



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
Carrera de Biología.

**EVALUACIÓN PARA LA INVERSIÓN INICIAL Y
PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE BIODIESEL A PARTIR DE
GRASA DE POLLO.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

OLVERA LABRA JOSÉ MARCOS KALEB.



**DIRECTORA DE TESINA:
BIOL. MARICELA ARTEAGA MEJÍA.**

México D.F. Noviembre 2015.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice:

1. Resumen.

2. Introducción.

3. Marco teórico.

3.1. Antecedentes del biodiesel.

3.1.1. Historia del biodiesel como combustible.

3.1.2. Antecedentes de la producción mundial de biodiesel.

3.1.3. Antecedentes de la producción de biodiesel en México.

3.1.4. Ventajas y desventajas del uso del biodiesel.

3.2. Principales materias primas en la producción de biodiesel.

3.2.1. Materias primas de primera generación.

3.2.2. Materias primas de segunda generación.

3.3. Métodos químicos para producir biodiesel.

3.3.1. Microemulsión.

3.3.2. Pirolisis.

3.3.3. Transesterificación.

3.4. Tipos de transesterificación para producción de biodiesel.

3.4.1. Proceso con catalizadores ácidos.

3.4.2. Proceso con catalizadores alcalino.

3.4.3. Procesos con catalizadores homogéneos.

3.4.4. Procesos con catalizadores heterogéneos.

3.4.5. Procesos catalizados por lipasas.

3.5. Aspectos relacionados con la producción de biodiesel.

3.5.1. Cantidad optima de catalizador (NaOH).

3.5.2. Cantidad optima de alcohol (metanol).

3.5.3. Tiempo de reacción.

3.5.4. Cinética de la reacción.

3.5.5. Aspectos a considerar con las materias primas en la producción de biodiesel.

3.6. Perspectiva de México en el uso de bioenergéticos.

3.6.1. Principales productores de biodiesel en México.

3.6.2. Principales consumidores de biodiesel en México.

3.6.3. Cadena de producción de diesel en México.

4.0. Método.

4.1. Diagrama de flujo del método.

5.0. Resultados y discusión.

5.1. Legislación del biodiesel en México.

5.1.1. Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB).

5.1.2. Programa Sectorial de Energía 2013-2018.

5.1.3. Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables 2014-2018.

5.1.4. Estrategia Nacional de Energéticos 2013-2027.

5.1.5. Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

5.1.6. Permisos SENER para Biodiesel.

5.1.7. Normativa mexicana para establecer la planta en el área metropolitana.

5.2. Impacto ambiental de grasas y aceites.

5.2.1. Plantas productoras.

5.2.2. Impacto ambiental por residuos domésticos.

5.3. Información financiera.

5.3.1. Costos del equipo para producción.

5.3.2. Costos del equipo para la extracción de aceite.

5.3.3. Costos de la materia prima.

5.3.4. Costos de mano de obra para la producción.

5.3.5. Acondicionamiento de las instalaciones.

- 5.3.6. Almacenamiento de los productos.**
- 5.3.7. Vehículos para recolección y transportación.**
- 5.3.8. Costos de venta de biodiesel y glicerina.**
- 5.3.9. Rentabilidad financiera de la materia prima.**
- 5.3.10. Inversión inicial y flujo de capital.**
- 5.3.11. Análisis de rentabilidad (VAN, TIR, B/C).**

5.4. Diseño de la planta.

- 5.4.1. Diseño de equipo para la producción de biodiesel.**
- 5.4.2. Diseño de las instalaciones.**
- 5.4.3. Capacidad Máxima de Producción de Biodiesel.**
- 5.4.4. Seguridad de la planta.**
- 5.4.5. Ropa y equipamiento de seguridad**
- 5.4.6. Residuos peligrosos.**

5.5. Procesos para producción, purificación y almacenamiento de biodiesel y glicerina.

- 5.5.1. Extracción de aceite.**
- 5.5.2. Pretratamiento y almacenamiento del aceite.**
- 5.5.3. Proceso de producción de biodiesel.**
- 5.5.4. Diagrama de producción de biodiesel.**
- 5.5.5. Purificación del biodiesel.**
- 5.5.6. Purificación de glicerina.**
- 5.5.7. Almacenamiento de productos.**

6.0. Conclusiones.

7.0. Bibliografía.

7.1. Tesis.

7.2. Revistas.

7.3. Mediografía.

1. Resumen.

Actualmente se está trabajando alrededor del mundo para sustituir combustibles fósiles por combustibles limpios; ya sea por el agotamiento de los recursos no renovables, las emisiones que afectan al medio ambiente o debido al incremento en el precio del petrodiesel, entre otras.

A partir de la presente investigación se revisaron y analizaron el marco jurídico, las estrategias del gobierno federal y los permisos de la Secretaría de Energía para la producción, almacenamiento, transporte y distribución de biodiesel en México. Así como los costos de equipos de producción, extracción de aceite, materia prima, mano de obra operaria y vehículos para la recolección y distribución. Se concluye que la inversión inicial y la puesta en marcha es de aproximadamente \$925,000.00, sin tomar en cuenta el costo de la materia prima para la purificación del biodiesel y la glicerina, tampoco se contemplaron los consumos de energía eléctrica, ni los gastos de envío y transportación del biodiesel, ni la renta del lugar contemplado para la planta. Conforme el costo estimado de producción del biodiesel se estableció el precio en \$13.30 y \$13.00 para la glicerina. Con estos datos se obtuvo el VAN de \$5,039,615.09, la TIR 157.04% y el C/B 5.44, lo que nos indica que el proyecto es rentable para su implementación. Además, se investigó como las grasas y aceites de la industria de los alimentos y domésticos contaminan el agua, lo que hace más difícil y costoso el proceso de tratamiento, por lo que se elaboró una propuesta para usar los residuos grasos de pollo como materia prima en la producción de biodiesel.

También se definió que la transesterificación con catalizadores alcalinos es el procedimiento más efectivo y con mayor rendimiento para producir biodiesel, utilizando metanol e hidróxido de sodio, se puede lograr una conversión del aceite de grasa de pollo superior al 90% y una pureza de biodiesel del 99% y de glicerina del 98%.

El biodiesel que se obtiene podría usarse como combustible en las unidades de transporte vehicular público o privado, en estaciones de luz o calderas o como retribución a cambio de los subproductos de pollo; con este aprovechamiento se disminuyen los residuos en rellenos sanitarios, teniendo un buen manejo y generando bioenergía con fuentes renovables.

En el futuro se pudiera producir biodiesel no solamente de aceite de pollo, sino aprovechar diferentes tipos de residuos animales, así como de cualquier otro aceite usado.

2. Introducción.

En la actualidad el uso de fuentes de energía limpia se ha incrementado de manera significativa alrededor del mundo (Moser, B. 2009). El aumento en el precio del petróleo, una mayor preocupación por el medio ambiente y un mayor énfasis en la sostenibilidad de los sistemas de producción, son factores que explican esta tendencia (Moser, B. 2009). La demanda mundial, actual y proyectada, por biocombustibles, ha llevado a algunos países de América Latina y el Caribe a implementar políticas o programas que incentiven la producción de biocombustibles líquidos, etanol y biodiesel.

La investigación y desarrollo tecnológico del biodiesel es relevante para países con pocas o sin reservas de petróleo; dichos países importan el crudo, productos derivados y gas a precios elevados, para satisfacer sus necesidades energéticas. La búsqueda de opciones alternativas de energía ha impulsado la investigación para la producción de biodiesel (Hazell, P. y Pachauri, R. K., 2006). El Biodiesel como alternativa limpia frente al petrodiesel, es derivado de fuentes biológicas renovables, tales como aceites vegetales y grasas animales. Es biodegradable, no tóxico, tiene bajas emisiones y también es beneficioso para el medio ambiente (Fangrui, M. y Milford H. 1999).

México depende de la importación de energéticos; por lo cual se hace muy necesario innovar en los procesos de producción de biodiesel y la diversificación de las materias primas a partir de las cuales se lleva a cabo dicha transformación.

Según el reporte de la International Grains Council (FAO, 2009), se emplean materias primas para la producción de biodiesel como el aceite de girasol, colza, soya y palma; que se han convertido en la fuente por excelencia para este propósito, que lo hace no competitivo frente al petrodiesel por su elevado costo, y se utilizan en menor proporción las fuentes de origen animal (Moser, B. 2009), que son una materia prima potencial para tal fin.

El área metropolitana de la ciudad de México genera infinidad de desperdicios en todos los rubros, la mayoría son reciclados, pero los que se generan en la industria de la alimentación y los domésticos, son poco aprovechados o van directamente al relleno sanitario, lo que genera contaminación de suelos y de los mantos freáticos; y al sistema de alcantarillado lo que hace más difícil y caro el tratamiento de las aguas residuales.

El objetivo de la presente investigación es conocer la inversión financiera para el establecimiento y puesta en marcha de una planta productora de Biodiesel a partir de aceite de pollo, así como el costo de producción, como una alternativa de energía renovable en la Ciudad de México. Con el fin de desarrollar una propuesta para la producción de biodiesel a partir de los residuos de pollo, así como mitigar la contaminación por dichos residuos, contribuir a la diversificación de fuentes de energía, contribuyendo a la reducción de GEI y promover los bioenergéticos en México a partir de las actividades no agropecuarias o forestales; usando desechos de la industria pecuaria no se pone en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria del país.

3. Marco teórico.

3.1. Antecedentes del Biodiesel.

Los aceites vegetales son los más utilizados en la producción, principalmente el aceite de colza (*Brassica napus*) en Europa y Canadá, y aceite de soya (*Glycine max*) en Estados Unidos (Andersen y Weinbach, 2010). Es importante obtener biodiesel a partir de materias primas alternativas, como los residuos grasos animales y aceites de fritura usado, utilizadas principalmente en países como Canadá e Irlanda (Atabani, A., *et al.*, 2012), por su bajo costo son una materia prima ideal, ya que los aceites vegetales representan cerca del 60 al 75% de los costos de producción (Fangrui, M. y Milford, H. 1999).

3.1.1. Historia del biodiesel como combustible.

Desde el año 1900 el inventor del motor diesel, Rudolf Diesel utilizó aceite de maní como combustible, para demostrar la adaptabilidad de su motor. En la década de 1930 a 1940 se hicieron numerosos trabajos sobre la utilización de combustibles vegetales. La crisis petrolera de finales de los 70's, además de la incertidumbre sobre los recursos no renovables, especialmente los derivados del petróleo, reafirmó la idea de los biocombustibles. Actualmente, cientos de artículos de todo el mundo resaltan la utilización de aceites vegetales (biodiesel) como combustible, que han dejado de ser experimentales, y en algunos países ya son parte de combustibles habituales además de implementar leyes para su uso y producción.

3.1.2. Antecedentes de la producción mundial de biodiesel.

En 2011, la producción mundial de biodiesel fue de 21.4 MMMl (miles de millones de litros), que representa un aumento de 12% con respecto a la producción del 2010 (18.37 MMMl). La producción tiene una tasa media de crecimiento anual de 49% en el periodo 2001-2011. La UE es el principal centro de producción, con 43% de la producción mundial, sin embargo, ha ido declinando en su producción en los últimos años.

En 2013, Estados Unidos fue el más grande productor de biodiesel con 4.56 MMI, seguido por Brasil 2.70, Indonesia 2.63, Alemania 2.56 y Argentina 2.0 (México-SENER-Prospectiva 2013). En la actualidad, casi todo el biodiesel que se produce es obtenido a partir de aceites vegetales comestibles, diversas investigaciones posicionan a los aceites vegetales como fuente para la obtención de biodiesel, contrario a las grasas animales, que se mencionan frecuentemente como una materia prima potencial, pero han sido poco estudiadas.

De la producción mundial de biodiesel 27.06 MMMl, solo el 7.16% corresponde a los aceites o grasas de origen animal, que es muy contrastante con los aceites de origen vegetal (Soja, 25.86%; Colza 23.02%; Palma, 31.74%) (Oil World Statistics Update 2015).

3.1.3. Antecedentes de la producción de biodiesel en México.

México es un país que depende de los combustibles fósiles para satisfacer sus requerimientos de energía, el consumo total de energía primaria en el país es de

8,152 PJ en 2010, las fuentes fósiles aportaron el 91.5%; el petróleo el 65%, el gas natural el 24.3% y el carbón el 2.2% (García, C., *et al.*, 2013).

3.1.4. Ventajas y desventajas del uso del biodiesel.

El uso del biodiesel tiene ventajas y desventajas, entre las que destacan las siguientes:

CUADRO 1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DEL BIODIESEL.

