



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**  
**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Inter Disciplinario X

Investigación Básica  Investigación Aplicada X Investigación Pedagógica  Innovación

**DEPARTAMENTO(S):**

1. Ingeniería Química
2. Ingeniería Mecánica

**LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:**

1. Recursos Orgánicos
2. Control de emisiones
3. Energías alternativas

**1 Proyecto de Investigación**

**Título:**

**ESTUDIO DE LA PRODUCCION DE BIODIESEL PARA EL SECTOR AUTOMOTRIZ BAJO CONDICIONES SUPERCRITICAS Y EVALUACIÓN DE SU DESEMPEÑO MECÁNICO Y AMBIENTAL EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA ENCENDIDOS POR COMPRESIÓN.**

**Resumen del proyecto**

El Decreto Ejecutivo 1303 del 17 de septiembre del 2012 dispuso que el diésel Premium, que se usa en el sector automotor, tenga una mezcla de biodiesel del 5% y se vaya incrementando hasta llegar al 10%. El Ecuador, según datos de la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera, hay un excedente de aceite de palma que se puede incrementar hasta cubrir la cantidad de biodiesel que proyecta el decreto.

Este proyecto estudiará la producción de biodiesel mediante el proceso de transesterificación (conversión de aceites en ésteres – biodiesel) en condiciones de alta presión y temperatura que permiten alcanzar las condiciones súper-críticas del alcohol con el fin de disminuir drásticamente los tiempos de la reacción y eliminar el uso de catalizadores. Estos procesos permiten obtener productos de alta pureza, minimizando o eliminando los procesos de post-tratamiento de los productos tales como lavados o decantaciones. Esta clase de procesos no convencionales permitirá usar alcohol etílico no anhidro como también aceites de origen animal y vegetal con contenidos de ácidos grasos.

Se evaluará el comportamiento de los motores diesel con el uso del biocombustible, considerándolas prestaciones (potencia, torque y consumo de combustible) y emisiones contaminantes.



## 5.1 Objetivos

### 5.1.1 Objetivo General

Estudiar la producción de biodiesel para el sector automotriz bajo condiciones supercríticas y evaluar su desempeño mecánico y ambiental en motores de combustión interna encendidos por compresión.

### 5.1.2 Objetivos Específicos

- a. Diseñar y construir un prototipo de producción de biodiesel bajo condiciones supercríticas que permita estudiar variables tales como presión, temperatura, relaciones alcohol/aceite, calidad de aceites, humedades de los aceites, tiempos de reacción, entre otros.
- b. Caracterizar el biodiesel obtenido para poder compararlo con los estándares de calidad exigidos en las normas: INEN 2482:2009, ASTM D-975 y EN14214, entre otras.
- c. Estudiar el comportamiento mecánico (potencia, torque, eficiencia volumétrica, y eficiencia térmica) y ambiental (factores de emisiones tales como material particulado, monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono) de mezclas entre biodiesel y diesel de origen fósil.

### 5.1.3 Hipótesis (+)

La producción de esteres metílicos o etílicos para uso como combustibles alternativos ha sido ampliamente estudiada. Las diferentes regiones en el mundo han visto como alternativas para las fuentes móviles, el uso de biodiesel en motores diesel para reducción de emisiones en material particulado y dióxido de carbono. Sin embargo, se ha cuestionado fuertemente el balance energético y los impactos ambientales que tiene la producción de biodiesel, ya que se requiere grandes cantidades de agua para lavados a los productos finales, uso de catalizadores que potencialmente contaminan el agua, y altos consumos de energía para procesar las materias primas tales como la reducción de ácidos grasos libres de los aceites, o la deshidratación de los alcoholes.

