PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PALMA AFRICANA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL COMO UNA ALTERNATIVA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA EL PARQUE AUTOMOTOR DE LA CIUDAD DE QUITO

Miriam Tapia, Mariela Chavez, Victor Hugo Gonzalez[1]
Facultad de Ciencias Humanísticas y Económicas
ESPOL
Campus La Prosperina, Km. 26.5 Vía Perimetral Norte, Guayaquil – Ecuador
mitc_1981@yahoo.com, gmchavez@espol.com, vgonzalez@espol.edu.ec

Resumen

A pesar de que el petróleo y el gas natural se acumularon bajo la corteza terrestre mediante procesos que duraron millones de años, las reservas parecen estar agotándose con solo su utilización por el hombre desde hace poco más de un siglo. El calentamiento de la atmósfera es el principal desafío medioambiental que hoy afronta la humanidad a nivel mundial. Ninguna población es ajena al problema y a sus consecuencias. Los dos gases responsables del fenómeno llamado "Efecto Invernadero" son el anhídrido carbónico (CO2) y el metano. En el caso del dióxido de carbono, ello ocurre debido mayormente al uso de combustibles fósiles (petróleo y carbón) como fuente de energía. Lo ideal sería que se pudieran utilizar combustibles alternativos que sean capaces de reducir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Una de las alternativas para la solución del problema es el llamado "Biodiésel". Al sustituirse (en forma parcial o total) los combustibles actuales (naftas, gasoil, fuel oil), por éste, puede lograrse un balance de emisiones mucho más favorable. En América Latina, el transporte es responsable del 21% de las emisiones de gases de efecto invernadero. El sector del transporte representará en Ecuador el 37.5% del consumo final de energía durante el año 2007, en la ciudad de Quito representa el 51.14% del consumo final de energía y las estimaciones para el año 2012 (escenario eficiente) son del 47.64%, según un estudio conjunto del Ministerio de Energía y Medio Ambiente, publicado en el Diario Expreso a mediados del mes de febrero del 2007. Los efectos ambientales en la capital de Ecuador son, en este caso, de primera importancia, pues los autobuses y camiones que utilizan diesel son responsables de un 40% de la contaminación del aire de Quito, según estudios de Corpaire. Los biocarburantes son un sustituto directo e inmediato para los combustibles líquidos utilizados en el transporte y pueden ser fácilmente integrados en los sistemas logísticos actualmente en operación en la ciudad de Quito.

Abstract

Even though the oil and natural gas accumulate under the earth superficies by process that last millions of years, the reserve seems to be ending with their use by mankind for less than a century. The atmosphere heating is the principal environment risk that mankind is facing to this day. Non population is out of the equation and its consequences. The two gases responsible of the phenom know as the "Greenhouse effect" is the CO_2 and the methanol. In case of the dioxide of carbon, this occurs because of the high use of fossil oils (carbon and petroleum) as source of energy. The idea will be to use alternative fuels that are capable of reduce the concentration of dioxide of carbon in the atmosphere. One of the alternatives to solute this problem is the Biodiesel. When the actual oils (NAFTA, gas oil, fuel oil) are substitute (in a total or partial way), by this one, it can be achieve a balance more favorable of the gases that made the "Green house effect". In Latin America, the transport is responsible of the 21% of the gases that cause the "Green House effect". The transport sector will represent in Ecuador the 37.5% of the final consume of energy during the year 2007; in the city of Quito it will represent the 51.4% of the final consume of energy and the estimates for the year 2012 (efficient scenario) are of 47.64%, according to a study made by the Minister of Energy and Environment, published in the Dairy "Expreso" in the month of February 2007. The environment effects in the capital of Ecuador are, in the case, of first-importance, since the buses and trucks that uses diesel are responsible for 40% of the air-contamination in Quito, since studies made by Corpaire. The biodiésel is a direct and immediately substitute for the liquid oils use in transport and can be easily be integrated into the logistic systems that are actually operated in the city of Quito

[1] Master en Finanzas, Universidad de Chile

1.1.1 Objetivo General

Evaluar la factibilidad técnica, de mercado, financiera y social de implementar una planta procesadora de palma africana para la producción de biodiésel como una alternativa de energía renovable en las cercanías de la ciudad de Quito.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Describir la situación actual del biodiésel en el Ecuador y en el mundo
- Identificar y analizar la población objetivo que demandaría el biodiésel en la ciudad de Quito
- Definir el tamaño y localización óptima de la planta procesadora, mano de obra requerida y estructura funcional para la producción óptima de biodiésel.
- Realizar un estudio económico de la planta procesadora de biodiésel en las cercanías de la ciudad de Quito
- Evaluar financiera y socialmente la viabilidad y factibilidad del proyecto

Situación del Transporte en el Ecuador[2]

En el año 2006, se matricularon en el país 867.666 vehículos, 103.580 más que en el 2005, correspondiendo a la provincia de Pichincha el mayor número con 301.558, en segundo lugar se ubica la provincia del Guayas con 212.709 vehículos, cifras que en conjunto representan el 59.3% del total de automotores existentes en el país, le sigue en importancia Azuay con 71.172 vehículos, Tungurahua con 42.528 y Manabí con 42.355.