AMBIENTALES	Ventajas	Está libre de azufre y aromáticos.
		Tiene un carácter renovable y es biodegradable.
		No es tóxico.
		Se degrada cuatro veces más rápido que el diesel.
		Reduce las emisiones de partículas, CO y CO ₂ , SO ₂ , y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.
		Es posible fabricarlo a partir de aceite para freír ya usado.
	Desventajas	Contribuye a disminuir las emisiones de CO ₂ .
		Las emisiones de nitrógeno son superiores en comparación con el gasóleo.
TÉCNICAS	Ventajas	Tiene un alto número de cetano, lo que mejora la combustión.
		Tiene buena lubricidad.
		Ignición mayor que el diesel, que significa mayor seguridad en el manejo y almacenamiento.
		Se puede mezclar con el gasóleo en cualquier proporción y la mezcla se mantiene estable. Aumenta el rendimiento de los motores.
		Es un combustible oxigenado lo que facilita la combustión, es decir, contribuye a una combustión limpia.
Desventajas	Densidad y viscosidad más alta que la del combustible diesel, lo que plantea problemas de utilización en climas muy fríos.	
	Congelación del combustible en invierno, (entre 0 y -5 °C), puede empezar a solidificar y formar cristales, que pueden obstruir los conductos y manguitos a través de los cuales fluye el combustible.	
	Propiedades solventes, puede ablandar y degradar ciertos materiales.	
	Degradación del combustible si se deja durante un tiempo prolongado.	
ECONÓMICAS	Ventajas	Permite reducir la dependencia del petróleo importado.
		Permite el fortalecimiento de la agroindustria.
		Induce a un desarrollo regional sostenible.
		Generación de desarrollo limpio.
	Desventajas	Más caro debido a la menor producción de aceite vegetal.
	Ligero descenso en la economía de combustible.	
SOCIAL	Ventajas	Genera empleos directos e indirectos en las zonas rurales.
		Contribuye a la fijación del hombre en el campo.
		Evita el abandono de tierras de cultivo.

Fuente: Elaborado a partir de Dinis, A. 2012.

3.2. Principales materias primas en la producción de biodiesel.

El biodiesel es un producto biocombustible oxigenado, compuesto de ésteres monoalquílicos de cadena larga, derivados de recursos renovables como aceites vegetales o grasas animales; está en estado líquido y reúne las especificaciones de la norma ASTM D6751 para ser usado en motores de ignición por compresión o motores diesel (Ojeda, Y., *et al.*, 2007); El biodiesel es utilizado en sistemas de calentamiento y como aditivo en motores diesel en distintas concentraciones 10% (B10) y el 20% (B20) y 100% diesel verde) en motores de ignición, (Ma y Hanna, 1999) y en concentraciones de 5% se usa como aditivo (Stratta, J. 2000).

Para la producción de biodiesel puede ser utilizado como cualquier materia que contenga triglicéridos, aunque la producción mundial proviene mayormente de los aceites extraídos de vegetales oleaginosos, como el girasol, colza, soja, palma, higuera; también provienen de aceites de fritura usado; como materia prima potencial, las grasas de origen animal, sebo de vaca, aceite de pollo, grasas de cerdo, etc. De acuerdo al tipo de materia prima utilizada en la producción de biodiesel se definen como materias primas de primera y segunda generación.

3.2.1. Materias primas de primera generación.

Son cultivos vegetales oleaginosos que contienen grandes cantidades de aceite en sus semillas o frutos, provienen de distintas familias botánicas, están adaptadas a diferentes regiones climáticas, aunque se desarrollan mejor y hay más variedades en las regiones tropicales, Aunque hay gran variedad únicamente son aprovechadas una decena de especies con fines comerciales.

Aparte de los aceites vegetales convencionales, existen otras variedades de plantas más adaptadas a las condiciones de un área específica, como el Amazonas, pero han sido poco o nada utilizadas de manera comercial.

3.2.2. Materias primas de segunda generación.

El uso de las materias primas de primera generación ha causado gran controversia mundial, ya que el uso indiscriminado, ha traído consigo problemas de seguridad alimentaria en países en vía de desarrollo, deforestación de selvas y bosques, desplazamiento forzado de comunidades nativas de sus territorios, entre otros. Por lo anterior, recientemente se han buscado nuevas alternativas de materias primas para su elaboración que tengan como característica ser en su mayoría un residuo y cuyo uso no generaría los impactos causados por los biocombustibles de primera generación.

3.3. Métodos químicos para la obtención de biodiesel.

Los principales procesos para la obtención de biodiesel son realizados principalmente por: dilución, microemulsión, pirolisis y transesterificación, éste proceso es el más empleado para producirlo, ya que ofrece ventajas como: elevada conversión (98%), pocas reacciones secundarias y rápido tiempo de reacción y conversión directa a éster sin pasos intermedios, además es la más económica (Lin, L., *et al.*, 2011).

3.3.1. Microemulsión.

La microemulsión es un sistema termodinámico estable formado por dos líquidos inmiscibles, uno de ellos dispersado en forma de micro gotas uniformemente en el otro, por medio de un tercer componente, que puede ser un tensoactivo o un

co-disolvente. Esto es, el disolvente adecuado añadido en ciertas proporciones es responsable de la homogeneidad del sistema, mediante la interacción de ambas fases. Este sistema de tres componentes es una forma no-digestiva simple y rápida de preparar muestras de aceite y otros combustibles como el biodiesel (Chaves, E., *et al.*, 2008).

3.3.2. Pirolisis.

Es la conversión de una sustancia en otra por medio sólo de calor o con la ayuda de un catalizador. Se trata del calentamiento de la sustancia en ausencia de aire u oxígeno y la escisión de enlaces químicos para producir moléculas pequeñas. La química del sistema pirolítico es difícil de caracterizar debido a la variedad de caminos que puede tomar la reacción y la variedad de productos que pueden obtenerse a partir de las dichas reacciones. Los materiales pirolizados pueden ser aceites vegetales, grasas animales, ácidos grasos naturales y ésteres metílicos de ácidos grasos (Ma, F. y Hanna, M. A. 1999).

3.3.3. Transesterificación.

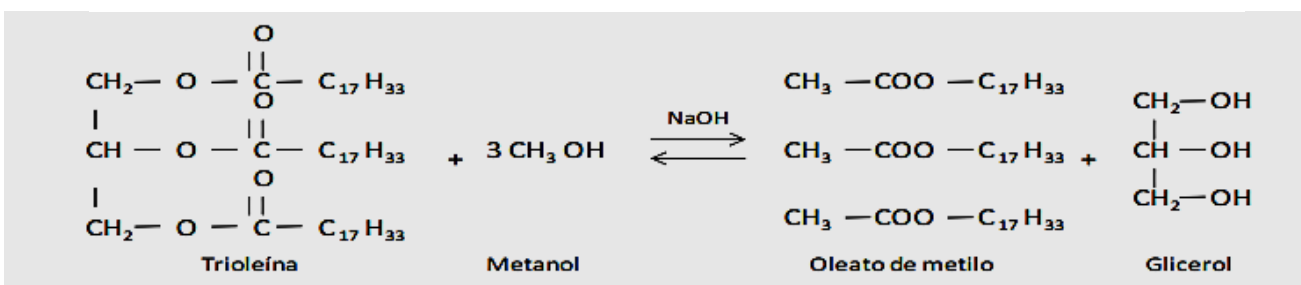
El método más utilizado en la producción de biodiesel derivado de ácidos grasos es la transesterificación, ya que es la más económica, tiene elevada conversión (98%), pocas reacciones secundarias y corto tiempo de reacción y conversión directa a éster sin pasos intermedios (Tovar, C., *et al.*, 2013).

La reacción de transesterificación es la transformación de los triglicéridos presentes en grasas animales y aceites vegetales, en un éster alquílico de ácidos grasos, en presencia de un alcohol (metanol o etanol) y un catalizador (un álcali o un ácido), obteniendo glicerina como subproducto. Las moléculas

lineales del éster resultante reciben el nombre de biodiesel y están formadas por el éster del ácido graso y el alcohol. La transesterificación requiere de 6 moles de alcohol por cada mol de triglicéridos para producir 1 mol de glicerina y 3 moles de biodiesel. Esta transformación consta de tres etapas consecutivas en las que el triglicérido es convertido en diglicéridos, monoglicéridos y glicerina (Tovar, C., *et al.*, 2013). El biodiesel obtenido tiene menor viscosidad, menor masa molecular, menor intervalo de ebullición y menor punto de inflamación que el triglicérido original. En los procesos industriales se usan 6 moles de metanol por cada mol de triglicéridos para asegurar la producción de metil ésteres o biodiesel (Fukuda, H., *et al.*, 2001). La figura 1 muestra la reacción general del proceso de producción de biodiesel.

Además, de los catalizadores tradicionales básicos y ácidos, se pueden encontrar catalizadores muy variados como lo son azúcares, lipasas, resinas de intercambio iónico, zeolitas entre otros materiales heterogéneos (Moser, B 2009).

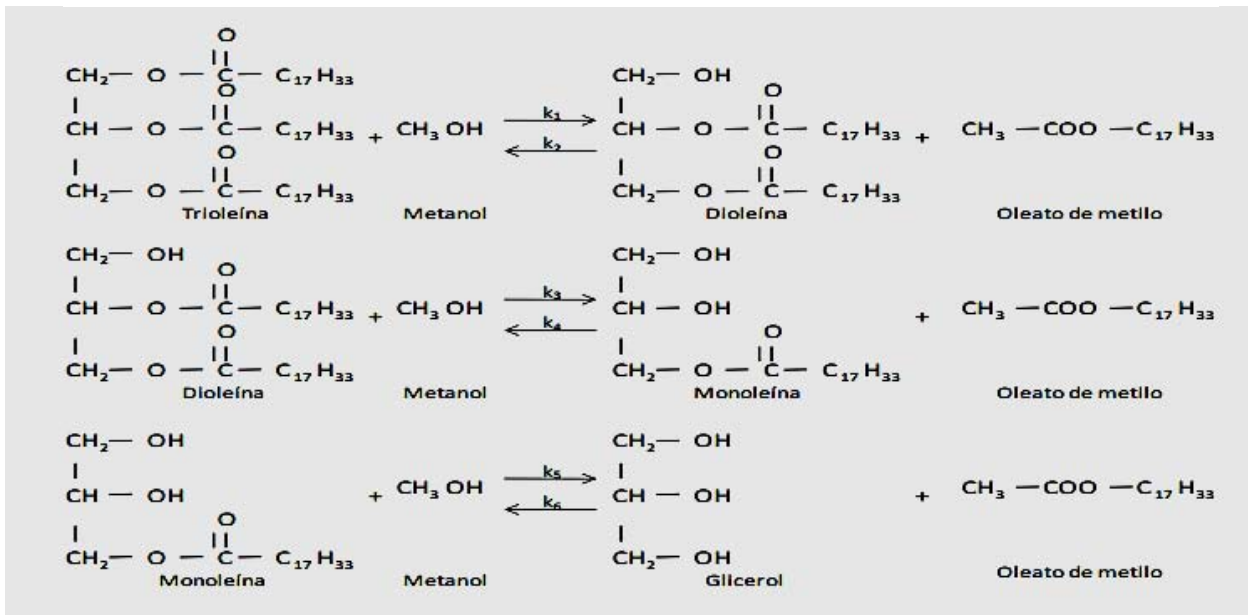
FIGURA 1. REACCION GENERAL DE TRANSESTERIFICACION.



Fuente: Tomado de Castellanos, 2013.

Esta reacción se lleva a cabo realmente en forma secuencial por medio de los pasos siguientes:

.FIGURA 2. PROCESO COMPLETO DE TRANSESTERIFICACION.



Fuente: Tomado de Castellanos, 2013.

3.4. Tipos de catalizadores para producción de biodiesel por transesterificación.

3.4.1. Proceso con catalizadores ácidos

Este tipo de transesterificación utiliza ácidos como catalizadores, (preferiblemente sulfúrico). Con este proceso se obtienen rendimientos muy altos de alquilésteres, con el inconveniente de la lentitud en la reacción, con un alto consumo de energía ya que se lleva a cabo a temperaturas superiores a los 100°C.

Este proceso sugiere que la catálisis ácida se desarrolle en ausencia de agua, para evitar reacciones competitivas (no deseadas) y bajos rendimientos de ésteres alifáticos.

3.4.2. Procesos con catalizadores alcalinos.

La transesterificación con catalizadores alcalinos es más rápida que con catalizadores ácidos, además los catalizadores alcalinos son menos corrosivos, son mayormente utilizados los alcóxidos metálicos alcalinos, los hidróxidos y los carbonatos de sodio y potasio. Los diglicéridos y monoglicéridos son convertidos por la misma vía, en ésteres alquílicos y glicerina.

3.4.3. Procesos con catalizadores homogéneos.

Algunos de los beneficios de la catálisis homogénea son los cortos períodos de operación del motor, además tiene elevados rendimientos en la reacción de transesterificación; inclusive, aunque a veces se presentan problemas debido a la alta viscosidad y baja volatilidad de los aceites vegetales.

3.4.4. Procesos con catalizadores heterogéneos.

Además de generar reacciones muy rápidas, el catalizador heterogéneo tiene características de insolubilidad en el medio de reacción, larga vida de duración, resistencia a altas temperaturas, gran área superficial, mayor facilidad en las etapas de separación y purificación y la posibilidad de recuperación. Por ello disminuye el número de etapas en la transesterificación, reduce la cantidad de productos no deseados, además al final de la reacción si se emplea un catalizador sólido, el producto se encuentra libre de catalizador y no se requiere agua de lavado, facilitando la operación de separación y purificación del producto y el catalizador, este último con la posibilidad de reutilizarse.

3.4.5. Procesos catalizados por lipasas

Debido a su alta disponibilidad y la facilidad con la que pueden ser manipuladas, las enzimas hidrolíticas han sido ampliamente aplicadas a la síntesis orgánica. Las ventajas que presentan son que no requieren algún tipo de coenzimas y son estables, además frecuentemente toleran solventes orgánicos. Su potencial para la regio-selectividad y en especial para la síntesis enantio selectiva las hace herramientas valiosas en los procesos que ellas catalizan, las desventajas son que presentan el problema para ser separados y reutilizados; además, que estos catalizadores son muy caros.