Esta investigación parte de la hipótesis de poder desarrollar un proceso de producción de biodiesel que no requiera el uso de catalizador para la reacción, que permita usar materia primas hidratadas (con porcentajes de agua importantes), con aceites de diferentes clases (aceites saturados e insaturados, de uso comestible o industriales), sin la necesidad de usar agua en lavados posteriores ya que la reacción y sus procesos de flasheo separan el agua, entre otros. Fruto de este proceso altamente eficiente, se espera tener un combustible más puro que al ser usado en un motor de combustión interna permita reducir aún más las emisiones nocivas al medio ambiente, y mejorar la eficiencia del mismo

## 5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.

Mundialmente el calentamiento global es una amenaza generalizada para la humanidad. Sus impactos son visibles, sequías excesivas, lluvias excesivas, huracanes, cambios en las corrientes marítimas, cambios en la flora, cambios en la fauna, etc. Son impactos que provienen de las diferentes actividades humanas. Aproximadamente el 45% del consumo de combustibles fósiles en el mundo son destinados al sector transporte-vehicular, y su uso ocasiona grandes emisiones globales (dióxido de carbono) y emisiones locales (material particulado, óxidos de nitrógeno, entre otros).

Los desarrollos llevados a cabo para disminuir el impacto ambiental en el sector transporte se han enfocado al uso de combustibles renovables tales como el etanol para motores a gasolina, y el biodiesel para motores diesel. El biodiesel se produce a partir de aceites vegetales y nuestros países cerca de la línea del ecuador tienen privilegios para su producción por la disponibilidad de luz solar, recursos hídricos, y condiciones meteorológicas y físicas en general. El uso de biodiesel ha mostrado que ayuda a la generación de empleo en el sector agrícola, disminuye la dependencia de los recursos fósiles, y en nuestro país es una opción





## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

viable para la disminución de las importaciones de diésel. La promoción de energías renovables en el sector transporte, y en general en todos los sectores, es una necesidad mundial

Según ANCUPA (Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera) se prevé culminar el año 2015 con 332 000 hectáreas sembradas de palma africana en el Ecuador (alrededor del doble de la superficie sembrada con banano) con una producción total de 620 000 toneladas métricas de aceite. El país exporta más del 50% de su producción de aceite crudo de palma principalmente a Colombia y Venezuela. A pesar de ser un gran productor de aceite de palma, el país no ha desarrollado masivamente la industria de producción de biodiesel. Las únicas dos plantas productoras de biodiesel pertenecen a La Fabril

Dentro de las líneas de investigación de los Departamentos de Ingeniería Química e Ingeniería Mecánica se encuentran: área de recursos naturales cuya descripción indica lo siguiente: aprovechamiento de todo tipo de compuestos y materiales orgánicos para aplicación en tecnología textil, biocombustibles u otras tecnologías y áreas de control de emisiones y energías alternativas.

El Departamento de Ingeniería Química ha desarrollado varias investigaciones sobre biocombustibles especialmente sobre biodiesel desde hace más de 10 años, muchos de estos trabajos fueron proyectos de titulación.

Este proyecto que se propone está dentro de los lineamientos del Gobierno Nacional en el cambio de la matriz productiva y del cambio de la matriz energética.

La tecnología para la obtención de biocombustibles ha progresado rápidamente en el transcurso de estos años. Desde el método de catálisis alcalina que es el primero que se desarrolló hasta el método de obtención de biodiesel sin catalizador en condiciones supercríticas del alcohol que es el que se plantea en la presente investigación se ha desarrollado una diversidad de estudios en este tema. El Departamento de Ingeniería Química ha caminado a la par de las investigaciones realizadas a nivel mundial. El grupo de profesores que conformamos este equipo de investigación queremos tomar la posta de los ingenieros que nos precedieron y liderar las investigaciones a nivel del país en cuanto a la tecnología para la obtención de biodiesel.

La materia prima que se va a utilizar es el aceite crudo de palma y aceite utilizado en frituras. Estos dos tipos de aceite se llevarán a reacción con alcohol metílico y etílico en condiciones supercríticas. Todos los productos mencionados son compuestos orgánicos que se utilizarán para la producción de biodiesel. A excepción del alcohol metílico el resto de la materia prima es producida en el país.

