



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y
ECONÓMICA PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN COMPLEJO PRODUCTOR DE
MEZCLA DIÉSEL-BIODIÉSEL EN EL
CENTRO REFINADOR PARAGUANÁ**

Autor: Rodríguez Rivero, Gustavo Adolfo

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 871239



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE UN COMPLEJO PRODUCTOR DE MEZCLA
DIÉSEL-BIODIÉSEL EN EL CENTRO REFINADOR PARAGUANÁ.**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Industrial

Autor: Rodriguez Rivero, Gustavo Adolfo

C.I.: V-20.220.136

Tutor: Ing. Jesús Izaguirre

San Diego, Febrero 2015



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Jesús Ernesto Izaguirre Flores portador de la cédula de identidad N° V-7.148.145, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Gustavo Adolfo Rodríguez Rivero, portador de la cédula de identidad N° V-20.220.136, titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN COMPLEJO PRODUCTOR DE MEZCLA DIÉSEL-BIODIÉSEL EN EL CENTRO REFINADOR PARAGUANÁ** presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los días del mes de Febrero del año dos mil quince.

Ing. Jesús Izaguirre.
C.I.: V-7148145

ÍNDICE

CONTENIDO	pp.
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
DEDICATORIA	x
RESUMEN INFORMATIVO	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance.....	6
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	8
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Metodología para la evaluación de los Proyectos de Inversión Pública.....	9
2.2.1.1 Identificar y definir los problemas y/o las necesidades.....	10
2.2.1.2 Establecer las restricciones.....	10
2.2.1.3 Generar las ideas o los proyectos de inversión....	10
2.2.1.4 Estimar los flujos monetarios de los proyectos....	11
2.2.1.5 Determinar la factibilidad económica o rentabilidad.....	13
2.2.1.5.1 Valor Actual.....	13
2.2.1.5.2 Tasa Interna de Retorno.....	14
2.2.1.5.3 Tasa Mínima de Rendimiento.....	15
2.2.1.6 Tomar la decisión de inversión.....	15
2.2.1.6.1 Selección entre proyectos mutuamente excluyentes utilizando el Valor Actual.....	15
2.2.1.6.2 Selección entre proyectos mutuamente excluyentes utilizando la Tasa Interna de Retorno.....	16
2.2.2 Biodiésel.....	16
2.2.2.1 Definición del Biodiésel.....	16
2.2.2.2 Ventajas del Biodiésel.....	16

	2.2.2.3 Desventajas del Biodiésel.....	17
	2.3 Definición de Términos.....	17
III	MARCO METODOLÓGICO	
	3.1 Tipo de Investigación.....	19
	3.2 Diseño de la Investigación.....	19
	3.3 Nivel de la Investigación.....	20
	3.4 Población y Muestra.....	20
	3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	21
	3.6 Fases Metodológicas.....	21
IV	RESULTADOS	
	Fase I: La realización de un estudio de mercado sobre el consumo de Diésel a nivel nacional.....	24
	Fase II: La realización de un estudio de factibilidad técnica del Complejo Productor de Biodiésel.....	33
	Fase III: Realización de un estudio organizacional, legal y ambiental de la propuesta.....	63
	Fase IV: La elaboración de un análisis económico-financiero de la propuesta.....	82
	Fase V: Tomar la decisión de cuál será el diseño a implementar.....	101
V	CONCLUSIONES	103
REFERENCIAS		105

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	pp.
1. Ficha técnica del Biodiésel B100 de acuerdo con la Norma ASTM D6751.....	25
2. Niveles de Consumo de Derivados del Petróleo, Gasolinas para Automóviles, Gasóleos y Destilados y Diésel Mediano.....	28
3. Niveles de Consumo de Derivados del Petróleo, Gasolinas para Automóviles, Gasóleos y Destilados y Diésel Mediano, estimados para el periodo de estudio.....	31
4. Estudio de Mercado.....	32
5. Constante de Proporcionalidad Anuales.....	34
6. Plan de Producción.....	36
7. Cantidad de materia prima necesaria para producir 1 tonelada de Biodiésel a partir de aceite de palma.....	47
8. Cantidad de materia prima necesaria para cumplir con el plan de producción de la alternativa de aceite de palma.....	48
9. Servicios necesarios para producir 1 tonelada de Biodiésel.....	48
10. Servicios necesarios para cumplir con el plan de producción de Biodiésel.....	49
11. Servicios necesarios para cumplir con el plan de producción de Biodiésel.....	49
12. Servicios básicos necesarios para cumplir con el plan de producción de Biodiésel.....	50
13. Resumen de requerimientos anuales de Materia Prima y Servicios para la alternativa basada en aceite de palma.....	50
14. Requerimientos de materia prima para un reactor (laguna) de cultivo de microalgas.....	51
15. Requerimientos Anuales de materia prima para la granja industrial de cultivo de microalgas.....	52
16. Resumen de requerimientos anuales de Materia Prima y Servicios para la alternativa basada en aceite de microalgas o biopetróleo.....	53
17. Listado de equipos y maquinarias para la alternativa basada en aceite de palma como materia prima.....	54
18. Listado de equipos y maquinarias para la alternativa basada en aceite de microalgas o biopetróleo como materia prima.....	55
19. Listado de equipos para la granja industrial y la extractora de biopetróleo a escalar.....	58
20. Listado de equipos para la granja industrial y la extractora de biopetróleo del CPB.....	58
21. Requerimientos de terreno para la granja industrial y la extractora de biopetróleo.....	60
22. Requerimientos de terreno para la granja industrial y la extractora de biopetróleo en hectáreas.....	60

23.	Distribución de empleados por turno en la Planta de Transesterificación.	74
24.	Distribución de empleados en la Planta de Transesterificación.....	74
25.	Distribución de Empleados en la Planta de Centrifugado.....	75
26.	Distribución de Empleados en la planta de espesamiento.....	76
27.	Distribución de Empleados en la planta de clarificación.....	76
28.	Tamaño de las Jurisdicciones de cada empleado de la Granja Industrial..	77
29.	Distribución de Empleados en la Granja Industrial.....	77
30.	Resumen de Fuerza laboral necesaria para la alternativa basada en el uso de aceite de palma como materia prima base.....	78
31.	Resumen de Fuerza laboral necesaria para la alternativa basada en el uso de biopetróleo o aceite de microalgas como materia prima base.....	79
32.	Inversión necesaria para la granja industrial, la planta de clarificado, de espesamiento y extractora de biopetróleo.....	84
33.	Tabulador del Contrato Colectivo mensual para el CPB (en Bs. F.) para el año 2016.....	86
34.	Costo total de nómina mensual para el año 2016 por alternativa.....	87
35.	Resumen de costo total de nómina mensual por año de estudio por alternativa.....	88
36.	Resumen de costo total de nómina anual por año de estudio por alternativa.....	88
37.	Costos unitarios de materias primas y servicios para la alternativa basada en aceite de palma para el año 2016.....	89
38.	Costos unitarios de materias primas y servicios para la alternativa basada en biopetróleo o microalgas para el año 2016.....	90
39.	Costos de materias primas y servicios para la alternativa basada en aceite de palma para el año 2016.....	91
40.	Costos de materias primas y servicios para la alternativa basada en biopetróleo o microalgas para el año 2016.....	91
41.	Resumen de costos variables anuales para las alternativas.....	92
42.	Precios de venta unitarios para los productos de ambas alternativas para el año 2016.....	93
43.	Beneficio por productos para el año 2016.....	93
44.	Resumen de Beneficios anuales para las alternativas.....	94
45.	Flujos monetarios para la alternativa basada en el uso de aceite de palma como materia prima base.....	95
46.	Flujos monetarios para la alternativa basada en el uso de aceite de palma como materia prima base.....	96
47.	Estimación del Tiempo de Pago para la alternativa basada en el uso del aceite de palma como materia prima base.....	100
48.	Estimación del Tiempo de Pago para la alternativa basada en el uso del biopetróleo o aceite de microalgas como materia prima base.....	100
49.	Resultados del análisis de sensibilidad de ambas alternativas.....	101
50.	Resumen de Indicadores de Rentabilidad para ambas alternativas.....	102

IDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO	pp.
1. Gráfico de comportamiento de la cantidad demandada de Derivados del Petróleo.....	29
2. Gráfico de comportamiento de la cantidad demandada de Gasolinas para Automóviles.....	29
3. Gráfico de comportamiento de la cantidad demandada de Gasóleos y Destilados.....	30
4. Diagrama General del Proceso Productivo del Biodiésel.....	36
5. Flujograma del Proceso Productivo para la alternativa empleando el aceite de palma como materia prima.....	39
6. Diagrama de Proceso para la producción de Biodiésel para la alternativa empleando aceite de palma como materia prima.....	40
7. Flujograma del Proceso Productivo para la alternativa empleando el aceite de microalgas como materia prima.....	43
8. Diagrama de Proceso para el cultivo de microalgas y extracción de biopetróleo.....	45
9. Distribución en Planta de la alternativa basada en Aceite de Palma.....	61
10. Distribución en Planta de la alternativa basada en Biopetróleo o Aceite de Microalgas.....	62
11. Organigrama de las alternativas basadas en Microalgas.....	64
12. Organigrama de la alternativa basada en Aceite de Palma.....	65

DEDICATORIA

A mis padres por ser los mejores profesores que pueden existir, al inculcarme todos los valores que debe tener un buen ser humano y sobre todo un buen venezolano; por siempre apoyar mi insaciable curiosidad y estar ahí para ayudarme a retomar el curso.

A mis abuelas por ser mis segundas madres, soportar todas mis ocurrencias de pequeño, siempre con una sonrisa en su rostro y con un plato de comida en la mesa.

A mi Tía Coco, colega ingeniero, por hacer el papel de madre durante el difícil momento que fue en mi vida el tratamiento del cáncer de mi madre.

A mis abuelos, por ser un ejemplo a seguir en mi vida, a pesar de su temprana partida de este mundo, sus historias, contadas por familiares y amigos, los mantienen a mi lado.

A mis tíos, tías, primos y primas, por su apoyo incondicional, su interminable cariño y su diluvio de buenos deseos.

A la Sra. Alicia, mi tercera abuela.

A Nancy Leonardi, más que una profesora otra tía y una hermana.

A esa banda de leales desadaptados a los que llamo amigos, por hacer entretenidas las interminables horas de espera entre clases, ustedes condenados hermanos míos saben bien quienes son.

Nuevamente a mi madre por ser el ejemplo al que siempre menciono cuando hablo de una guerrera.

Y finalmente a la memoria de mi querida prima Adriana; aunque hayas perdido la última batalla contra la hidra de la Leucemia, siempre estarás en mi corazón como mi heroína en brillante armadura.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN COMPLEJO PRODUCTOR DE MEZCLA DIÉSEL-BIODIÉSEL EN EL CENTRO REFINADOR PARAGUANÁ.

Autor: Rodríguez Rivero, Gustavo Adolfo

Tutor: Ing. Jesús Izaguirre

Fecha: Febrero 2015

RESUMEN INFORMATIVO

En el presente proyecto, tiene como objetivo generar una propuesta para la expansión del Centro Refinador Paraguaná con la construcción de un Complejo Productor de Biodiésel, con tecnología de punta; para que sea capaz de producir mezcla Diésel-Biodiésel, entre las categorías B6 y B20; entiéndase B6 como mezcla de Diésel-Biodiésel con 6% de Biodiésel y B20 como mezcla con 20% de Biodiésel, la razón de este intervalo tan específico, es porque es la cantidad de Biodiésel que puede consumir un motor Diésel sin necesidad de recibir modificaciones, debido a que el Biodiésel es un mejor lubricante y su combustión es más completa y eficiente, que el Diésel tradicional. La siguiente investigación es un proyecto de factibilidad económica, basada en investigación documental e investigación de campo, y con un nivel descriptivo, con una metodología cuantitativa, se aplicara la Revisión documental y la Entrevista.

Descriptores: Biodiesel, Mezcla Diésel-Biodiésel, Producción en masa.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la civilización, la ingeniería ha sido el motor que ha impulsado el desarrollo de la humanidad, permitiéndole sortear cualquier obstáculo que se le ha interpuesto, permitiéndole florecer en los lugares más inhóspitos del planeta y contra cualquier pronóstico, llegando a apaciguar a la naturaleza misma; después de todo es la expresión de aquello que le da su nombre, el ingenio humano; alimentada por el mantra de que existe una forma más efectiva, un mejor método, un “¿Por qué no?”. Con el paso de los años se fue diversificando, conforme era la necesidad de la sociedad, generando un sin fin de especialidades distintas, a tal punto que una sociedad moderna no puede sobrevivir sin la ingeniería o realizar ninguna actividad sin su intervención directa o indirecta; los ingenieros son los encargados de que la civilización no se detenga en el largo camino al progreso.

Sin embargo el progreso ha venido a un costo muy alto para el planeta, después de cerca de dos siglos de era industrial, hemos herido bastante al planeta; uno de los principales culpables de esto son es la ingeniería, por lo que es hora de aceptar la responsabilidad y tomar las riendas del progreso para llevarlo por la vía de la sustentabilidad y reparar el daño hecho por tantos años de desconocimiento.

El siguiente trabajo de investigación, refleja un proyecto de factibilidad para una propuesta con la que se busca llevar a una de las industrias más grandes y principal responsable de la problemática ambiental actual por el camino de la sustentabilidad, cambiando progresivamente su modelo productivo; a su vez también podría implicar el cambio de modelo económico de todo un país, este país, Venezuela.

Para la estructuración parcial de esta investigación se desarrollaran 4 capítulos.

El Capítulo I, El Problema; se plasma el planteamiento del problema, el cual define el contexto y problemática que busca atacar la investigación; la formulación del problema, que plantea la interrogante que busca responder la investigación, de donde se desarrollaran como respuesta un objetivo general y una serie de objetivos específicos.

El Capítulo II, El Marco Teórico; comprenderá los antecedentes que influyen o contribuyen a la presente investigación; las bases teóricas que definen y respaldan el objetivo de la investigación; y por último los términos básicos que expanden y ayudan a la comprensión de la investigación.

El Capítulo III, El Marco Metodológico; en donde se detalla la naturaleza de la investigación, se define su tipo, nivel y el diseño de la misma, así como la metodología utilizada para la recopilación de datos necesarios para el trabajo, y por último la explicación de las fases metodológicas de los procesos a realizar.

Para finalizar, el Capítulo IV, Resultados; en este capítulo se muestran los resultados obtenidos por la investigación, ensamblándolos en varias propuestas de soluciones para la problemática descrita.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Hoy en día uno de los temas que está en el foco de atención de la población global es el costo que ha tenido el desarrollo tecnológico de las sociedades al planeta; la forma en la que el último siglo de actividad humana ha deteriorado el equilibrio dentro de los ecosistemas. Toda una civilización basada en la tecnología de combustibles fósiles, cuya baja eficiencia al momento de transformarse en energía y sus emisiones, causan un alto impacto ambiental el cual ha sido ignorado por generaciones y que lamentablemente la generación actual está comenzando a pagar las consecuencias, al verse obligada a buscar formas de reducir o detener el deterioro del planeta. Aunque son pocos los que están trabajando activamente en buscar soluciones, ellos trabajan contra los intereses económicos y políticos de corporaciones, países y contra una sociedad acostumbrada a la comodidad y asequibilidad del fluido mágico que simplemente debe verterse en el tanque de la máquina, haciendo que esta simplemente funcione, sin mostrar ningún efecto negativo a simple vista en los alrededores; cuando en la realidad esto pasa desapercibido, llevándose a cabo a un nivel microscópico, pero que irónicamente afecta en una escala global.

En este ámbito han comenzado a emerger alternativas a los combustibles fósiles, las cuales disminuyen o eliminan los efectos nocivos para el planeta; pero el principal problema de muchas de estas alternativas no es su costo, producción o viabilidad sino una incompatibilidad con la tecnología y la infraestructura actuales, lo cual las hace básicamente inutilizables en la práctica, puesto que se requiere de un reemplazo significativo o total de la

tecnología que circula en la actualidad. Aunque una de estas alternativas resalta sobre las demás por su compatibilidad con la tecnología actual, el Biodiésel; un combustible que se obtiene a partir del aceite vegetal o grasas animales y cuya característica principal, de acuerdo a un sin fin de investigadores y expertos, es que las emisiones de gases nocivos, por su combustión, son la mitad de la de su hermano fósil, el Diésel; y con la ventaja añadida de que la tecnología de motores diésel puede trabajar con una mezcla de ambos sin necesitar modificaciones, lo que lo diferencia de cualquiera de las otras fuentes alternativas y actualmente, en algunos países del mundo, es utilizado en pequeñas proporciones como un aditivo del Diésel.

El problema con el Biodiésel, es que se vive una época en que varios lugares del globo existen situaciones de hambruna y al ser producido a partir de aceite vegetal, no se puede pretender quitarles a esos pueblos sus fuentes de alimento para producir combustible; disminuyendo significativamente la disponibilidad de materia prima para su elaboración. Por otro lado, se puede convertir en Biodiésel el aceite vegetal de cualquier cultivo utilizado para este fin, si se combina esta característica aparentemente positiva con la dificultad de obtención de materia prima, se ve que, en un mismo país se encuentra que se utilizan distintos cultivos para su elaboración; cada uno de estos cultivos con una tasa de eficiencia de obtención de Biodiésel distinta, en algunos casos altas pero en otros no tanto.

Ahora bien; Venezuela, como país petrolero, tiene un responsabilidad directa sobre la situación actual del planeta, por lo que está obligada a soportar o trabajar, en el desarrollo de tecnologías producción de combustibles alternativos para mitigar los efectos de su actividad económica mientras ocurre la transición tecnológica necesaria; adicionalmente si dicho desarrollo ocurre dentro de las fronteras del país, se puede convertir en una actividad económica importante y relevante para la maltrecha economía nacional y una importante fuente de trabajo e ingresos que requiere la república. Aunque eso sería en un

futuro, por el momento se buscaría satisfacer el mercado nacional, y la producción excedente sería exportada para financiar los desarrollos internos necesarios.

Por tal motivo, la presente investigación busca desarrollar un estudio en el cual se indague en la producción de Biodiésel y todos los requerimientos necesarios para adaptar al Centro Refinador Paraguaná, el más grande monumento de la industria petrolera nacional, y habilitarlo para la que sea capaz de producir mezcla Diésel-Biodiésel, a escala suficiente como para que reemplace al Diésel tradicional en el mercado nacional.

1.2 Formulación del Problema

¿Qué factores se deberán tomar en cuenta para determinar la factibilidad técnica y económica de una expansión del Centro Refinador Paraguaná para habilitar la producción de mezcla Diésel-Biodiésel, mediante la construcción de un Complejo Productor de Biodiésel, capaz de cubrir la demanda nacional de Diésel con dicha mezcla?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Estudiar la factibilidad técnica y económica para la construcción de un Complejo Productor de mezcla Diésel-Biodiésel en el Centro Refinador Paraguaná.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Realizar un estudio de mercado sobre el consumo de Diésel en el país.
- Estudiar la factibilidad técnica del Complejo Productor de Biodiésel.
- Realizar un Estudio organizacional, legal y ambiental de la propuesta.
- Realizar un análisis económico-financiero de la propuesta.
- Elegir el mejor diseño para la propuesta, de acuerdo a la información entregada por la investigación.

1.4 Justificación:

Adicionalmente de la responsabilidad moral que Venezuela posee sobre la situación ambiental presente del planeta, en su papel como país petrolero; se suma la situación ambiental nacional actual, con un parque automotor nacional muy anticuado y mal mantenido y un creciente parque de generación eléctrica basado en grandes generadores a Diésel, el nivel de emisiones de gases invernadero a la atmósfera es muy elevado, agreguemos la muy tardía adopción de los combustibles sin plomo y tenemos unos de los niveles más altos de riesgo ambiental del planeta, poniendo en peligro la extensa riqueza natural de la nación. Si a lo anteriormente dicho le agregamos el hecho de la situación económica venezolana actual, se pone al país en la necesidad de buscar fuentes alternativas de flujo de divisas para poder mantener y recuperar la economía nacional; siendo una nación que vive de la comercialización de la energía, el desarrollar un combustible alternativo, para el consumo interno, le permite exportar una mayor cantidad de combustible fósil, que no se consumiría en el mercado nacional, por lo que al corto plazo aumenta el flujo de divisas extranjeras. La flexibilidad de algunas tecnologías a investigar para algunos elementos de la propuesta podrían ser adaptados a otros propósitos, como el agroalimentario, que podrían ayudar a la nación a equilibrar su balanza de pagos, puesto que, ayudarían a desarrollar el motor productivo de la nación, aumentando drásticamente su eficiencia y magnitud.

1.5 Alcance

1.5.1 Conceptual:

Esta investigación busca plantear el diseño de un Complejo Productor de Biodiésel libre de los típicos cuellos de botella que han caracterizado históricamente a la producción del Biodiésel; si alguno de los elementos que deberían conformar el complejo no representa o posee dentro de sus procesos algún cuello de botella, para la producción de biodiésel, no se estudiara su factibilidad técnica, puesto que se supone demostrada por los ejemplos que

puedan existir a nivel nacional o internacional de dicho elemento (a desarrollar en el contenido de la investigación); estos elementos son, una granja industrial, una planta elaboradora de aceite vegetal y una planta refinadora de Biodiésel.