3.5. Aspectos relacionados con la producción de biodiesel.

3.5.1. Cantidad óptima de catalizador.

Según Mejía B. H. y Zermeño R. F. 2006, obtuvieron como resultados en experimentos en condiciones constantes que con 0.75% de catalizador la producción de ésteres es inferior al 90%, alcanzando la producción más alta con 1.3% que es la cantidad óptima para obtener un rendimiento superior al 90% de ésteres. Para la experimentación se fijó la cantidad de aceite y alcohol, se mantuvo la temperatura entre 35 y 40° C, en 30 min de reacción y agitación fuerte, variando la cantidad de catalizador.

3.5.2. Cantidad óptima de alcohol (metanol).

Según Mejía B. H. y Zermeño R. F. 2006 experimentaron en condiciones constantes de temperatura (35-40°C), cantidad de aceite, 30 min de reacción, con agitación fuerte, con 1.3% de catalizador y variando la cantidad de alcohol. Resultando que entre el 13 y 16.5% de alcohol, la producción de ésteres es alta; menor al 13% es muy baja, por lo que la cantidad óptima de alcohol es superior

al 13% para asegurar la mayor conversión se puede adicionar hasta 20% y se recupera el exceso de alcohol

3.5.3. Tiempo de reacción.

Para encontrar el tiempo de reacción Mejía B. H. y Zermeño R. F. 2006, realizaron series de toma de muestras cada 5 minutos, luego de media hora cada 10 min. En una segunda serie se tomaron cada medio minuto los primeros 5 minutos, después cada minuto hasta cinco y posteriormente cada 5 hasta completar media hora. Como resultados: la reacción es rápida los primeros 5 minutos, después se hace lenta, la mayor cantidad de ésteres se forma a los 25 minutos, luego decae hasta un valor de equilibrio.

3.5.4. Cinética de la reacción.

Ávila, A., *et al.*, 2008, determinaron que el mecanismo de reacción, que corresponde al proceso de transesterificación consta de tres etapas reversibles, partiendo de triglicéridos y alcohol, hasta obtener ésteres y glicerina, formando diglicéridos y monoglicéridos como productos intermedios. Determinaron que la temperatura afecta a la dinámica de formación de mono y diglicéridos, concluyendo que a mayor temperatura se generan menores concentraciones finales de estos productos intermedios.

3.5.5. Aspectos a considerar con las materias primas en la producción de biodiesel.

Un exceso de catalizador provoca un decaimiento en la conversión y dificulta el lavado del biodiesel; el alcohol en exceso, asegura que la reacción sea

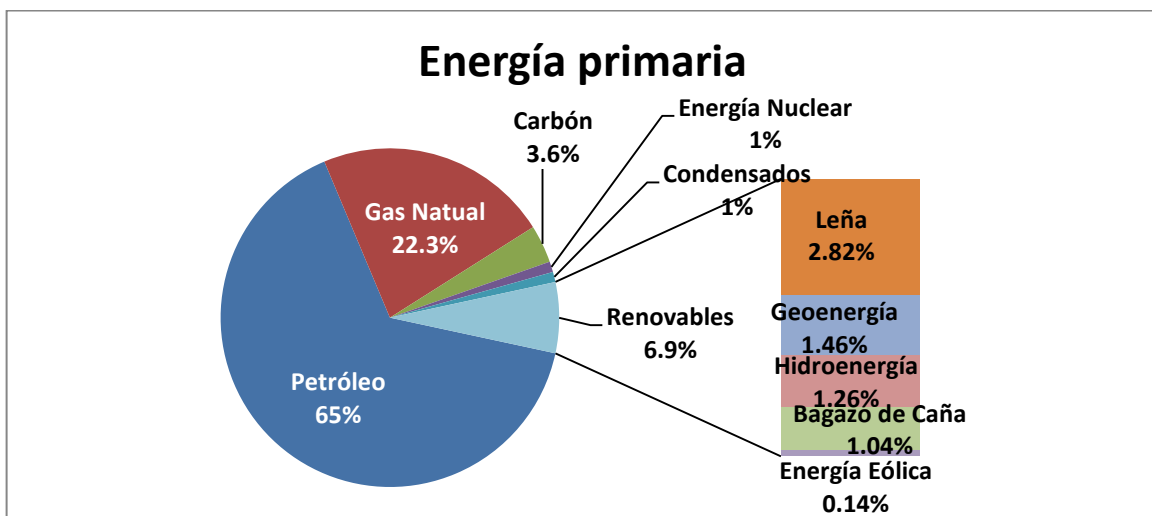
completa; parte de éste se evapora, pero la parte que no reacciona se va con la glicerina, que implica mayor gasto para su recuperación.

La separación del biodiesel y la glicerina es por decantación, y se realiza después de un tiempo de reposo, se separa antes de lavarlo (con agua ácida), si no se saponifica, lo que hace más difícil esta separación. Finalmente se eliminan los restos de agua al calentar el biodiesel para evaporarla, de modo que el producto final sea de un color translucido amarillo brillante (Chuang-Wei, C., *et al.*, 2005).

3.6. Perspectiva de México en el uso de energéticos.

El uso de los bioenergéticos tiene diversas ventajas técnicas, estratégicas y ambientales que ofrece como: reducción de gases de efecto invernadero, CO principalmente y de material particulado, así como el mantenimiento de un equilibrio neto en el balance de CO₂ atmosférico (Montoya, 2008), también ayuda a reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables (Encinar J.M., *et al.*, 2011); es una buena alternativa para sustituir parcial o totalmente al combustible diesel derivado del petróleo (Benavides, A., *et al.*, 2007), México exporta en gran medida energía primaria, fundamentalmente petróleo. No sucede lo mismo en energía secundaria ya que no se producen energéticos, por esto tenemos un saldo negativo en importaciones de gas licuado, gas natural, coque de petróleo, coque de carbón, pero fundamentalmente por gasolinas y naftas. (González, A. y Castañeda Y., 2008).

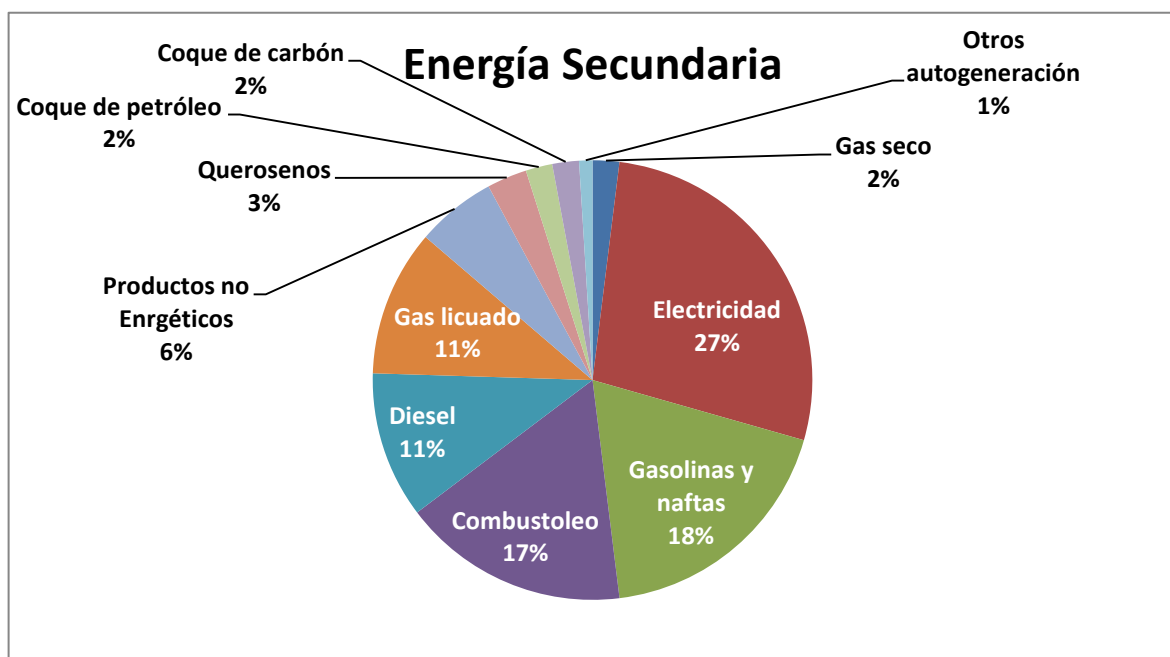
GRÁFICA 1. ENERGÍA PRIMARIA EN MÉXICO.



Fuente: Elaborado a partir del Sistema de Información Energética, 2014.

En la gráfica 1, se observa que las fuentes fósiles concentran 91.6% (petróleo 65%, gas natural 22.3%, carbón 3.6% y condensados 1%) y las fuentes renovables sólo 6.9% (geoenergía 1.46%, solar 0.07%, eólica 0.14%, hidroenergía hidroenergía 1.26%, biogás 0.02%, leña 2.82% y bagazo de caña 1.04%), (SENER., 2015).

GRÁFICA 2. ENERGÍA SECUNDARIA EN MÉXICO.



Fuente: Elaborado a partir del Sistema de Información Energética, 2014.

En la gráfica 2, se observa que el 96% de la energía secundaria es de fuente fósil, sólo 19% de la producción de electricidad (27%) proviene de fuentes renovables o no fósiles (SENER, 2015).

México pudiera entrar en crisis energética a corto plazo debido al agotamiento de sus reservas de petróleo (Montoya, J., 2010), por incursionar tardíamente en la producción de biocombustibles, actualmente programas del gobierno incentivan su producción utilizando productos agrícolas (Sacramento, J. C., *et al.*, 2010), esto puede tener graves impactos a la seguridad alimentaria y a la agricultura, por el uso intensivo de suelos, agua, pesticidas, entre otros, además no se cuenta con una política agrícola fuerte desde la perspectiva de apoyo económico y social a los productores (González, A y Castañeda, Y., 2008).

Es por ello que el desarrollo de la industria de biocombustibles en México tendrá que fomentar la seguridad energética al diversificar las fuentes de energía sin poner en riesgo la seguridad alimentaria del país y tomar en cuenta el desarrollo rural y el impacto ambiental (Montoya, J. 2010; Santacruz, E., *et al.*, 2012).

3.6.1. Principales productores de biodiesel en México.

En México la producción de biodiesel es casi nula, existen pocas empresas dedicadas a la producción, y los grandes proyectos han fracasado; el Grupo Energéticos en Monterrey, ha dejado totalmente de funcionar; en tanto que la planta productora de Chiapas actualmente solo está funcionando a un 10% de su capacidad, con aceite de *Jatropha curcas*; únicamente la planta MORECO de Lázaro Cárdenas, Michoacán, también con aceite de *Jatropha curcas*. A pesar del gran potencial que hay en México para hacer crecer la industria del biodiesel,

es un área que no ha sido explotada aún, en comparación con países que han fomentado la producción y uso de biocombustibles. Por la tasa de crecimiento poblacional del país, exige que cada año se incrementen en proporción semejante las cantidades de producción de energéticos, de manera que se puedan cubrir las demandas directas e indirectas.

3.6.2. Principales consumidores de biodiesel en México.

Pemex es el mayor comprador de biodiesel en México y lo utiliza para mezclarlo con el diesel de bajo azufre para mejorar su índice de lubricidad, según Biofuels de México, existen algunas empresas como ADO, que compran de forma constante el biocombustible, aunque este podría ser un mercado potencial en México.

3.6.3. Cadena productiva de diesel en México.

Petróleos Mexicanos (Pemex), es la empresa facultada para realizar la conducción central y la dirección de la industria petrolera como dicta la constitución política nacional, por tal motivo asume la responsabilidad de abastecer el mercado nacional de productos del petróleo, gas natural y materias primas para la industria petroquímica.

Pemex Refinación está constituida por seis Refinerías con una capacidad de destilación de crudo de 1,690 miles de barriles diarios; una red de ductos para la distribución; setenta y siete terminales de almacenamiento y reparto; y cinco subgerencias de ventas regionales. La comercialización de combustibles se lleva a cabo al 100% en las más de 11,000 estaciones del país que están incorporadas al sistema de la franquicia Pemex.

4. Método.

La presente investigación se llevó a cabo mediante una búsqueda sistemática de información bibliográfica utilizando como fuente primaria artículos científicos de la plataforma web <https://scholar.google.com> lo que nos permitió conocer la información disponible para tener conocimiento global de biodiesel, además elaborar un inventario de la infraestructura e instrumentos, insumos potenciales disponibles, y materiales en el área metropolitana de la república mexicana, para una planta productora de biodiesel.

La búsqueda consistió en alimentar la plataforma con palabras clave: biodiesel, producción de biodiesel, biodiesel a partir de aceite o grasa de pollo, eficiencia y rendimiento del biodiesel, biodiesel en motor combustión interna, biodiesel production, biodiesel production from animals fats, etc. Esta estrategia garantizó una cobertura global del tema, y permitió la recopilación de diversos artículos de investigación, revisiones bibliográficas y otro tipo de artículos publicados en revistas de corriente científica que trataron específicamente el tema del Biodiesel, a partir de la cual se elaboró una base del equipamiento e instrumental para la producción en México, en el área metropolitana.