Del total de vehículos que circulan en el país, se determina que el 95.3% son automotores de uso particular, los de alquiler representan el 3.5%, los que pertenecen al Estado el 0.9% y los de uso Municipal, apenas el 0.3%. Un año atrás, en el 2005, la distribución por uso, fue en su orden: 95.1%, 3.9%, 0.7% y 0.3%.

De otra parte se observa, que del total de vehículos que fueron matriculados en el 2006, los que más sobresalen son los automóviles y las camionetas con el 38.2% y 28.7% respectivamente; valores que en conjunto representan el 66.9% del total de automotores a nivel nacional.

[2] Anuario de Estadísticas de Transporte, INEC. Quito - 2006

Según el modelo, 431.487 vehículos, es decir el 49.7%, tienen más de 10 años, pues corresponden a modelos que van de los años 1996 hacia atrás. De estos sobresalen las marcas Chevrolet, Toyota, Ford y Nissan con el 52.0%.

Los vehículos que tienen de uno a diez años (modelos 1996 a 2006), representan el 50.3% del total; con lo cual se determina que en nuestro país, el parque automotor está compuesto, ligeramente, por poco más que la mitad, por vehículos que sobrepasan los diez años. La marca que más se destaca entre los vehículos que corresponden a los modelos 1996 al 2006, es la Chevrolet con el 66.0%.

Situación actual de la Palma africana en el Ecuador

Las favorables condiciones climáticas lo ubican al Ecuador en un lugar de privilegio para el cultivo de la palma africana, actividad que reúne todos los requisitos para convertirse en uno de los ejes de desarrollo social y de gran aporte para nuestra economía, en la generación de divisas que constituyen el pilar fundamental para sostener la dolarización en nuestro país.

El cultivo de la palma africana promueve importantes inversiones de aproximadamente 600 millones de dólares, genera fuentes de trabajo e impulsa el progreso de extensas zonas del Ecuador, no solo por el cultivo de esta oleaginosa perenne, sino por los negocios que se generan alrededor de la misma. En la actividad agrícola se encuentran empleadas directamente alrededor de 60,000 personas y se calcula que en los negocios relacionados a este cultivo como la comercialización e industrialización se ha generado adicionalmente 30,000 plazas de trabajo.

La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana ANCUPA y su brazo comercializador FEDAPAL, se caracterizan por su organización, capacitación, transferencia tecnológica, investigación y promoción de este cultivo a lo largo de la cadena.

El cultivo de la Palma Africana tiene un gran potencial en el Ecuador, actualmente hay alrededor de 5.500 palmicultores, con un total de 207.285,31 ha. sembradas (según el último Censo de Palmicultores llevado a cabo en el 2005). Las zonas de producción se encuentran ubicadas principalmente en Santo Domingo de los Colorados, Quevedo, Quinindé y Francisco de Orellana. La mayoría de los productores son pequeños palmicultores con una extensión no mayor a 50 ha., y apenas 9 productores rebasan las 1.000 ha.

En el año 2005, existió una oferta creciente de fruta y aceite crudo de palma; la producción de aceite de palma en bruto fue de aproximadamente 320.000 TM., de estas 200.000 TM. son absorbidas por la industria nacional, su excedente, es decir aproximadamente 120.000 TM. se exportan principalmente hacia Venezuela y México. En cuanto a las importaciones de este producto, en el período comprendido entre los años 2002 al 2005 no se han registrado ya que el Ecuador es autosuficiente.

2.1 Análisis de datos de fuentes primarias (aplicación de encuestas)

Junto con los promotores del proyecto, se determinó que el nivel de confianza que se requería era de 95%, con un error de 5% en los resultados de las encuestas. Para el cálculo del tamaño de la muestra que proporcione estos parámetros, es necesaria la desviación estándar del consumo. Para obtenerla se aplicó un muestreo piloto de 30 encuestas, preguntando cuál sería el consumo de un nuevo tipo de biocombustible (el biodiesel) obtenido de la palma africana y mezclado con diesel. La encuesta se aplicó a personas que actualmente manejan vehículos. La aceptación obtenida fue que la media de este potencial consumo es del 70% de la muestra con una desviación estándar de 0.4795. Con estos datos, se calcula el tamaño de muestra para aplicar la encuesta:

Nivel de confianza:	95%
Error:	5%
Desviación estándar:	0.4795

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{E^2}$$

$$\frac{1.96^2 \times 0.4795^2}{0.05^2}$$

$$n = 353$$

Antes de aplicar la encuesta, es necesario estratificar. La encuesta pretender estimar el consumo potencial de un nuevo biocombustible, biodiésel, en una población acostumbrada a utilizar combustibles fósiles en sus automóviles, especialmente gasolina super y extra. El diesel más bien es utilizado por camiones, buses urbanos e intercantonales, y algunos vehículos adaptados a utilizar este combustible. Se sabe que aproximadamente 8% del parque automotor de la ciudad de Quito utiliza diesel en sus vehículos[3], por lo que una primera estratificación es solo encuestar a las personas que actualmente usen diesel en sus vehículos ó, si bien no utilizan hoy en día diesel en sus automóviles, lo usuaria mezclado como biodiesel. Por otro lado, se sabe que no toda la población tiene capacidad económica para tener o comprar vehículos, por lo que se concluyó que todos los participantes en el estudio deberían pertenecer a familias que al menos tuvieran un ingreso de dos salarios mínimos (USD 400).

2.2 Cálculo del consumo potencial de biodiésel a partir de los resultados de la encuesta

Las preguntas iban encaminadas a cuantificar el consumo personal de biodiésel. En la pregunta 1 se tiene que el 22% de las personas no poseen actualmente vehículo alguno, por lo que no demandarían el producto propuesto en la actualidad. De acuerdo con el último censo de población[4], el cantón Quito cuenta con 1’839,853 habitantes, de los cuales 1’188,684 son mayores de edad. De estás, un 32% no percibe un ingreso mayor a dos salarios mínimos mensuales; es decir, los posibles consumidores de biodiesel, tomando en cuenta que sólo el 20% poseen vehiculos que consumen diésel son:

$$1'188{,}864(1 - 0.32)\ (1 - 0.22)\ (1 - 0.20) = 504{,}459$$

Con los datos primarios recabados en el Anuario de Transportes 2005, se sabe que en la ciudad de Quito existen 301.558 vehículos para la población mayor de 18 años de edad. Aplicando una simple regla de tres, el consumo potencial de biodiesel por vehículo es de:

$$x = \frac{301{,}558 \times 504{,}459}{1'188{,}684}$$

$$x = 127{,}977$$

3.1 DEFINICIÓN Y ESPECIFICACIONES DEL BIODIÉSEL

Se denomina Biodiésel (metil-ester de ácidos grasos), al producto resultante de la reacción química entre los ácidos grasos, principalmente de los aceites vegetales con alcoholes como el metanol o el etanol. El proceso se llama químicamente: transesterificación.

El Biodiésel sustituye como combustible limpio y renovable a los derivados del petróleo, concretamente al Diesel y lo hace con ventaja ecológica ya que reduce las emisiones de gases que provocan el efecto de invernadero. Así, por ejemplo, el uso de una tonelada de Biodiésel, evita la producción de 2.5 toneladas de

[3] Anuario de Transportes 2006, INEC

[4] VI Censo de Población y V de Vivienda 2001. INEC

dióxido de carbono (CO_2) y sobretodo elimina, si se usa el Biodiésel solo en los motores, las emisiones de azufre (SO_2) del Diesel, evitando las lluvias acidas; además, lo que es fundamental: es un combustible renovable y no finito como los hidrocarburos.

La producción mundial de Biodiésel en el lapso de 1996-2006 creció a un impresionante tasa del 28.5% anual, de 38 a 467 millones de galones, mientras la producción de Bioetanol creció a una tasa del 6.7% anual en el mismo periodo de tiempo, alcanzando en el año 2006, los 5 mil 770 millones de galones[5].

El Biodiésel es un combustible sustituto del gas-oil para motores diesel, el cual puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales) y metanol (el cual también puede ser producido a partir de residuos de la agricultura).

El biodiésel posee las mismas propiedades del combustible diesel empleado como combustible para automóviles, camiones, ómnibus y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diesel obtenido de la refinación del petróleo.

No es necesario efectuar ninguna modificación en los motores para poder emplear este combustible. Importantes fabricantes de vehículos europeos efectuaron pruebas con resultados satisfactorios en automóviles, camiones y ómnibus.

El biodiésel, desde el punto de vista de la inflamabilidad y toxicidad, es más seguro que el gas-oil proveniente del petróleo, no es peligroso para el ambiente y es biodegradable.

3.1.1 Propiedades del Biodiésel como combustible

El biodiésel tiene un desempeño en el motor comparable con el combustible diésel tradicional. Si bien es cierto que el biodiésel tiene un menor contenido calórico que el diésel, su estructura química le imprime algunas características particulares que lo posicionan como un combustible de alto desempeño. Estas son:

- Alto número de cetano
- Presencia de oxígeno en la molécula
- Alta capacidad lubricante
- Libre de azufre
- Libre de compuestos aromáticos

El buen desempeño del motor cuando se utiliza biodiésel depende de sus propiedades intrínsecas y de la calidad del producto; impurezas como residuos de agua, metanol, triglicéridos, diglicéridos y monoglicéridos pueden afectar la integridad y el comportamiento del motor

3.2 Fabricación industrial de biodiésel

La fabricación a nivel industrial no difiere a grandes rasgos con el proceso casero. Se trata de una reacción de transesterificación, al igual que antes, solo que con algunas pequeñas diferencias ya que se trabaja con más cantidad de producto, con maquinaria para automatizar el proceso y se busca una mayor eficiencia a lo largo de este.