1.5.2 Limitaciones:

Las principales limitaciones para la realización de esta investigación podrían llegar a ser el acceso a la información, debido a la historia reciente de secretismo en cuanto a las actividades de Petróleos de Venezuela, S.A. por parte de la administración y gerencia de la organización. Otra posible limitación podría ser el acceso a financiación y recursos para la realización y aplicación de la propuesta, debido a la crisis de liquidez que sufre la organización.

CAPÍTULO II

EL MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

“Diseño preliminar de un Proceso de Deshidratación para la producción de 3.600 BPD de Etanol Anhidro”, es un trabajo de grado por Francisco Absalon Romero Guerra del año 2007, con el cual opto para el título de Ingeniero Químico en la Universidad de Oriente; en el cual desarrolla un proceso para la producción de Etanol Anhidro para ser utilizado como aditivo en la gasolina en el país; al igual que la presente investigación, es presentado como una propuesta para Petróleos de Venezuela, la diferencia está en que solo propone el diseño del proceso no plantea el diseño de la planta productora, cosa que si hace la presente investigación.

“Análisis de viabilidad técnica y económica de implantación de un sistema de obtención de biocombustibles a partir de aceite usado”, es un trabajo de grado por Rubén Montesinos López del año 2012, con el cual opto al título de Ingeniero Industrial en la Universidad Carlos III de Madrid; en el que realiza un estudio Técnico Económico extremadamente extenso y detallado donde plantea un sistema de recolección y procesamiento de aceites usados para posteriormente producir biodiésel, es una investigación que comparte el mismo objetivo de la presente investigación, que es el comercializar biodiésel, pero lo que diferencia a la investigación actual con esta investigación, es primero las escalas de los elementos del proyecto, y segundo que la presente investigación busca ser autosuficiente en cuanto a la obtención de aceite para la producción de biodiésel, mientras que esta investigación depende de que los habitantes de la ciudad le proporcionen con dicha materia prima, lo cual no es una fuente continua y confiable.

“Estudio Técnico Económico para la producción de Biodiésel a partir de Algas”, es un trabajo de grado por Pablo Julián Osorio Campusano del año 2008, con el cual opto para el título de Ingeniero Civil en Biotecnología e Ingeniero Civil Químico en la Universidad de Chile; en el que realiza un estudio Técnico Económico muy completo para el diseño de una clase de granja industrial para el cultivo de algas a ser usada para la producción de mezcla Diésel-Biodiésel; es una investigación muy parecida a la investigación actual, pero lo que diferencia a la investigación actual de esta otra investigación, es que la presenta investigación está diseñada como un proyecto de expansión de un complejo industrial ya existente, mientras que este antecedente está diseñado para la inversión privada.

“Viabilidad técnica y económica de la implementación de una planta de producción de biodiésel” es un trabajo de grado por Sebastián Iván Pedrero Quiñones, con el cual opto por el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, es un estudio Técnico Económico similar al presentado en la presente investigación, pero con la principal diferencia entre ambos radica en las materias primas básicas estudiadas para el proceso.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Metodología para la evaluación de los Proyectos de Inversión Pública

De acuerdo con Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001), la metodología general a seguir para la evaluación de los Proyectos de inversión, sigue los siguientes pasos:

- a. Identificar y definir los problemas y/o las necesidades.
- b. Establecer las restricciones.
- c. Generar las ideas o los proyectos de inversión.
- d. Estimar los flujos monetarios de los proyectos.
- e. Determinar la factibilidad económica o rentabilidad.
- f. Tomar la decisión de inversión. (p. 16).

Vale la pena destacar que los primeros tres pasos no son inherentes a la evaluación de los Proyectos de Inversión, sino a su elaboración, aunque deben

ser incluidos en la metodología, puesto que son la fuente de información para los pasos que son propiamente para la evaluación del proyecto.

2.2.1.1 Identificar y definir los problemas y/o las necesidades

Según Giugni, Etedgui, Gonzalez y Guerra (2001), esta etapa comprende el reconocimiento o identificación de situaciones anormales que puedan llevar a incumplimiento de patrones o estándares previamente establecidos, de necesidades no satisfechas del mercado, y aquellos elementos inherentes a los sistemas de producción en los cuales puede ser introducido un mejoramiento tecnológico; esto con el fin de establecer claramente objetivos que se pretenden seguir. (p.16).

2.2.1.2 Establecer las restricciones

Según Giugni, Etedgui, Gonzalez y Guerra (2001), “Este paso implica el establecimiento de las restricciones o limitaciones existentes, ya sean de orden técnico, social o económico.” (p. 16) adicionalmente definen a estas restricciones como “todo lo cual se traduce en una delimitación de las soluciones posibles al problema”. Algunos ejemplos podrían ser, niveles de calidad, niveles de producción, niveles de beneficio mínimo exigido, etc.

En esta etapa se suele utilizar como fuente de datos los estudios de mercado o los estudios técnicos.

2.2.1.3 Generar las ideas o los proyectos de inversión

De acuerdo con Giugni, Etedgui, Gonzalez y Guerra (2001):

La generación de proyectos surge de la necesidad de alcanzar el objetivo que se ha fijado en la primera etapa o de identificación del problema y, consiste en la propuesta o planteamiento de las soluciones técnicas al problema en concordancia con las restricciones establecidas. (p. 17)

No existe una forma única de alcanzar un objetivo, estos se pueden alcanzar a través de distintas vías, y de todas ellas debemos elegir las que más convengan desde el punto de vista económico, sin dejar de prestarle atención a

la conveniencia o factibilidad técnica del mismo; ya que primero deben satisfacerse las restricciones establecidas en la etapa anterior.

Según Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001), el generar las ideas o los proyectos de inversión, es una actividad que se engloba dentro de los aspectos técnicos asociados al proyecto como tal, y depende tanto de la información disponible para el investigador como del conocimiento y la experiencia de este, sobre el problema tratado. (p. 17)

2.2.1.4 Estimar los flujos monetarios de los proyectos

Esta etapa es el primer paso, propiamente dicho en metodología para la evaluación de los proyectos de inversión, o el primero de los aspectos económicos.

De acuerdo con Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001), una vez que se han realizado el estudio de mercado y todos los aspectos técnicos de las distintas propuestas o proyectos de inversión, se pasa a estimar los costos y los ingresos a consecuencia de la implantación y operación del proyecto. Entiéndase que, el poner en marcha un proyecto conlleva una serie de consecuencias que se pueden expresar en términos monetarios las cuales ocurrirán a lo largo del periodo de operación del proyecto. Siendo algunas de estas consecuencias fuentes de salida de dinero (costos) y otras de entrada (ingresos). Ambos representando o contribuyendo con los flujos monetarios del proyecto. (p. 18).

Entonces según Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001), la estimación de estos flujos monetarios se refiere “a la determinación por anticipado de esos costos e ingresos” (p. 18).

La realización de estas estimaciones es llevada a cabo mediante distintas técnicas, que depende de múltiples factores como lo son; el elemento a ser estimado, el tipo de empresa, cantidad de información, etc.

Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001), dicen que la estimación es un problema tan específico de cada variable que no puede establecerse un

patrón que pueda ser aplicado a estas. Algunas de las técnicas que mencionan para la realización de una estimación son, la regresión lineal, el promedio móvil, la simulación, la armonización exponencial, etc.

También hablan de que en la estimación de costos e ingresos debe dársele un papel muy importante a los sucesos futuros y a sus relaciones con los datos pasados; con la finalidad de darle una utilización adecuada a la información recolectada. (p. 19).

Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001), clasifican las fuentes de información en clases, los medios internos, o pertenecientes a la organización, y los medios externos, que son ajenos a la organización. Entre los medios internos podemos encontrar, estadísticas de ventas, de producción, de inventarios, de control de calidad, de compras, de mantenimiento, estados financieros, evaluaciones de trabajo, estudios de tiempo, etc. Mientras que en los medios externos podríamos encontrar con informes y boletines gubernamentales, catálogos de fabricantes y distribuidores de máquinas y herramientas, revistas bancarias, etc.

El resultado de una estimación se puede expresar, para cada variable en forma de:

- Un valor único.
- Un intervalo.
- Un conjunto de valores con una función de probabilidad conocida.
- Un conjunto de valores a los cuales no es posibles asociar una función de probabilidad conocida.

Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001), aclaran que rara vez los flujos monetarios de las inversiones son valores constantes, ya que estos son estimados en base a eventos futuros que están sujetos a variaciones e incertidumbre. (p. 20).

2.2.1.5 Determinar la factibilidad económica o rentabilidad

Según Giugni, Etedgui, Gonzalez y Guerra (2001), la factibilidad económica o rentabilidad, “es un modelo o indicador que permite conocer de manera anticipada el resultado global de la operación de un proyecto, desde el punto de vista económico” (p. 20); también dicen que para poder comparar distintos proyectos, ya calculados los costos y beneficios asociados a cada uno de ellos, se debe resumir dicha información para poder representar y apreciar el atractivo de cada uno; de allí la importancia del determinar la rentabilidad en los estudios económicos. Continúan explicando que como todo indicador de eficiencia que relaciona los recursos utilizados en el proceso con la producción obtenida, los indicadores en los modelos de rentabilidad se relacionan los costos con los ingresos, buscando cuantificar posibles beneficios o pérdidas. (p. 20)

En lo que respecta a la presente investigación, Giugni, Etedgui, Gonzalez y Guerra (2001), y el tutor académico de este proyecto, recomiendan la utilización de los indicadores de rentabilidad del Valor Actual y la Tasa Interna de Retorno.

2.2.1.5.1 Valor Actual.

Giugni, Etedgui, Gonzalez y Guerra (2001), definen al Valor Actual como:

El valor actual expresa la rentabilidad de un proyecto de inversión en forma de una cantidad de dinero en el presente ($t=0$), que es equivalente a los flujos monetarios netos del proyecto a una determinada tasa mínima de rendimiento. (p. 91)

La siguiente formula representa al valor actual:

$$VA_{(i)} = \sum_{t=0}^n F_t(P/S_{i,t})$$

Dónde:

$VA_{(i)} = \text{Valor Actual del proyecto}$

$F_t = \text{Flujo Monetario del Año } t$

$i = \text{tasa mínima de rendimiento en porcentaje}$

$n = \text{Tiempo de vida del proyecto}$

$(P/S_{i,t}) = \text{Factor de actualización}$

Por lo que se puede decir de que el valor actual es una función de los flujos monetarios netos, de la vida y de la tasa mínima de retorno del proyecto; a su vez los flujos monetarios netos dependen de los costos e ingresos asociados al proyecto, por lo tanto:

$$VA_{(i)} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0$$

Entonces se puede decir que:

$VA_{(i)} > 0$ los ingresos del proyecto superan a los costos del mismo, incluyendo la exigencia de la tasa mínima de retorno, generando un beneficio mayor al exigido.

$VA_{(i)} = 0$ los ingresos y los costos del proyecto, incluyendo la exigencia de la tasa mínima de retorno, son igual, razón por la cual el proyecto genera un beneficio igual al mínimo que se le exige.

$VA_{(i)} < 0$ los ingresos del proyectos no son suficientes para cubrir a los costos del mismo, incluyendo a la exigencia de la tasa mínima de retorno; lo que hace que el proyecto reporte una pérdida.

Por lo tanto, de acuerdo con Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001), se considera que un proyecto de inversión es rentable cuando:

$$VA_{(i)} \geq 0$$

2.2.1.5.2 Tasa Interna de Retorno

Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001) definen a la Tasa Interna de retorno como un indicador que expresa el beneficio neto anual que se obtiene

de un proyecto en relación con la inversión pendiente por recuperar al comienzo de cada año; esta relación se suele expresar en tanto por ciento y representa el interés anual que genera la inversión; lo que quiere decir que la Tasa Interna de Retorno representa las ganancias reales de un proyecto.

Ahora bien para poder concluir que un proyecto es rentable desde el punto de vista de la Tasa Interna de Retorno, se tiene que:

$$i^* \geq i$$

Dónde:

$i^* = \text{Tasa Interna de Retorno}$

$i = \text{Tasa mínima de Rendimiento}$

2.2.1.5.3 Tasa Mínima de Rendimiento

Según Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001), la tasa mínima de rendimiento es definida por cada empresa y representa la menor cantidad de dinero que se espera obtener como rendimiento de un capital puesto a trabajar de manera de poder cubrir los compromisos del costo de capital. También indican que usualmente dentro de la tasa mínima de rendimiento, además del costo de capital, se incluye el efecto de otros elementos, como el riesgo de las inversiones en el país, la disponibilidad del capital de inversión, entre otros, lo que hace que su valor sea mayor al costo de capital.

2.2.1.6 Tomar la decisión de inversión

2.2.1.6.1 Selección entre proyectos mutuamente excluyentes utilizando el Valor Actual.

Como lo indica el título, este método de selección es utilizado cuando se debe elegir entre varios proyectos que son mutuamente excluyentes, es decir que la realización o implementación de uno evita la realización o implementación del otro.

Según Giugni, Ettetdgui, Gonzalez y Guerra (2001), en este método “según el criterio de maximización de los beneficios la mejor alternativa es la

de mayor valor actual” (p. 138), y en este caso el procedimiento que se utiliza se reduce a:

- a) Calcular el Valor Actual de cada una de las alternativas.
- b) Seleccionar la de mayor Valor Actual.

2.2.1.6.2 Selección entre proyectos mutuamente excluyentes utilizando la Tasa Interna de Retorno.

De acuerdo con Giugni, Etedgui, Gonzalez y Guerra (2001) en este caso se sigue el mismo procedimiento que como cuando se toma la decisión empleando el Valor Actual, con la diferencia de que en lugar de calcular el Valor Actual se calcula la Tasa Interna de Retorno y se selecciona el proyecto con la mejor Tasa Interna de Retorno.

2.2.2 Biodiésel.

2.2.2.1 Definición de Biodiésel.

Las especificaciones ASTM (American Society For Testing and Material Standard) lo define como “ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales”, de acuerdo con Nelson (2009), esto quiere decir que es un combustible alternativo obtenido a partir de grasa animal o aceite vegetal que ha sido procesado químicamente para extraerle la glicerina. Hay que hacer la acotación de que, de acuerdo con la familia de normas ASTM D6751, solo recibe el nombre de Biodiésel un combustible de clasificación B100, lo que se traduce como Biodiésel puro; si se trata de una mezcla Diésel-Biodiésel este será llamado Diésel y será acompañado por la denominación que indique el porcentaje de Biodiésel en la mezcla; por ejemplo “Diésel B5” lo que indica que estamos frente a una mezcla Diésel-Biodiésel con un 5% de Biodiésel en ella.

2.2.2.2 Ventajas del uso del Biodiésel.

Dentro de las ventajas que presenta el Biodiésel combustible, tenemos que en primer lugar es un combustible renovable si se maneja correctamente la

producción y las fuentes de materia prima; segundo es biodegradable, debido a que no presenta residuos de forma prolongada en los sistemas naturales; tercero, reduce significativamente los niveles de emisiones de CO_2 cuando se usa como combustible puro o como aditivo, adicionalmente cuando es usado como aditivo aumenta la lubricación del Diésel en un 65% sin la necesidad de los típicos aditivos de azufre que son usados para esta tarea, lo que disminuye las emisiones de azufre a la atmósfera; por último, posee una compatibilidad tecnológica con el Diésel, puesto que puede usar la misma infraestructura y se pueden usar los mismos motores sin ninguna modificación, siempre que se use en mezclas de hasta un 20% de Biodiésel, si se pasa de ese punto se deben realizar modificaciones, reemplazando los componentes del motor que son degradados o ablandados por el Biodiésel, también es incompatible con el Cobre y el Zinc. Acevedo, (2006).

2.2.2.3 Desventajas del uso del Biodiésel.

Tanto la ASTM como Acevedo (2006) concuerdan en que el Biodiésel cuenta con una única desventaja, a pesar de sus bajos niveles de emisiones de CO_2 , el Biodiésel posee unos altos niveles de emisiones de NO , el cual sufre de una rápida oxidación para volver NO_2 , que después de una vida corta se oxida rápidamente a NO_3 en forma de aerosol o a HNO_3 (ácido nítrico). Los cuales tienen una gran trascendencia en la formación del smog fotoquímico, del nitrato de peroxiacetilo e influye en las reacciones de formación y destrucción del ozono, tanto troposférico como estratosférico, así como en el fenómeno de la lluvia ácida.

2.3 Términos Básicos

Beneficio: Toda característica o elemento positivo de un servicio que puede ser apreciado por el usuario, y que puede ser cuantificado o expresado en cantidad de dinero.

Costo: Suma de la cantidad de dinero que representa para el Estado, la creación, administración y mantenimiento de un servicio.

Economías de Escala: Según Krugman y Olney (2008) “Existen economías de escala cuando el coste total medio a largo plazo disminuye al aumentar la producción” (p. 188).

Granja Industrial: Se refiere a una granja que se maneja como una planta industrial.

Proyecto de Inversión: Es una propuesta de inversión elaborada que incluye, los aspectos técnicos, aspectos organizacionales, flujos monetarios y costos de la propuesta.

Rendimientos de Escala: Según Avila (2004) “se encarga de describir la relación entre la producción de mercancías y la escala de los factores de producción a largo plazo” (p. 155).

CAPÍTULO III

EL MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

La investigación está concebida dentro de la modalidad de proyecto factible, según clasificación expuesta por Orozco, Labrador y Palencia (2002), porque “Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta, de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.” (p14).

3.2 Diseño de la Investigación

De igual forma es también una investigación documental, que según el concepto dado por Arias (2006), la investigación documental “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas.” (pág., 27). Esta se aplica en el trabajo de investigación ya que la cantidad de posibles variables a considerar para el desarrollo de esta investigación es tan extensa que, sería impráctico y redundante realizar una investigación de campo; es decir, que los datos han sido tomados y registrados por otros investigadores previamente y aquí serán reinterpretados acorde a lo necesitado.

Aunque también se aplican elementos de investigación de campo, que según el concepto dado por Carlos Sabino (2006), “es aquella que se realiza en el propio lugar de los hechos mediante la cual se obtiene información veraz y objetiva”, (p. 114). Esta se aplica en el trabajo de investigación cuando no se cuenta con ciertos datos muy específicos de los que no se tenga registro o un registro utilizable para esta investigación.

3.3 Nivel de la Investigación

Con relación al nivel de conocimiento la misma se encuentra situada dentro de los parámetros de la investigación descriptiva, ya que posibilita efectuar una conveniente percepción del comportamiento de los distintos procesos de una manera específica, estableciendo los diferentes procesos de una forma particular y determinando los diferentes componentes que lo forman. Con respecto a esto Arias (2006), la investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p.24).

Con el estudio del problema de la investigación conllevara a conocer las distintas formas, económicamente viables, en las que se puede diseñar un complejo productor de biodiesel.

3.4 Población y muestra

Para Hernández (2006), la población es: “el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. (p. 238). En base a lo reseñado los elementos pueden ser personas, casos, objetos, instituciones y otros, se seleccionan de acuerdo a la naturaleza del problema y los objetivos de la investigación.

En caso concreto, para este estudio la población está conformada por las tres refinerías que conforman el Centro Refinador Paraguaná propiedad de Petróleos de Venezuela, S.A.

Una vez delimitado el espacio de estudio de manera concreta se inició a seleccionar la muestra, que según Balestrini (2002): “es una parte representativa de una población, cuyas características deben reproducirse en ella lo más exactamente posible” (p. 142). En lo que se concierne a la muestra para el desarrollo de esta investigación se encontró representada por las tres refinerías que conformaron la población, puesto que es finita y manejable.

Hurtado (2007) opina que si: “la población, además de ser conocida es accesible, es decir, es posible ubicar a todos los miembros. No vale la pena

hacer un muestreo para poblaciones de menos de 100 integrantes”, (p. 140). Por tal razón, la muestra estuvo conformada por la totalidad de la población.

3.5 Instrumentos de recolección de datos

Para llevar a cabo la recolección de los datos es necesario utilizar algunas técnicas que proporcionaran recolectar la información necesaria para identificar las características y requerimientos del desarrollo del sistema en relación al diseño del Complejo Productor de Biodiésel.

Al respecto Arias (2006) en relación a las técnicas refiere que: “se entenderá por técnica, el procedimiento o forma de recoger los datos” (p. 67) y el instrumento “es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital) que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 69). Para esta investigación las técnicas de recolección de datos se emplearan de la siguiente manera: Análisis documental y entrevista no estructurada.

Se manejará las entrevistas no estructurada o no formalizada con el propósito de realizar preguntas de manera libre y natural al personal de Petróleos de Venezuela S.A., el Instituto de Estudios Avanzados y AgriNova, C.A. como lo define Sabino, (1992) comenta que “la entrevista, desde el punto de vista del método es una forma específica de interacción social que tiene por objeto recolectar datos para una investigación.” (p. 116). Es por esto que se propone una entrevista no estructurada a los empleados de dichas organizaciones, para obtener una fuente de información directa relevante para las distintas etapas de la investigación.

3.6 Fases metodológicas

Fase I: La realización de un estudio de mercado sobre el consumo de Diésel a nivel nacional para la determinación del nivel de consumo de Biodiésel.

Se realizó una amplia investigación documental, sobre el consumo de combustibles del país y se determinó los límites del rango de la cantidad de Biodiésel que deberá producir el Complejo Productor de Biodiésel para poder

cubrir la demanda de Diésel con mezcla Diésel-Biodiésel; y a su vez poder calcular los requerimientos que debe cubrir cada componente del Complejo Productor de Biodiésel.