Con la información anterior se desarrolló la propuesta del proceso químico para caracterizar la materia prima en biodiesel y tener una propuesta de producción; los instrumentos necesarios para conocer todo el equipo que se requiere para el establecimiento de la planta, se solicitaron cotizaciones del equipo de producción de biodiesel; instrumentos de laboratorio necesarios para llevar a cabo las reacciones del proceso y materiales necesarios para producir y

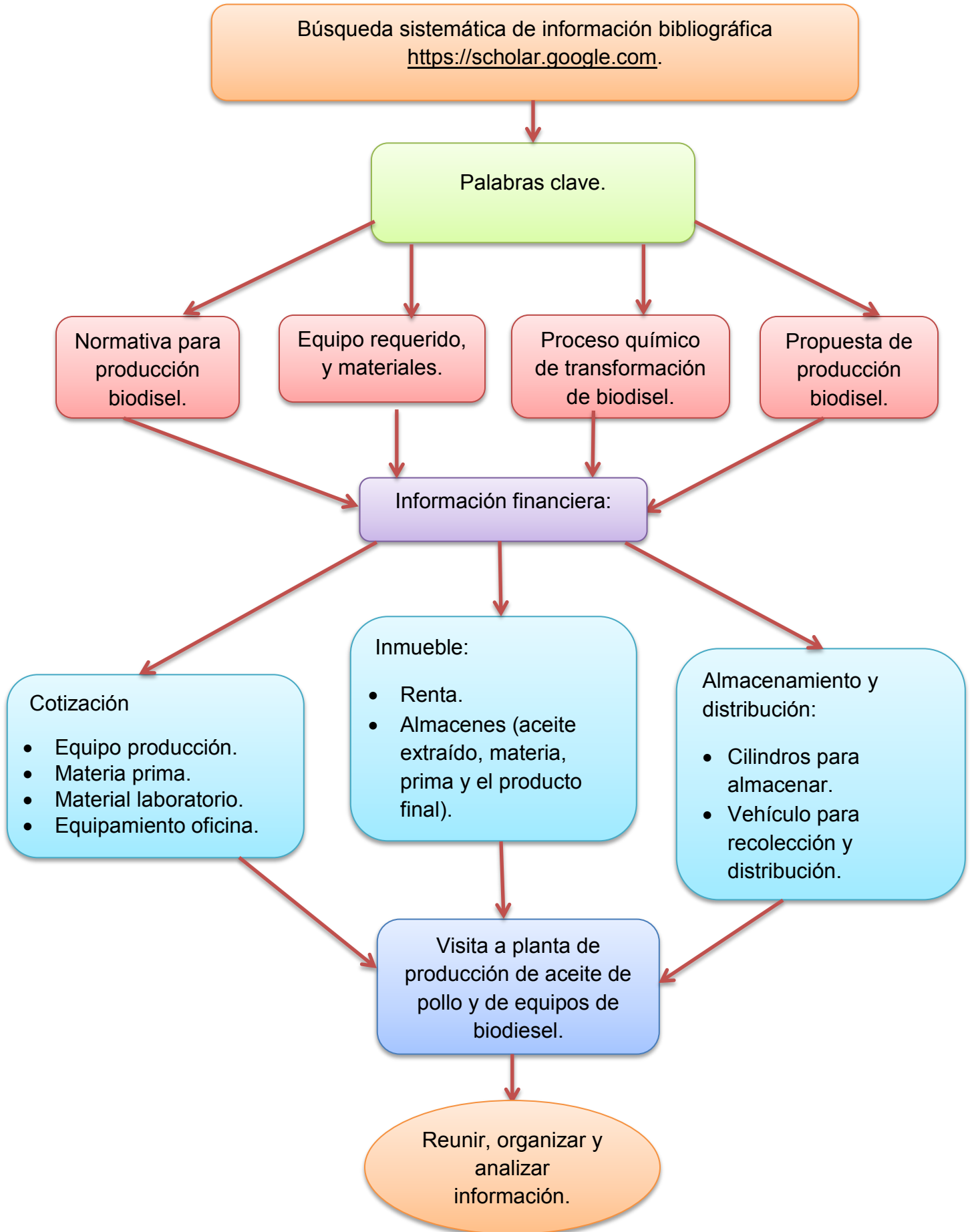
almacenar la materia prima y el producto final; también se investigó el precio en el mercado actual de un autotransporte para el traslado de los materiales; así como conocer el costo de compra/renta de una propiedad para establecer la planta productora de biodiesel.

Se visitó una planta privada productora de aceite de pollo, para conocer el rendimiento de los residuos de pollo y la cantidad de aceite producido por día con el fin de conocer el rendimiento de la materia prima (piel de pollo) así como el costo de producción del aceite. También se hizo una visita a una empresa de diseño y fabricación de plantas piloto y de proceso para la producción de biodiesel, para establecer el diagrama de flujo para la generación de biodiesel, así como tener claro el proceso de fabricación del equipo.

Se investigó bibliográficamente cuantos litros de agua contamina un litro de aceite de origen animal, para determinar el impacto ambiental que produce este tipo de residuos.

Para finalizar se conjuntó la información recolectada en el documento final de tesina, para su posterior exposición en el examen de titulación.

4.1. Diagrama de flujo del método.



5. Resultados y discusión.

5.1. Legislación de biodiesel en México.

5.1.1. Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB).

Esta ley entra en vigor en el año 2008, tiene como objetivo impulsar el desarrollo y crecimiento de la industria de los biocombustibles, contribuir al desarrollo rural (campesinos sean inversionistas, cultiven materia prima, producir bioenergéticos); diversificar las opciones energéticas (disminuir importación de combustibles fósiles); contribuir a la reducción de GEI (beneficios ambientales por menos emisiones contaminantes); y promover bioenergéticos, a partir de las actividades agropecuarias, forestales, procesos biotecnológicos y enzimáticos, sin poner en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria del país (LPDB, 2008). Además, se formularon programas destinados a impulsar el desarrollo de biocombustibles, etanol anhidro y biodiesel (SENER, 2014), aunque se han quedado inconclusos, ya que hasta el día de hoy no hay producción relevante de bioenergéticos en México, además han generado debate ya que hay quienes advierten que pueden ser un riesgo para la seguridad alimentaria y la biodiversidad.

5.1.2. Programa Sectorial de Energía 2013-2018.

El Programa Sectorial de Energía tiene como objetivo orientar las acciones a la solución de obstáculos que limiten el abasto de energía, que promuevan la construcción y modernización de la infraestructura del sector y la modernización organizacional tanto de la estructura y regulación de las actividades energéticas, como de las instituciones y empresas del Estado.

5.1.3. Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables 2014-2018.

Diversificar las fuentes de energía con fines de generación eléctrica, aprovechamiento térmico y para el sector transporte, dando prioridad al incremento en la participación de las tecnologías limpias.

Fomentar el desarrollo sustentable de los biocombustibles como una medida que permita disminuir el impacto ambiental por el uso de combustibles fósiles.

Asegurar la sustentabilidad, calidad, competitividad, rentabilidad, eficiencia y accesibilidad en toda la cadena de producción de insumos, así como en la cadena de producción y comercialización de los biocombustibles.

5.1.4. Estrategia Nacional de Energéticos 2013-2027.

Indica un conjunto de medidas amplias y flexibles que permitirán optimizar la trayectoria hacia una economía de bajo carbono, vinculando: la innovación, la adopción de tecnologías y la reducción de costos. La energía que proviene de recursos renovables, debe analizarse a la luz de sus beneficios, ya que algunas acciones de alto costo, pueden convertirse en una oportunidad para México de ser un receptor de financiamiento y un exportador de bienes y servicios con cada vez menor huella de carbono. Aprovechar el abundante potencial de los recursos renovables representa parte de la respuesta para una transición energética sólida y de bajo costo. Para disminuir las emisiones de carbono, se puede usar al gas natural como combustible de transición, en tanto avanza el desarrollo y madurez de las otras energías, incluyendo las renovables, la geotérmica y la nuclear (ENE, 2013-2027).

5.1.5. La Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

Describe las políticas, programas, proyectos y acciones del Gobierno Federal tendientes a incrementar el empleo de las energías renovables y las tecnologías limpias para la generación eléctrica, promover la eficiencia y sustentabilidad energéticas y reducir nuestra dependencia de los recursos fósiles como fuente primaria de energía.

5.1.6. Permisos Secretaria de Energía para biodiesel.

La Dirección General Adjunta de Bioenergéticos tiene como objetivo impulsar el desarrollo, la innovación, la transferencia tecnológica y la transición del uso de fuentes fósiles al aprovechamiento de fuentes renovables como el biodiesel.

Es competencia de la Dirección General Adjunta de Bioenergéticos, el otorgamiento de los siguientes permisos y avisos de excepción de estos permisos:

CUADRO 2. PERMISOS SENER PARA BIODIESEL.

Actividad.	Producción menor o igual a 500 litros diarios.	Producción mayor a 500 litros diarios.
Producción y almacenamiento	Aviso de excepción de permiso para la producción y el almacenamiento* de etanol anhidro y biodiesel.	Permiso de producción y almacenamiento de etanol anhidro y biodiesel.
Comercialización	N/A	Permiso de comercialización de etanol anhidro y biodiesel.
Transporte	N/A	Permiso de transporte de etanol anhidro y biodiesel.
Inicio de operaciones	N/A	Aviso de inicio de operaciones.

Fuente: Elaborado a partir de SENER, 2015.

5.1.7. Normativa mexicana para establecer la planta en el área metropolitana.

- Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFs_r/Ecolok.pdf

- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), artículo 9. Abarca la gestión tanto de residuos no peligrosos sólidos urbanos como la gestión de los residuos peligrosos y los residuos de manejo especial.

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_220515.pdf

- Ley de Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Federal, artículos: 23, 24, 25, 28, 32, 55 y 59. Establece la separación en fracciones orgánica e inorgánica.

http://www.metro.df.gob.mx/transparencia/imagenes/fr1/normaplicable/2014/4/lrsdf_15102014.pdf

- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Distrito Federal, artículos: 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23 y 24.

<http://www.spabc.gob.mx/views/files/tmp/REGLAMENTO-DE-LA-LEY-GENERAL-PARA-LA-PREVENCION-Y-GESTION-INTEGRAL-DE-LOS-RESIDUOS.pdf>

- Ley de Fomento de Procesos Productivos Eficientes del Distrito Federal. Aplicación de medidas para reducir daños en la salud de los seres humanos y proteger el medio ambiente.

<http://cgsservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/r213302.pdf>

- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

<http://www.profepa.gob.mx/>

- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

<http://www.semarnat.gob.mx/>

- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA).
<http://www.sma.df.gob.mx/>
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAEM).
<http://www.edomex.gob.mx/portal/page/portal/medioambiente>

5.2. Impacto ambiental por grasas y aceites.

Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites a los sistemas de drenaje, son los de uso doméstico, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética.

5.2.1. Plantas productoras.

Los procesos de producción en granjas e industriales generan gran cantidad de residuos y desechos que no se incorporan a la naturaleza en un ciclo natural. Estos deben eliminarse del ambiente y ser aprovechados correctamente, para aumentar la eficiencia y productividad.

Es considerable el impacto ambiental por desperdicios. Se requieren estrategias de manejo del reciclaje para la eliminación de los desperdicios y como se aprovechan, ya sea para la alimentación animal o la recuperación y producción de energía y fertilizantes, entre otros.

CUADRO 3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN/ IMPACTO AMBIENTAL.

Sistema de Producción	Aspecto Ambiental.	Impacto Ambiental.
Granjas	Disposición de la mortalidad.	Problemas de bioseguridad, aumento de olores, aumento fauna nociva que pueden transmitir enfermedades (insectos, roedores, aves, perros), contaminación del suelo y agua subterránea (degradación de cadáveres).
	Mal uso del agua	Disminución del recurso hídrico, generación de aguas residuales que pueden contaminar otras fuentes de agua, aumento de los costos de operación, aumento del consumo de energía.
	Mal manejo de la gallinaza.	Aumento de olores, propagación de enfermedades, problemas con los vecinos, aumento de insectos (moscas).
Plantas de Beneficio	Mal manejo de aguas residuales.	Contaminación del agua con sangre, sólidos orgánicos, aceites y grasas; aumento de costos en tratamiento de aguas; contaminación del suelo, aumento de los costos de operación, mal uso de descontaminantes (elevados niveles de aceites y grasas).
	Mala disposición de los residuos orgánicos	Riesgos por contaminación de alimentos; degradación del aire, agua y suelo; aumento de aves de rapiña, roedores y moscas.
Incubadoras	Mala disposición de los residuos sólidos y aguas residuales.	Aumento de problemas sanitarios, degradación del aire, agua y suelo, producción de olores, aumento de aves de rapiña, roedores y moscas, aumento de costos en tratamiento de aguas residuales y disposición de residuos.
	Malas prácticas de operación	Aumento de contaminantes sólidos orgánicos al finalizar el proceso; elevados costos de tratamiento y de operación, aumento del consumo de agua y energía; mayor volumen de aguas residuales.

Fuente: Tomado de Pérez, M, y Villegas, R., 2009.

5.2.2. Impacto ambiental por residuos domésticos.

Los residuos urbanos de aceites y grasas representan un factor importante de contaminación, especialmente al agua, una concentración de 10 partes por millón (ppm) es suficiente para causar una mancha de aceite en el agua, lo que significa que 1 litro de aceite contamina 100 000 litros de agua, o lo que es lo mismo, 1 m³ de aceite contamina 100 000 m³ de agua (Calanog. A., *et al.*, 1999)

incrementa hasta 25% los costos de producción en las estaciones depuradoras municipales.