Por su parte el Departamento de Ingeniería Mecánica ha ejecutado varios proyectos de titulación tanto en pregrado y posgrado relacionados con el uso de biocombustibles en motores de combustión interna alternativos, todos estos trabajos apoyados en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación y Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) por más de 12 años. La Facultad de Ingeniería Mecánica tiene varios programas de Posgrado tanto para Maestrías como para Doctorado. En estos programas se tiene varias asignaturas relacionados con el manejo de la energía, la eficiencia energética, el impacto ambiental y la mitigación producida por las fuentes móviles, como es el caso de los vehículos.

En el PROGRAMA DE MAESTRÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, se dictan materias como Energía en el Transporte, Energías Alternativas. En el PROGRAMA DE MAESTRÍA DE SISTEMAS AUTOMOTRICES, se imparten las materias de Impacto y Mitigación Ambiental, Motores Combustión Interna entre otras. Estas Maestrías a su vez han propiciado la presentación y ejecución de varios temas de Tesis de Grado, orientadas a evaluar el uso de los BIOCMBUSTIBLES como una fuente de Energía Alternativa en Motores de Combustión Interna Alternativos, utilizados en la generación eléctrica y en vehículos, cuyo propósito fundamental es reducir el impacto ambiental producido por los combustibles fósiles.

A su vez el Gobierno Ecuatoriano a través de varios Ministerios y de la Empresa Pública Petroecuador lleva adelante programas de investigación con la participación directa del CCICEV de la Escuela Politécnica Nacional, para introducir en porcentajes el uso del Biodiesel y el Etanol Anhidro en los combustibles diesel y gasolina utilizados en vehículos. Como parte de este proyecto se contará con un egresado de una de las maestrías de Ingeniería Mecánica en calidad de técnico docente por un periodo de 6 meses, quién realizará como parte de su tesis de grado el estudio del comportamiento mecánico y ambiental de mezclas entre biodiesel y diésel de origen fósil en un motor de combustión interna encendido por compresión.



### 5.3 Productos esperados

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| a. Publicaciones científicas (obligatorio);   | X                        |
| b. Disertación a la Comunidad Politécnica;  | X                        |
| c. Proyecto de Titulación;  | X                        |
| d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);   | X                        |
| e. Aplicación tecnológica construida o implementada;                                    | X                        |
| f. Patente presentada;  | <input type="checkbox"/> |
| g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. | <input type="checkbox"/> |

### 5.4 Detalle de los resultados esperados

- a. Se espera entender las variables que influyen en el proceso de producción de biodiesel bajo condiciones supercríticas tales como la presión y la temperatura de la reacción. De igual forma, se espera conocer con detalle la influencia de las propiedades físicas de las materias primas, en este caso los contenidos de humedad del aceite y del alcohol, el contenido de ácidos grasos libres en el aceite, y los grados de saturación (parcialmente insaturado o altamente saturado) de los aceites en la eficiencia de la reacción.

Una vez conocidos la influencia de cada una de las variables anteriores se podrá estimar los consumos energéticos del proceso y sus ventajas en comparación con los métodos tradicionales de producción de biodiesel.

- b. Se espera realizar procedimientos en el Laboratorio de Petróleos para caracterización de materias primas (aceites y alcoholes), y productos finales (ésteres de ácidos grasos), que permitan establecer la calidad de los mismos en el marco de este proyecto. Adicionalmente se espera incluir la realización de ensayos para caracterizar la calidad del biodiesel bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2482:2009 a clientes dentro y fuera de la Escuela Politécnica Nacional como parte del conjunto de análisis que actualmente ofrece el Laboratorio de Petróleos.
- c. Se espera entender cómo influye la calidad del producto final (medido como el grado de transesterificación obtenido) en la combustión dentro del motor. Las normas plantean usos de biodiesel que contengan al menos 96% de ésteres. Es bien conocido que el uso de ésteres que contengan trazas de agua, de catalizador, y de ácidos no reaccionados, son promotores del material particulado durante la combustión. El biodiesel obtenido bajo condiciones supercríticas tiene ventajas de la no presencia del agua en el producto final, y no uso de catalizadores.



### 6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto

El biodiesel o esteres alquílicos se producen a partir de la reacción de los triglicéridos con el alcohol metílico o etílico. Los productos que se obtienen son los esteres y glicerina. Las reacciones de transesterificación pueden ser llevadas a cabo con o sin catalizador [1].