Fase II: La realización de un estudio de factibilidad técnica del Complejo Productor de Biodiésel.

Se desarrolló una extensa investigación documental y de campo, con ayuda AgriNova, C.A., donde se buscaron los distintos cuellos de botella del proceso de producción de Biodiésel y se compararon distintas tecnologías que los atacan, y se armaron varias posibles propuestas para el proyecto del Complejo Productor de Biodiésel.

Fase III: Realización de un estudio organizacional, legal y ambiental de la propuesta.

Se elaboró una investigación documental, donde primero se indagó en la estructura organizacional que debería poseer tanto operativa como administrativamente el Complejo Productor de Biodiésel, para poder llevar a cabo sus operaciones, incluyendo descripciones de los distintos cargos; luego se evaluó que tipo de normativa legal podría regular o limitar las operaciones y puesta en marcha del Complejo Productor de Biodiésel; y finalmente realizo una evaluación del impacto ambiental que podría ocasionar la construcción del Complejo Productor de Biodiésel en la localidad, tanto como para la flora, la fauna y sus habitantes.

Fase IV: La elaboración de un análisis económico-financiero de la propuesta.

Después de una investigación documental en conjunto con la aplicación técnicas de rendimientos de escala y economías de escala, donde se buscaron ejemplos reales de cada componente planteado en los distintas alternativas del proyecto del Complejo Productor de Biodiésel y en conjunto con la información obtenida y derivada de las fases anteriores, se armaron los

modelos de sus costos de operación y de inversión que se debe realizar para la aplicación de cada alternativa.

Fase V: Tomar la decisión de cuál será el diseño a implementar.

Se analizaron los datos provenientes de las fases anteriores, utilizando los indicadores de rentabilidad, para decidir cuál sería la alternativa elegida para el proyecto.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Fase I: La realización de un estudio de mercado sobre el consumo de Diésel a nivel nacional para la determinación del nivel de consumo de Biodiésel.

4.1.1. Estudio de Mercado

4.1.1.1 El Producto

Se pretende agregar el Biodiésel al catálogo de productos ofrecidos por Petróleos de Venezuela, S. A.; en dos presentaciones, una en forma de Diésel B5 para el mercado nacional, lo que se refiere a mezcla Diésel-Biodiésel con un porcentaje de 5% de Biodiésel en la mezcla; y la otra presentación como Biodiésel B100, refiriéndose a Biodiésel puro, para ser comercializado como aditivo para el mercado internacional, esta segunda presentación del producto provendría del excedente de producción no consumido por el mercado nacional.

El Biodiésel es uno de los biocombustibles más flexibles que se conocen, debido principalmente a que puede ser utilizado en cualquier maquinaria, equipo o vehículo potenciado por un motor diésel, realizando muy pocas modificaciones, o sin modificación alguna, esto si es empleado como aditivo al combustible Diésel tradicional, lo que aumenta la eficiencia de dicho combustible y consecuentemente disminuye sus niveles de emisiones de gases de tipo invernadero.

A continuación se presenta la ficha técnica de Biodiésel tipo B100 de acuerdo con la American Society of Testing and Materials en su norma técnica ASTM D6751:

Propiedades	Límites	Unidades
Punto de inflamación	130,0 mínimo	°C
Agua y sedimentos	0,050 máximo	% vol
Viscosidad cinemática a 40°C	1,9-6,0	<i>mm²/seg</i>
Cenizas sulfatadas	0,020 máximo	% masa
Azufre (Grado S 15)	0,0015 máximo	ppm
Azufre (Grado S 500)	0,05 máximo	ppm
Corrosión en la lámina de cobre	Nº 3 máximo	-
Índice de cetano	47 mínimo	-
Residuo carbonoso	0,050 máximo	% masa
Acidez	0,80 máximo	<i>mgKOH/g</i>
Glicerina libre	0,020 máximo	% masa
Glicerina total	0,240 máximo	% masa
Contenido de fósforo	0,001 máximo	% masa
Temperatura de destilación, equivalente en temperatura atmosférica, 90% recuperado	360 máximo	°C

Tabla 1. Ficha técnica del Biodiésel B100 de acuerdo con la Norma ASTM D6751. Fuente: American Society of Testing and Materials (2015).

4.1.1.2 Materia Prima del Producto

El Biodiésel es producido a través de un proceso químico llamado Transesterificación de grasas y aceites orgánicos. De acuerdo con Larosa (2001), en este proceso se emplea como materia prima aceite vegetal o grasa animal en conjunto con alcohol metílico, un catalizador para facilitar la

reacción (normalmente ácido nítrico, Vicente (1998)), y ácido mineral para neutralizar el PH de la mezcla.

4.1.1.3 Disponibilidad de Materia Prima

Para motivos del proyecto, se estudiarán 2 alternativas en cuanto a la materia prima del aceite vegetal, que serían el aceite de palma y el aceite de microalgas, de resto las otras materias primas se mantienen iguales para el uso de ambas alternativas. Todas las materias primas están disponibles en el país con excepción del aceite de microalgas, razón por la cual la alternativa a estudiar basada en el uso de dicho aceite deberá incluirse una planta que le suministre el aceite necesario para el proceso. Por su parte algunos de los posibles proveedores de las demás materias primas son: Pequiven la cual podría proveer con los químicos necesarios como el metanol y el ácido mineral.

4.1.1.4 Estructura del Mercado

El mercado nacional de combustibles se encuentra bajo el completo control de Petróleos de Venezuela, S. A., debido a la Ley Orgánica que Reserva al Estado la Industria y el Comercio de los Hidrocarburos; lo que hace que legalmente el único ente comercial autorizado para producir y distribuir combustibles en territorio venezolano es PDVSA (Petróleos de Venezuela, S. A.), y según los datos presentados en su Informe de Gestión 2013 se encuentran más que capacitados para poder cubrir la demanda nacional de cualquier combustible utilizado en el país. Prácticamente desde que se nacionalizó la industria petrolera existen subsidios al precio de los combustibles, lo cual forma otra de las características peculiares del mercado nacional.

4.1.1.5 Características de los Clientes

Solo existe un tipo de cliente el permanente, debido a que PDVSA posee el monopolio de comercialización y distribución de combustibles en el país;

por lo tanto toda estación de servicio en el país es un cliente permanente de la empresa.

4.1.1.6 Análisis de la Demanda

Como el mercado de combustibles en el país se encuentra estructurado por un monopolio controlado en su totalidad por PDVSA, se considera que los datos históricos de las ventas nacionales presentados por la empresa en sus Informes de Gestión Anual representan los niveles de consumo de combustibles a nivel nacional, ver tabla 1; por cuestiones del estudio, se busca analizar los datos del consumo del Diésel Mediano, nombre que le da la empresa al Diésel vehicular.

PDVSA no presenta los datos de consumo totalmente desglosados por productos, sino que en unos casos los presenta por grupos para una simplificación de la data, pero en este caso complica el cálculo del nivel de consumo de Diésel que deberá ser reemplazado por Biodiésel, para poder cubrir la presentación de Diésel B5 a comercializar en el mercado nacional, por otra parte la presentación B100 será comercializada a partir del excedente de la producción que no sea consumido en el mercado nacional.

Después de una extensa investigación documental, se logró determinar que el Diésel Mediano se encuentra clasificado dentro del grupo de productos de Gasóleos y Destilados, ver tabla 1; aunque no existe forma directa de determinar qué porcentaje de dicho grupo representa, razón por la cual se decidió realizar la siguiente suposición: El Diésel Mediano es un producto principalmente utilizado como combustible para vehículos terrestres automotores, por lo tanto el porcentaje que dicho combustible debería representar dentro del volumen de dicho grupo, es similar por no decir igual al que representa el grupo de las Gasolinas para Automóviles para todo el mercado nacional de Productos Refinados del Petróleo. Por lo tanto, el cálculo del nivel de consumo de Diésel Mediano se lleva a cabo con la siguiente expresión:

$$\text{Consumo Diésel Med.} \cong \frac{\text{Consumo de Gasolinas}}{\text{Consumo de Refinados}} \times \text{Consumo de Gasóleos}$$

De dicha expresión fue que se obtuvieron los datos de consumo de Diésel Mediano presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles de Consumo de Derivados del Petróleo, Gasolinas para Automóviles, Gasóleos y Destilados y Diésel Mediano

Año	Ventas (en MBD (Miles de Barriles Diarios))			
	Derivados del Petróleo	Gasolinas para Automóviles	Gasóleos y Destilados	Diésel Mediano (Estimado)
2006	465	257	133	73,51
2007	482	274	137	77,88
2008	499	287	148	85,12
2009	518	290	152	85,10
2010	592	315	183	97,37
2011	569	293	182	93,72
2012	592	301	216	109,82
2013	612	299	249	121,65

Fuente: Informes de Gestión Anual 2010 (p. 129) y 2013 (p. 113) de PDVSA

Como se puede observar en la tabla 2, los datos con los que se cuenta no llegan hasta la actualidad, pero se cuenta con suficiente información como para aplicar algún método de estimación, por lo que es posible estimar los niveles de consumo para los años del periodo de estudio sin necesidad de contar con la data completa.

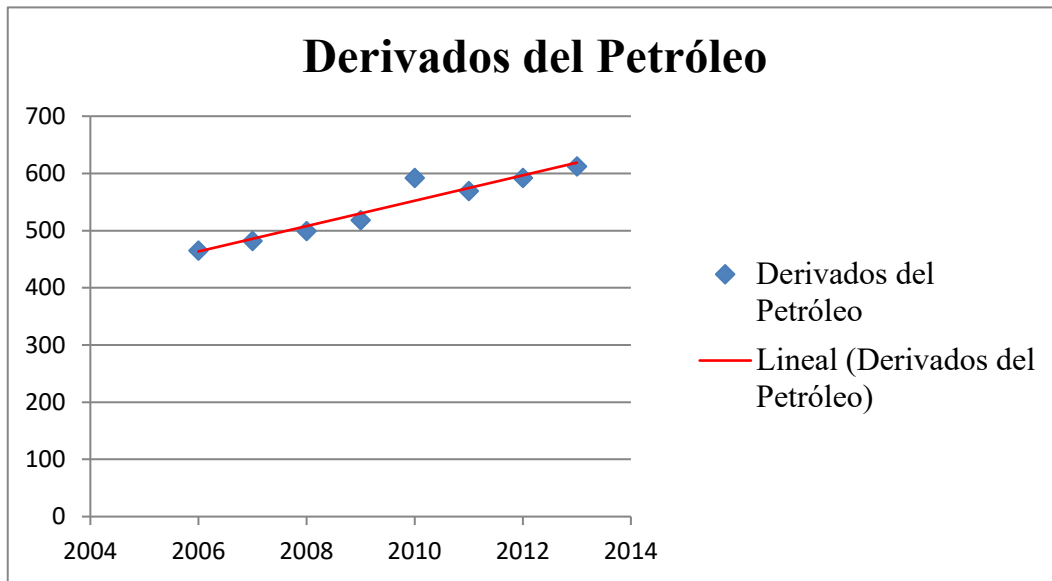


Figura 1. Gráfico de comportamiento de la cantidad demandada de Derivados del Petróleo.

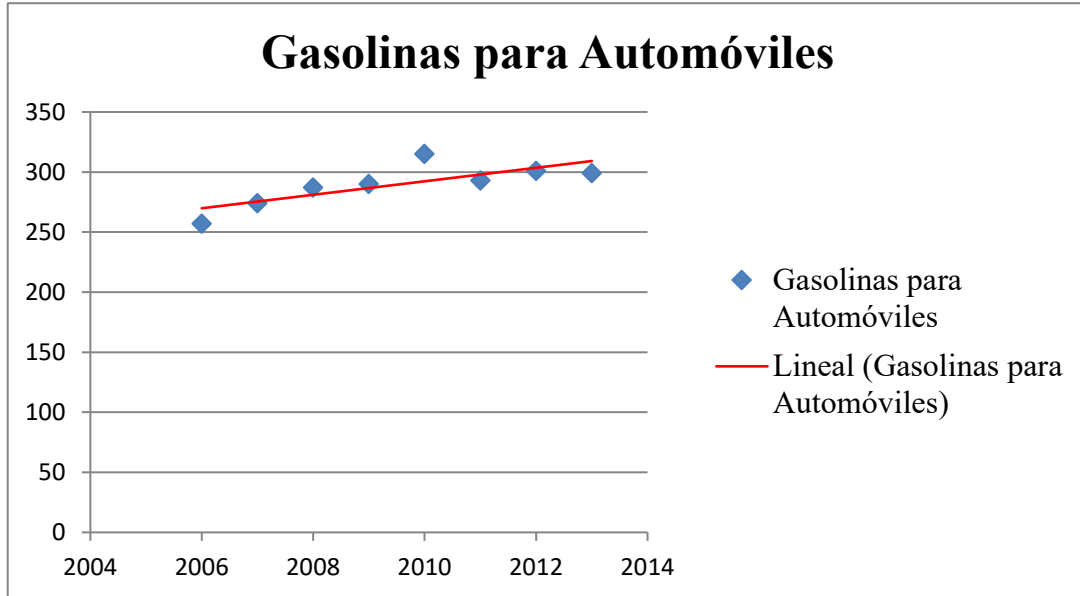


Figura 2. Gráfico de comportamiento de la cantidad demandada de Gasolinas para Automóviles.

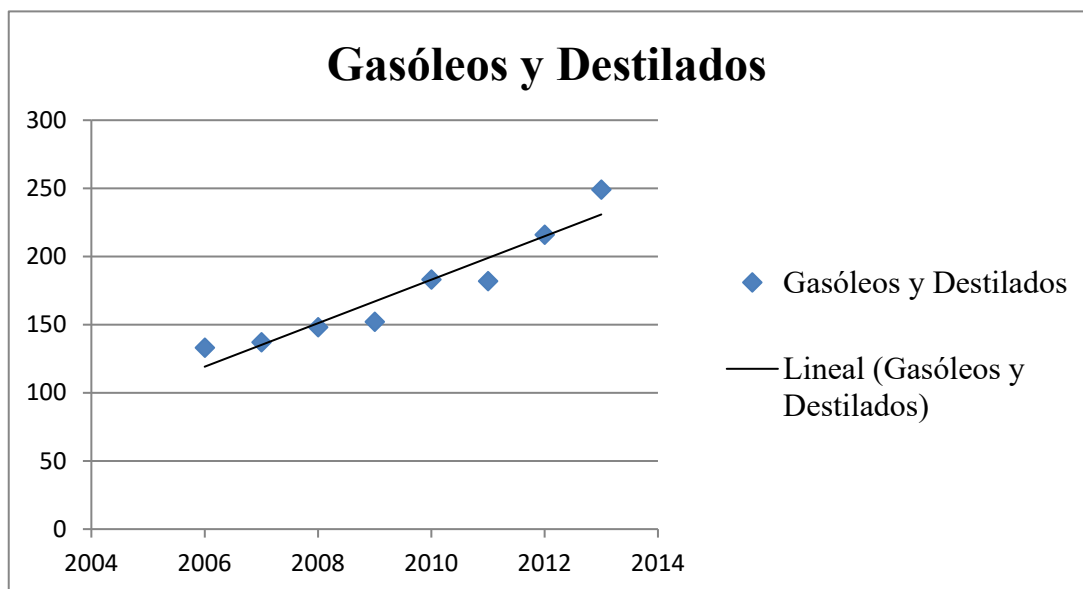


Figura 3. Gráfico de comportamiento de la cantidad demandada de Gasóleos y Destilados.

Una vez empleado el método de la regresión lineal en los gráficos anteriores se determinó que los valores presentados en la tabla 2 para los grupos de Derivados del Petróleo, Gasolinas para Automóviles y Gasóleos y Destilados se ajustan a las siguientes expresiones:

$$Derivados = 22,179 \times (\text{Año}) - 44027$$

$$Gasolinas = 5,619 \times (\text{Año}) - 11002$$

$$Gasóleos y Destilados = 15,952 \times (\text{Año}) - 31881$$

Todas las expresiones poseen un valor de R^2 mayor a 0,90 por lo que se considera que las expresiones de ajustan al comportamiento de los datos.

Empleando las expresiones anteriores se armó la tabla 3:

Tabla 3. Niveles de Consumo de Derivados del Petróleo, Gasolinas para Automóviles, Gasóleos y Destilados y Diésel Mediano, estimados para el periodo de estudio

Año	Ventas (en MBD)			
	Derivados del Petróleo	Gasolinas para Automóviles	Gasóleos y Destilados	Diésel Mediano (Estimado)
2016	685,86	325,90	278,23	132,21
2017	708,04	331,52	294,18	137,74
2018	730,22	337,14	310,14	143,19
2019	752,40	342,76	326,09	148,55
2020	774,58	348,38	342,04	153,84

4.1.1.7 Análisis de la Oferta

La oferta se encuentra cubierta en su totalidad por PDVSA y esta compañía está en la total capacidad de cubrir toda la demanda del mercado nacional de combustibles razón por la cual no existe una demanda insatisfecha.

4.1.1.8 Mercado Meta

Después de estudiar los niveles de consumo de Diésel Mediano en el mercado nacional, se puede calcular el nivel de consumo de Diésel Mediano a ser reemplazado por Biodiésel para poder comercializar Diésel B5. Teniendo en cuenta los datos arrojados por el estudio de mercado, tendremos que el mercado meta será el 5% de la demanda de Diésel Mediano a nivel nacional, los datos del estudio de mercado pueden resumirse como se encuentran en la tabla 3.

Tabla 4. Estudio de Mercado

Año	Demanda de Diésel Mediano (en MBD)	Demanda de Diésel Mediano a Reemplazar con Biodiésel (en MBD)	Mercado Meta (en MBD de Biodiésel)
2016	132,21	6,61	6,61
2017	137,74	6,89	6,89
2018	143,19	7,16	7,16
2019	148,55	7,43	7,43
2020	153,84	7,69	7,69

4.1.1.9 Análisis de Precio

El Biodiésel es un producto altamente subsidiado en casi todos los países donde es comercializado, debido a las presiones que ejercen los tratados internacionales sobre emisiones que los gobiernos de estos países han firmado con el pasar de los años, pero se considera que el precio estándar del Biodiésel B100 es el precio con el que se comercializa en Estados Unidos, el cual se encuentra en unos de *295,90 Centavos de Dólar/gal*, siendo este el precio de venta a las estaciones de servicio de acuerdo con la empresa McGraw Hill Financial (ver Anexos), convirtiendo este precio a unidades del sistema internacional:

$$295,90 \frac{\text{Centavos de Dólar}}{\text{Galón}} \times \frac{1 \text{ Galón}}{3,785412 \text{ Litros}}$$

$$78,17 \frac{\text{Centavos de Dólar}}{\text{Litro}}$$

Por lo tanto el precio de comercialización del Biodiésel debería de ser de unos *78,17 Centavos de Dólar/l*.

4.1.1.10 Promoción

En cuanto a la Promoción, no requiere de promoción dentro del mercado nacional puesto que el mercado se encuentra estructurado como un monopolio, y solo existen unas muy reguladas condiciones de compra y venta por parte del Estado venezolano.

4.1.1.11 Distribución

PDVSA cuenta con una extensa infraestructura de distribución de combustibles a nivel nacional e internacional, como una de las características más relevantes del Biodiésel es su compatibilidad con la infraestructura existente para el manejo y distribución del Diésel tradicional, esto significa que la infraestructura de distribución de PDVSA se encuentra en la capacidad de ser utilizada para la distribución del Biodiésel.

4.2. Fase II: La realización de un estudio de factibilidad técnica del Complejo Productor de Biodiésel.

4.2.1. Capacidad de Planta y Plan de Producción

El Complejo Productor de Biodiésel está planteado para trabajar en conjunto con las demás refinerías del Centro Refinador Paraguaná, por lo que la capacidad de producción del CPB (Complejo Productor de Biodiésel) debe ser proporcional a la capacidad de producción del CRP (Centro Refinador Paraguaná), por su puesto, siendo capaz de cubrir el Mercado Meta estimado en el estudio de mercado.

Ahora bien, para poder calcular la capacidad de producción del CPB en relación a la capacidad del CRP se empleara la siguiente expresión:

$$\textit{Capacidad CPB} = \textit{Constante de Proporcionalidad} \times \textit{Capacidad CRP}$$

Donde la constante de proporcionalidad vendrá dictada por el promedio de las constantes de proporcionalidad de cada uno de los años de estudio del proyecto, las cuales siguen la siguiente expresión:

$$\textit{Constante} = \frac{\textit{Consumo Gasóleos}}{\textit{Consumo Refinados}} \times \frac{\textit{Consumo Gasolinas}}{\textit{Consumo Refinados}} \times 0,05$$

Donde el primer término de la multiplicación representa el porcentaje que representa los Gasóleos y Destilados del consumo nacional de Refinados del Petróleo; el segundo término representa el porcentaje que representa el consumo de Gasolinas para Automóviles del consumo nacional de Refinados del Petróleo, el cual fue asociado al porcentaje que representa el Diésel Mediano del consumo nacional de Gasóleos y Destilados en una sección anterior de la presente investigación; finalmente el ultimo termino representa el porcentaje de producción de Diésel Mediano a ser reemplazado por Biodiésel.