Estos residuos grasos afectan de distintas formas el tratamiento de aguas residuales:

- Entorpecen los tratamientos físicos o químicos.
- Interfieren con el intercambio de gases del agua a la atmósfera.
- No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ del agua a la atmósfera.
- Disminuyen severamente la capacidad de transporte de las alcantarillas;

Estas situaciones han servido como base para establecer normas y reglamentos que controlan la descarga de los materiales grasos a los sistemas de alcantarillado o a las aguas receptoras, y han obligado a las instalaciones de equipo de tratamiento en muchas industrias para recuperar la grasa o el aceite antes de que se autorice el desagüe.

5.3. Información financiera.

5.3.1. Costos del equipo para producción.

Los equipos requeridos para la producción de biodiesel, corresponden a una planta tipo Batch o de producción por lotes, cuyo costo es muy inferior a una planta de producción continua, para un volumen de producción de 100 litros por lote, el costo del equipo fue cotizado en la empresa mexicana GENERATORIS S.A. de C.V, y tiene un costo de \$226,200.00. Por la experiencia profesional propia se puede disminuir el precio a aproximadamente 50% de este, siendo de diseño y fabricación propia (≈ \$120,000.00).

CUADRO 4. COSTOS DEL EQUIPO PARA PRODUCCIÓN DE BIODISEL.

Código.	Descripción.	Cantidad.	Capacidad	Material	Precio unitario.	Costo \$ (+ I.V.A).
T1	Tanque de aceite	1	1,000 L	Acero	\$5,500.00	\$5,500.00
				HDPE	\$5,000.00	\$5,000.00
T2	Tanque de metanol	1	250L	Acero	\$1,900.00	\$1,900.00
T3	Tanque de metóxido	1	200L	Acero Inox 304	\$9,250.00	\$9,250.00
T4	Reactor	1	600L	Acero Inox 304	\$22,600.00	\$22,600.00
T5	Decantador	1	500L	Acero	\$6,900.00	\$6,900.00
T6	Tanque de lavado/secado	1	500L	Acero	\$4,500.00	\$4,500.00
BM	Bomba metanol	1		Fierro	\$2,100.00	\$2,100.00
BM	Bomba manual aceite	1		Fierro	\$1,000.00	\$1,000.00
B1	Bomba de transferencia	1		Fierro	\$6,560.00	\$6,560.00
F1	Filtro	1		HDPE, celulosa	\$245.00	\$245.00
C1, C2	Panel eléctrico	2		Metal	\$3,600.00	\$7,200.00
V1	Válvulas	13		Acero Inox 304.	\$545.00	\$7,085.00
IE	Instalación eléctrica	1		Cobre	≈\$20,000.00	≈\$20,000.00
					Total	\$99,840.00 +IVA.

Fuente: Elaboración propia, 2015.

5.3.2. Costo del equipo para la extracción del aceite.

La estufa industrial que se fabricará, utilizará seis quemadores industriales para hacer bullir 500 kg de pollo en un tanque de 1,000 Lts fabricado en material de lámina de fierro, para extraer el aceite, que separará mediante filtros los contaminantes gruesos, y un tanque de decantación los finos, se necesita una instalación de gas adecuada (incluyendo un tanque estacionario) y los envases de almacenamiento de 200 Lts. El costo de la fabricación del tanque es de

aproximadamente ≈\$10,000.00, la estufa \$15,000.00 y el tanque de gas estacionario de 2,200 Lts ≈ 23,000.00, se desconocen los costos de la instalación.

5.3.3. Costos de la materia prima.

Con la visita a la planta productora de aceite de pollo, se estimó el precio de los subproductos del pollo para la extracción del aceite, el costo por Kg es de \$1.35, siendo éste el valor promedio de dichos productos (recolectado en los establecimientos) en la ciudad de México por parte de diferentes intermediarios y comercializadores de este residuo.

La extracción del aceite inicialmente se hará utilizando un quemador industrial para hacer bullir 500 kg de piel de pollo, en 500 Lts de agua, para extraer ≈335 Lts de aceite por lote; el consumo aproximado de gas LP en seis quemadores industriales es de 4.525L/hr, para extraer 1000 Lts de aceite al día se necesitarán 45.25 L/día; 905 Kg/Mes, ≈\$12,700.00 mensuales.

Para el metanol se tomó el precio actual del mercado (septiembre 2015), suministrado por la empresa Química Delta S.A. de C.V. que provee a nivel nacional este producto, teniendo un costo aproximado de \$20.00, que va a depender de la cantidad de litros que se adquieran y la frecuencia (mejora de precio).

El precio del Hidróxido de Sodio es de ≈\$100.00 Kg, distribuido por la empresa Alquimia Mexicana S de R.L., que se encuentra en la Ciudad de México y entrega en el domicilio.

CUADRO 5. COSTOS DE LA MATERIA PRIMA.

Costos de la Materia Prima por Kilo o Litro.			
Materia Prima	Precio (\$)	Kilos/Litros	Total día (\$)
Piel de pollo (Kilo)	1.35	1500	2,025.00
Metanol (Litro)	20.00	160	3,200.00
Hidróxido de sodio (Kilo)	100.00	2	200.00
Gas LP (Litro)	14.14	45.25	636.84

Fuente: Elaboración propia, 2015.

5.3.4. Costos de mano de obra para la producción.

En total para el arranque de la planta se requieren 3 personas para mano de obra operativa, por turnos 8 horas de producción; una persona para la operación del reactor; otra para la extracción del aceite y otra que recolecte y entregue. La planta funcionará de 8 a 10 horas diarias, el requerimiento de personal es de 3 operarios. Se considera un salario mensual promedio por operario de \$4,000.00 a 6,000.00 (tiempo extra), que es casi 3 veces mayor al salario mínimo en la Ciudad de México y será aumentado conforme se fortalezca la empresa.

El costo de mano de obra (CMO) unitario teniendo en cuenta los volúmenes mensuales de producción para el primer año es de \$48,000.00 mínimo y máximo \$72,000.00 por operador, que aumentará conforme al desempeño del trabajador.

CUADRO 6. SALARIO DE OPERADORES.

Promedio Anual de Salario de Operarios (\$).					
Salario	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Mínimo	48,000.00	48,000.00	52,000.00	56,000.00	60,000.00
Máximo	72,000.00	72,000.00	75,600.00	80,000.00	84,800.00

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Posteriormente se espera contar con otro tipo de personal especializado, un administrador y un contador y vendedor; y más mano de obra de operarios, ya sea para al ser ampliada la empresa o la producción. En primera instancia los trabajos de administración, contabilidad y ventas se harán por parte del emprendedor. No se toma en cuenta en la tabla anterior el costo del personal de mantenimiento, que igualmente en principio será llevado a cabo por los trabajadores.

5.3.5. Acondicionamiento de instalaciones.

Esta parte de la empresa está por definir, se necesita tener en cuenta como se encuentran las instalaciones que se rentarían, se plantean dos opciones, ambas con pros y contras, y se espera investigar más para definir cuál es la mejor opción y conocer las características del inmueble.

La primera puede ser un lote sin construcción en las afueras de la ciudad, lo que tendría como ventaja que el acondicionamiento sería hecho de acuerdo a las necesidades del proyecto, conforme crezca también se pueden ir ampliando las instalaciones, el costo de la renta sería menor, se evita el tránsito de vehículos y el costo del inmueble también es menor es caso de tratar de adquirirlo posteriormente. Las desventajas son que se necesitaría encontrar un lugar donde se pueda obtener el uso de suelo para el propósito, por estar a las afueras el movimiento de los productos y materia prima, tendría un costo mayor.

La segunda es una bodega en una zona industrial, ya sea en el D. F. o bien en el Estado de México, las ventajas es que se tendrían todos los servicios, se contaría con el uso de suelo adecuado y su ubicación permitiría que la logística

fuera mejor. La desventaja es que el costo de renta es elevado (<\$25,000.00 al mes), se tendría que acondicionar sobre lo que ya está establecido, y se hace más difícil adquirirla como propiedad por su costo.

Se tiene contemplado un gasto de \$100,000.00 como máximo para el acondicionamiento de las instalaciones.

5.3.6. Almacenamiento de los productos.

Para el almacenamiento de las sustancias y los productos se requieren de depósitos específicos para cada materia.

El metanol necesitará de un tanque de 250 Lts en material de acero al carbón, con especificaciones establecidas, en primera instancia se necesitará únicamente uno con estas medidas. El almacén será exterior con techo flotante y deflectores internos, recubierto con pintura anti llamas. Los recipientes de almacenamiento contarán con indicador de nivel, etiquetados sistemáticamente y con sentido de flujo; se les habilitará un arrestador de flama y válvulas de presión-vacío; estarán conectados a tierra para evitar descargas de electricidad estática.

El aceite extraído se almacenará en 3 tanques con capacidad de 1,000 Lts, el material puede ser lámina de fierro o de polietileno de alta densidad (HDPE), se necesitarán 3 tanques para almacenar hasta 3, 000 Lts de aceite purificado.

El almacenamiento del producto final (biodiesel) se hará en tanques de plástico de 1,000 Lts, con doble recubrimiento que se pueden apilar, cuentan con una llave de paso además se pueden manipular fácilmente mediante un gato

hidráulico o montacargas, ya que en una primera etapa se transportará el biodiesel en ellos para entregarse.

Los tanques de plástico para la glicerina están sellados para que no se contamine, tienen capacidad de 200 Lts, lo que los hace fácil de manipular y transportar, además de apilarse si se desea.

CUADRO 7. ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS.

Depósito.	Capacidad L.	Cantidad	Costo (\$).
Tanque de metanol.	250	1	1,900.00
Tanque para aceite HDPE.	1,000	3	5,000.00
Tanque para aceite de fierro.	1,000	3	5,500.00
Depósito de plástico para Biodiesel.	1,000	10	1,500.00
Tanque de plástico para Glicerina	200	15	350.00
		Total.	54,650.00

Fuente: Elaboración propia, 2015.

5.3.7. Vehículos para recolección y transportación.

En primera instancia se puede utilizar un mismo vehículo, tanto para la recolección, como para el transporte y distribución del biodiesel; los permisos de transporte de la SENER, no exigen ninguna especificación de materiales o tipos de transporte, únicamente que se encuentren bien etiquetados y se especifique el tipo de material y calibre en que se transportan. En la proyección a futuro se espera contar con un medio de transporte especializado (pipa), y la recolección de la materia prima (residuos pollo) se puede seguir haciendo en camionetas

pequeñas en depósitos de 200 Lts ya sean plásticos o de fierro, para ser fácilmente manipulados.

La cotización de un vehículo marca Toyota Hilux modelo 2016, motor a diesel, es de \$272,800.00 a precio de contado. Aunque para no descapitalizarse y disminuir el costo de la inversión inicial, se puede contratar un autofinanciamiento, que permitiría poder pagarlo en forma diferida.

5.3.8. Costos de venta de biodiesel y glicerina.

Los productos que se comercializarán son: biodiesel de aceite de pollo y glicerina pura de grado comercial. El precio del litro de biodiesel en México es aproximadamente \$15.00 a \$17.00 para el mes de septiembre del 2015; en cuanto al kilo de glicerina grado comercial su precio de venta es de ≈\$13.00/Kilo, a la industria de los alimentos.

CUADRO 8. COSTO DE VENTA DE BODIESEL Y GLICERINA.

Precio Por Producto (\$)		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
BODIESEL	\$ / Litro.	13.30	13.30	13.50	13.50	13.60
GLICERINA	\$ / Kilo.	13.00	13.00	13.40	13.50	13.70

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Por lo que se plantea un precio de venta del biodiesel para el primer año de \$13.30 el litro y de \$13.00 para la el Kilogramo de glicerina; con lo que genera un ganancia del **54.44%** en la venta del biodiesel. Este precio se espera mejorarlo conforme se vaya desarrollando la producción y la eficacia del proceso; al contrario la glicerina, que se espera mejorar la calidad y pureza para

que pueda ser vendida a una industria más especializada (farmacéutica, alimenticia).

Teniendo en cuenta los costos aproximados de la materia prima para la producción del biodiesel, se estiman los precios de producción en:

CUADRO 9. COSTO DE PRODUCCIÓN BIODIESEL POR LITRO.

1000 L de biodiesel	≈\$6,061.83
Litro de Biodiesel	≈\$6.06

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Únicamente se toma en cuenta la materia prima para la producción, no así los materiales necesarios para la purificación tanto del biodiesel como de la glicerina ni la energía eléctrica, que por falta de tiempo no se ahonda en ello, pero se estima que no aumenta mucho el costo de producción ya que son materiales y sustancias que se ocupan en menor escala que las principales materias primas. Tampoco se toma en cuenta el envío y transportación del biodiesel, así como venta de la glicerina, que servirá para amortiguar ciertos insumos.

5.3.9. Rentabilidad financiera de la materia prima.

El rendimiento en la extracción de la grasa de desecho del pollo es de 60 a 70% (Tovar, C., *et al.*, 2013), por lo que se plantean como una alternativa económicamente rentable y viable desde el punto de vista técnico, aliviando así la contaminación generada por dicha industria. Al subproducto del pollo, se le considera peligroso para la salud humana, que lo hace de bajo costo en el mercado, en comparación con los aceites vegetales o aceites usados, por esto se ha sido considerado como una materia prima potencial y llamativa para la

industria del biodiesel. Para que la producción de biodiesel sea rentable; debe tener bajo costo de producción y que se pueda producir a gran escala (Galeano, C y Guapacha, E. 2011), por lo que la planta productora de biodiesel puede ser muy rentable en la ciudad de México.

5.3.10. Inversión inicial y flujo de capital.

CUADRO 10. FLUJO DE CAPITAL.