Cada fábrica presenta una manera distinta de disponer sus instalaciones y realizar los diferentes pasos de la fabricación.

El proceso de elaboración del biodiésel, como ya hemos dicho, está basado en la llamada transesterificación de los ácidos grasos, utilizando un catalizador. En esta planta se sigue este proceso igual que siempre solo que se trabaja inicialmente con las oleaginosas, las cuales primero son convertidas en aceite y luego en biodiésel.

Descripción de la planta

La descripción de cada módulo de la planta es la siguiente:

a) Molino de aceite.

Los productos obtenidos son:

- Aceite vegetal crudo.
- Harina de alto contenido proteico.

El aceite crudo es posteriormente procesado, transformado en BIODIESEL y glicerol, y la harina se vende como alimento para animales, eventualmente después de un proceso de estabilización de enzimas y acondicionamiento.

b) Unidad de refinamiento y transesterificación.

Esta unidad produce el filtrado y remoción, catalítica o por destilación, de ácidos grasos libres. El producto es aceite vegetal refinado y sin ácidos, que constituye el material de alimentación para la unidad de transesterificación.

En esta etapa del proceso el aceite es transformado catalíticamente, mediante agregado de metanol o etanol con el catalizador previamente mezclado, en metil o etiléster y glicerol.

[5] Fuente: World Watch Energy Agency 2007.

c) Unidad de purificación y concentración de glicerol.

Consiste en una etapa de filtrado y purificación química, un equipo de concentración del glicerol, y el posterior almacenamiento del glicerol puro.

Proceso

El aceite con ácidos y gomas eliminados (parte refinada) se transforma en metil o etiléster por medio de un proceso catalítico de etapas múltiples, utilizando metanol o etanol (10% de la cantidad de aceite a ser procesado). El metiléster crudo se refina posteriormente en un lavador en cascada.

El aceite es inicialmente calentado a la temperatura de proceso óptima, y se agregan cantidades necesarias de metanol y catalizador. Luego de ser mezclado, el producto es transportado hacia dos columnas conectadas en serie. La transesterificación tiene lugar en esas columnas y la glicerina pura es liberada mediante decantación.

Los ésteres son lavados dos veces con agua acidificada. La glicerina obtenida es separada de los ésteres en pocos segundos, de ese modo es posible obtener biodiésel de muy alta calidad, el cual cumple con todos los requerimientos de las normas estándar americanas. El glicerol para ser utilizado debe ser refinado.

Refinamiento del glicerol

El proceso de transesterificación produce como subproducto derivado aproximadamente 10 % de glicerol. Este glicerol en bruto contiene impurezas del aceite en bruto, fracciones del catalizador, mono y diglicéridos y restos de metanol.

Con el objeto de venderlo en el mercado internacional debe ser refinado para llegar a la calidad del glicerol técnico o, con una posterior destilación, a la del glicerol medicinal (99,8%).

Descripción de la tecnología de la planta

La unidad de transesterificación incluye contenedores operativos de pre - almacenamiento para la materia prima, productos intermedios y fínales. El metanol, glicerol, producto derivado, y el metiléster terminados, son almacenados en el patio de tanques fuera de la planta.

La estructura principal del complejo comprende un edificio múltiple, que alberga el material operativo y las instalaciones de distribución de energía, ventilación central, laboratorio de producción, sala de monitoreo, instalaciones para el personal, etc.

Planta de transesterificación con proceso integrado de eliminación de gomas y ácidos.

Para grandes unidades y en el caso que se procesen semillas oleaginosas que tengan un alto contenido de ácidos grasos libres (como es el caso de la palma africana), se utilizan procesos convencionales de eliminación por destilación de gomas y ácidos libres. Los ácidos grasos separados pueden ser vendidos en el mercado internacional.

Con plantas más pequeñas se utiliza una unidad integrada donde la eliminación de gomas y ácidos tiene lugar por medio de un intercambio catalítico y un proceso de extracción por solventes.

La planta de transesterificación comprende aparatos y componentes convencionales utilizados en la ingeniería química. Debido a su categorización como líquido inflamable Clase B, el metanol requerido para la reacción se almacena en un tanque subterráneo. Desde aquí es bombeado a través de una tubería al reservorio de proceso en la planta. El aceite crudo es almacenado en tanques de procesamiento.

Después que se han calentado los dos componentes de la reacción, estos son suministrados a una columna de lecho fijo en la que tiene lugar la pre-esterificación a temperatura elevada. Siguiendo a la separación de la mezcla metanol/agua del aceite pre-eterificado en el separador, este es transesterificado con un catalizador homogéneo y un componente adicional de metanol en un proceso multietapa mediante un mezclador. Después de la transesterificación, el exceso de metanol es separado por evaporación y el calor de condensación del metanol es utilizado para calentar los conductos.