Usando esa expresión y aplicándosela a los datos presentados en la tabla 3, se puede armar la siguiente tabla:

Tabla 5. Constantes de Proporcionalidad Anuales

Año	Constante de Proporcionalidad
2016	0,0096
2017	0,0097
2018	0,0098
2019	0,0099
2020	0,0099

Como ya se mencionó anteriormente, el promedio de las constantes de proporcionalidad anuales será el valor de la constante de proporcionalidad a utilizar para el cálculo de la capacidad de producción del CPB, dicho valor sería 0,0098. Ahora bien, de acuerdo con la información presentada por PDVSA en sus Informes de Gestión Anual, el CRP, posee una capacidad instalada para producir unos 1110 MBD de Refinados.

Tomando los datos obtenidos anteriormente y reemplazándolos en la expresión para la estimación de la capacidad de producción del CPB obtenemos lo siguiente:

$$\text{Capacidad CPB} = 0,0098 \times 1110 \text{ MBD}$$

$$\text{Capacidad de Producción CPB} = 10,878 \text{ MBD}$$

Esa capacidad de producción nominal calculada, es más que suficiente para poder cubrir el Mercado Meta estimado en el estudio de mercado.

Ahora, esa sería la capacidad de producción diaria, ahora para poder convertirla a capacidad de producción anual hay que hacer una aclaratoria, el CRP trabaja 24 horas al día los 365 días del año, el CPB deberá seguir el mismo régimen de trabajo del CRP, por lo que entonces la capacidad anual del CPB será:

$$10,878 \frac{\text{Miles de Barriles}}{\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}}$$

$$\text{Capacidad de Producción Anual del CPB} = 3970,47 \frac{\text{Miles de Barriles}}{\text{año}}$$

En cuanto al plan de producción, el cálculo es un poco más simple, ya que, se parten de dos premisas básicas; la primera sería que el CPB deberá producir a su máxima capacidad y la segunda que todo excedente de producción será destinado para la venta en el mercado internacional como Biodiésel B100. En cuanto a la primera premisa, en la realidad no es posible producir a la capacidad nominal de la planta, debido a las posibles paradas de planta, programadas y no programadas; ahora, el concepto detrás del CPB es que sea una planta vitrina de tecnología de punta, por lo que deberá cumplir con los más altos estándares de calidad y productividad; por lo que el CPB no deberá producir a menos del 95% de su capacidad de producción nominal al año. Con eso en mente se armó la siguiente tabla:

Tabla 6. Plan de Producción (en MBD)

Año	Producción Planificada	Producción destinada a Mercado Nacional (Mercado Meta)	Producción destinada a Exportación (Excedente de Producción)
2016	10,33	6,61	3,72
2017	10,33	6,89	3,44
2018	10,33	7,16	3,17
2019	10,33	7,43	2,9
2020	10,33	7,69	2,64

Aclaratoria: El plan de producción está armado alrededor de la producción de Biodiésel B100, esto debido a que el Diésel B5 a ser comercializado en el país no sería producido directamente en el CPB sino que sería mezclado en los tanques de almacenaje de Diésel Mediano del CRP.

4.2.2. Proceso Productivo

De forma general, su puede representar al proceso autosuficiente de producción del Biodiésel de la siguiente forma:

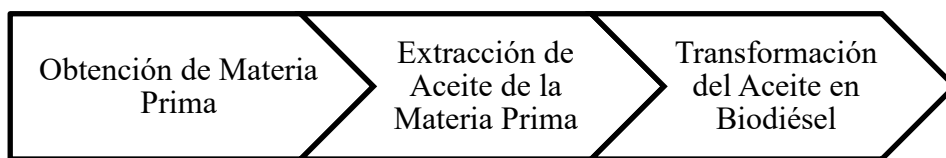


Figura 4. Representación general del proceso de Producción de Biodiésel.
(Elaboración propia)

Cada una de esas tres grandes secciones del proceso representa uno de los componentes del Complejo Productor de Biodiésel:

1. Una Granja Industrial, para la obtención de materia prima vegetal.
2. Una Planta de extracción de aceite a partir de la materia prima vegetal.

3. Una planta de transesterificación para la transformación del aceite en Biodiésel.

Para poder comenzar a estudiar el proceso productivo primero hay que hablar de la materia prima a utilizar, puesto que como lo dice como lo dice Vicente, Martínez, y Aracil (1998) el Biodiésel puede ser producido a partir de muchas materias primas, las que él divide en 6 grupos, los cuales son: Aceites vegetales convencionales, Aceites vegetales alternativos, Aceites vegetales alternativos, Aceites de fritura usados y Aceites de otras fuentes; lo destacable los aceites que componen estos grupos es que todos provienen de una fuente orgánica, nada fósil o mineral.

Para fines prácticos de esta investigación, solo se estudiarán 2 materias primas, las cuales fueron seleccionadas después de una investigación preliminar, debido a que son las materias primas más eficientes en cuanto a litros de biodiésel obtenidos por hectárea utilizada para la obtención de la materia prima al año, esto utilizando los resultados presentados por Garibay Hernández, Vázquez-Duhalt, Sánchez Saavedra, Serrano Carreón y Martínez Jiménez (2009), publicados en un artículo para la revista BioTecnología del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México; las dos materias primas seleccionadas son: La palma aceitera y las microalgas.

Los procesos productivos para cada una de las alternativas difieren en las primeras dos etapas del proceso general, es decir, en la obtención de materia prima y en la extracción de aceite de dicha materia prima; en el caso de la palma aceitera, es un método de cultivo bastante tradicional que existe desde hace siglos. Por su parte, el cultivo de las microalgas es un proceso relativamente más moderno, del cual existen dos métodos, uno usando lagunas de cultivo y el otro empleando fotobiorreactores, para esta investigación se estudiará el método de las lagunas de cultivo, puesto que es el método más usado y documentado de entre los dos, además de ser el empleado a una mayor escala en el mundo.

4.2.2.1. Análisis del Proceso Productivo para la alternativa basada en Palma Aceitera.

Analizando el proceso productivo empleando como materia prima la palma aceitera y después de una de una entrevista no estructurada a la Ing. Norelys Rodriguez, se llegó a la conclusión que no sería viable para el proyecto la inclusión de una granja industrial de palma aceitera, debido a que la planta de la palma aceitera puede ser cultivada para la producción de aceite cuando la planta tiene 5 años de edad y además requiere de unas características climáticas y de suelos que no están presentes en la locación en la que se pretende llevar a cabo el proyecto, volviendo así inviable esta alternativa en ese aspecto; por otro lado, si es viable subcontratar a un proveedor de aceite de palma como C. A. Bananera Venezolana o Grasas El Puerto C. A. para proporcionar la materia prima necesaria para el Complejo Productor de Biodiésel en caso de elegir esta alternativa. Razón por la cual, el diseño planteado para el CPB con esta alternativa, no contaría con las dos primeras etapas, presentadas en la figura 4 y estaría conformado únicamente por una planta de transesterificación, última etapa, donde se recibiría al aceite de palma proveniente del proveedor subcontratado para después ser convertido en Biodiésel; ahora bien, el siguiente sería el flujograma de proceso para esta propuesta.

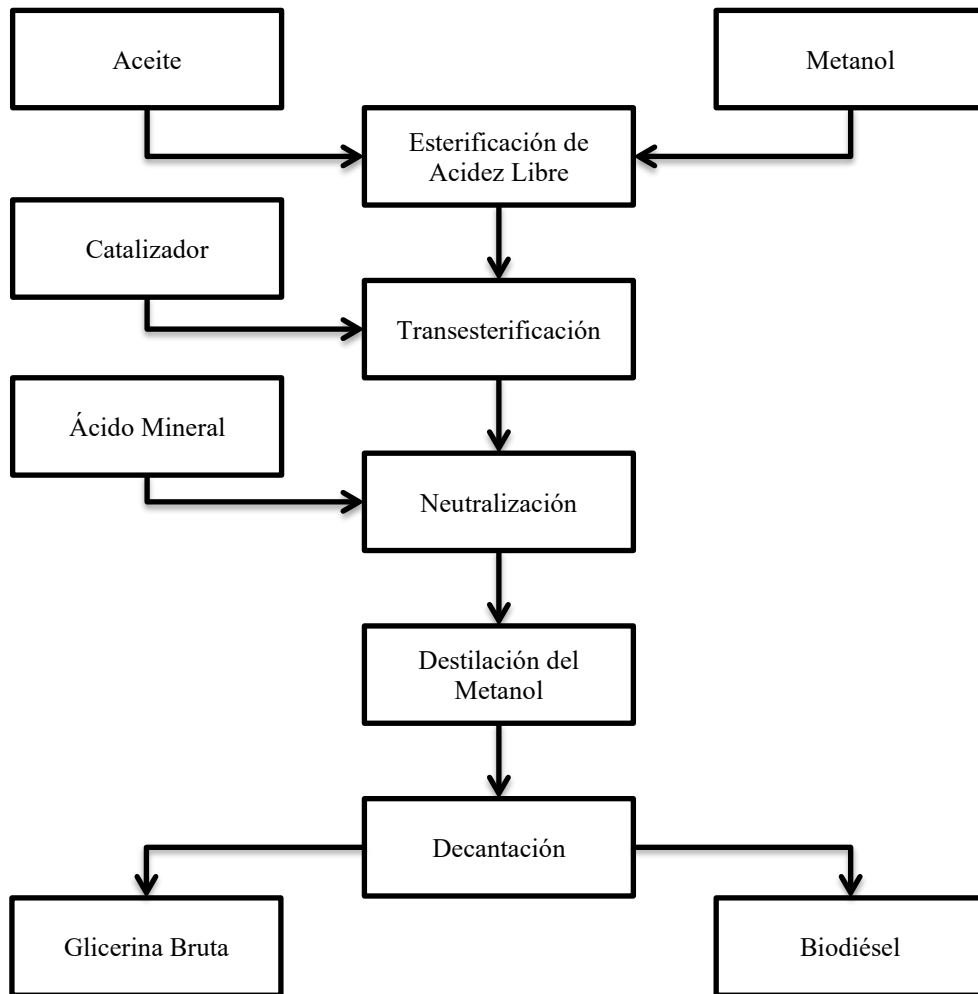


Figura 5. Flujograma del Proceso Productivo para la alternativa empleando el aceite de palma como materia prima (Larosa, 2001)

En cuanto al diseño del proceso, este se encuentra altamente documentado, y en este caso se decidió utilizar el diseño presentado por Larosa (2001) puesto que es un diseño de producción continua, que se adapta bastante a las características particulares de este proyecto.

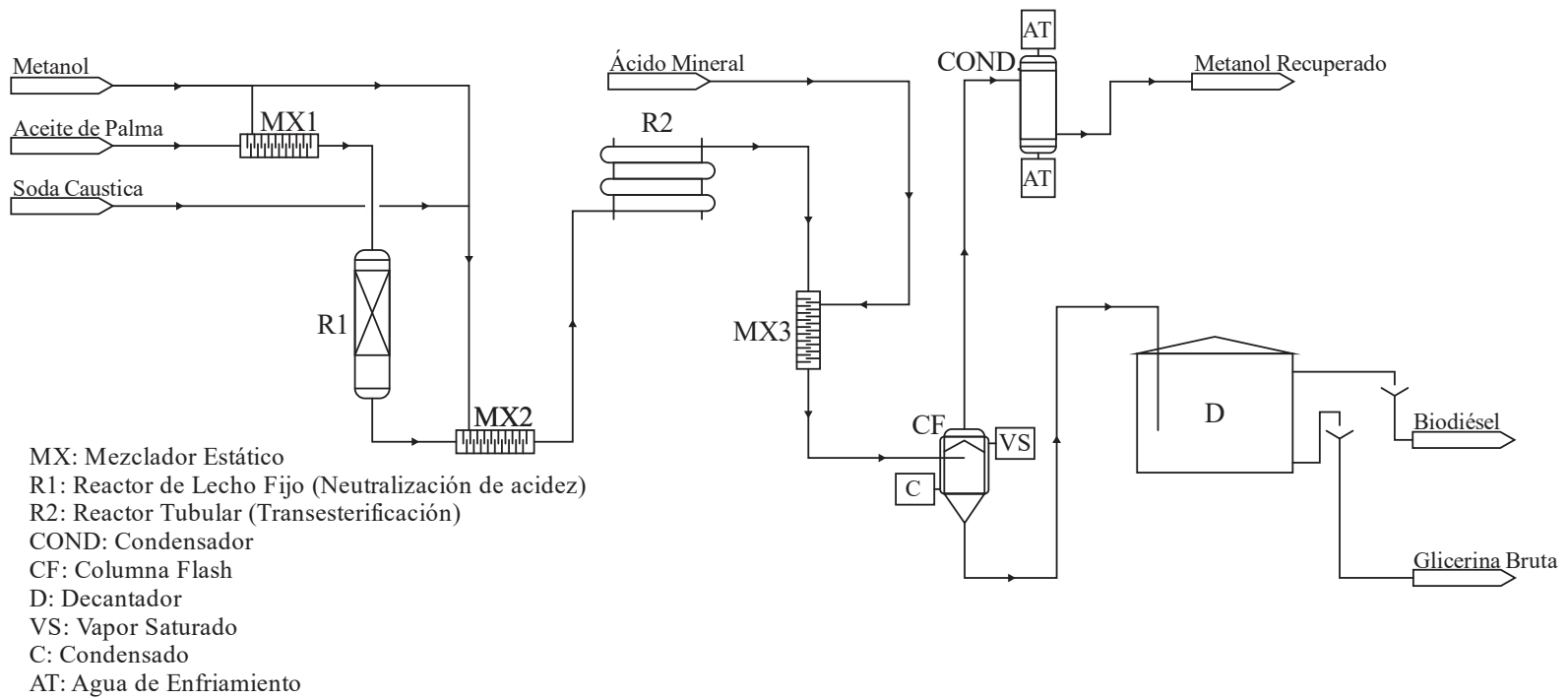


Figura 6. Diagrama de Proceso para la producción de Biodiésel para la alternativa empleando aceite de palma como materia prima. (Larosa, 2001)

El proceso se desarrollaría de la siguiente manera; el aceite de palma, metanol, la soda caustica y el ácido mineral son recibidos a través de camiones para luego ser depositados en sus respectivos tanques de almacenaje, después de esto todas las materias primas son pasadas a la línea de producción donde, en el mezclador estático MX1 se mezclan el metanol y el aceite de palma; este producto se hace pasar luego a través del reactor (R1) que funciona con catalizador en lecho fijo, donde se produce la reacción de esterificación de los ácidos grasos libres; la corriente proveniente de esta unidad se mezcla en la unidad estática MX2 con el metanol necesario para la transesterificación, más un pequeño exceso del mismo, y la soda caustica; dicha corriente ingresa en el reactor tubular R2 en el cual se produce la transesterificación de los triglicéridos; el producto de la reacción, compuesto por Biodiésel puro, glicerina, metanol en exceso y soda caustica, el cual debe ser neutralizado; para ello se mezcla en la unidad estática MX 3, con el ácido mineral en la cantidad necesaria; posteriormente en la columna flash CF se despoja al producto de los volátiles, compuestos fundamentalmente por el metanol en exceso; los vapores de metanol se condensan y se envían al tanque de almacenamiento, del cual será nuevamente introducido en el ciclo; el producto de fondo de la columna flash CF, que contiene Biodiésel, glicerina, sales y agua se envía al decantador continuo D, en el cual se separa el Biodiésel puro del resto de los productos; la fase ligera (Biodiesel) se envía al tanque de almacenaje, mientras la fase pesada (glicerina bruta) que contiene glicerina (aproximadamente 90%), agua y sales se envía asimismo a almacenaje; el Biodiésel puro necesario para la elaboración del Diésel B5 para el mercado nacional, es enviado por tuberías a las refinerías de Amuay y Cardón para ser mezclado con el Diésel puro, el resto del Biodiésel puro, se almacena hasta que sea enviado al extranjero o a otras refinerías del sistema nacional de refinación para la elaboración de Diésel B5.

4.2.2.2. Análisis del Proceso Productivo para la alternativa basada en Microalgas.

En cuanto a la alternativa que emplea aceite de microalgas, el proceso productivo global es un poco más complejo, debido a que esta alternativa si contempla las tres fases del proceso descrito por la figura 4, por lo que se cultivaran las microalgas y se extraerá el aceite de estas dentro del CPB y después dicho aceite sería transformado en Biodiésel dentro del CPB. El flujograma del proceso para esta alternativa puede ser visto en la figura 7 a continuación.

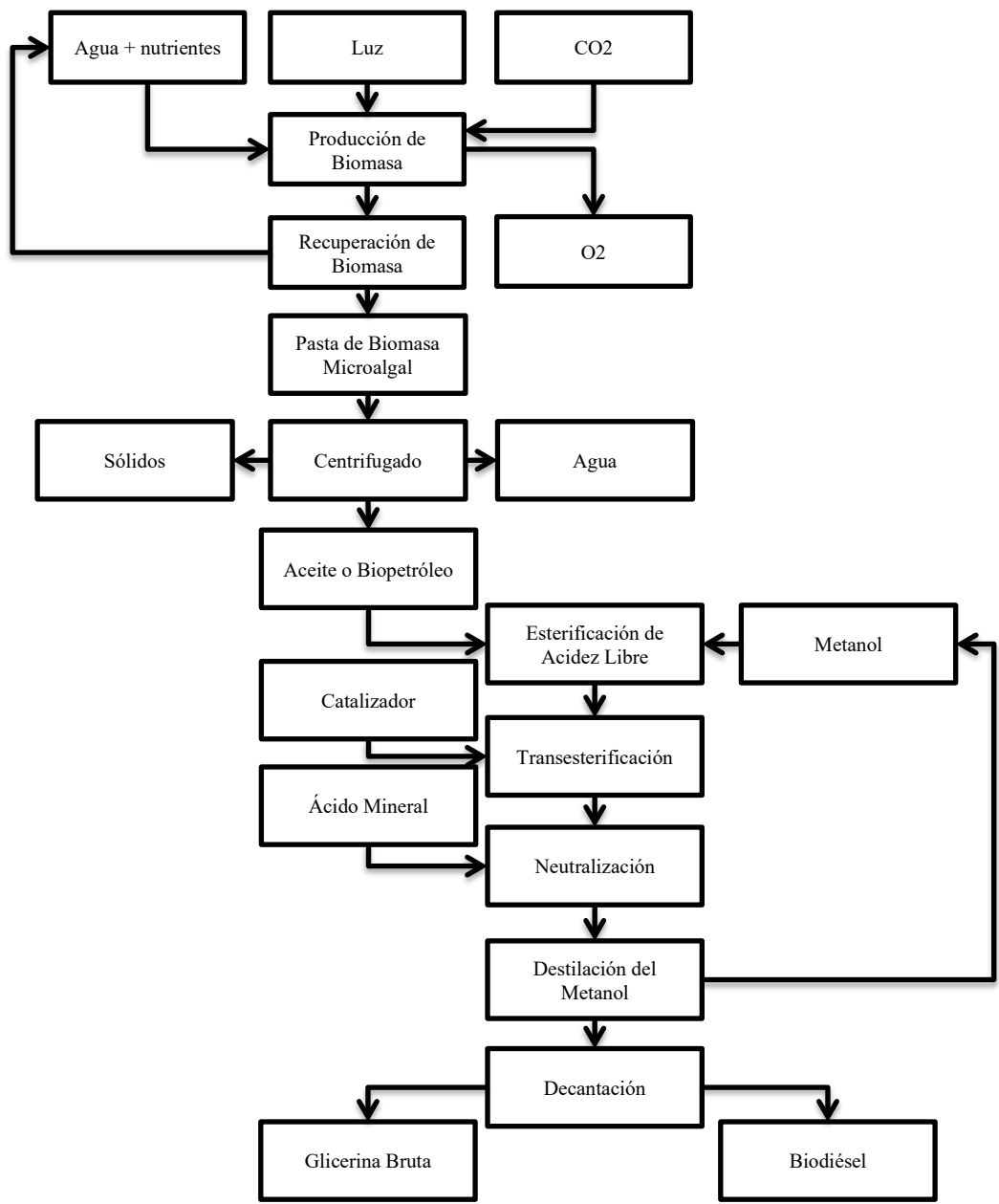


Figura 7. Flujograma del Proceso Productivo para la alternativa empleando el aceite de microalgas como materia prima (Larosa (2001) y Garibay, Vázquez-Duhalt, Sánchez, Serrano y Martínez (2009))

En cuanto al diseño del proceso, este se encontraría separado en tres secciones, pertenecientes a las 3 distintas plantas que conformarían el CPB en esta alternativa; comenzando por la granja industrial, la planta extractora de biopetróleo y la planta de transesterificación; y en la figura 8 se presenta el diagrama de este proceso.