ESTADO de resultados.	Año 1 \$	Año 2 \$	Año 3 \$	Año 4 \$	Año 5 \$
Venta de biodiesel	3,192,000.00	3,192,000.00	3,240,000.00	3,240,000.00	3,264,000.00
Venta de glicerina	312,000.00	312,000.00	321,600.00	324,000.00	328,800.00
Materia Prima	1,454,084.16	1,599,495.76	1,759,445.02	1,935,389.52	2,128,928.47
Mano de Obra min.	144,000.00	144,000.00	156,000.00	168,000.00	180,000.00
Mano de Obra max.	216,000.00	216,000.00	226,000.00	240,000.00	254,000.00
Equipo extracción.	55,000.00	0	0	70,000.00	0
Equipo producción.	120,000.00	0	0	150,000.00	0
Acondicionamiento	100,000.00	0	100,000.00	0	0
Gastos de administración.	0	0	120,000.00	130,000.00	139,200.00
Gastos de contabilidad.	0	0	120,000.00	130,000.00	139,200.00
Vehículo	272,800.00	0	230,000.00	0	0
Almacenamiento	40,000.00	0	0	0	20,000.00
Amortización gastos	200,000.00	200,000.00	200,000.00	200,000.00	200,000.00
Intereses ingresos	510,720.00	510,720.00	518.400.00	518.400.00	522,240.00
Intereses egresos	358,701.46	296,239.32	414,631.20	419.102.32	429,492.55
Otros gastos.	60,000.00	0	0	0	60,000.00
Impuestos -16%	152,018.54	197,200.68	103,768.80	99,297.68	92,747.45
Ingresos Finales.	3,504,000.00	3,504,000.00	3,561,600.00	3,564,000.00	3,592,800.00
Egresos Finales.	2,002,136.16	1,851,495.76	2,490,445.00	2,703,389.52	2,714,328.47
Total (\$).	1,349,846.30	1,454,303.56	967,436.20	761,312.80	785,724.08

Fuente: Elaboración propia, 2015.

CUADRO 11. INVERSIÓN INICIAL.

	Equipo extracción	Equipo producción	Materia Prima (1 Mes).	Mano de Obra min. (1 Meses)	Vehículo	Acondicionamiento	Otros
Inversión inicial (\$).	55,000.00	120,000.00	121,236.8	15,000.00	272,800.00	100,000.00	240,963.20
Inversión inicial total: \$925,000.00.							

Fuente: Elaboración propia, 2015

Estos cálculos se hicieron sin tomar en cuenta el costo de renta del inmueble, ya que es una parte por definir del proyecto.

5.3.11. Análisis de rentabilidad (VAN, TIR, B/C).

CUADRO 12. Análisis de Rentabilidad.

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE EFECTIVO	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS
0	-	925,000.00	-925,000.00	-	-925,000.00
1	3,504,000.00	2,002,136.16	1,349,846.30	3,153,600.00	1,801,923.00
2	3,504,000.00	1,851,495.76	1,454,303.56	3,153,600.00	1,666,346.00
3	3,561,600.00	2,490,445.00	967,436.20	3,205,440.00	2,241,401.00
4	3,564,000.00	2,703,389.52	761,312.80	3,207,600.00	2,433,051.00
5	3,592,800.00	2,714,328.47	785,724.08	3,233,520.00	2,442,896.00
Total	17,726,400.00	11,761,794.91	5,039,605.09	15,953,760.00	10,585,615.00

Fuente: Elaboración propia 2015.

Los beneficios financieros que genera el proyecto en un periodo de cinco años es un Valor Actual Neto (VAN) de \$5,039,615.09; el Costo/Beneficio es de 5.44. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 157.04%. Recuperando la inversión en un periodo menor a 1 año. Estos datos nos indican que el proyecto es muy rentable para el periodo de tiempo proyectado.

CUADRO 13. VAN, TIR y C/B obtenidos.

VAN	TIR	C/B
5,039,615.09	157.04%	5.44

Fuente: Elaboración propia 2015.

5.4. Diseño de la planta.

Para comenzar con la producción de biodiesel a partir de deshecho de la industria alimentaria de pollo, se necesitará fabricar una estufa industrial y un tanque con capacidad de 1000 litros de agua, en la cual se extraerá el aceite de pollo a partir de la piel por ebullición; los almacenes de materia prima, el aceite extraído, y el producto final (biodiesel) cada uno cumpliendo las especificaciones para cada producto; se requiere instalar una planta tipo Batch (producción por lotes), con capacidad aproximada de 600 litros de biodiesel por lote, para entrar con una producción significativa y que dicha producción sea rentable en el área metropolitana de México.

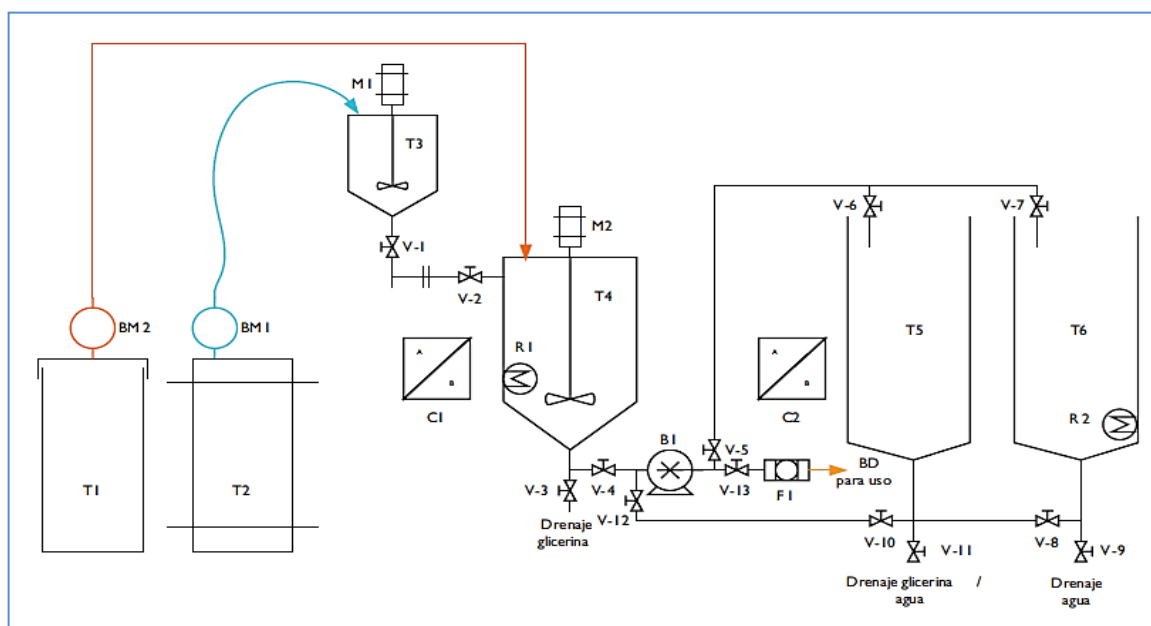
5.4.1. Diseño de equipo para la producción de biodiesel.

El sistema Batch cuenta con dos tanques que son los tanques del primer paso: el tanque de almacenamiento de aceite (T1) puede ser de metal o de HDPE, y el tanque de metanol (T2) el cual debe estar en un lugar fresco y seco, bajo sombra, y alejado de cualquier chispa.

En el segundo paso están los tanques T3 que es el tanque donde se prepara el metóxido (Metanol + hidróxido de sodio), que tiene un motor superior de agitación (M1); y el T4 es el reactor de transesterificación, igual con motor de agitación superior (M2) y una resistencia (R1). Estos aditamentos se controlan por un panel eléctrico, que tiene además un termostato para establecer la temperatura máxima; interruptores de encendido y apagado para los motores del tanque de metóxido (M1); y el del reactor (M2) y la resistencia de éste (R1); éste panel tiene un display eléctrico para marcar la temperatura del reactor y luz que indica que está en funcionamiento.

Para la purificación del biodiesel se pueden utilizar dos tanques T5 y T6 de manera opcional con diferentes materiales, el biodiesel producido se trasvasa hacia ellos por la bomba B1. El primer tanque T5 puede ser utilizado como decantador, y el segundo tanque (T6) puede ser utilizado como lavador y secador. También los dos pueden usarse para cumplir las tres funciones. Es necesario preparar un panel eléctrico, que podría ser similar al utilizado en el módulo del reactor, para controlar la temperatura, las resistencias y la bomba.

FIGURA 3. DISEÑO DE EQUIPO PARA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.



Fuente: Tomado de Acosta, F., et al., 2008.

5.4.2. Diseño de las instalaciones.

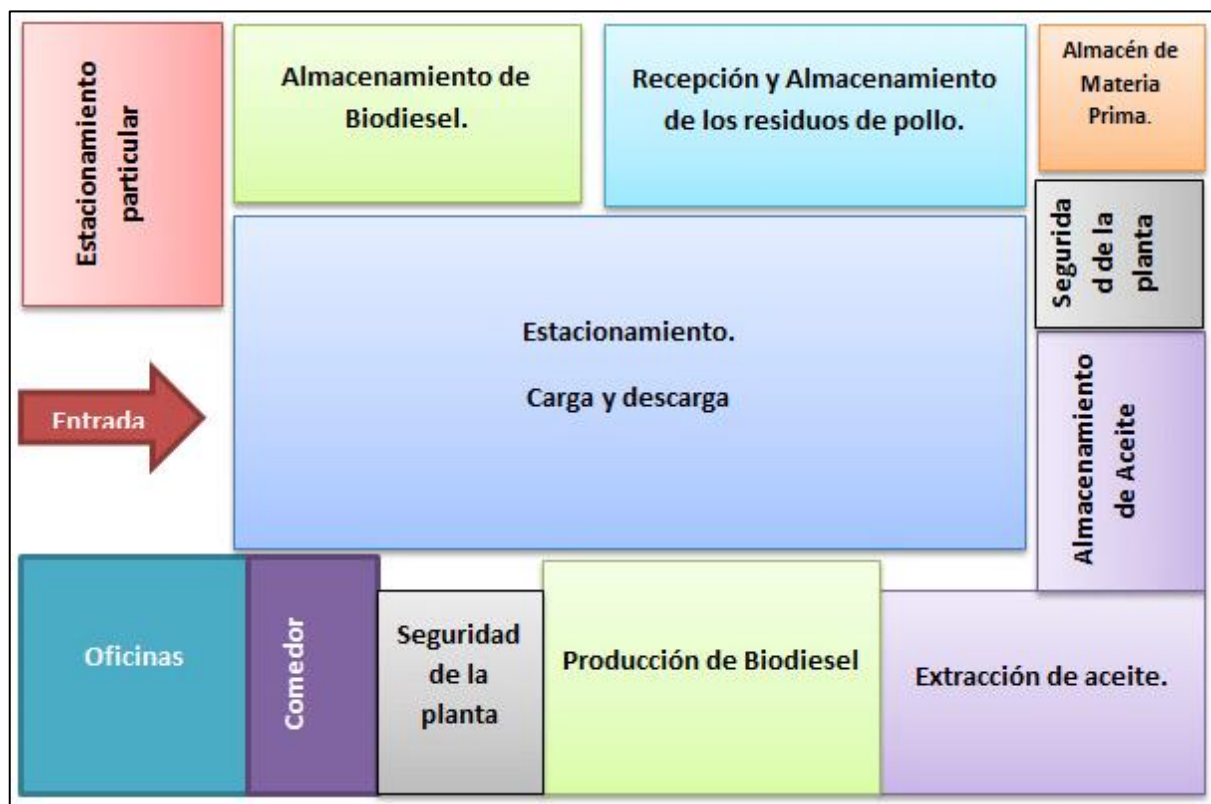
El diseño de la infraestructura para las instalaciones está definido, lo que no está aún precisado es el lugar donde se llevó a cabo, se necesita tener en cuenta como se encuentran las instalaciones que se rentarían para saber cómo se adecúa cada construcción.

CUADRO 13. SUPERFICIE REQUERIDA.

Superficie requerida por infraestructura proyectada.	
Infraestructura proyectada	Superficie (m ²)
Oficinas.	24
Área de Producción de biodiesel.	40
Área de extracción de aceite	16
Almacén de aceite	24
Almacén de biodiesel.	60
Almacén de materia prima.	18
Almacén de recepción de mat. prima	48
Comedor.	12
Área de maniobras, carga y descarga.	214
Seguridad (X2).	14
Estacionamiento particular	30
Total.	500

Fuente: Elaboración propia, 2015.

FIGURA 4. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

La superficie ideal total, sería de 500 m² no obstante se puede prescindir de la superficie, aunque puede haber problema con los permisos de la SENER, ya que pide ciertas especificaciones para las áreas de maniobra de la planta. Lo

esencial es hacer uso de las instalaciones aprovechando al máximo los espacios.

5.4.3. Capacidad Máxima de Producción Biodiesel.

Para entrar en el mercado con una producción considerable, se establece que la planta tenga una producción inicial de 500 litros diarios de biodiesel (al menos los primeros 6 meses), de acuerdo a como se vaya obteniendo la materia prima (residuos de pollo), igualmente conforme se vaya vendiendo los productos finales, se irá aumentando la producción de forma exponencial, esperando sea aumentada en el segundo semestre del primer año, hasta alcanzar 1000 litros diarios de producción. La capacidad máxima de producción diaria es de 3000 Lts diarios, pero en un caso hipotético ya que no se conocen los distribuidores de la materia prima, por lo que se iniciará con esa capacidad de producción.