La mezcla de metiléster-glicerol se separa del glicerol crudo en un separador, antes de la posterior limpieza del metiléster adicional.

El metiléster limpio (Biodiésel) se recolecta como producto terminado en contenedores de fraccionamiento. Después de los análisis y aprobación, una bomba entrega el producto a un tanque de producto terminado fuera de la planta.

El metanol en exceso de la etapa de pre-esterificación se deshidrata en vacío y, como el metanol separado luego de la etapa de transesterificación, puede ser reprocesado para su reutilización en la reacción.

Hay zonas a prueba de incendios en determinadas partes de la planta de transesterificación debido a la presencia de metanol; al respecto se deben respetar las reglamentaciones pertinentes. El grado de riesgo se reduce eficientemente asegurando una relación de intercambio de aire de aproximadamente 8 en la sección de la planta correspondiente. Está provista de aparatos locales de limpieza de partículas por aspiración. El sistema de ventilación central se instala en el anexo de mantenimiento.

Descripción general de las Instalaciones

La sección de transesterificación se encuentra en un sector parcialmente abierto del recinto, que es la medida más adecuada para minimizar riesgos operacionales.

Como protección contra perdidas y para evitar riesgos de contaminación del suministro de agua, en algunos casos los componentes de la planta deben ser instalados en adecuados depósitos colectores herméticos.

La planta está provista de un depósito de homogenización y recolección, de forma tal que puedan ser desarrollados análisis de toxicidad antes de realizar la descarga a las cloacas públicas o propias de la planta.

El patio de tanques para depósito de líquidos inflamables y biodiésel se ubican fuera del edificio principal. En el área subterránea se encuentran los tanques de almacenamiento de metanol y etanol, debido al riesgo de incendio, y a nivel del terreno los tanques para el metil o etiléster.

La estación de bombeo para el llenado y las bombas de alimentación de la planta se anexan al patio de tanques.

3.2.1 Estimación de Módulo mínimo factible:

De acuerdo a los resultados del estudio de mercado realizado por las autoras del presente estudio, además de considerar los principales aspectos técnicos del procesamiento de biodiésel con aceite de palma, creemos que la planta ubicada en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados (Provincia de los Tsáchilas), debe tener una capacidad instalada de 100.000 litros/día, en régimen discontinuo, con 8 a 12 horas diarias de operación, según el crecimiento de la demanda.

Las demandas que satisface el módulo mínimo factible son:

- Tractor de 160 CV nominales operando a potencia máxima, consume 38 l/hora de biodiésel. Con este uso, se tendría que la producción diaria abastece algo más de cien tractores grandes por día de trabajo (24 horas) a potencia máxima
- Tractor de 65 CV nominales operando a potencia máxima, consume 17 l/hora de biodiésel. Con este uso, se tendría que la producción diaria abastece más de doscientos tractores pequeños por día de trabajo (24 horas) a potencia máxima
- Automotor (a diesel) en rendimiento promedio: 100 Km. con 8 l biodiésel. Con este uso, se tendría que la producción diaria abastece a 12 mil quinientos automóviles a diésel, recorriendo 100 Km. diarios cada uno.
- Transporte de pasajeros: 100 Km. con 35 litros de biodiésel. Con este uso, se tendría que la producción diaria abastece poco menos de 3.000 autobuses de transporte de pasajeros recorriendo 100 Km. diarios cada uno.
- Camión para transporte de cargas: 100 Km. con 35 litros de biodiésel. Con este uso se tendría que la producción diaria abastece poco menos de 300 camiones de transporte de cargas recorriendo 1.000 Km. diarios cada uno.

En el siguiente cuadro, se detallan los requerimientos de materia prima necesarios para la producción diaria estimada:

Tabla # 3.7
Requerimientos de materia prima

INSUMO	CONSUMO UNITARIO
Aceite de palma	91.000 Kg
Metanol	9.000 Kg
Soda cáustica	920 Kg
Acido sulfúrico	830 Kg
Agua de enfriamiento	1.770 m^3
Vapor (4 Kg/cm^2)	31.000 Kg
Energía eléctrica	4.425 Kwh

Elaborado por las Autoras

Los costos de producción, de acuerdo al cuadro anterior, se exponen a continuación:

Tabla # 3.8
Costos de producción estimados

INSUMO	CANTIDAD REQUERIDA	COSTOS UNITARIOS	COSTO DE PRODUCCIÓN (US$/m3 biodiesel)
Aceite de palma (tm)	91	$ 548,00	$ 49.868,000
Metano	9,000	0,35	3,150
Soda caústica	920	0,50	460,00
Acido sulfúrico	830	0,30	249,00
Agua de enfriamiento	1,770	0,09	159,30
Vapor (4 kg/cm)	31,000	0,01	310,00
Energia eléctrica	4,425	0,04	177,00
Mano de obra	1/		30,00
Amortización	2/		16,70
TOTAL			$ 54.420

Elaborado por las Autoras

La mano de obra directa (1/) tiene una incidencia poca significativa, ya que el módulo de 100.000 l/día podría ser operado con una dotación por turno de un técnico (estimado a US$ 500 mensuales) y tres operarios calificados para movimiento de materiales y servicios generales (estimado a US$ 250 mensuales cada uno), más personal administrativo y de comercialización.