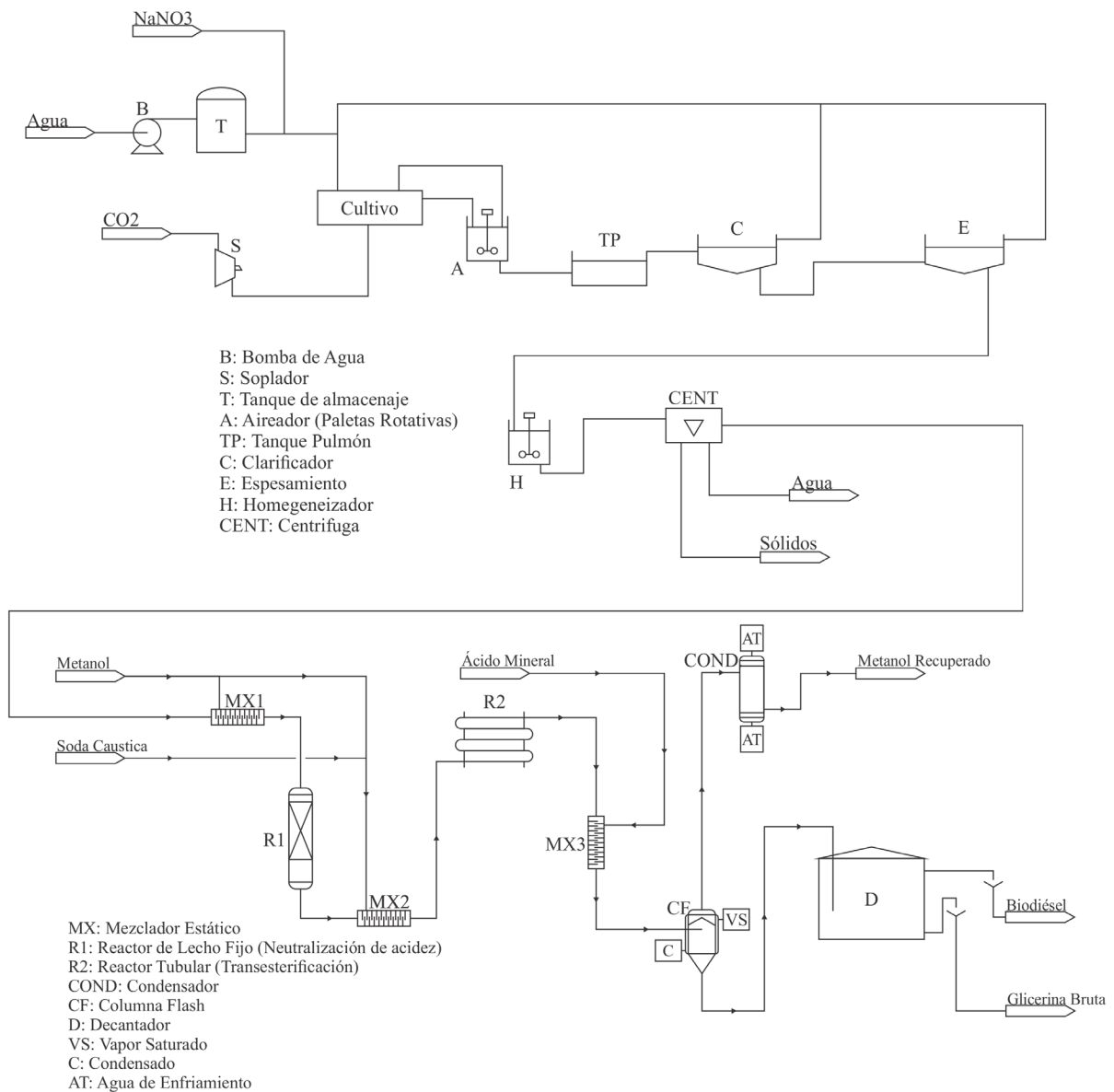


Figura 8. Diagrama de Proceso para el cultivo de microalgas y extracción de biopetróleo. (Osorio, 2008; p. 43)

El proceso se desarrollaría de la siguiente forma: Se bombea el agua hacia la laguna junto con una mezcla de nutrientes ($NaNO_3$), se inyecta CO_2 a la mezcla vía unas tuberías agujereadas en el fondo de la laguna y también de forma pasiva a través del contacto abierto de la superficie con el ambiente, adicionalmente la mezcla recibe abiertamente los rayos del sol mientras que la mezcla es circulada por la laguna mediante paletas rotatorias lo cual airea la mezcla para evitar que se dañe el cultivo, este proceso se repite de tal forma para que las microalgas crezcan en el ambiente formado dentro de la mezcla y realicen su proceso natural de fotosíntesis, soltando O_2 al ambiente y aumentando la cantidad de biomasa microalgal presente en la mezcla; cuando se alcanza la concentración deseada de biomasa en la mezcla la laguna, esta es bombeada hacia un tanque pulmón donde la mezcla se estabiliza un poco antes de ser sometida a un proceso de clarificación para separar parte del agua presente, la cual se recirculada a las lagunas de cultivo, luego es pasado a un proceso de espesamiento donde se extrae aún más agua de la mezcla, la cual es recirculada a las lagunas, para luego ser pasada a un homogeneizador donde la mezcla es vuelta una pasta de biomasa microalgal el cual pasa como materia prima hacia la planta de extracción de biopetróleo.

El proceso continua en la planta de extracción de biopetróleo, donde la pasta de biomasa es alimentada una centrifuga de 3 fases la cual la separa, como su nombre lo indica, en tres componentes diferentes, agua, sólidos y biopetróleo; el agua es recirculada a las lagunas de cultivo; los sólidos son un subproducto que puede ser vendido como alimento para ganado; estos son almacenada al aire libre para que se termine de evaporar la humedad restante hasta que son vendidos; por último el biopetróleo pasa a unos tanques donde es almacenado hasta que es requerido en la planta de transesterificación para ser convertido en biodiésel.

El proceso llega a la etapa final en la planta de transesterificación, donde sigue el proceso explicado en la página 41.

4.2.3 Insumos y Servicios

Ya estudiado el proceso productivo y estimada la capacidad de producción que debería tener el CPB pasamos a estimar los insumos requeridos para el nivel de producción proyectado, analizando individualmente cada una de las alternativas. Ambas alternativas deberán cumplir con el mismo plan de producción, presentado en la tabla 6.

4.2.3.1. Insumos y Servicios de la alternativa para en Palma Aceitera.

Comenzando por la alternativa que emplea aceite de palma como materia prima base, como ya se había comentado anteriormente, el CPB en esta alternativa estaría conformado exclusivamente por la planta de transesterificación, para esto los insumos necesarios para producir una tonelada de Biodiésel puro son presentados en la tabla 7.

Materia prima y material	Consumo
Aceite de palma	1030 Kg
Metanol	102 Kg
Soda Caustica	6,2 Kg
Ácido Mineral	6 Kg
Glicerina bruta	112 Kg (Producción)

Tabla 7. Cantidad de materia prima necesaria para producir 1 tonelada de Biodiésel puro a partir de aceite de palma. (Larosa, 2001)

Ahora bien, como ya se planteó en el plan de producción, se planea producir 10,33 MBD de Biodiésel todos los años de estudio, ahora convirtiendo eso a toneladas año tenemos lo siguiente:

$$10330 \frac{\text{Barriles}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ l}}{0,0062898 \text{ Barriles}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 0,88 \frac{\text{Kg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ tonelada}}{1000 \text{ Kg}}$$

$$527520,112 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$$

Usando esto como referencia, multiplicamos los valores de la tabla 7 por el valor anterior y se obtiene la tabla 8.

Materia prima y material	Consumo
Aceite de palma	543345,72 Toneladas
Metanol	53807,05 Toneladas
Soda Caustica	3270,63 Toneladas
Ácido Mineral	3165,12 Toneladas
Glicerina bruta	59082,25 Toneladas (Producción)

Tabla 8. Cantidad de materia prima necesaria para con el plan de producción de la alternativa de aceite de palma.

En cuanto a los servicios necesarios para producir una tonelada de Biodiésel puro están presentados en la tabla 9.

Servicio	Consumo
Agua de Enfriamiento	20 m ³
Vapor Saturado de Agua (a 4 bar)	350 Kg
Energía Eléctrica	50 Kwh

Tabla 9. Servicios necesarios para producir 1 tonelada de Biodiésel. (Larosa, 2001)

Aplicando la el mismo procedimiento que se empleó para generar al tabla 8 generamos la tabla 10.

Servicio	Consumo
Agua de Enfriamiento	10550402 $\frac{m^3}{año}$
Vapor Saturado de Agua (a 4 bar)	184632039 $\frac{Kg}{año}$
Energía Eléctrica	26376006 $\frac{Kwh}{año}$

Tabla 10. Servicios necesarios para cumplir con el plan de producción de Biodiésel. (Larosa, 2001)

Ahora bien, no hay forma directa de costear el consumo de vapor saturado razón por la cual debe transformarse en consumos de agua y energía eléctrica. De acuerdo con Larosa (2001), todos los consumos eléctricos requeridos para realizar el proceso se encuentran tabulados dentro de valor presentado en la tabla 9, razón por la cual, se considera que esto incluye el consumo de la caldera para calentar el agua y llevarla al estado de vapor saturado a la presión de 4 bar, ahora bien, solo queda convertir el consumo de vapor saturado a volumen de agua, empleando el volumen específico del vapor saturado de a agua a 4 bar obtenemos la siguiente expresión.

$$184632039 \frac{Kg}{año} \times 0,4625 \frac{m^3}{Kg}$$

$$85392318,1 \frac{m^3}{año}$$

Con esos datos se convierte la tabla 10 en la tabla 11.

Servicio	Consumo
Agua	95942720,4 $\frac{m^3}{año}$
Energía Eléctrica	26376006 $\frac{Kwh}{año}$

Tabla 11. Servicios básicos necesarios para cumplir con el plan de producción de Biodiésel.

Ya que se convirtió el vapor saturado requerido a volumen de agua para poder ser tabulado como un costo vale la pena hacer la aclaratoria de que se por la ubicación del CRP y de que se plantea erigir el CPB en las cercanías de este, se tiene acceso directo al mar, por lo que con la instalación de una planta desalinizadora se contaría con toda el agua necesaria para el proceso, volviendo así el consumo de agua en un consumo de energía eléctrica; se planea utilizar los equipos de desalinización de la compañía Aerogeneradores Canarios, S. A., que según las especificaciones de la compañía, tienen un consumo de $2 \frac{Kwh}{m^3}$, con esta información se arma la tabla 12.

Servicio	Consumo
Energía Eléctrica	218261446,8 $\frac{Kwh}{año}$

Tabla 12. Servicios básicos necesarios para cumplir con el plan de producción de Biodiésel.

Ahora la tabla 13 presenta un resumen de los insumos y servicios requeridos por esta alternativa.

Item	Consumo
Aceite de palma	543345,72 Toneladas
Metanol	53807,05 Toneladas
Soda Caustica	3270,63 Toneladas
Ácido Mineral	3165,12 Toneladas
Glicerina bruta	59082,25 Toneladas (Producción)
Energía Eléctrica	218261446,8 $\frac{Kwh}{año}$

Tabla 13. Resumen de requerimientos anuales de Materia Prima y Servicios para la alternativa basada en aceite de palma.

4.2.3.2. Insumos y Servicios para la alternativa basada en Microalgas.

Ahora bien, para comenzar a estimar los insumos y servicio de esta alternativa, se debe estudiar la diferencia fundamental entre ambas alternativas, la cual es que la presente alternativa incluye una granja industrial de microalgas y una planta de extracción de biopetróleo de las microalgas, a la vez que ambas alternativas comparten a la planta de transesterificación como similitud. En este caso los insumos y servicios son más, ya que se tienen que alimentar a tres plantas en lugar de una sola.

Para comenzar con la estimación tomemos la granja industrial, esta solo requiere de agua, CO_2 y de nutrientes para el cultivo. De acuerdo con Osorio Campusano (2008) la tabla 14, presentada a continuación, contiene los requisitos diarios de agua, CO_2 y de nutrientes que cada reactor (Laguna).

Materia Prima	Consumo
CO_2	3250 $\frac{\text{toneladas}}{\text{día}}$
$NaNO_3$	837 $\frac{\text{toneladas}}{\text{día}}$

Tabla 14. Requerimientos de Materia Prima para un reactor (laguna) de cultivo de microalgas (Osorio, 2008; p. 45)

Ahora bien debemos convertir esos requerimientos unitarios de la granja industrial de tal forma que logre cubrir con las necesidades de biopetróleo de la planta, para esto, debemos hacer las siguientes aclaratorias: de acuerdo con Osorio (2008) esos requerimientos de materia prima fueron estimados para un reactor (laguna) que ocupa una superficie de una hectárea; ahora bien, según Garibay Hernández, Vázquez-Duhalt, Sánchez Saavedra, Serrano Carreón y Martínez Jiménez (2009) una hectárea utilizada para el cultivo de microalgas es capaz de producir aproximadamente 125 Barriles Anuales de Biodiésel puro (p. 45), tomando esto como referencia, tenemos que un reactor (laguna) es capaz de producir 125 Barriles Anuales de Biodiésel puro, partiendo de esto y

con la capacidad nominal del CPB de 3970470 Barriles Anuales de Biodiésel puro obtenemos la siguiente expresión que nos permitirá calcular el tamaño de la granja industrial y poder convertir nuestros consumos diarios unitarios a consumos anuales totales.

$$X \times 125 \frac{\text{Barriles}}{\text{Hectárea}} \times 1 \frac{\text{Hectárea}}{\text{Reactor}} = 3970470 \text{ Barriles}$$

$$X = \frac{3970470 \text{ Barriles}}{125 \frac{\text{Barriles}}{\text{Reactor}}}$$

$$X = 31763,76 \text{ Reactores}$$

$$X = 31764 \text{ Reactores}$$

La granja industrial debería contar con 31764 Reactores (lagunas) para poder cubrir la capacidad instalada de la planta y el plan de producción, ahora tomando este valor en cuenta y que el CPB deberá trabajar los 365 días del año, obtenemos la tabla 15.

Materia Prima	Consumo
CO_2	37680045000 toneladas
$NaNO_3$	9704600820 toneladas

Tabla 15. Requerimientos Anuales de Materia Prima para la granja industrial de cultivo de microalgas.

Ahora no hace falta cuales serían los consumos de servicios requeridos por esta parte de la alternativa, de acuerdo con Osorio (2008) el proceso de cultivo de las microalgas y extracción de biopetróleo el proceso requeriría de $161613240 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$ para una planta con una capacidad instalada de $100000 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$ de producción de biopetróleo; ahora bien, en el caso del CPB se requieren de $543345,72 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$ de biopetróleo para cumplir con el plan de producción; usando dicha información se puede dimensionar el consumo de

energía eléctrica a los requerimientos del CPB, esto nos daría la siguiente expresión.

$$\text{Consumo de Energía} = \frac{543345,72 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}}{100000 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}} \times 161613240 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$$

$$\text{Consumo de Energía} = 5,4334572 \times 161613240 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$$

$$\text{Consumo de Energía} = 878118622,5 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$$

Recapitulando, el consumo anual de energía de la granja industrial y de la planta de extracción de biopetróleo sería de unos $878118622,5 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$.

A continuación se presenta la tabla 16, la cual presenta un resumen de los requerimientos de materia prima y servicios requeridos para la alternativa para poder cumplir con el plan de producción establecido para el CPB.

Item	Consumo
Biopetróleo	543345,72 Toneladas
Metanol	53807,05 Toneladas
Soda Caustica	3270,63 Toneladas
Ácido Mineral	3165,12 Toneladas
Glicerina bruta	59082,25 Toneladas (Producción)
Energía Eléctrica	1096380069 $\frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$
CO_2	37680045000 toneladas
$NaNO_3$	9704600820 toneladas

Tabla 16. Resumen de requerimientos anuales de Materia Prima y Servicios para la alternativa basada en aceite de microalgas o biopetróleo.

4.2.4. Maquinaria y Equipos

A continuación se presenta el listado de maquinarias y equipos que requerirán las dos alternativas propuestas.

Alternativa	Aceite de palma como materia prima
Planta	Transesterificación
Maquinarias y equipos	Mezclador estático
	Reactor de lecho fijo
	Reactor tubular
	Condensador
	Columna flash
	Decantador
	Planta desalinizadora

Tabla 17. Listado de equipos y maquinarias para la alternativa basada en aceite de palma como materia prima.

Alternativa	Aceite de microalgas como materia prima		
Planta	Granja Industrial	Extracción de Aceite	Transesterificación
Maquinarias y equipos	Lagunas	Centrifuga de 3 fases (Decantador Centrifugo)	Mezclador estático
	Soplador	Cinta Transportadora	Reactor de lecho fijo
	Bomba de agua	Cargador	Reactor tubular
	Clarificador		Condensador
	Espesador		Columna Flash
			Decantador
			Planta desalinizadora

Tabla 18. Listado de equipos y maquinarias para la alternativa basada en aceite de microalgas o biopetróleo como materia prima.

4.2.5. Dimensionamiento.

Ya que se cuenta con un listado de los equipos necesarios requeridos para cada una de las alternativas, se debe realizar un dimensionamiento de la planta en cuanto al número de equipos que se requerirían para poder cubrir la capacidad instalada estimada para CPB.

4.2.5.1. Dimensionamiento para la alternativa basada en Palma Aceitera.

Hay que comenzar por la alternativa basada en aceite de palma como materia prima básica, en este caso se contaría únicamente con una planta de transesterificación.

Para comenzar con el estudio de dimensionamiento de esta alternativa hay que realizar la aclaratoria que los equipos requeridos en su mayoría son equipos realizados a medida y por encargo, por esta razón se comenzó a realizar la investigación de un posible proveedor; pero en este caso solo se puede encontrar con un distribuidor para el equipo de la planta desalinizadora de Aerogeneradores Canarios, S. A. los cuales vienen en presentación por módulos de $5000 \frac{m^3}{día}$ lo que se traduce en unos $1825000 \frac{m^3}{año}/módulo$ comparamos esto con los requerimientos de agua que tendría la planta de transesterificación de unos $95942720,4 \frac{m^3}{año}$, usando esto como base de cálculo se puede armar la siguiente expresión para determinar la cantidad de módulos necesaria para la planta.

$$Módulos Req. = \frac{95942720,4 \frac{m^3}{año}}{1825000 \frac{m^3}{año}/módulo}$$

$$Módulos Req. = 52,57 \text{ módulos}$$

$$Módulos Req. = 53 \text{ módulos}$$

Ahora bien, para el resto de la planta no se pudo realizar un estudio separado, puesto que el tamaño de los equipos y su cantidad están relacionados con el volumen de producción, adicionalmente como se comentó antes, los equipos son realizados a medida y por encargo lo que no se pudo conseguir a un proveedor o fabricante en el país que pudieran dimensionar los equipos y realizar un presupuesto; por lo que, como ya se mencionó, no se pudo realizar el estudio y solo se podrá estimar la superficie necesaria para la planta y la inversión inicial requerida, al escalar una planta conocida que emplea un proceso similar; en este caso la planta de Imperium Grays Harbor ubicada en Hoquiam en el Estado de Washington, Estados Unidos de la compañía Imperium Renewables; dicha planta cuenta con una capacidad instalada de 3174603 Barriles Anuales de Biodiésel, sabiendo que se estimó la capacidad

requerida del CPB en 3970470 Barriles Anuales de Biodiésel se puede calcular el siguiente factor de escala (llamado FS_t)

$$FS_t \times 3174603 \text{ Barriles de Biodiésel} = 3970470 \text{ Barriles de Biodiésel}$$

$$FS_t = \frac{3970470 \text{ Barriles Anuales de Biodiésel}}{3174603 \text{ Barriles Anuales de Biodiésel}}$$

$$FS_t = 1,2507$$

Calculado dicho factor ahora se puede escalar la planta de Imperium a la dimensión del CPB.

4.2.5.2. Dimensionamiento para la alternativa basada en Microalgas.

Ahora pasamos al dimensionamiento de la alternativa que emplea biopetróleo o aceite de microalgas como materia prima básica, en este caso solo hay que dimensionar dos partes, la granja industrial y extractora de biodiésel. Ahora bien, hay que aclarar que el dimensionamiento para la planta de transesterificación de esta alternativa es exactamente igual al de la alternativa anterior, la diferencia se encuentra en que se debe dimensionar a la granja industrial y la extractora de biopetróleo.

En este caso se dimensionará el diseño presentado por Osorio (2008) el cual está conformado por 7591 lagunas, comparando esto con las 31764, que se calculó debería tener la granja industrial para poder cubrir la capacidad estimada del CPB, podemos calcular un factor de escala, FS_g , para dimensionar el número de equipos necesarios para cubrir la capacidad estimada del CPB; siguiendo estos lineamientos obtenemos la siguiente expresión.

$$FS_g \times 7591 \text{ Lagunas} = 31764 \text{ Lagunas}$$

$$FS_g = \frac{31764 \text{ Lagunas}}{7591 \text{ Lagunas}}$$

$$FS_g = 4,1844$$

Ahora que tenemos calculado el factor de escala, se necesita tener información a la cual escalar, esta se presenta en la tabla 19.

Equipo	Cantidad
Laguna	7591
Clarificador	25
Espesador	25
Centrifuga de 3 fases	53

Tabla 19. Listado de equipos para la granja industrial y la extractora de biopetróleo a escalar (Osorio, 2008; p. 47)

Ahora usando el factor de escala y haciendo las aproximaciones requeridas, se puede armar la tabla 20.

Equipo	Cantidad
Laguna	31764
Clarificador	105
Espesador	105
Centrifuga de 3 fases	222

Tabla 20. Listado de equipos para la granja industrial y la extractora de biopetróleo del CPB

4.2.6. Distribución de planta

Empleando la información del dimensionamiento de la planta, calculada en la etapa anterior, pasamos a calcular el área necesaria para cada una de las alternativas del CPB y así poder realizar las distribuciones de planta de dichas alternativas.