CUADRO 12. PRODUCCIÓN MÁXIMA DIARIA PROYECTADA.

Capacidad de Producción Máxima						
Capacidad de Producción Máxima.	Año 1		Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	(1er Sem).	(2do Sem)				
Litros/día Biodiesel.	500	1,000	1,000	1,500	1,500	2,000
Total Capacidad de Producción Litros/Mes.	50,000	100,000	100,000	150,000	150,000	200,000

Fuente: Elaboración propia, 2015.

5.4.4. Seguridad de la planta.

Un punto importante de tomar en cuenta es el manejo de los ácidos (HCl y H₂SO₄), del hidróxido de sodio al combinarse con el metanol, estas sustancias

se consideran corrosivas según la norma NOM-005-STPS-1998, la cual también refiere su manejo que a continuación se resume.

Los dispositivos con los que se contará para el control de eventos extraordinarios consisten principalmente en equipo portátil y fijo contra incendio, estaciones de regaderas y lavajos, equipo de radiocomunicación, botiquines de primeros auxilios, trajes de bombero con equipo de respiración autónoma, que podrán ser usados en caso de una emergencia.

Para el metanol; el almacén será exterior con techo flotante y deflectores internos, recubierto con pintura anti llamas. Los recipientes de almacenamiento contarán con indicador de nivel, etiquetados sistemáticamente y con sentido de flujo; se les habilitará un arrestador de flama y válvulas de presión-vacío; estarán conectados a tierra para evitar descargas de electricidad estática.

Adicionalmente se instalará un sistema de paro por emergencia en la planta, sistema pararrayos y circuito cerrado de televisión.

5.4.5. Ropa y equipamiento de seguridad.

1. Guantes.

- Emplear guantes de jebe o de nitrilo todo el tiempo que se trabaje con metanol y con KOH o NaOH.
- Enjuagar los guantes de jebe inmediatamente con abundante agua luego de manipular el KOH o NaOH, porque estas sustancias atacan el caucho.
- Emplear guantes de cuero cuando se trabaje con superficies calientes.

2. Máscara:

- Usar máscara con respirador para gases orgánicos y para partículas.
- Utilizarla obligatoriamente cuando se trabaje con metanol y con KOH o NaOH.

3. Lentes protectores:

- Usar lentes de protección cuando se trabaje con metanol y con KOH o NaOH.

4. Mandil.

- Uso obligatorio todo el tiempo.

5. Botas

- Botas de jebe.

6. Extintores.

- Se debe contar con extintores de espuma o de polvo seco en todo lugar donde se almacene y/o manipule metanol, aceite y biodiesel, o mezclas de ellos.
- Ubicarlos en lugares de fácil acceso y adecuadamente marcados.

7. Saco de arena.

- Como medida extra para casos de incendio, contar con un saco o barril lleno de arena en un lugar visible y adecuadamente marcado.

8. Ducha de emergencia.

- Contar con ducha de emergencia para casos de derrame o salpicadura con metanol o con soluciones concentradas de KOH, NaOH o ácidos.
- Asimismo, contar con dispositivo de lavado de ojos para los mismos casos.

5.4.6. Residuos peligrosos.

Para dar cumplimiento a los requerimientos de la normatividad en materia de manejo de residuos, se cuenta con la siguiente infraestructura, misma que fue autorizada en materia ambiental para la realización de actividades de competencia estatal.

Manejo de residuos.

- Área de almacenamiento temporal de residuos.

- Contenedores rotulados y con tapa metálica para la colocación y separación de residuos.
- Almacén temporal para la colocación de residuos peligrosos.
- Supervisión para el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable durante el manejo y disposición adecuada de los residuos generados.

Transporte.

- Contratación de empresas autorizadas y acreditadas en la recolección, transporte y disposición final de residuos no peligrosos en relleno sanitario en el área metropolitana.
- Vehículos propiedad de empresas autorizadas para la recolección, transporte y confinamiento de residuos peligrosos.

5.5. Procesos de producción, purificación y almacenamiento de biodiesel y glicerina.

5.5.1. Extracción de aceite.

Para la extracción del aceite se pondrán a bullir 500 kg de piel de pollo, en 500 Lts de agua, por alrededor de 2-3 horas, dejando reposar por al menos 1 hora, para que se separen las fases, la de agua de la de aceite, por medio de una bomba de aceite se transvasará a botes de almacenamiento.

5.5.2. Pretratamiento y almacenamiento del aceite.

La purificación es el primer paso del pretratamiento del aceite extraído, además de llevar el registro de la cantidad y calidad del aceite extraído en cada lote. El primer paso para la purificación de aceite es filtrarlo manualmente, ya que puede tener restos sólidos, tantos gruesos (filtrables) como finos (separables por decantación); verificar si contiene agua y determinar su acidez, para saber cuánto catalizador se deberá utilizar en la transesterificación. El aceite extraído

será almacenado en cilindros de plástico o metal de 200 litros (de fácil manipulación) tapados para evitar impurezas (Chaverra, D. y Mendoza, J. 2011).

5.5.3. Proceso de producción de biodiesel.

Primeramente se realiza una mezcla de metanol con hidróxido de sodio (metóxido) en el reactor 3 (T3), luego se alimenta el reactor de transesterificación (T4) con el aceite purificado y el metóxido, esta reacción de transesterificación se lleva a cabo a una temperatura por debajo del punto de ebullición del metanol de 50-60 °C, con agitación constante, pasadas 2-3 horas y observando que la fase del biodiesel se separó de la glicerina. Logrando conversiones de aceite en metilésteres cercanas al 80%.

Se separan las fases mediante decantación, con una bomba eléctrica (B1) se da salida del reactor a la mezcla de biodiesel (mezcla de ésteres), glicerina, metanol y los glicéridos que no se convirtieron. El catalizador también se encuentra disuelto en la mezcla.

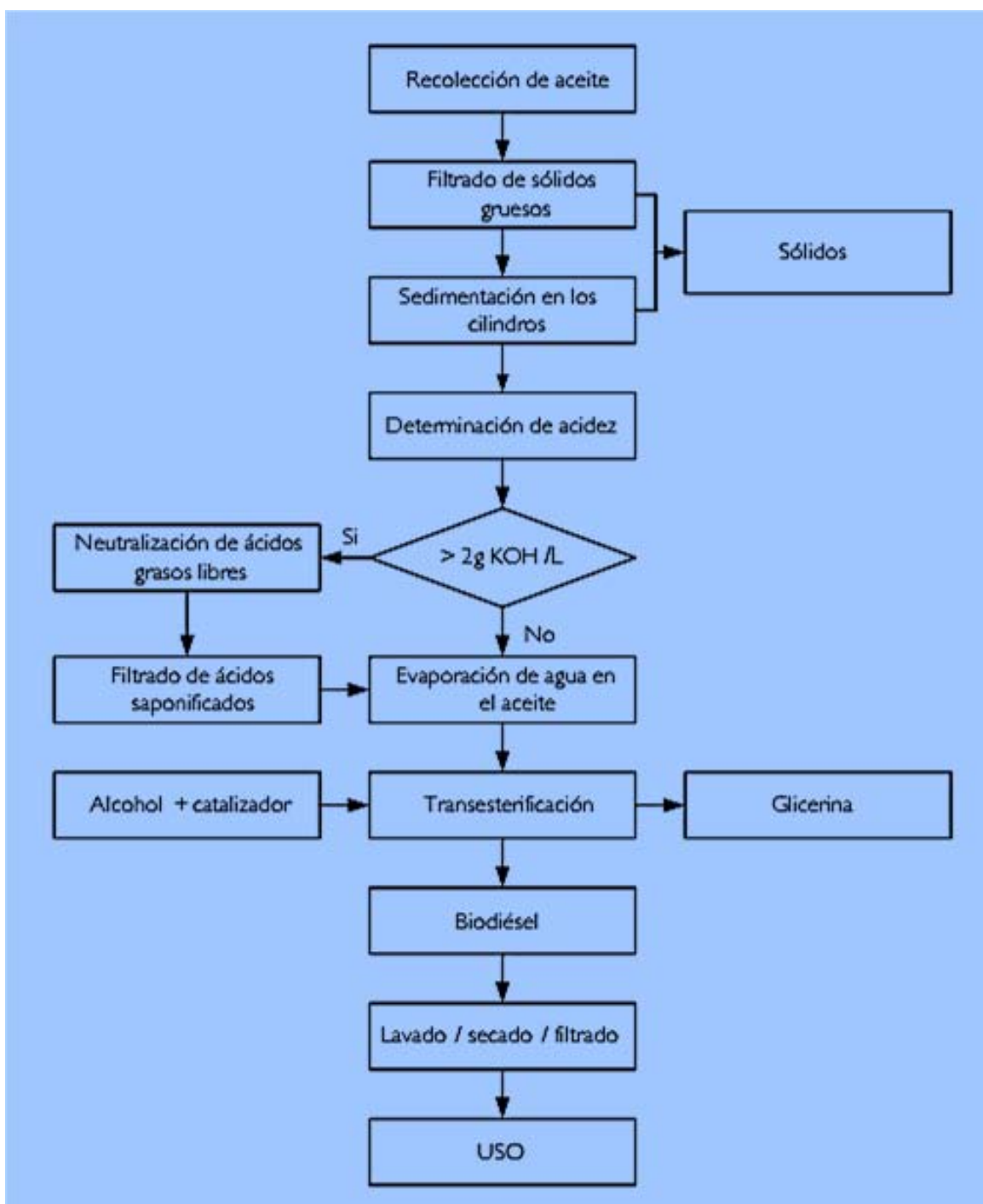
Con la columna de destilación (T5) se lleva a cabo la recuperación del exceso de metanol. El producto de T5, contiene biodiesel, glicerol, triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos y catalizador se envía a una columna de extracción (T6), en el cual por medio de un lavado con agua se separa una fase rica en FAME de otra corriente rica en glicerina

La fase rica en ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) se envía a la columna de destilación. Con la cual se recupera biodiesel con una pureza cercana al 98%. El residuo de esta columna es una mezcla de triglicéridos, diglicéridos y monoglicéridos (aceite).

La fase rica en glicerol se envía a la columna de destilación, con la cual se separa el glicerol del agua. El agua recuperada puede neutralizarse y utilizarse nuevamente como agua de lavado en el extractor.

5.5.4. Diagrama de producción de biodiesel.

FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO PARA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.



Fuente: Tomado de Acosta, F., et al., 2008.

5.5.5. Purificación del biodiesel.

Después de separar las fases, cada una debe lavarse para alcanzar la mayor concentración de metil-ésteres. El metanol se recupera por calentamiento de la fase éster. Los excesos de glicerina y catalizador se eliminan por lavados con agua acidulada o agua pura hasta la neutralidad. Los ácidos grasos libres se recuperan de la fase éster por destilación, aprovechando el hecho de que los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) destilan a 30-50°C menos que los ácidos grasos libres (AGL). Otra alternativa es hacer pasar los metilésteres a través de materiales adsorbentes como la sílica gel o silicatos de magnesio sintetizados.

5.5.6. Purificación de la glicerina.

Inicialmente se acidifica la glicerina con ácido clorhídrico 1N (35.5-38%) para separar jabones y neutralizar el NaOH presente, además para separar por decantación los ácidos grasos. A continuación, la glicerina es filtrada para eliminar impurezas y luego neutralizada con NaOH 1N. Finalmente, se someten a calentamiento, para concentrar la solución de glicerina. La sal es cristalizada por el cambio de solubilidades y removida por filtración (Ferrero, A., *et al.*, 2010).

FIGURA 6. PURIFICACIÓN DE GLICERINA.



Fuente: Tomado de Ferrero, A., *et al.*, 2010.

Éste proceso garantiza un incremento al doble del contenido de glicerina y bajas concentraciones de sales, metanol, materia orgánica no glicerina (MONG) y agua. El producto así obtenido es factible de venderse a distintas ramas industriales (productos cosméticos, artículos de tocador o cuidado personal, industria farmacéutica, productos alimenticios, elaboración de tintas o plásticos, etc. (Posada, J. y Cardona, C. 2010). El producto será empacado en tambos de plástico herméticamente cerradas de capacidad de 200 litros, almacenadas en ambientes secos, evitando temperaturas elevadas.

5.5.7. Almacenamiento de productos.

- Biodiesel

En una primera etapa, el biodiesel se almacenará en tanques de plástico de 200 Lts, herméticamente sellados y etiquetados. Luego se fabricará un tanque especial de almacenamiento de acero inoxidable, con llave para descargar.

- Glicerina

Igualmente que el caso anterior se usarán tanques de almacenamiento de plástico, para posteriormente fabricar uno de acero inoxidable para su mejor conservación.

6. Conclusiones.

- **Retos de la producción de biodiesel.**

Los procesos de la cadena de producción del biodiesel son numerosos, lo que se eleva su costo de producción. La solución es conseguir la materia prima a un precio competitivo, optimizarla y realizar el mayor número de procesos en la misma instalación, así disminuir los costos de producción.

- **Rendimiento de la materia prima.**

El rendimiento en el proceso de extracción de la grasa de material de desecho del pollo es aproximado al 70,5%, con lo que se plantean viable para la obtención de biodiesel en México, además es sostenible desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, permitiendo la valorización de los residuos orgánicos producidos por la industria pecuaria.

- **Ventaja en uso.**

Tiene diversos usos, los sectores transporte e industrial son los que más consumen energía fósil, por lo que el consumo energético debe comenzar por ellos para tener impactos relevantes; con su implementación como estrategia empresarial, disminuye los costos, económicos y ambientales, además la responsabilidad social al contribuir a la protección y conservación del medio ambiente.