La amortización directa (2/) contable típica a 10 años, para una inversión total estimada en equipos de US$ 500.000, con 300 días/año de operación efectiva (se restan domingos y un día por mes para limpieza y mantenimiento general).

4.1 INVERSIONES

4.1.1 Activos Fijos

Para iniciar la planta productora de biodiésel a partir del aceite de palma africana, se debe considerar la diversidad de inversiones que serán necesarias realizar, como la inversión en terreno, construcción e instalación de servicios.

El común denominador en la determinación del tamaño de una planta mediana es la flexibilidad y adaptabilidad en el diseño inicial, de manera que pueda hacerse frente a las condiciones fluctuantes del mercado y de los procesos de producción. En el caso de una mediana empresa como la propuesta, se estima un área de 650 m^2.

La inversión inicial, incluyendo los conceptos de terreno, construcciones e instalación de servicios es:

Cuadro # 4.1
Inversión Inicial

	VALOR	
	Cantidad m^2	Total (Dólares)
Terreno	650	1,300.00
Construcciones	600	190,350.00

Elaborado por las Autoras

Dentro de este rubro de inversión, no se ha considerado la inversión en capital de trabajo, que dependerá del nivel de operaciones previsto para la empresa.

A continuación presentamos la descripción del activo fijo, conjuntamente con su costo y su vida útil:

a) **Terreno:** El terreno a utilizar comprende un área de 325 m^2. La zona se ha cotizado en el cantón de Santo Domingo de los Colorados con un costo de USD 2 el m^2 y es conveniente por ser considerada una zona industrial en expansión.

b) **Edificaciones y obras civiles:** Estas obras se las ha calculado con una vida útil de 20 años, ya que pasado este período deberán ser renovadas; los costos de cada una de ellas se los podrá observar en el Anexo 2. Entre las construcciones para la implementación de la planta están:
   - **Oficinas:** Esta obra comprende el área administrativa de la planta, así como las de venta y mantenimiento. Tiene una extensión de 55 m^2, y cuenta con 3 oficinas principales, una secundaria y un laboratorio de control de calidad.
   - **Galpón:** Comprende un área de 350 m^2 que será utilizado para la instalación de las maquinarias de la planta procesadora de biodiésel de palma.
   - **Patio de tanques:** Comprende un área de 185 m^2 que servirá para instalar los tanques de almacenamiento del alcohol y aceite necesario para la fabricación del biocombustible.
   - **Bodega subterránea:** Posee un área de 185 m^2 donde estarán los tanques de metanol y etanol.
   - **Bodega de materia prima:** Comprende un área de 100 m^2 donde se almacenará todo el aceite de palma comprado y demás insumos imprescindibles para la elaboración del biodiésel.
   - **Comedor, vestidor y baños:** Considerándose un área de 25 m^2 para que los obreros de la planta puedan alimentarse, bañarse y vestirse.
   - **Estacionamiento:** Comprende un área de 100 m^2 para el parqueo temporal de los camiones de la empresa distribuidora y para el parqueo de los autos de los ejecutivos de la empresa.
   - **Cerramiento:** Por disposición municipal, todo el terreno debe disponer de un cerramiento, por lo que esta obra tendrá una extensión de 600 metros lineales.

El espacio de construcción es de 600 m^2, por lo que se ha tomado en consideración una futura ampliación de la planta procesadora.

c) **Materiales y Equipos:** En cuanto a la adquisición de maquinaria y equipo, usualmente se recurre a financiamiento bancario para cubrir esta inversión.
La justificación de la maquinaria y equipo para la planta procesadora de biodiésel de palma se encuentra en el capítulo técnico, por lo que a continuación mencionamos las máquinas y equipos necesarios para la elaboración del biocombustible.

Cuadro # 4.2
Inversión en Maquinara y Equipos

DENOMINACION	PRECIO	UNIDAD	TOTAL
Maquinaria y Equipos			
Mezclador estático	10,000	3	30,000.00
Contenedores de prealmacenamiento	5,000	3	15,000.00
Catalizador (reactor estético)	25,000	1	25,000.00
Reactor tubular	50,000	1	50,000.00
Unidad de destilación	35,000	1	35,000.00
Tanque de almacenamiento externo	10,000	6	60,000.00
Decantador continuo	15,000	1	15,000.00
Tanque de almacenaje interno	10,000	3	30,000.00
Bombas de succión	6,500	2	13,000.00
Sistema de ventilación central	3,000	1	3,000.00
Aparatos de limpieza por aspersión	300	10	3,000.00
Tubería central (metro lineal)	120	100	12,000.00
TOTAL			$ 291,000.00

Fuente: *Cotizaciones en Internet*
Elaborado por las Autoras

d) **Otros Equipos:** Estos equipos no son parte de la producción, sin embargo, son necesarios para el normal desenvolvimiento de la planta procesadora.