Comenzando por la alternativa basada en aceite de palma como materia prima base para el proceso; esta alternativa solo estaría conformada por la planta de transesterificación, empleando el factor de escala calculado en la etapa de dimensionamiento de la planta se escalara la planta de Imperium

Renewables anteriormente mencionada; ahora bien la planta de Grays Harbor ocupa una superficie de 5 Hectáreas, incluye todos los equipos necesarios para el proceso productivo y es una planta que usa el mismo proceso productivo que se aplicaría en el CPB; ahora bien, escalando la planta, tenemos que la planta de transesterificación ocuparía una superficie de 6,2535 Hectáreas, lo que puede redondearse a unas 7 Hectáreas para incluir el espacio necesario para los módulos de la planta desalinizadoras, adicionalmente se estima que deben incluirse 3 Hectáreas adicionales para ampliar el espacio de almenaje de producto terminado de la planta y las oficinas administrativas del CPB; realizando la suma obtenemos que la planta de transesterificación requería de unas 10 Hectáreas de superficie.

Pasando a la alternativa basada en biopetróleo o aceite de microalgas como materia prima base; esta alternativa posee el mismo requerimiento de terreno para la planta de transesterificación de la otra alternativa, pero la diferencia se encuentra en que esta alternativa cuenta con una granja industrial y la planta extractora de biopetróleo, los requerimientos de superficie de dichas plantas para esta alternativa se encuentran presentadas en la tabla 21, de acuerdo con la información recaudada por Osorio (2008).

Equipo	Cantidad	Superficie por unidad	Requerimiento de superficie
Laguna	31764	10000 m^2	317640000 m^2
Clarificador	105	9696 m^2	1018080 m^2
Espesador	105	1196 m^2	125580 m^2
Centrifuga de 3 fases	222	10 m^2	2220 m^2

Tabla 21. Requerimientos de terreno para la granja industrial y la extractora de biopetróleo. (Osorio, 2008)

Ahora con esos valores, los convertimos a Hectáreas y se le hacen unas complementaciones de superficie para incluir las áreas de servicio y de almacenaje que se requerirían para dichos equipos; con esto en mente se armó la tabla 22.

Equipo	Requerimiento de superficie	Superficie en Hectáreas	Superficie requerida ajustada
Laguna	317640000 m^2	31764	32000
Clarificador	1018080 m^2	101,81	102
Espesador	125580 m^2	12,56	13
Centrifuga de 3 fases	2220 m^2	0,22	2

Tabla 22. Requerimientos de terreno para la granja industrial y la extractora de biopetróleo en hectáreas.

Ya con todos esos datos disponibles se pueden armar las distribuciones de planta de cada una de las alternativas, presentadas en las figuras 9 y 10.

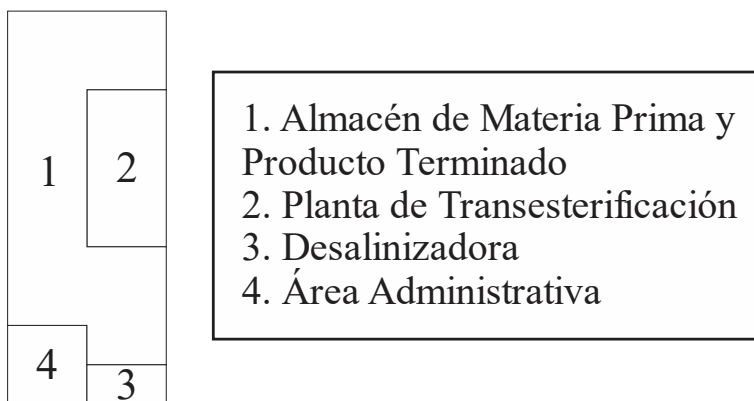


Figura 9. Distribución de Planta de la alternativa basada en Aceite de Palma.

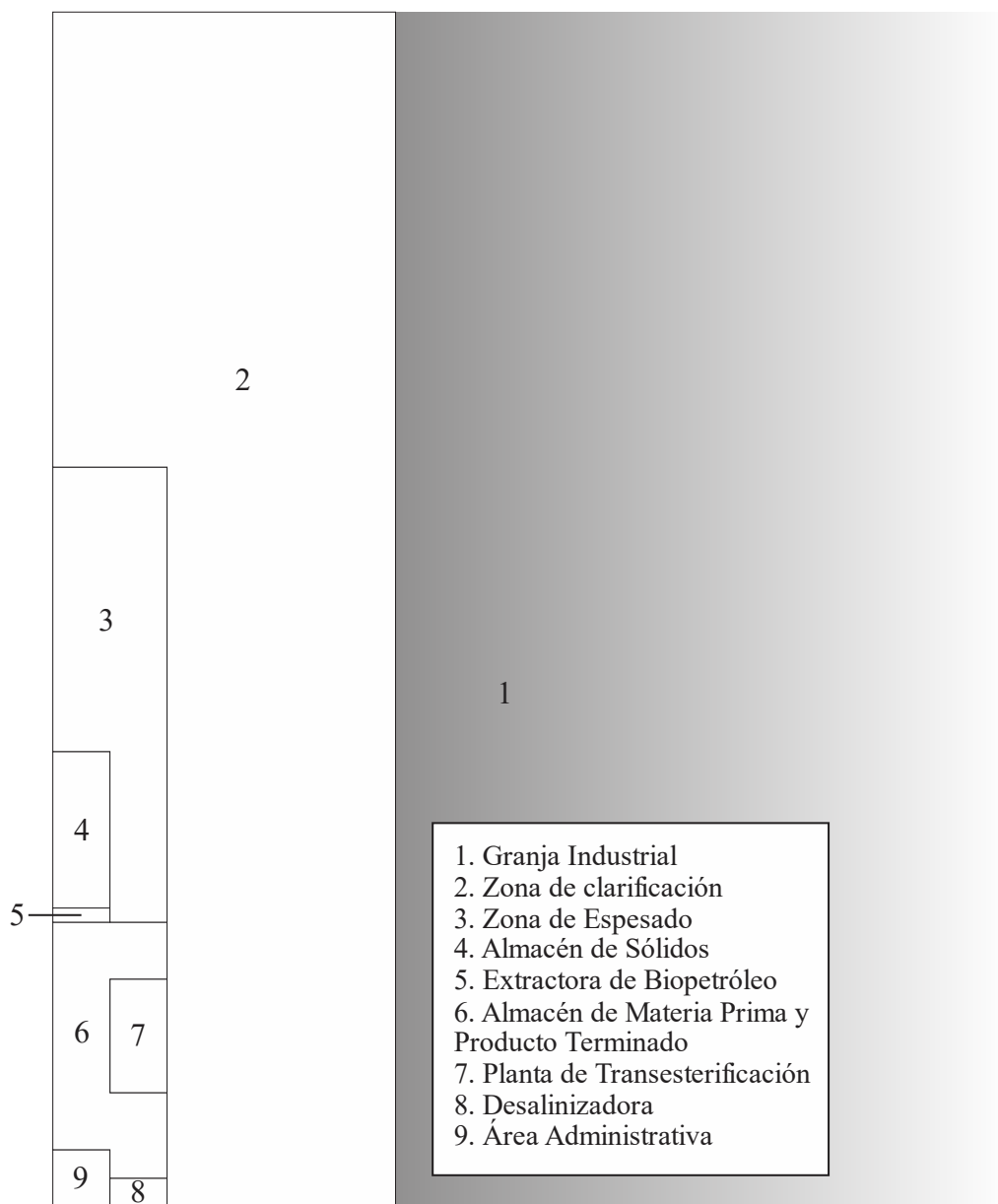


Figura 10. Distribución de Planta de la alternativa basada en Biopetróleo o Aceite de Microalgas.

4.5.7. Localización de Planta

Para la realización del Proyecto, sin importar la alternativa a utilizar, se pretende usar los terrenos disponibles al sur de la Península de Paraguaná, específicamente hablando aquellos que se encuentran entre la costa sur de la

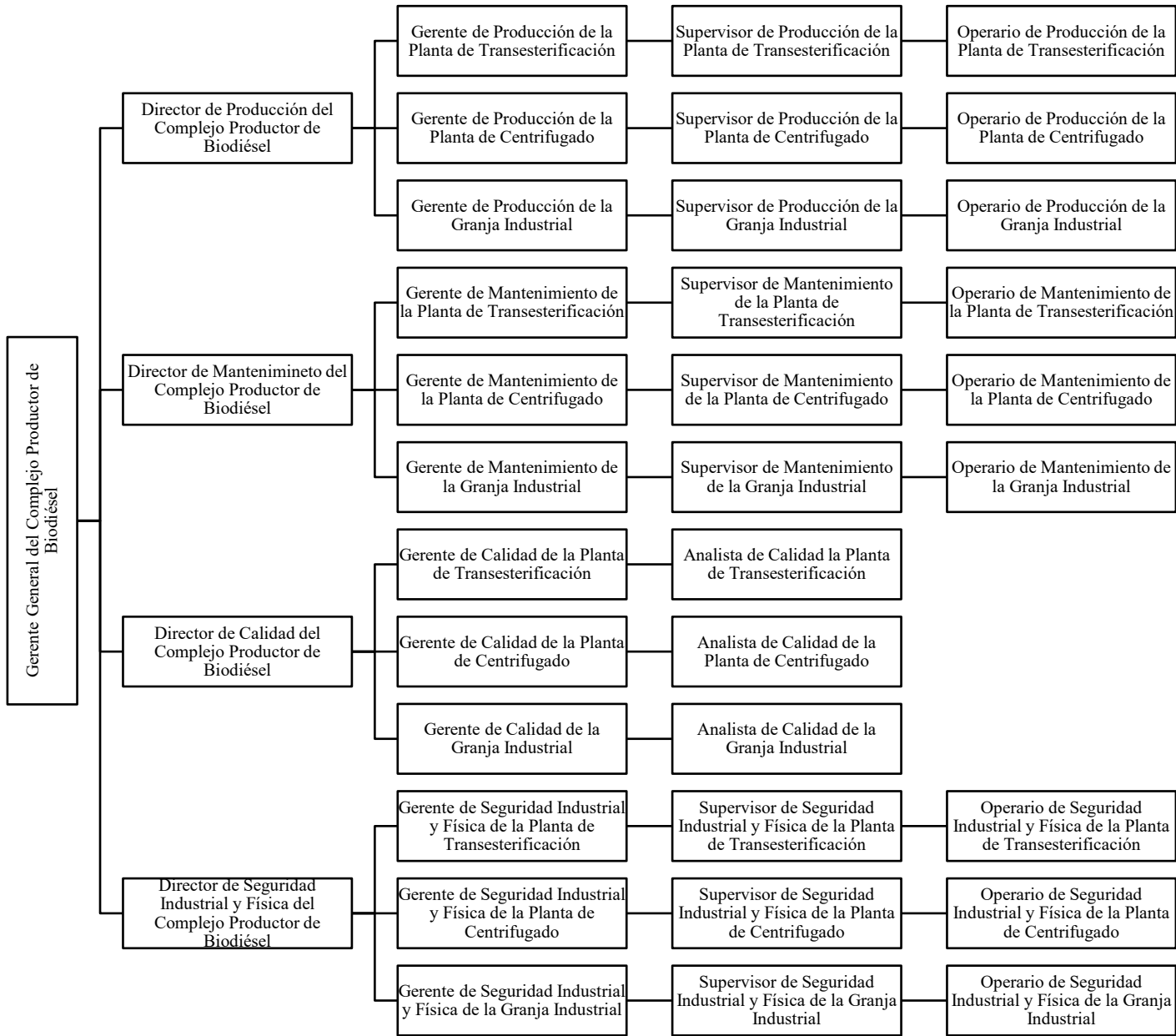
península y la Intercomunal Coro – Punto Fijo, aquellos terrenos disponibles que se encuentren lo más cercanamente posible a la Refinería de Punta Cardón, para ser más precisos; la planta de Transesterificación debe encontrarse en el punto más cercano a la Refinería antes mencionada para asegurar una ruta de fácil transporte del producto terminado para después poder ser mezclado con el Diésel y así producir la mezcla de Diésel-Biodiésel a comercializar.

4.3. Fase III: Realización de un estudio organizacional, legal y ambiental de la propuesta.

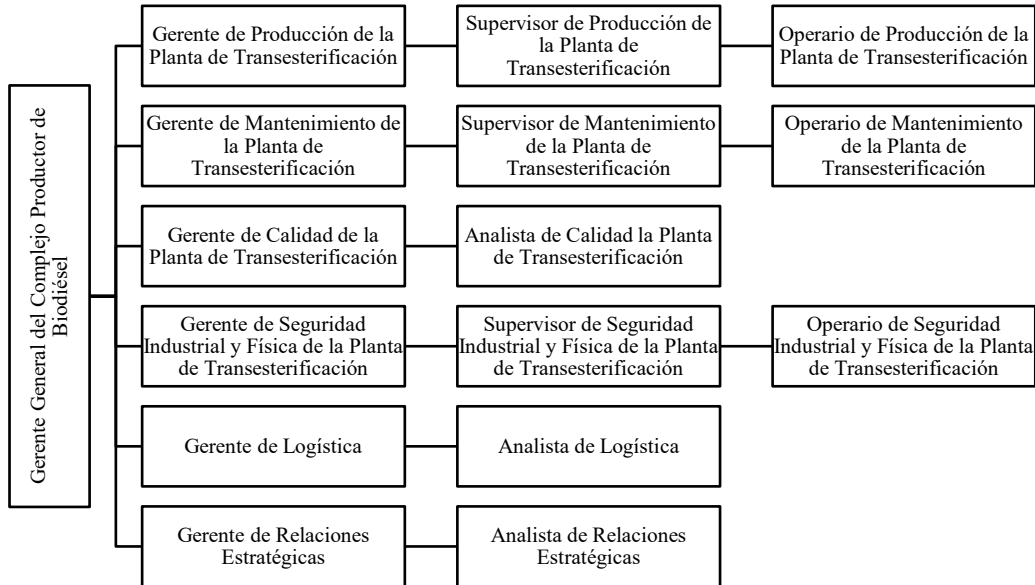
4.3.1. Estudio Organizacional

El Centro Refinador Paraguaná es una entidad administrativa creada por Petróleos de Venezuela, S. A. para así fusionar administrativamente las refinerías de Amuay, Cardón y Bajo Grande, aunque operativamente son entes separados; como el Complejo Productor de Biodiésel formaría parte de dicha entidad administrativa, entonces los organigramas presentados a continuación solo presentaran los cargos necesarios para la ejecución de las operaciones de las distintas alternativas, de ser absolutamente necesaria la creación de algún tipo de cargo administrativo especializado para el normal desenvolvimiento de las operaciones de una de las alternativas, este será agregado y descrito, de lo contrario se hace la suposición de que ya la compañía posee dicho cargo dentro de su estructura organizacional.

Realizada la aclaratoria anterior, comencemos con el estudio organizacional para la alternativa basada en el uso de microalgas como materia prima base; luego de una investigación preliminar se llegó a la siguiente estructura organizacional necesaria para el normal desenvolvimiento de las operaciones de la alternativa:



Ahora realicemos el estudio organizacional para la alternativa basada en el uso de aceite de palma como materia prima base; luego de una investigación preliminar se llegó a la siguiente estructura organizacional necesaria para el normal desenvolvimiento de la operación de la alternativa:



4.3.2. Descripción de los cargos:

Comenzando por el organigrama perteneciente a las alternativas basadas en microalgas como materia prima:

- Gerente General del Complejo Productor de Biodiésel: Responsable máximo por las operaciones del CPB (Complejo Productor de Biodiésel), su trabajo es asegurarse de que el liderazgo del CPB siga los lineamientos dictados por la empresa cocreando las políticas que serán implementadas en las operaciones del CPB.

- Director de Producción del Complejo Productor de Biodiésel: Responsable máximo del departamento de Producción del CPB, su trabajo consta en diseñar las políticas a ser aplicadas en el departamento, junto al Gerente General, y asegurarse de su cumplimiento y seguimiento por parte de la gerencia media bajo su cargo.

- Gerente de Producción de la Planta de Transesterificación: Responsable máximo del departamento de Producción de la planta, su trabajo consta en garantizar

la aplicación de las políticas dictadas por él Director de Producción, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Producción de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Producción de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Producción de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Producción de la planta.

- Gerente de Producción de la Planta de Centrifugado: Responsable máximo del departamento de Producción de la planta, su trabajo consta en garantizar la aplicación de las políticas dictadas por él Director de Producción, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Producción de la Planta de Centrifugado: Responsable de las operaciones diarias de Producción de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Producción de la Planta de Centrifugado: Responsable de las operaciones diarias de Producción de la planta.

- Gerente de Producción de la Granja Industrial: Responsable máximo del departamento de Producción de la Granja, su trabajo consta en garantizar la aplicación de las políticas dictadas por él Director de Producción, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Producción de la Granja Industrial: Responsable de las operaciones diarias de Producción de la Granja, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Producción de la Granja Industrial: Responsable de las operaciones diarias de Producción de la planta.

- Director de Mantenimiento del Complejo Productor de Biodiésel: Responsable máximo del departamento de Mantenimiento del CPB, su trabajo consta en diseñar las políticas a ser aplicadas en el departamento, junto al Gerente General, y

asegurarse de su cumplimiento y seguimiento por parte de la gerencia media bajo su cargo.

- Gerente de Mantenimiento de la Planta de Transesterificación: Responsable máximo del departamento de Mantenimiento de la planta, su trabajo consta en garantizar la aplicación de las políticas dictadas por el Director de Mantenimiento, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Mantenimiento de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Mantenimiento de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Mantenimiento de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Mantenimiento de la planta; ya sean de Mantenimiento de maquinaria y equipos, o limpieza de las instalaciones.

- Gerente de Mantenimiento de la Planta de Centrifugado: Responsable máximo del departamento de Mantenimiento de la planta, su trabajo consta en garantizar la aplicación de las políticas dictadas por el Director de Mantenimiento, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Mantenimiento de la Planta de Centrifugado: Responsable de las operaciones diarias de Mantenimiento de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Mantenimiento de la Planta de Centrifugado: Responsable de las operaciones diarias de Mantenimiento de la planta; ya sean de Mantenimiento de maquinaria y equipos, o limpieza de las instalaciones.

- Gerente de Mantenimiento de la Granja Industrial: Responsable máximo del departamento de Mantenimiento de la Granja, su trabajo consta en garantizar la aplicación de las políticas dictadas por el Director de Mantenimiento, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Mantenimiento de la Granja Industrial: Responsable de las operaciones diarias de Mantenimiento de la Granja, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Mantenimiento de la Granja Industrial: Responsable de las operaciones diarias de Mantenimiento de la Granja; ya sean de Mantenimiento de maquinaria y equipos, o limpieza de las instalaciones.

- Director de Calidad del Complejo Productor de Biodiésel: Responsable máximo del departamento de Calidad del CPB, su trabajo consta en diseñar las políticas a ser aplicadas en el departamento, junto al Gerente General, y asegurarse de su cumplimiento y seguimiento por parte de la gerencia media bajo su cargo.

- Gerente de Calidad de la Planta de Transesterificación: Responsable máximo del departamento de Calidad de la planta, su trabajo consta en garantizar la aplicación de las políticas dictadas por el Director de Calidad, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Analista de Calidad de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Calidad de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia por parte de los demás departamentos.

- Gerente de Calidad de la Planta de Centrifugado: Responsable máximo del departamento de Calidad de la planta, su trabajo consta en garantizar la aplicación de las políticas dictadas por el Director de Calidad, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Analista de Calidad de la Planta de Centrifugado: Responsable de las operaciones diarias de Calidad de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia por parte de los demás departamentos.

- Gerente de Calidad de la Granja Industrial: Responsable máximo del departamento de Calidad de la Granja, su trabajo consta en garantizar la aplicación de

las políticas dictadas por él Director de Calidad, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Analista de Calidad de la Granja Industrial: Responsable de las operaciones diarias de Calidad de la Granja, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia por parte de los demás departamentos.

- Director de Seguridad Industrial y Física del Complejo Productor de Biodiésel: Responsable máximo del departamento de Seguridad Industrial y Física del CPB, su trabajo consta en diseñar las políticas a ser aplicadas en el departamento, junto al Gerente General, y asegurarse de su cumplimiento y seguimiento por parte de la gerencia media bajo su cargo.

- Gerente de Seguridad Industrial y Física de la Planta de Transesterificación: Responsable máximo del departamento de Seguridad Industrial y Física de la planta, su trabajo consta en garantizar la aplicación de las políticas dictadas por él Director de Seguridad Industrial y Física, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Seguridad Industrial y Física de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Seguridad Industrial y Física de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Seguridad Industrial y Física de la Planta de Transesterificación: Responsable de la Seguridad diaria de la planta y sus empleados.

- Gerente de Seguridad Industrial y Física de la Planta de Centrifugado: Responsable máximo del departamento de Seguridad Industrial y Física de la planta, su trabajo consta en garantizar la aplicación de las políticas dictadas por él Director de Seguridad Industrial y Física, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Seguridad Industrial y Física de la Planta de Centrifugado: Responsable de las operaciones diarias de Seguridad Industrial y Física de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Seguridad Industrial y Física de la Planta de Centrifugado: Responsable de la Seguridad diaria de la planta y sus empleados.

- Gerente de Seguridad Industrial y Física de la Granja Industrial: Responsable máximo del departamento de Seguridad Industrial y Física de la planta, su trabajo consta en garantizar la aplicación de las políticas dictadas por él Director de Seguridad Industrial y Física, y asegurar de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Seguridad Industrial y Física de la Granja Industrial: Responsable de las operaciones diarias de Seguridad Industrial y Física de la Granja, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Seguridad Industrial y Física de la Granja Industrial: Responsable de la Seguridad diaria de la Granja y sus empleados.