- **En México.**

México depende más de la energía fósil que el resto del mundo: 92 contra 81.7% de energía primaria, y sigue siendo dominante la producción de petróleo y gas natural. El consumo final de energía, está dominado por gasolinas, naftas y

diesel (50% líquidos derivados del petróleo) razón por la cual la sustitución parcial del diésel por el biodiesel es una alternativa para diversificar la canasta energética sin abandonar los criterios de abastecimiento energético, mejoramiento de la calidad del combustible, sostenibilidad ambiental, generación de empleo agrícola y desarrollo agroindustrial. La producción de energía primaria con renovables es marginal, sólo 7%, la fuente de esta energía más importante es la biomasa.

- **Contaminación.**

Los aceites y grasas urbanas e industriales que se arrojan al alcantarillado significan un grado muy alto de contaminación ambiental, especialmente al agua, teniendo en cuenta que por cada litro de aceite se pueden contaminar 100,000 de litros de agua, que en proporciones mayores se puede traducir en que 1 m³ de aceite puede contaminar 100,000 m³ de agua, además de los problemas que puede ocasionar a las tuberías, contaminación del suelo y agua subterránea, llegando a incrementar hasta un 25% los costos de producción en las estaciones depuradoras municipales.

- **Viabilidad financiera.**

Los beneficios financieros que genera el proyecto para el periodo proyectado de cinco años, nos arroja que el Costo/Beneficio es de 5.44, el Valor Anual Neto de calculado con una tasa de interés del 10% es de \$5,039,615.09. Así mismo, la rentabilidad del proyecto para el periodo proyectado expresada por medio de la TIR es de 157.04%. De igual manera la inversión se recupera en un periodo de aproximadamente menor a 1 año.

- **El precio.**

Una de las principales fortalezas de la empresa frente a la competencia es el bajo costo de producción del Biodiesel, ya que el aceite que se obtiene es de producción propia a partir de un residuo de bajo precio; el biodiesel de primera generación elaborado de aceites vegetales, tiene un elevado costo de producción, ya que significa del 60 al 75% de los costos de producción (Fangrui, M. y Milford, H. 1999).

- **Recuperación de la inversión.**

Analizando los flujos de capital por año, la inversión inicial de la planta, con un panorama muy optimista, se recuperará en el primer año, y en los siguientes se invertiría en ampliar la producción y la planta. Se tendría que invertir un poco más para la purificación de la glicerina y tener un producto de mayor calidad que se traduce en un aumento en el precio de venta de la glicerina y así tener un incremento en las ganancias.

7. Bibliografía.

- **Acosta, F., Castro, P., y Cortijo, E.** 2008. Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiésel a pequeña escala/. - Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
- **Andersen, O. y Weinbach, J.E.** 2010. Residual animal fat and fish for biodiesel production. Potentials in Norway. *Biomass and Bioenergy*, 34(8), pp1183-1188.
- **Atabani, A. E.; Silitonga, A. S.; Badruddina, I. A.; Mahlia, T. M. I.; Masjukia, H. H. y Mekhilef, S.** (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, pp. 2070–2093.
- **Ávila, A., Bula, A. y Sanjuán, H.** 2008. Cinética de la transesterificación de la oleína de palma africana con etanol, vol. 33 n° 3.
- **Benavides, A., Benjumea, P., y Pashova, V.** 2007. El biodiesel de aceite de Higuera como combustible alternativo para motores diesel, *Dyna* 74 (153) pp.141–150.
- **Calanog, S., Chen, Y., y Toia, F.** 1999. Preliminary evaluation of potential impacts of non-petroleum oils on the aquatic environment. In *International Oil Spill Conference*. American Petroleum Institute. Vol. 1999. No. 1, pp. 597-605.
- **Calle, J., Coello, J., y Castro, P.** 2005. Opciones para la producción de biodiesel en el Perú. *Mosaico Cient*, 2(2), pp. 69-77.
- **Cardona, C., Orrego, C., y Gutierrez, L.** 2009. *Biodiesel* 1a Ed. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- **Chaves, E. S., Saint’Pierre, T. D., dos Santos, E. J., Tormen, L., Bascuñan, V. L. A. F., y Curtius, A. J.** 2008. Determination of Na and K in biodiesel by flame atomic emission spectrometry and microemulsion sample preparation. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 19(5), pp. 856-861.

- **Chuang-Wei Ch., Michael J. G., y Galen J. S.**, 2005. Distribution of Methanol and Catalysts between Biodiesel and Glycerin Phases, *AIChE Journal*, Vol. 51, No. 4.
- **Collymore, A., Arencibia, J., Blanco A., y Araújo, A.** 2008. Producción científica mundial sobre Biodiesel. *Acimed*, 18(5), pp.4.
- **Encinar, J. M.; Sánchez, N.; Martínez, G. y García, L.** 2011. Study of biodiesel production from animal fats with high free fatty acid content. *Bioresource Technology*, 102, 10907-10914.
- **Fangrui, Ma. y Milford, A. H.** 1999. Biodiesel production: a review. *Bioresource technology*, 70(1), pp. 1-15.
- **Ferrero, A. J., Rosa, I. M., y Veneciano, E.** 2010. Proceso de purificación de la glicerina obtenida del biodiesel a pequeña escala. Centro de Investigación en Tecnología Lactocárnica. Universidad Tecnológica Nacional/Facultad Regional Villa Maria, Argentina.
- **Freedman, B., Prude, E. y Mounts, T.** 1984. Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils. *JAOCS*, Vol.16, No.10
- **Fukuda, H., Kondo A. & Noda H.** 2001. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Vol. 92, No. 5, (September 2001), pp. 405-416, ISSN 1389-1723
- **Garcia, C. A., Riegelhaupt, E., y Masera, O.** 2013. Escenarios de bioenergía en México: potencial de sustitución de combustibles fósiles y mitigación de GEI. *Revista Mexicana de Física*. S 59 (2) pp.93–103.
- **Germillac, M.** 2007. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial en curtiembres. *Procesos Industriales Virtual Pro*, (62), pp14.
- **González, A., y Castañeda, Y.** 2008. Biocombustibles, biotecnología y alimentos: impactos sociales para México. *Argumentos México*, D.F., 21(57), pp. 55-83.
- **Hazell, P. y Pachauri, R. K.** 2006. Bioenergía y Agricultura: Promesas y retos. International Food Policy Research Institute, Washington.
- **Lin, L., Cunshan, Z., Vittayapadung, S., Xiangqian, S. y Mingdong D.** 2011. Opportunities and challenges for biodiesel fuel. *Applied Energy*, 88(4), pp. 1020-1031.

- **Ma, F. y Hanna, M. A.** 1999. Biodiesel production: a review. *Bioresource technology*, 70(1), pp. 1-15.
- **Meher, L., Sagar, D. y Naik, S.** 2006. Technical Aspects of Biodiesel production by Transesterification: A review. *Renewable and Sustainable Energy reviews*, Vol. 10, pp.248-268.
- **Montoya, J. M.** 2010. Potencial y riesgo ambiental de los bioenergéticos en México. *Ra Ximhai*, 6(1), pp. 57-62.
- **Montoya, R., Cardona, A., Orrego, A., y Gutiérrez, M.,** 2006. Obtención de biodiesel por reacción extractiva Universidad Nacional de Colombia.
- **Moser, B.** 2009. Biodiesel production, properties, and feedstock. *In Vitro Cellular y Developmental Biology*, Vol. 45, No. 3, pp 229-266.
- **Ojeda, Y., Sánchez, J., León, A., y Medina, J.** 2007. Informe de Vigilancia Tecnológica: Tecnologías de Producción de Biodiesel. Programa Nacional de Energía y Minería. Colciencias.
- **Peréz M., Villegas R y Estrada M.** 2009. Procedimientos para el Manejo de Residuos Orgánicos Avícolas. Manual Técnico. Trabajo de Grado. Universidad de Antioquia. Colombia. 2009. Pag 28-37.
- **Razo, C., Ludeña, C., Saucedo, A., Astete-Miller, S., Hepp, J. y Vildósola, A.** 2007. Producción de biomasa para biocombustibles líquidos: el potencial de América Latina y el Caribe. Unidad de Desarrollo Agrícola División de Desarrollo Productivo y Empresarial 181 desarrollo productivo nombre de la serie Santiago de Chile. S.07.II.G. pp. 136.
- **Razo, C., Astete-Miller, S., Saucedo, A., y Ludeña, C., A.** 2007. Biocombustibles y su impacto potencial en la estructura agraria, precios y empleo en América Latina. Unidad de Desarrollo Agrícola División de Desarrollo Productivo y Empresarial 181 desarrollo productivo nombre de la serie Santiago de Chile. S.07.II.G. pp. 104.
- **Santacruz, L., Guerrero, M., y Muñoz, P.** 2012: Políticas gubernamentales y reconversión productiva: el caso de la palma de aceite en México. en *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 170, pp. 170.
- **Stratta, J.** 2000. Biocombustibles: los aceites vegetales como constituyentes principales del biodiesel. Investigación y Desarrollo. In

Biocombustibles: los aceites vegetales como constituyentes principales del biodiesel - Departamento de Capacitación y Desarrollo de Mercado (bcr).

- **Tovar, C., Benítez, L., Ortiz, V., y Rodríguez, M.** 2013. Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. Revista. Luna Azul, 36, pp. 10-25.
- **Wright, B. D.** 2009. International grain reserves and other instruments to address volatility in grain markets. World Bank Policy Research Working Paper Series, Vol.

Tesis:

- **Castellanos, Vázquez M. J.,** 2015. Efecto del Tipo de Alcohol en la Producción de Biodiesel a Partir de Aceite Vegetal Residual
- **Chaverra Mendoza, D., y Mercado Sánchez, J.** 2012. Evaluación financiera de una planta productora de biodiesel a partir de aceites usados de cocina. Universidad de Cartagena.
- **Dinis Vicente, A, C.** 2012. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites vegetales: nuevos métodos de síntesis. Departamento de Ingeniería Química y Química Física. Tesis para optar al título de Doctor. Facultad de Ciencias, Universidad de Extremadura.
- **Galeano León, C. A., y Guapacha Marulanda, E.** 2011. Aprovechamiento y caracterización de los residuos grasos del pollo para la producción de un biocombustible (Biodiesel). Universidad Tecnológica de Pereira.
- **Montoya, R.** 2008. Evaluación Integral de la Eficiencia Económica y Ambiental de Procesos para la Obtención de Biodiesel. Departamento de Ingeniería Química, vol. Tesis para optar al título M. Sc., Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales, Manizales, Caldas.

Revistas:

- **Loera-Quezada, M. M., & Olguín, E. J.** 2010. Las microalgas oleaginosas como fuente de biodiesel: retos y oportunidades. Rev. Latinoam. Biotecnol. Amb. Algal, 1(1), pp. 91-116.
- **Posada, D. J. y Cardona, A. C.** 2010. Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiésel. Ingeniería y Universidad, 14(1), pp. 9-27.
- **Sacramento Rivero, J. C., Romero, G., Cortés Rodríguez, E., Pech, E., y Blanco Rosete, S.,** 2010. Diagnóstico del desarrollo de biorrefinerías en México. Revista mexicana de ingeniería química, 9(3), pp. 261-283.

Mediografía:

- FAO- Noticias; Ricino de América: un cultivo bioenergético para la pobreza International Grains Council. Consultado el 20 de Junio de 2015 en: <http://www.igc.int/es/>
- México. Secretaría De Energía. Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026. SENER, 2012. Consultado el 26 de Junio de 2015 en: http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf
- México. Secretaría De Energía. Análisis y propuesta para la introducción de etanol anhidro en las gasolinas que comercializa PEMEX. SENER 2014. Consultado el 19 de Julio de 2015 en: <http://www.sener.gob.mx/res/Renovables/ANALISIS%20Y%20PROPUESTA%20ETANOL%20ANHIDRO%20EN%20LAS%20GASOL.pdf>
- Researches create biodiesel from chicken fat. Fayetteville, Arkansas University. RenewableEnergyAccess.com. Disponible en: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2008/01/researchers-create-biodiesel-from-chicken-fat-updated-50972.html>.
- ENE 2013 2027 http://www.energia.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf
- Oil world statistics prospectiva 2015

<http://www.oilworld.biz/app.php?ista=381de0e9649d10d8221807d9a4facb92>

- Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos Nueva Ley DOF 01-02-2008.
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf>
- Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996,
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFs_r/Ecolok.pdf
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPYGRS),
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_220515.pdf
- Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, artículos: 23, 24, 25, 28, 32, 55 y 59.
http://www.metro.df.gob.mx/transparencia/imagenes/fr1/normaplicable/2014/4/lrsdf_15102014.pdf
- Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, artículos: 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23 y 24.
<http://www.spabc.gob.mx/views/files/tmp/REGLAMENTO-DE-LA-LEY-GENERAL-PARA-LA-PREVENCION-Y-GESTION-INTEGRAL-DE-LOS-RESIDUOS.pdf>
- Ley de Fomento de Procesos Productivos Eficientes del Distrito Federal.
<http://cgsservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/r213302.pdf>
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).
<http://www.profepa.gob.mx/>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
<http://www.semarnat.gob.mx/>
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA).
<http://www.sma.df.gob.mx/>
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAEM).
<http://www.edomex.gob.mx/portal/page/portal/medioambiente>