#### Producción de biodiesel mediante proceso supercrítico no catalítico

El diseño del sistema para operar bajo condiciones supercríticas consistirá se observa en Figura 1.

El sistema consiste en dos tanques de alimentación para el aceite y el alcohol, con sus respectivos sistemas de medición de presión y temperatura. Estos tanques son conectados al reactor principal mediante bombas para manejo de fluidos con sus respectivos flujómetros. La bomba de aceite permitirá alcanzar las presiones de reacción supercríticas, mientras que el reactor tendrá un serpentín de vapor para subir la temperatura. El reactor de igual forma contará con sensores de presión y temperatura y válvulas de seguridad para trabajo seguro. A la salida, se encontrará dos flashadores para la recuperación del alcohol y de la glicerina. El sistema tendría que ser en acero inoxidable y hermético para evitar riesgos operacionales. La capacidad del reactor sería de 20 litros aproximadamente.

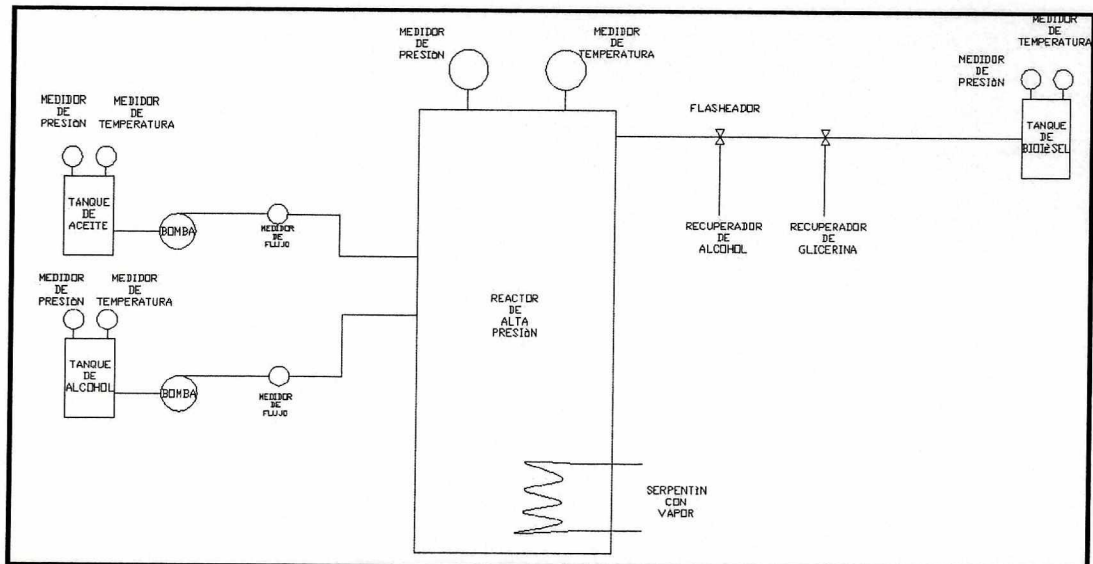


Figura 1. Esquema del sistema para obtención de biodiesel en condiciones supercríticas

Como materia prima se utilizará aceite crudo de palma y aceite utilizado en frituras para reaccionar con metanol y etanol. Se realizarán pruebas con etanol con un contenido de agua del 0 al 5% en volumen.

Para que la reacción se desplace hacia los productos, se necesita una amplia relación molar de alcohol/aceite (40:1) [12].

La reacción en condiciones supercríticas toma mucho menor tiempo que la reacción tradicional de transesterificación catalítica y el rendimiento de la reacción es muy alto. El contenido de ácidos grasos y agua en la materia prima no tienen efectos negativos en la reacción. [5]

Considerando los datos de la Tabla 1 donde se indican la temperatura y la presión críticas para el metanol y el etanol, el reactor donde se realizará las reacciones debe superar estas condiciones.