Ahora describiendo los cargos pertenecientes al organigrama de la alternativa que usa palma aceitera como materia prima:

- Gerente General del Complejo Productor de Biodiésel: Responsable máximo por las operaciones del CPB, su trabajo es asegurarse de que el liderazgo del CPB siga los lineamientos dictados por la empresa cocreando las políticas que serán implementadas en las operaciones del CPB.

- Gerente de Producción de la Planta de Transesterificación: Responsable máximo del departamento de Producción de la planta, su trabajo consta en diseñar las políticas a ser aplicadas en el departamento, junto al Gerente General, y asegurarse de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Producción de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Producción de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Producción de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Producción de la planta.

- Gerente de Mantenimiento de la Planta de Transesterificación: Responsable máximo del departamento de Mantenimiento de la planta, su trabajo consta en diseñar las políticas a ser aplicadas en el departamento, junto al Gerente General, y asegurarse de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Mantenimiento de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Mantenimiento de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Mantenimiento de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Mantenimiento de la planta; ya sean de Mantenimiento de maquinaria y equipos, o limpieza de las instalaciones.

- Gerente de Calidad de la Planta de Transesterificación: Responsable máximo del departamento de Calidad de la planta, su trabajo consta en diseñar las políticas a ser aplicadas en el departamento, junto al Gerente General, y asegurarse de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Analista de Calidad de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Calidad de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia por parte de los demás departamentos.

- Gerente de Seguridad Industrial y Física de la Planta de Transesterificación: Responsable máximo del departamento de Seguridad Industrial y Física de la planta, su trabajo consta en diseñar las políticas a ser aplicadas en el departamento, junto al

Gerente General, y asegurarse de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Supervisor de Seguridad Industrial y Física de la Planta de Transesterificación: Responsable de las operaciones diarias de Seguridad Industrial y Física de la planta, su trabajo consta en asegurarse del cumplimiento y el seguimiento de las políticas dictadas por la gerencia.

- Operario de Seguridad Industrial y Física de la Planta de Transesterificación: Responsable de la Seguridad diaria de la planta y sus empleados.

- Gerente de Logística: Responsable máximo de la Logística de la planta, su trabajo consta en diseñar las políticas a ser aplicadas en el departamento, junto a el Gerente General, el Gerente de Producción y el Gerente de Relaciones Estratégicas para asegurarse de que las operaciones del CPB transcurran sin interrupciones, y asegurarse de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Analista de Logística: Responsable del contacto con los distintos proveedores y los distintos departamentos competentes, para organizar la logística tras las operaciones del CPB.

- Gerente de Relaciones Estratégicas: Responsable máximo de las relaciones con los proveedores del CPB, su trabajo consta en diseñar las políticas a ser aplicadas por su departamento, junto al Gerente General, para mantener la mejor de las relaciones posibles con cada uno de los proveedores, también debe asegurarse de su cumplimiento y seguimiento por parte de los empleados bajo su cargo.

- Analista de Relaciones Estratégicas: Responsable del contacto con los distintos proveedores, para asegurar una línea continua de comunicación entre la empresa y sus proveedores y mantener las mejores relaciones posibles con estos.

4.3.3. Estimación del Tamaño de la fuerza laboral.

Ya realizados los organigramas de las alternativas y las descripciones de los cargos, es momento de estimar el número de empleados necesario para cada una de

las alternativas; para esto se estimaría el número de empleados necesarios para la alternativa basada en microalgas, este número sería la base para calcular la cantidad de empleados necesarios para la otra alternativa.

Comenzando por la planta de transesterificación, la única planta que comparten las alternativas, en este caso el cálculo del tamaño de la fuerza laboral de esta planta se usara como punto de partida el tamaño de la fuerza laboral de la planta Imperium Gray Harbors, empleando el factor de escala calculado anteriormente; esta información es proporcionada por la compañía Imperium Renewables, dueña de la planta. De acuerdo a la información proporcionada por la compañía en su página web, la planta opera con 42 empleados a tiempo completo en un amplio rango de posiciones, no se especifica en cuales posiciones, pero si se hace referencia que son empleados operativos, no administrativos, ya que los administrativos se encuentran en las oficinas principales de la compañía ubicadas en Seattle; se hace la suposición de que la planta opera las 24 horas del día los 7 días de la semana, razón por la cual se requerirán de 4 equipos para poder cubrir los 3 turnos de producción durante toda la semana.

Ahora bien ya se calculó el factor de escala para esta planta cuando se hizo el cálculo del terreno requerido para poder realizar la planta, este factor es 1,1484, entonces:

$$\text{Fuerza Laboral P.T.} = 1,2507 \times 42 \text{ empleados}$$

$$\text{Fuerza Laboral P.T.} = 52,5294 \text{ empleados}$$

Para que todos los turnos posean el mismo número de empleados, se redondeara el tamaño de la fuerza laboral a 52 empleados, esta “disminución” en el tamaño de la fuerza laboral y la calculada es posible debido a que el proceso se encuentra altamente automatizado, ahora bien cada turno debería estar compuesto por unos 13 empleados, distribuidos como se muestra en la tabla 23:

	Producción	Mantenimiento	Calidad
Supervisor	1	1	
Operario	3	6	
Analista			2

Tabla 23. Distribución de empleados por turno en la planta de transesterificación.

En el cálculo de fuerza laboral hace falta el equipo de seguridad industrial y física de la planta, de acuerdo a la información suministrada por el Lic. Gustavo Rodriguez, en una entrevista no estructurada, para una de planta del tamaño de la propuesta, se necesitaría de una fuerza laboral de unos 20 empleados de seguridad industrial y física por turno, separados en 4 equipos de 5 personas, compuestos por 4 operarios y un supervisor. Adicionalmente se deben agregar 4 empleados fijos que ocuparían los cargos de gerente de los distintos departamentos de la planta y una cuadrilla de unos 4 empleados que ocuparían cargos de operario de mantenimiento, trabajando en la limpieza del edificio administrativo del Complejo Productor de Biodiésel.

Por lo tanto, si sumamos el número de empleados necesarios obtenemos la tabla 24.

	Producción	Mantenimiento	Calidad	Seguridad	Total
Gerente	1	1	1	1	4
Supervisor	4	4		16	24
Operario	12	28		64	104
Analista			8		8
Total	17	33	9	81	140

Tabla 24. Distribución de los empleados en la planta de transesterificación.

Ya calculada la fuerza laboral necesaria para la planta de transesterificación pasamos a calcular la fuerza laboral necesaria para operar la planta de centrifugado. En este caso la operación es un poco menos automatizada que la planta de transesterificación, esencialmente debido a que los desechos sólidos del proceso deben ser transportados por el patio de almacenaje empleando transportadores, razón por la cual se debe agregar una cuadrilla de producción adicional, por turno, a lo presentado como necesaria en el cuadro anterior, de resto la fuerza laboral necesaria es similar a la de la planta anterior; por lo tanto, así quedaría el cuadro resumen para esta planta:

	Producción	Mantenimiento	Calidad	Seguridad	Total
Gerente	1	1	1	1	4
Supervisor	8	4		16	28
Operario	24	28		64	116
Analista			8		8
Total	33	33	9	81	156

Tabla 25. Distribución de los empleados en la planta de centrifugado.

Ahora bien, la fuerza laboral necesaria para la planta de espesamiento, se considera esta sección del proceso como una planta debido a su dimensión, el proceso es altamente automatizado, para este caso se trabajaría con un fuerza laboral similar a la de la planta de transesterificación, solo que se debería aumentar el tamaño de la fuerza laboral de seguridad, en este caso el Lic. Rodriguez recomienda duplicarla; en este caso solo se necesitaría un analista de calidad por turno; en cuanto a la gerencia, operativamente la planta de espesamiento se encontraría bajo la gerencia de la planta de centrifugado por lo que en el resumen de esta planta no se tomara en cuenta los niveles de gerencia. Con esta información se arma la tabla 26.

	Producción	Mantenimiento	Calidad	Seguridad	Total
Supervisor	4	4		32	40
Operario	12	28		128	168
Analista			4		4
Total	16	32	4	160	212

Tabla 26. Distribución de los empleados en la planta de espesamiento.

Ya calculada la fuerza laboral necesaria para la planta de espesamiento, se debe calcular la fuerza laboral para la planta de clarificación, al ser una planta similar a la de espesamiento, solo que 10 veces más grande, se escalaría la fuerza laboral para los departamentos de producción, mantenimiento y calidad usando ese mismo factor; bajo el consejo del Lic. Rodriguez, se triplicaría la fuerza laboral del departamento de seguridad con respecto a la planta de espesamiento; con esto se armó la tabla 27.

	Producción	Mantenimiento	Calidad	Seguridad	Total
Supervisor	40	40		96	176
Operario	120	280		384	784
Analista			40		40
Total	160	320	40	480	1000

Tabla 27. Distribución de los empleados en la planta de clarificación.

Ahora bien, la fuerza laboral de la granja industrial es algo un poco más complicado de calcular, no se posee información directa de cual podría ser la fuerza laboral necesaria para el estudio, o por lo menos, no se cuenta con información de cuantas personas son necesarias para operar cada laguna.

Se decidió usar un criterio de jurisdicción para las operaciones de la granja, este criterio indica es que cada empleado tiene bajo su cuidado un área de la planta o granja, en este caso una cantidad de lagunas, después de hablar con la Ing. Norelys

Rodriguez y el Lic. Gustavo Rodriguez, se llegó a la conclusión de que estas serían las jurisdicciones, en hectáreas, de cada empleado de la granja industrial, de acuerdo con el cargo que cumplen:

	Producción	Mantenimiento	Calidad	Seguridad
Supervisor	2000	2000		1000
Operario	500	250		250
Analista			2000	

Tabla 28. Distribución de los empleados en la planta de clarificación.

Tomando en cuenta que se calculó el área necesaria para la granja industrial en 32000 Hectáreas esa tabla se traduce en la tabla 29.

	Producción	Mantenimiento	Calidad	Seguridad	Total
Gerente	1	1	1	1	4
Supervisor	64	64		128	256
Operario	256	512		512	1280
Analista			64		64
Total	321	577	65	641	1604

Tabla 29. Distribución de empleados en la granja industrial.

Ya que calculamos las fuerzas laborales necesarias para las distintas plantas, se debe hacer los compendios y las modificaciones necesarias para hacer los resúmenes del estudio organizacional de cada alternativa. Comenzando por la alternativa basada en el uso de aceite de palma como materia prima base en este caso se deberían realizar algunas modificaciones a la tabla 24, y estas son agregar los departamentos de Relaciones Estratégicas y de Logística. Ahora, de acuerdo con el Lic. Gustavo Rodriguez, para una propuesta de las características como la presentada, su recomendación es que los gerentes de ambos departamentos deberían contar con 6

analistas cada uno, por la importancia del papel de sus departamentos para el desenvolvimiento de las actividades del complejo. Siguiendo la recomendación del Licenciado, se armó la tabla 29.

	Producción	Mantenimiento	Calidad	Seguridad	Relaciones Estratégicas	Logística	Total
Gerente	1	1	1	1	1	1	6
Supervisor	4	4		16			24
Operario	12	28		64			104
Analista			8		6	6	20
Total	17	33	9	81	7	7	154

Tabla 30. Resumen de fuerza laboral necesaria para la alternativa basada en el uso del aceite de palma como materia prima base.

Ahora, pasando a la alternativa basada en el uso de biopetróleo o aceite de microalgas, este resumen se presenta en la tabla 30, sumando los resultados de las tablas 24, 25, 26, 27 y 29; y adicionalmente se le agregara a los 4 empleados pertenecientes a los cargos de directores.

	Producción	Mantenimiento	Calidad	Seguridad	Total
Director	1	1	1	1	4
Gerente	3	3	3	3	12
Supervisor	120	116		288	524
Operario	424	876		1152	2452
Analista			124		124
Total	548	996	128	1444	3116

Tabla 31. Resumen de fuerza laboral para la alternativa basada en el uso del biopetróleo o aceite de microalgas como materia prima base.

Ahora, agregando 1 empleado adicional quien ocuparía el cargo de gerente general, tenemos que para la alternativa del aceite de palma requeriría de 155 empleados y la alternativa de biopetróleo o aceite de microalgas requeriría de 3117 empleados.

4.3.2. Estudio Legal y Normativo de las alternativas:

Para poder llevarse a cabo cualquiera de las alternativas presentadas para la realización del proyecto estas deberán cumplir con las siguientes leyes y decretos:

- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela: además de ser la norma suprema que rige nuestro estado de derecho, en su Título VI, del Sistema Socioeconómico, en el Capítulo I, Del régimen socioeconómico y de la función del Estado en la economía, específicamente en los artículos 302 y 303 se estipula que el Estado se reserva todo lo relacionado con la industria petrolera y las industrias afines por razones de soberanía económica, política y de estrategia nacional.

- Ley Orgánica del Trabajo, los Trabajadores y las Trabajadoras: es la ley orgánica que regula al derecho laboral en el país, por lo que toda entidad de trabajo

que quiera desarrollar alguna actividad económica en el territorio nacional se encuentra en la obligación de cumplir con todo lo estipulado en esta ley.

- Ley Orgánica de Hidrocarburos: es la Ley Orgánica que regula todo lo relacionado con la industria petrolera, con excepción de los hidrocarburos gaseosos; como el proyecto se encuentra enmarcado dentro de dicha industria y por lo tanto su actividad se encuentra regulada por esta ley.

- Ley Orgánica del Ambiente: Es la ley orgánica que regula la política ambiental de la nación, ella contiene 2 elementos importantes para este proyecto; el primero, es que establece las actividades económicas bajo regulación porque pueden alterar al ambiente, esto es relevante puesto que en este proyecto se manejarían sustancias cuyo manejo hace la actividad económica del CPB caiga dentro de esta clasificación; y la segunda es que se establece que el Estado fomentara mediante incentivos económicos la adopción de tecnologías que no impacten negativamente al ambiente.

- Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo: es la ley organica que dicta y regula las condiciones mínimas de seguridad, salud y bienestar en los ambientes de trabajo en el país, el no cumplimiento de esta ley claramente amerita una serie de sanciones serias, que incluyen prisión, además de que si se plantea que el CPB sea una planta de vitrina y de punta, este debe contar con las mejores condiciones de trabajo en el país.

Ahora desde el punto de vista normativo técnico nos encontramos con que se deben cumplir con las siguientes normas técnicas nacionales e internacionales:

- ASTM D6751; Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels: es la familia de normas técnicas de la American Society for Testing Materials, en la cual se dictan las especificaciones con las que debe cumplir el Biodiésel para poder ser usado de forma segura, esta norma es la usada como referencia dentro de los Estados Unidos para regular las especificaciones del

Biodiésel en ese país, aunque ha sido adoptadas por otras naciones dentro del continente a raíz de la similaridad tecnológica con la que se cuenta en el continente, esto debido a la alta comercialización de los vehículos de las automotrices estadounidenses en el continente.

- EN 14214; Automotive fuels. Fatty acid methyl esters (FAME) for Diesel Engines. Requirements and test methods: es la norma técnica que dicta el estándar de especificación para el Biodiésel dentro de dicho continente, ella extiende las especificaciones de la ASTM D6751 y la extiende para incluir especificaciones para incluir requisitos para climas frío.

- Por último hay que mencionar todas las normas Covenin relacionadas con seguridad industrial necesarias para cumplir con la LOPCYMAT.

4.3.3. Análisis del impacto ambiental:

La zona en la que se planea localizar el Complejo Productor de Biodiésel es un área bastante afectada, ambientalmente hablando, por décadas de operación de las dos refinerías más importantes del país, como lo son Amuay y Cardón; años de refinación de derivados del petróleo e importante movimiento de transporte marítimo han dejado una marca bastante profunda en la ecológica local, con las aguas marinas circundantes altamente contaminadas con aceites y residuos, de los procesos productivos, y una alta polución en el aire de las zonas circundantes de las refinerías de Amuay y Cardón.

Ahora bien, si la condición actual es bastante precaria desde el punto de vista ambiental para la zona, todas las propuestas presentadas en este proyecto no poseen impacto ambiental negativo alguno sobre la localidad, fuera del que pueda producir el sistema de generación eléctrica que alimenta a las industrias de la localidad, que en este caso son primordialmente las refinerías de Amuay y Cardón; por lo que una forma de mitigar este posible impacto negativo de las alternativas presentadas en este proyecto, sería con la construcción de una granja eólica para la generación de energía eléctrica, aprovechando una de las

características geográficas más representativas de la zona, como lo son sus fuertes y constantes vientos. Otro posible impacto negativo podría ser la deforestación generada por los cultivos de palma aceitera necesarios para la alternativa que usa dicha planta como materia prima básica; aunque este no sería un impacto ambiental directo de la alternativa, puesto que, el cultivo y extracción del aceite de la palma aceitera serían subcontratados a una empresa especializada en la materia, pero igual es algo que se debe tomar en cuenta.

Ahora pasamos a revisar los impactos ambientales positivos de las alternativas, en este caso sería la alternativa basada en el uso de microalgas la que proporciona un impacto ambiental positivo en la zona, ya que, aunque se realiza una deforestación considerable de la zona para poder realizar la Granja Industrial, las microalgas son mucho más eficientes convirtiendo el CO_2 presente en aire, altamente contaminado de la localidad, en O_2 ayudando a mejorar la calidad del aire del área circundante.

Los demás elementos del proceso de producción del Biodiésel, poseen un impacto ambiental neutro o nulo.

4.4. Fase IV: La elaboración de un análisis económico-financiero de la propuesta.

4.4.1. Estimación de la inversión inicial.

Se comenzara estimándola inversión inicial necesaria para la instalación de la planta de transesterificación del CPB, la única planta que comparten las dos alternativas, en este caso, al igual que con el dimensionamiento de la misma planta, se usara como referencia la planta Imperium Gray Harbors, se contactó a Imperium Renewables para averiguar en cuanto está valorada dicha planta y la respuesta fue 100 millones de dólares, usando el factor de escala calculado en la etapa de dimensionamiento (1,2507) se dimensionara la inversión necesaria para la planta, con la excepción de la planta desalinizadora, la cual será presupuestada escalada con el precio individual de los módulos, el

cual de acuerdo con el catálogo de la compañía ACSA cuestan unos 100.000 \$ cada uno.

$$100.000.000 \$ \times 1,2507 = 125.070.000\$$$

$$100.000 \frac{\$}{\text{módulo}} \times 53 \text{ módulos} = 5.300.000\$$$

Agregando un 30% adicional a la inversión de la planta desalinizadora, para cubrir los gastos de instalación y movimiento al lugar, esto nos deja una inversión necesaria de 6.890.000\$; ahora sumando los datos tenemos que la inversión inicial necesaria para la planta de transesterificación sería la siguiente.

$$Inversión\ Inicial_{PT} = 130.370.000\$$$

Ahora pasando a las otras plantas que formaran parte del CPB para la alternativa basada en el uso de biopetróleo o aceite de microalgas, que serían la granja industrial, la planta de clarificación, la planta de espesamiento y la extractora de biopetróleo; para esto se usará la información aportada por Osorio (2008) al igual que la información de dimensionamiento de las plantas calculadas anteriormente.

A continuación, en la tabla 32, se presenta la inversión unitaria necesaria para cada equipo de la granja industrial, la planta de clarificación, la de espesamiento y la extractora de biopetróleo su escalamiento a la dimensión del CPB, estos datos incluyen costos de instalación y de los equipos de control necesarios.

Equipo	Inversión Unitaria (en $\frac{\$}{und}$)	Equipos necesarios	Inversión necesaria (en \$)
Lagunas	22.793,17	31764	724.002.279,2
Clarificadores	3.946.965,76	105	414.431.404,8
Espesadores	486.665,76	105	51.099.904,8
Centrifugas	852.904,13	222	189.344.717,3

Tabla 32. Inversión necesaria para la granja industrial, la planta de clarificado, de espesamiento, y extractora de biopetróleo. (Fuente de la inversión unitaria: Osorio, 2008)

Sumando todos los valores correspondientes a la columna de Inversión necesaria, de la tabla 32, y la inversión necesaria calculada para la planta de transesterificación, obtenemos que la inversión necesaria para la alternativa basada en el biopetróleo o aceite de microalgas sea de 1.509.248.306 \$.

Ahora hay que tomar en cuenta el costo de los terrenos donde se piensa llevar a cabo el proyecto, lo cual podría significar una altísima inversión inicial, pero resulta que una investigación preliminar arrojo que los terrenos que se preligieron para este fin, son propiedad del municipio y no poseen ningún tipo de utilidad relevante, ya que son considerados baldíos e infértiles, y no está planeado ningún tipo de desarrollo en la zona; aunque no se logró averiguar cuál sería un posible precio de venta de los terrenos, Petróleos de Venezuela, S, A., es una empresa perteneciente al Estado venezolano, razón por la cual el gobierno municipal sedería los terrenos para el desarrollo industrial, lo que eliminaría este costo de la inversión inicial.

Entonces esto nos dejaría con una inversión inicial necesaria en equipos de 130.370.000 \$ para la alternativa que emplea aceite de palma como materia

prima base y 1.509.248.306 \$ para la alternativa basada en el biopetróleo como materia prima base.

