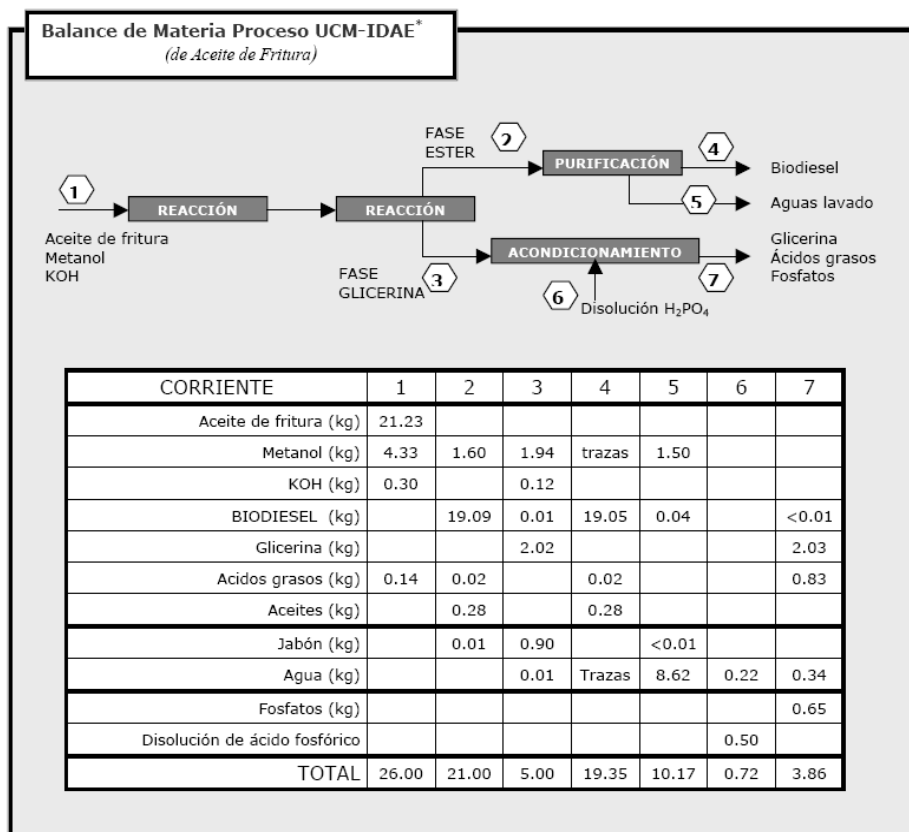
10.4. ESQUEMAS, DIAGRAMAS DE PROCESO, PLANOS, FOTOS ETC.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BIODIESEL



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

En este cuadro puede verse el balance de Materia del Proceso de la Planta de Producción de Biodiesel ubicada en Alcalá de Henares, gestionadas por la Universidad Complutense de Madrid.



REACTOR CÓNICO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL








REACTOR AUTOMATIZADO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.



REACTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL CONSTRUIDO ARTESANALMENTE CON MATERIAL RECICLADO



ALGUNAS MUESTRAS DE BIODIESEL.

		
Primer lavado: agua lechosa.	Segundo lavado: agua turbia.	Tercer lavado: agua transparente con pH 7, biodiesel cristalino.
		
Lavado por agitación, primer lavado -- Mezcla perfecta de agua y biodiesel inmediatamente después de una intensa agitación con un mezclador de pinturas.	Tercer lavado -- Agua limpia con pH 7, biodiesel cristalino, no hay pérdida de rendimiento.	