**Tabla 1. Propiedades Críticas para el metanol y el etanol**

Tipo de alcohol	Temperatura Crítica	Presión Crítica
Metanol	240 °C	78,5 atm
Etanol	243 °C	63,11 atm

Se evaluarán los efectos de la presión y la temperatura en la conversión. La presión y temperatura mínimas de trabajo deben ser superior a las propiedades críticas del etanol y del metanol. La presión máxima será 115 atmósferas y la temperatura máxima será 350 °C.

#### **Caracterización de la materia prima y de los productos**

Los aceites utilizados en las pruebas serán caracterizados con los siguientes análisis: índice de refracción (INEN ISO 6320), índice de saponificación (INEN ISO 3657), índice de acidez (INEN ISO 660), índice de peróxidos (INEN 1698:91), índice de yodo (INEN ISO 3961), densidad, viscosidad, contenido de agua, punto de inflamación, punto de fusión, punto de ebullición y contenido de ácidos grasos.

Los alcoholes utilizados serán caracterizados con los siguientes análisis: etanol anhidro requisitos (INEN 2478-2009), aldehídos (INEN 343), alcoholes superiores (INEN 345).

El biodiesel obtenido será caracterizado con los siguientes análisis (INEN 2482:2009): Densidad a 15°C, punto de inflamación, agua y sedimentos, viscosidad cinemática a 40°C, cenizas sulfatadas, contenido de azufre, carbón residual, corrosión lámina de cobre, número de cetano, temperatura de destilación al 90% recuperado, glicerina libre y total, contenido de ésteres, índice de yodo, contenido de metanol/etanol, contenido de fósforo, contenido de metales alcalinos (Na+K)(Ca+Mg), número de acidez, estabilidad a la oxidación, contaminación total, contenido de monoglicéridos, contenido de diglicéridos, contenido de triglicéridos, contenido de éster metílico de ácido linoleico, punto de nube, punto de fluidez y temperatura de obturación del filtro frío.

#### **Evaluación de desempeño mecánico y emisiones del MCIA**

Las evaluaciones de las mezclas de diesel y biodiesel de alta pureza obtenido en el reactor y biodiesel estándar obtenido por proceso catalítico, se llevaran a cabo en un vehículo diesel en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV)

Inicialmente se evaluará el vehículo en su condición de línea base, esto es, operado con diesel de origen fósil. Una vez evaluado en su condición base, se llevaran a cabo las evaluaciones con biodiesel estándar y con biodiesel de condiciones supercríticas de alta pureza. Entre estas evaluaciones, se llevará a cabo una limpieza del sistema de inyección y cambio de los filtros de combustibles. Adicionalmente se llevará a cabo cambio de aceite lubricante.

Las evaluaciones que se llevaran a cabo serán:

1. Curva de torque y potencia en rueda del vehículo bajo condiciones de dinamómetro.
2. Factores de emisiones en grm/kwh de material particulado, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos sin quemar, dióxido de carbono y monóxido de carbono.
3. Consumo energético mediante medición directa del consumo de combustible, flujo de los gases de escape y monitorización de los sistemas del vehículo tales como el sistema de refrigeración, de alimentación de aire, de refrigeración de aceite, entre otros.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Dermibas A., (2002). Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol. *Energy conversion and management*, volumen (43), doi: [10.1016/S0196-8904\(01\)00170-4](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00170-4)
- [2] Saka S., Kusdiana D., (2001). Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol. *Fuel*, volumen (80), doi: [10.1016/S0016-2361\(00\)00083-1](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(00)00083-1)
- [3] Praveen R., Scott C., Hossein N., (1996). Improved conversion of plant oils and animal fats into biodiesel and co-product. *Bioresource technology*, volumen (56), doi: [10.1016/0960-8524\(95\)00178-6](https://doi.org/10.1016/0960-8524(95)00178-6)
- [4] Rathore V., Madras G., (2007). Synthesis of biodiesel from edible and non-edible oils, in supercritical alcohols and enzymatic synthesis in supercritical carbon dioxide. *Fuel*, volumen (86), doi: [10.1016/j.fuel.2007.03.014](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2007.03.014)
- [5] He H., Wang T., Zhu S. (2007). Continuous production of biodiesel fuel from vegetable oil using supercritical methanol process. *Fuel*, volumen (86), doi: [10.1016/j.fuel.2006.07.035](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.07.035)
- [6] Darnoko D., Munir C., (2000). Kinetics of Palm Oil Transesterification, in a Batch Reactor. *American oil chemists' society*, volumen (77), Recuperado de <http://link.springer.com/article/10.1007/s11746-000-0198-y> (Junio, 2015)
- [7] Clark S., Wagner M., Schrock P., Piennar G., (1984). Methyl and Ethyl Soybean Esters as Renewable Fuels for Diesel Engines 1. *American oil chemists' society*, volumen 61, Recuperado de: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF02541648> (Junio, 2015)
- [8] Leevijit T., Tongurai C., Prateepchaikul G., Wisutmenthangoon W., (2008). Performance test of a 6-stage continuous reactor for palm methyl ester production. *Bioresource technology*, volumen 99, doi: [10.1016/j.biortech.2006.11.052](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.052)
- [9] Dasari A., Goff M., Suppes G., (2003). Noncatalytic Alcoholysis Kinetics of Soybean Oil. *Springer Link*, volumen (80), Recuperado de : <http://link.springer.com/article/10.1007/s11746-003-0675-3>
- [10] Kijwaroun, C., Tubtimdee, C., Piumsomboon, P. (2009), LCA studies comparing biodiesel synthesized by conventional and supercritical methanol methods, *Cleaner Production*, volumen (17), doi: [10.1016/j.jclepro.2008.03.011](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.03.011).
- [11] Komintarachat, C., Sawangkeaw, R., Ngaprasertsith, S. (2015). Continuous production of palm biofuel under supercritical ethyl acetate, *Energy Conversion and Management*. volumen (93), doi: [10.1016/j.enconman.2015.01.041](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.01.041)
- [12] Sawangkeaw, R., Teeravituud, S., Bunyakiat, K., Ngamprasertsith, S. (2011). Biofuel production from palm oil with supercritical alcohols: Effects of the alcohol to oil molar on the biofuel chemical composition and properties. *Bioresource Technology*, volumen (102), doi: [10.1016/j.biortech.2011.08.105](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.08.105)
- [13] Deshpande, A., Anitescu, G., Rice, P., Tavlarides, L. (2010). Supercritical biodiesel production and power cogeneration: technical and economic feasibilities, *Bioresource Technology*, volumen (101), doi: [10.1016/j.biortech.2009.10.034](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.034)
- [14] Tomic, M., Micic, R., Kiss, F., Dedovic, N., Simikic, M. (2015). Economic and environmental performance of oil transesterification in supercritical methanol at different reaction conditions: Experimental study with a batch reactor
- [15] Yigezu, Z., Muthukumar, K. (2014). Catalytic cracking of vegetable oil with metal oxides for biofuel production
- [16] Bruce D., Goodwin J., Lotero E., Liu Y., Lopez D., and Suwannakarn K, (2005). Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis. *Ind. Eng. Chem*, volume (44), recuperado de: <http://www.clemson.edu/cleanenergy/Website%28BE871%29/ie049157g.pdf>, (Junio, 2015)
- [17] Carlini M., Castellucci S., Cocchi S., (2014). A Pilot-Scale Study of Waste Vegetable Oil Transesterification with Alkaline and Acidic Catalysts, *Energy Procedia* Volume 45, doi: [10.1016/j.egypro.2014.01.022](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.022)
- [18] Alves A., Andrade H., Carneiro S., Marques F., Oliveira A., Santos R., Torres E., y Vieira de Melo R., (2012). Transesterification of waste frying oils using ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> as heterogeneous catalyst, *Procedia Engineering*, Volume 42 (2012), doi: [10.1016/j.proeng.2012.07.589](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.589)
- [19] Bengoagorostiza, P., Navajas A., (2012). Síntesis de biodiesel mediante catálisis ácida heterogénea a partir de mezclas de aceite y ácidos grasos. recuperado de: <http://academica-unavarra.es/bitstream/handle/2454/5984/577867.pdf?sequence=1> (Julio, 2015)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