- **Computadora:** Se requiere dos computadoras con memoria RAM 256, disco duro 80 GB, monitor de 15 pulgadas, más una impresora-scanner-fax y un regulador de voltaje. La vida útil del equipo es de 5 años.
- **Extintor:** Se requiere tres extintores contra incendio para las instalaciones de la fábrica y las oficinas administrativas

e) **Muebles y Enseres:** Tienen una vida útil de 10 años; entre los muebles a utilizar están:

- **Muebles de oficina:** Comprende todos los muebles de madera y metal a utilizar
- **Archivador:** Se requiere uno de metal, el cual servirá para ordenar facturas, notas de ventas, ordenes de compra, etc.

f) **Equipo de Laboratorio:** Su vida útil es de 10 años, ya que continuamente se deberá renovar en técnicas adecuadas para realizar el control de calidad

A continuación, se presenta un resumen de la inversión inicial requerida:

Cuadro # 4.3
Plan de Inversión

Instalaciones	**191,350.00**
Terreno (650 m^2)	1,300.00
Oficinas administrativas (55 m^2)	13,200.00
Galpón de procesamiento (350 m^2)	63,000.00
Patio de tanques para depósito (185 m2)	33,300.00
Bodega subterranea (85 m2)	38,850.00
Galpón de Materia Prima (100 m^2)	15,000.00
Estacionamiento (50 m^2)	4,500.00
Comedor, baños (15 m^2)	4,500.00
Cerramiento	18,000.00
	191,350.00
Maquinaria y equipos	**291,000.00**
Mezclador estático	$30,000.00
Contenedores de prealmacenamiento	$15,000.00
Catalizador (reactor estético)	$25,000.00
Reactor tubular	$50,000.00
Unidad de destilación	$35,000.00
Tanque de almacenamiento externo	$60,000.00
Decantador continuo	$15,000.00
Tanque de almacenaje interno	$30,000.00
Bombas de succión	$13,000.00
Sistema de ventilación central	$3,000.00
Aparatos de limpieza por aspersión	$3,000.00
Tubería central (metro lineal)	$12,000.00
	291,000.00
Equipos Laboratorio	**5,000.00**
Muebles y Enseres	**5,000.00**
Equipos de Computación	**1,500.00**
Repuestos y accesorios	**29,100.00**
Extintores	**500.00**
Gasto de Puesta en marcha Maq.	**14,550.00**
Gasto de Constitución	**800.00**
Registro Sanitario	**200.00**
Capital de Trabajo	**699,223.94**
TOTAL INVERSIONES	**$1,238,509.544**

Elaborado por las Autoras

CAPM (Modelo de Valorización de Activos de Capital)

El CAPM tiene como fundamento central que la única fuente que afecta la rentabilidad de las inversiones es el riesgo de mercado, el cual es medido mediante β (beta), que relaciona el riesgo del proyecto con el riesgo del mercado.

Para el cálculo del CAPM, se tomó como referencia los bonos del tesoro de EE.UU. a 10 años, lo cual se basó en información publicada por la Superintendencia de Bancos en su página Web el 15 de enero del 2008, el cual es de 5.20%.

El riesgo del mercado se lo estima en 12.5%, que es el promedio de rentabilidad de las agroindustrias en el país, según reportes de la Superintendencia de Compañías, y publicado en la revista "Gestión".

Según información reciente[6], se calcula con un beta del 1.10, que es el estimado para industrias en el ramo de los biocombustibles. El riesgo país[7] se considera del 7.50% debido a que el cálculo no se lo realiza con el valor de los bonos ecuatorianos:

$$\mathrm{Re} = r_f + (r_m - r_f)\beta + \textit{Riesgo país}$$

Re = 5.20% + (12.5% - 5.20%) * 1.1 = 13.23%
CAPM = 13.23% + 7.50% = **20.73%**

Una vez calculado el CAPM, se debe estimar el Costo Capital Promedio Ponderado (CCPP).

4.5.3.2 CCPP (Costo Capital Promedio Ponderado)

Una vez que se ha definido el costo del préstamo (Kd) y la rentabilidad exigida al capital propio (Kp), debe calcularse una tasa de descuento ponderada (CCPP), el mismo que implica los dos factores en la proporcionalidad adecuada.

$$CCPP = (L)K_d(1-t) + (1-L)K_p$$

Donde:

Deuda / inversión:	L = 39%
% Deuda:	K_d = 9%
Impuestos:	t = 25%
% Patrimonio:	K_p = 20.73%

CCPP =15.25%

[6] www.yahoo/finance.com
[7] Boletín del mes de enero del Banco Central del Ecuador

4.5.3.3 Valor Actual Neto (VAN)
Así se tienen que los flujos de inversión y reinversión sumados a los flujos operacionales que genera el proyecto, evaluados en un horizonte de 10 años, a una tasa del 16.81% da como resultado un VAN positivo de **USD 3'163.341** ante lo cual se puede decir que es rentable implementar el Proyecto de Inversión de una planta productora de biodiésel obtenido a través del aceite de palma.

EVALUACIÓN SOCIAL

Dado que este proyecto piloto se ha realizado con el fin de beneficiar a la población quiteña con la producción y comercialización de un biocombustible amigable con el medio ambiente, más no solo para el beneficio de sus accionistas e inversionistas, se ha considerado de gran importancia realizar una evaluación social, para así corregir las imperfecciones del mercado, usando los correspondientes precios de eficiencia, sociales o sombra.

Cuadro # 5.1
Factores de Conversión para Ecuador

RUBRO	FACTOR DE CONVERSIÓN
Transferencias	0.00
Recursos domésticos	1.00
Divisas	1.05
Trabajo Calificado	1.00
Trabajo no calificado	0.15
Insumos importados	1.05
Energía	1.13
Combustibles	0.48

Fuente: *Banco del Estado (BEDE), 2006*
Elaborado por las Autoras

Estos factores de conversión afectan tanto el valor de los activos fijos importados (inversión inicial), como de los costos y gastos de mano de obra indirecta (trabajo calificado - ejecutivos), mano de obra directa (trabajo no calificado – operarios), combustibles, lubricantes, energía eléctrica y dinero invertido en el proyecto (capital de trabajo y financiamiento crediticio)

A continuación, se muestran los nuevos costos y gastos sociales totales del proyecto:

Los gastos fijos para el primer año serán de USD 79,628.14 (Anexo 11).

Los costos variables para el primer año serán de USD 7'425,552, mientras que para los otros años se irán incrementando a la tasa de crecimiento anual de la demanda estimada, o sea, al 4%.

Los gastos de publicidad se mantienen en USD 3,605 para todos los años. Los gastos financieros se incrementan al 1,05 en comparación con el flujo de caja privado por el uso de la divisa (financiamiento externo) en este proyecto.

En cuanto a la inversión, se incrementa el costo de los equipos importados y la inversión en capital de trabajo por el uso de la divisa (dólares americanos) en este proyecto y no en otra opción de inversión (costo de oportunidad). La inversión inicial se incrementa en USD 1'165,600.02

También es importante anotar que en el flujo de caja social (Anexo 12), no se considera el valor de la depreciación ni de la amortización de activos fijos y diferidos, respectivamente, dado que el fin último de estos, es la perdida contable de los activos para la disminución de impuestos al Estado y a los trabajadores.

Siendo el impuesto a la renta una mera transferencia de recursos de la empresa al Estado, tampoco se considera en el flujo social el pago de este impuesto, mas si el 15% de participación a los trabajadores, pues esto si representa un beneficio social real para los mismos, un ingreso adicional que les servirá para incrementar su calidad de vida.

Por último, tampoco se considera el Valor de Salvamento, puesto que en muchos casos esta valor "infla" la rentabilidad de los inversionistas, y a la comunidad le interesa saber realmente que tan beneficioso sería el presente proyecto sin considerar un valor que incremente "ficticiamente" su rentabilidad, independientemente que la empresa continúe o no operando.

Con todas estas indicaciones en mente, se procedió a elaborar el Flujo de Caja Social.

5.1.1 TIR y VAN social

La TIR Social del proyecto es de 71.85%, mientras que el VAN Social del mismo, considerando una tasa de descuento social del 14%[8], es de USD 3'657,873 (Anexo 15)

BIBLIOGRAFÍA

CARSLTEIN, R. "El Biodiésel como solución Energética"

GARCÍA, J.; GARCIA, J. "Biocarburantes líquidos: biodiésel y bioetanol". Informe de Vigilancia Tecnológica.

SAPAG, N; SAPAG, R. Preparación, Formulación y Evaluación de Proyectos, Editorial McGraw Hill, 2004.

KOTLER, P. Dirección de Marketing – Edición del Milenio. Editorial Prentice Hall, 2001.

Revista GESTIÖN, Artículo: "Etanol, alternativa para el ambiente". Febrero de 2007 #152, Ecuador

INTERNET 1, 2007. http://www.eco2site.com

INTERNET 2, 2007. http://www.sica.gov.ec

INTERNET 3, 2007. http://www.inec.gov.ec

INTERNET 4, 2006. http://www.fedepalma.com.col

INTERNET 5, 2006. http://www.biodiesel-uruguay.com/

[8] SENPLADES – Secretaria Nacional de Planificación de Desarrollo