**6.2 Cronograma de trabajo anual:**

**Primer Año**

Actividad	Porcentaje de avance por mes						TOTAL
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Compra de Reactor e Instalación	20	20	20	20	20		100
Compra de Reactivos e insumos	40	20	20	20			100
Compra de Literatura	60	40					100
Caracterización de Aceite		20	20	20	20	20	100
Caracterización de alcohol		20	20	20	20	20	100
Escritura de reporte y artículos para publicación					10	10	20

**Segundo Año**

Actividad	Porcentaje de avance por mes						TOTAL
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Reacción Supercrítica sin catalizador	20	20	20	20	20		100
Caracterización de los productos obtenidos		20	20	20	20	20	100
Calibración de banco de pruebas y equipos de medición				100			100
Pruebas en línea base					100		100
Pruebas con mezclas de biodiesel y diésel fósil						20	20
Escritura de informes/reportes y artículos				20	20	20	60

**Tercer Año**

Actividad	Porcentaje de avance por mes						TOTAL
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Pruebas con mezclas de biodiesel y diésel fósil	20	20	20	20			80
Escritura de informes/reportes y artículos				20			20
Presentación de Resultados					50	50	100





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

---

---

<b>7</b>	<b>Fechas de inicio y fin</b>
	<b>Inicia:</b> Marzo 2016 <b>Termina:</b> Febrero 2019

<b>8</b>	<b>Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.</b>
----------	---



### 8.1 Tiempo de dedicación semestral del Director del proyecto y de los docentes participantes

Investigador	Horas Asignadas	Departamento
Liliana Guzmán	20 HSS	Química
Lorena Jaramillo	10 HSS	Química
Marcelo Salvador	10 HSS	Química
Ángel Portilla	2 HSS	Mecánica

### 8.2 Infraestructura y equipos

En el Laboratorio de Petróleos y de Análisis Instrumental se disponen de los siguientes equipos:

Laboratorio de Petróleos de la FIQA
Destilador Biodiesel
Centrífuga
Equipo para Medición de Azufre
Equipo para Punto de Inflamación Copa Cerrada
Equipo para Punto de Inflamación Copa Abierta
Equipo para Densidad (Api con Hidrómetro)
Equipo para Corrosión a la Lámina de Cobre
Equipo de Residuo Carbón Conradson
Equipo para Contenido de Cenizas
Presión de Vapor Reid
Equipo para Viscosidad Cinemática
Balanza Analítica
Balanza para mayores pesos
Sorbona
Mufla
Estufa
Equipo para análisis de Aromáticos// Compuestos Oxigenados
Analizador Para TBN Y TAN en aceites lubricantes (Titulador Automático)
Viscosímetro de Rotación

#### Laboratorio de análisis instrumental de la FIQA

Cromatógrafo de gases 500 marca Perkin Elmer, 110 V, sensibilidad dependiendo del compuesto, posee un detector FID y un TCD.  
Equipo auxiliar: generador de hidrógeno que emplea como gas portador He ultra puro grado 5.0; presión máxima de entrada 80 psi

En el Laboratorio de Operaciones Unitarias se dispone de espacio y facilidades para instalar el reactor que alcance condiciones supercríticas de los alcoholes.

Se dispone también de suficiente material de vidrio para la realización los análisis tanto de las materias primas como de los productos.





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

En el Laboratorio CCICEV se disponen de los siguientes equipos:

Características generales	Usos esperados
Dinamómetro de chasis MAHA LPS 3000.	Medición de potencia y torque
Analizador de gases diesel MAHA MDO (Opacímetro estático)	Medición de opacidad en prueba estática
Analizador de gases diesel MAHA MDO 2 LON (Opacímetro dinámico)	Medición de opacidad en prueba dinámica
Analizador de material particulado MAHA MPM 4	Medición de material particulado 2.5
Analizador de gases diesel GLOBAL MRV (ON-BOARD)	Medición de concentración de gases diesel en ciclo ruta
Flujómetros y totalizadores BIOTECH	Medición de consumo de combustible

### 8.3 Breve justificación del equipo requerido

Los procesos de obtención de biodiesel para alcanzar condiciones supercríticas en los alcoholes requieren de los siguiente equipos:

- Reactor de alta presión y temperatura para volumen mayor a 20 litros, cuyas condiciones óptimas de operación son 350°C y 130 psi. El reactor debe estar provisto de un sistema de calentamiento con resistencia eléctrica.
- Bomba de alimentación al reactor, dado que se requieren inyectar aceites vegetales a presiones entre 60 bar -100 bar en el reactor.
- Analizador de emisiones, mide la concentración de los componentes siguientes: CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, coeficiente de opacidad y masa de partículas de tamaño mayores a 70 nm. El material particulado emitido por los motores MCIA contiene nano partículas que son cancerígenas y mutagénicas las mismas que con el uso de combustibles sin contenido de azufre como el caso del biodiesel se disminuyen sustancialmente, actualmente en la EPN no se dispone de equipos que permitan evaluar este material. Siendo este uno de los parámetros a ser caracterizado con el uso del biodiesel comparado con el diesel convencional se hace necesaria su adquisición.

### 8.4 Fondos Adicionales

No existen fondos de otro organismo.

9

### Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)

Equipo	Destino
Reactor alta presión	Departamento de Ingeniería Química (DIQ)
Bomba alimentación a reactor	Departamento de Ingeniería Química (DIQ)
Analizador de emisiones MAHA	Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM)



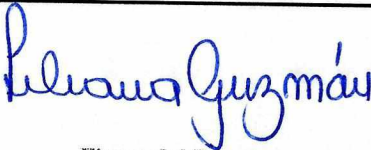
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

<u>PRIMER AÑO</u>		
Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje de Ejecución (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato: - Dos asistentes de investigación por un periodo de 6 meses	4 668,00	
<b>Subtotal</b>	<b>4 668,00</b>	<b>2,76 %</b>
2. Maquinaria y Equipos -Analizador de emisiones MAHA, Modelo MET 6.1-6.2-6.3. Analizadores de gases para motores de gasolina y diésel -Reactor de capacidad mayor o igual a 10 galones, a Temperatura de 350 °C y Presión de 130 psi -Bomba de medición de líquidos a presión de 1500 psi	30 000,00 107 843,00 8 843,00	
<b>Subtotal</b>	<b>146 686,00</b>	<b>86,77 %</b>
3. Reactivos y materiales de laboratorio -Proforma1 -Proforma2 -Reactivos e insumos para cromatografía -Gas Helio para cromatografía -Equipos de computación, accesorios e insumos	2 598,00 5 680,00 2 000,00 3 000,00 1 585,25	
<b>Subtotal</b>	<b>14 863,25</b>	<b>8,79 %</b>
4. Literatura especializada -Proforma1 -Proforma2	1 535,00 1 291,00	
<b>Subtotal</b>	<b>2 826,00</b>	<b>1,67 %</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>169 043,25 + IVA</b>	<b>100%</b>
<u>SEGUNDO AÑO</u>		
Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje de Ejecución (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato: -Técnico docente. Egresado de la Maestría de Ingeniería de Sistemas Automotrices para el segundo año por un periodo de 6 meses. - Dos asistentes de investigación por un periodo de 6 meses	10 200,00 4 668,00	
<b>Subtotal</b>	<b>14 868,00</b>	<b>48,00%</b>
2. Maquinaria y Equipos -Pruebas en motores a diésel en CCICEV	13 250,00	
<b>Subtotal</b>	<b>13 250,00</b>	<b>42,85%</b>
3. Presentación de ponencias en congresos internacionales y Publicaciones	2 800,00	
<b>Subtotal</b>	<b>2 800,00</b>	<b>9,05%</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>30 918,00 + IVA</b>	<b>100%</b>





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

10	Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto	
	Quito, 31 de agosto del 2015 Nombre: Liliana Guzmán Beckmann CC: 1713930632	 Firma del Director