Ahora debemos pasar esos montos en Dólares a Bolívares Fuertes; aunque aquí surge un inconveniente, ya que, no hay forma exacta de conocer que costos calcula PDVSA a cuales, de las actuales, 3 tasas de cambio oficiales que existen el país; pero en este caso, se realizaron los cálculos a la tasa presentada por el Sistema Marginal de Divisas (SIMADI) que a la fecha ronda los 200 Bolívares Fuertes por Dólar, lo cual nos deja que, es necesaria una inversión inicial en equipos de Bs. F. 26.074.000.000,00 para la alternativa que emplea aceite de palma como materia prima base y Bs. F. 301.849.661.200,00 para la alternativa basada en el biopetróleo como materia prima base.

4.4.2. Estimación de los costos fijos.

En el caso de estudio de las dos alternativas, los únicos costos fijos que se tienen son los costos de nómina, los costos de depreciación y los costos de los intangibles de cada una de las alternativas y los intangibles que descienden de estos; ahora bien, se recurrió al Lic. Gustavo Rodriguez para que proporcionara su experticia en la materia; el Licenciado proporciono una hoja de cálculo, la cual representa el estándar de un contrato colectivo dentro del país, tabla 33.

		Operarios	Supervisores/Analistas	Gerentes	Directores	Gerente General
CASH IN POCKET	SALARIO BASICO	14.000,00	21.000,00	35.000,00	49.000,00	70.000,00
	SALARIO VARIABLE	2.000,00	2.000,00			
	BONO NOCTURNO	4.900,00	7.350,00			
	VACACIONES CONTRATO	3.484,03	5.059,35	5.834,50	8.168,30	11.669,00
	VACACIONES BONO LEY	870,83	1.264,58	1.458,33	2.041,67	2.916,67
	UTILIDADES	8.417,45	12.223,42	14.096,20	19.734,68	28.192,40
	FIDEICOMISO ART. 108	5.612,05	8.149,56	9.398,17	13.157,44	18.796,34
	CESTATIQUETS	2.095,50	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00
CARGA SOCIAL LEGAL	SSO	1.881,00	2.731,50	3.150,00	4.410,00	6.300,00
	RPE	418,00	607,00	700,00	980,00	1.400,00
	INCES	505,10	733,48	845,86	1.184,20	1.691,71
	LPH	673,45	977,95	1.127,78	1.578,89	2.255,56
CARGA CONVENIO COLECTIVO	UNIFORMES	1.052,12	1.052,12	1.052,12	1.052,12	1.052,12
	FONDO HCM	2.087,49	2.087,49	2.087,49	2.087,49	2.087,49
	OTRAS CARGAS CONT. COLECTIVO	1.400,00	2.100,00	3.500,00	4.900,00	7.000,00
	GUARDERIAS	2.800,00	2.800,00			
GASTOS RECLUTAMIENTO / SELECCIÓN / ROTACION	EXAMENES MEDICOS	500,00	584,66	584,66	584,66	584,66
		52.697,01	72.921,10	81.035,11	111.079,45	156.145,96

Tabla 33. Tabulador del Contrato Colectivo mensual para el CPB (en Bs.F) para el año 2016.

El costo total de nómina mensual, de cada una de las alternativas se estimaría al multiplicar la cantidad de empleados por escalón estimados en el estudio organizacional, esto nos dejaría con la tabla 34.

Escalón	Alternativa	
	Aceite de Palma	Biopetróleo
Operario	5.480.489,49 Bs. F	129.213.079,02 Bs. F
Supervisor/Analista	1.750.106,46 Bs. F	38.210.657,60 Bs. F
Gerente	486.210,69 Bs. F	972.421,37 Bs. F
Director	-	444.317,81 Bs. F
Gerente General	156.145,96 Bs. F	156.145,96 Bs. F
Total	7.872.952,59 Bs. F	168.996.621,76 Bs. F

Tabla 34. Costo Total de nómina mensual para el año 2016 por alternativa.

Ahora, se hizo la suposición de que los salarios base de todos los cargos aumentarían porcentualmente en el mismo porcentaje promedio de los últimos 15 años que es de un 30% anual, por lo que luego de recalcular los valores de la tabla 33, con los nuevos salarios base cada año y luego se aplicó la misma metodología que se empleó para calcular la tabla 34 y así se presenta el resumen de la tabla 35.

Año	Alternativa	
	Aceite de Palma	Biopetróleo
2016	7.872.952,59 Bs. F	168.996.621,76 Bs. F
2017	10.234.838,36 Bs. F	219.695.608,29 Bs. F
2018	13.305.289,87 Bs. F	285.604.290,78 Bs. F
2019	17.296.876,83 Bs. F	371.285.578,01 Bs. F
2020	22.485.939,30 Bs. F	482.671.251,42 Bs. F

Tabla 35. Resumen de Costo Total de nómina mensual por año de estudio por alternativa.

Ahora es necesario convertir esos costos de nómina mensual a costos de nómina anual por cada año de estudio, lo que no deja con los valores presentados en la tabla 36.

Año	Alternativa	
	Aceite de Palma	Biopetróleo
2016	94.475.431,08 Bs. F.	2.027.959.461,12 Bs. F.
2017	122.818.060,32 Bs. F.	2.636.347.299,48 Bs. F.
2018	159.663.478,44 Bs. F.	3.427.251.489,36 Bs. F.
2019	207.562.521,96 Bs. F.	4.455.426.936,12 Bs. F.
2020	269.831.271,60 Bs. F.	5.792.055.017,04 Bs. F.

Tabla 36. Resumen de Costo Total de nómina anual por año de estudio por alternativa.

Calculados los costos de nómina de cada una de las alternativas, debemos calcular los costos de depreciación y de los intangibles; para el cálculo de los costos de depreciación, se utilizara el método lineal a 25 años de las instalaciones, que este caso sería la inversión inicial de equipos, y en el caso de los intangibles, se estiman en el 2% de la inversión inicial de equipos, con esto en mente tenemos que, el costo de depreciación de la alternativa basada en el uso del aceite de palma como materia prima sería de 1.042.960.000,00 Bs. F. al año; mientras que el costo de depreciación de la alternativa basada en el uso del biopetróleo como materia prima sería de 12.073.986.448,00 Bs. F. al año. Esos costos de depreciación nos dejarían con unos costos de intangibles de 521.480.000,00 Bs. F. al año y 6.036.993.224,00 Bs. F. al año respectivamente.

4.4.3. Estimación de los costos variables.

En cada una de las alternativas estudiadas tenemos que los costos variables vendrían siendo los costos de materia prima y servicios necesarios para el proceso productivo. Se realizó una investigación preliminar para averiguar el precio de cada uno de los elementos que conformarían los costos variables para cada una de las alternativas y se construyeron las tablas 37 y 38. Las cotizaciones pueden verse en los anexos.

Item	Costo
Aceite de palma	$600 \frac{\$}{\text{tonelada}}$ (promedio histórico)
Metanol	$360 \frac{\$}{\text{tonelada}}$
Soda Caustica	$2.091,6 \frac{\$}{\text{tonelada}}$
Ácido Mineral	$500 \frac{\$}{\text{tonelada}}$
Energía Eléctrica	$0,02836 \frac{\text{Bs.F.}}{\text{Kwh}}$

Tabla 37. Costos unitarios de materias primas y servicios para la alternativa basada en aceite de palma para el año 2016.

Item	Costo
Metanol	360 $\frac{\$}{\text{tonelada}}$
Soda Caustica	2.091,6 $\frac{\$}{\text{tonelada}}$
Ácido Mineral	500 $\frac{\$}{\text{tonelada}}$
Energía Eléctrica	0,02836 $\frac{\text{Bs.F.}}{\text{Kwh}}$
CO_2	0 $\frac{\$}{\text{tonelada}}$
$NaNO_3$	320 $\frac{\$}{\text{tonelada}}$

Tabla 38. Costos unitarios de materias primas y servicios para la alternativa basada en biopetróleo o aceite de microalgas para el año 2016.

Ahora bien, como el plan de producción de producción tiene previsto una producción constante y continua durante todos los años de estudios, los niveles de consumo de materias primas y servicios son constantes de igual manera, por lo que para todos los años de estudio se emplearan los requerimientos presentados en las tablas 15 y 16; ahora bien, se estima un crecimiento de un 5% anual de los precios de las materias primas y servicios. Adicionalmente, por las características del proceso productivo, a partir del año 2017 solo será necesario comprar el 5% del total del requerimiento de metanol, ya que el proceso recupera el 95% del metanol que emplea. Para comenzar, usando las tablas 15 y 16 en conjunto con la tabla 37 y 38, se generan las tablas 39 y 40.

Item	Costo
Aceite de palma	326.007.432,00 \$
Metanol	19.370.538,00 \$
Soda Caustica	6.840.849,71 \$
Ácido Mineral	1.582.560,00 \$
Energía Eléctrica	6.189.894,93 Bs. F.

Tabla 39. Costos de materias primas y servicios para la alternativa basada en aceite de palma para el año 2016.

Item	Costo
Metanol	19.370.538,00 \$
Soda Caustica	6.840.849,71 \$
Ácido Mineral	1.582.560,00 \$
Energía Eléctrica	31.093.338,76 Bs. F.
CO_2	0 \$
$NaNO_3$	3.105.472.262.400,00 \$

Tabla 40. Costos de materias primas y servicios para la alternativa basada en biopetróleo o aceite de microalgas para el año 2016.

Ahora transformando los costos que se encuentran en Dólares a Bolívares, usando la tasa de cambio SIMADI, sumando todos los costos y haciendo las proyecciones estipulados obtenemos la tabla 41; recordemos que a partir del año 2017 el costo del Metanol se verá reducido al 5% del año 2016, debido a que solo debe comprarse el 5% del Metanol requerido, puesto que el proceso recupera el 95% del Metanol que emplea.

Año	Alternativas	
	Palma	Biopetróleo
2016	70.766.465.836,93 Bs. F.	621.100.042.362.881,00 Bs. F.
2017	70.440.366.797,78 Bs. F.	652.151.180.058.694,00 Bs. F.
2018	73.962.385.137,67 Bs. F.	684.758.739.061.628,00 Bs. F.
2019	77.660.504.394,55 Bs. F.	718.996.676.014.710,00 Bs. F.
2020	81.543.529.614,28 Bs. F.	754.946.509.815.445,00 Bs. F.

Tabla 41. Resumen de Costos Variables anuales para las alternativas.

4.4.4. Estimación de los beneficios.

Cada una de las alternativas estudiadas posee múltiples fuentes de ingresos, como los son el Biodiésel puro producido y la Glicerina Bruta subproducto de la transesterificación, estos productos forman parte de los beneficios de ambas alternativas; mientras que la alternativa basada en biopetróleo tiene una fuente de beneficio adicional que serían los desechos sólidos del proceso de centrifugado, los cuales pueden ser vendidos como alimento para ganado. Los precios unitarios de cada uno de estos productos son presentados en la tabla 42.

Producto	Precio
Biodiésel	0,78 $\frac{\$}{\text{litros}}$
Glicerina Bruta	1.100 $\frac{\$}{\text{tonelada}}$
Sólidos	1.400 $\frac{\$}{\text{tonelada}}$

Tabla 42. Precios de venta unitarios para los productos de ambas alternativas para el año 2016.

Hay que acotar que, como los precios de los combustibles son muy volátiles, se tomó la decisión de mantener congelado el precio de venta del Biodiésel por todos los años de estudio, mientras que los otros precios crecerán a un 5% anual, tomando en cuenta los datos ya calculados, como el nivel de producción de Biodiésel y Glicerina Bruta del CPB, solo falta estimar el nivel de producción de Sólidos de la planta de centrifugación; tomando en cuenta la información presentada por Osorio (2008) en el diseño de planta que propone, son producidas 1.562.744 toneladas diarias de Sólidos, empleando el factor de escala calculado en la etapa del dimensionamiento, tenemos que el CPB produciría 6.539.145,99 toneladas diarias de Sólidos, que se traducen en 2.386.788.288 toneladas al año de Sólidos. Con todos estos datos se ensamblo la tabla 43.

Producto	Precio
Biodiésel	468.593.717,57 \$
Glicerina Bruta	64.990.475,00 \$
Sólidos	3.316.303.603.200,00 \$

Tabla 43. Beneficio por productos para el año 2016.

Ahora, sumando los beneficios correspondientes a cada una de las alternativas, convirtiéndolos a Bolívares Fuertes y haciendo las proyecciones correspondientes obtenemos la tabla 44.

Año	Alternativas	
	Palma	Biopetróleo
2016	106.716.838.514,28 Bs. F.	663.367.437.478.514,00 Bs. F.
2017	107.366.743.264,28 Bs. F.	696.531.123.415.264,00 Bs. F.
2018	108.049.143.251,78 Bs. F.	731.352.993.648.852,00 Bs. F.
2019	108.765.663.238,66 Bs. F.	767.915.957.394.119,00 Bs. F.
2020	109.518.009.224,88 Bs. F.	806.307.069.326.649,00 Bs. F.

Tabla 44. Resumen de Beneficios anuales para las alternativas.

4.4.5. Flujos Monetarios.

Las tablas 45 y 46 representan los flujos monetarios de cada una de las alternativas estudiadas. Hay que hacer las siguientes aclaratorias, el proyecto sería realizado únicamente con capital propio, capital de PDVSA; y adicionalmente, la compañía al ser un ente público esta exenta de pagar Impuesto sobre la renta.

	0	1	2	3	4	5
Inversión Inicial	-26.074.000.000,00					
Ingresos Brutos		106.716.838.514,28	107.366.743.264,28	108.049.143.251,78	108.765.663.238,66	109.518.009.224,88
Depreciación		-1.042.960.000,00	-1.042.960.000,00	-1.042.960.000,00	-1.042.960.000,00	-1.042.960.000,00
Amortización de Intangibles		-521.480.000,00	-521.480.000,00	-521.480.000,00	-521.480.000,00	-521.480.000,00
Costos de Personal		-94.475.431,04	-122.818.060,35	-159.663.478,45	-207.562.521,98	-269.831.278,58
Costos de Materia Prima y Servicios		-70.766.465.836,93	-70.440.366.797,78	-73.962.385.137,67	-77.660.504.394,55	-81.543.529.614,28
Valor Residual						20.859.200.000,00
Flujos Monetarios	-26.074.000.000,00	34.291.457.246,32	35.239.118.406,16	32.362.654.635,67	29.333.156.322,13	46.999.408.332,02

Tabla 45. Flujos Monetarios para la alternativa basada en el uso de aceite de palma como materia prima base.

	0	1	2	3	4	5
Inversión Inicial	-301.849.661.200,00					
Ingresos Brutos		663.367.437.478.514,00	696.531.123.415.264,00	731.352.993.648.852,00	767.915.957.394.119,00	806.307.069.326.649,00
Depreciación		-12.073.986.448,00	-12.073.986.448,00	-12.073.986.448,00	-12.073.986.448,00	-12.073.986.448,00
Amortización de Intangibles		-6.036.993.224,00	-6.036.993.224,00	-6.036.993.224,00	-6.036.993.224,00	-6.036.993.224,00
Costos de Personal		-2.027.959.461,16	-2.636.347.299,50	-3.427.251.489,35	-4.455.426.936,16	-5.792.055.017,01
Costos de Materia Prima y Servicios		621.100.042.362.881,00	652.151.180.058.694,00	684.758.739.061.628,00	718.996.676.014.710,00	754.946.509.815.445,00
Valor Residual						241.479.728.960,00
Flujos Monetarios	-301.849.661.200,00	42.247.256.176.500,40	44.359.196.029.598,90	46.572.716.356.061,90	48.896.714.972.800,60	51.578.136.205.474,50

Tabla 46. Flujos Monetarios para la alternativa basada en el uso de biopetróleo como materia prima base.

4.4.6. Estimación de la tasa mínima de rendimiento.

Se estima que la tasa mínima esperada es la multiplicación del porcentaje del aporte propio por la tasa pasiva promedio de los principales bancos del país, más la tasa de interés multiplicada por la participación de la deuda. En este caso no existe participación de deuda sino que se trabaja únicamente con aporte propio de la empresa, PDVSA en este caso; adicionalmente, siendo una compañía pública se debería usar una tasa de rendimiento diferente a la de los privados, pero en este caso como la compañía compite con privados extranjeros, la tasa de rendimiento debe ser similar a la empleada por los privados. Por lo tanto:

$$Ke = \%aporte\ propio \times RP + \%deuda \times RA + riesgo\ país$$

Donde:

$$Ke = Costo\ de\ capital$$

$$RP = tasa\ de\ interés\ pasiva$$

$$RA = tasa\ de\ interés\ del\ credito$$

Ahora bien, como ya se había comentado, el proyecto se financiara únicamente con capital propio de la empresa, eliminando de la ecuación al termino perteneciente a la deuda; entonces, el promedio de las tasas pasivas de los principales bancos del país se encuentra en 12,5% y el riesgo país, de acuerdo a JP Morgan, se encuentra en 30,93%, usando la expresión dada, tenemos que la tasa mínima de rendimiento sería:

$$Ke = 12,50\% + 0\% + 30,93\%$$

$$Ke = 43,43\%$$

$$Ke \cong 50\%$$

4.4.7. Estimación de los indicadores de rendimiento.

Una vez estimada la tasa mínima de rendimiento se pasaran a calcular los indicadores de rendimiento de cada una de las alternativas, en

el caso de estudio se estimaran los indicadores del Valor Actual, Tasa Interna de Retorno y Tiempo de Pago.

4.4.7.1. Estimación del Valor Actual.

El Valor Actual expresara la rentabilidad de las alternativas de inversión en forma de cantidad de dinero (Bs. F.) siendo equivalente a los flujos monetarios netos a una tasa de 50%.

$$\begin{aligned}
 VA_{(50\%)}(Palma) &= (-26.074.000.000,00 + (34.291.457.246,32 \times 0,66667) \\
 &+ (35.239.118.406,16 \times 0,44444) + (32.362.654.635,67 \times 0,29630) \\
 &+ (29.333.156.322,13 \times 0,19753) + (46.999.408.332,02 \times 0,13169)) \\
 VA_{(50\%)}(Palma) &= 34.021.344.606,94 \text{ Bs. F.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VA_{(50\%)}(Biopetróleo) &= (-301.849.661.200,00 + (42.247.256.176.500,40 \times 0,66667) \\
 &+ (44.359.196.029.598,90 \times 0,44444) \\
 &+ (46.572.716.356.061,90 \times 0,29630) \\
 &+ (48.896.714.972.800,60 \times 0,19753) \\
 &+ (51.578.136.205.474,50 \times 0,13169)) \\
 VA_{(50\%)}(Biopetróleo) &= 77.828.518.419.159,80 \text{ Bs. F.}
 \end{aligned}$$

Como en ambos casos $VA > 0$, los ingresos de las alternativas superan a los costos de estas, incluyendo la exigencia de la tasa mínima de rendimiento, por lo que ambas alternativas generan un beneficio mayor al mínimo exigido.

4.4.7.2. Estimación de la Tasa Interna de Retorno.

En este caso se obtiene el beneficio neto anual que se obtiene en relación con la inversión pendiente por recuperar al comienzo de cada año, este modelo de expresa en forma porcentual y representa el interés anual.

Para realizar esta estimación se empleara el método del promedio de los flujos monetarios netos, para esto se emplea la siguiente expresión.

$$-Inversión Inicial + F_t(P/R_{i^*,5}) = 0$$

Donde:

$$F_t = \text{Promedio de los flujos monetarios netos}$$

$$i^* = \text{Tasa Interna de Retorno}$$

Como en ambos casos se conocen todos los datos menos el factor $(P/R_{i^*,5})$ se despeja este de la expresión dejando.

$$(P/R_{i^*,5}) = \frac{\text{Inversión Inicial}}{F_t}$$

Ahora se presenta el cálculo para cada una de las alternativas.

$$(P/R_{i^*,5})_{\text{Palma}} = \frac{26.074.000.000,00 \text{ Bs.F.}}{35.645.158.988,46 \text{ Bs.F.}}$$

$$(P/R_{i^*,5})_{\text{Palma}} = 0,73$$

$$(P/R_{i^*,5})_{\text{Biopetróleo}} = \frac{301.849.661.200,00 \text{ Bs.F.}}{46.730.803.948.087,20 \text{ Bs.F.}}$$

$$(P/R_{i^*,5})_{\text{Biopetróleo}} = 0,01$$

Ahora bien, se desconoce el valor de la tasa interna de retorno, pero como ambos valores del factor $(P/R_{i^*,5})$ son menores al factor de $(P/R_{100\%,5}) = 0,96875$ que pertenece a una tasa de retorno del 100%, se entiende que las TIR de ambas alternativas son mayores al 100%.

En el caso específico de la alternativa basada en la Palma Aceitera, la TIR es de 130%, pero en el caso de la alternativa basada en biopetróleo, la TIR es tan alta que no se pudo calcular el valor exacto.

4.4.7.3. Estimación del Tiempo de Pago.

El tiempo de pago es un modelo de evaluación que mide el tiempo, en años, requerido para que los flujos monetarios netos recuperen la inversión inicial a una tasa mínima de rendimiento igual a cero. En cuadro 47 y 48 se encuentra replantado este cálculo.

Tiempo (t)	Inversión Inicial	$\sum_{n=0}^t F_n$	Diferencia
1	-26.074.000.000,00	22.861.085.802,40	-3.212.914.197,60
2	-26.074.000.000,00	38.522.759.586,84	12.448.759.586,84

Tabla 47. Estimación del Tiempo de Pago para la alternativa basada en el uso del aceite de palma como materia prima base.

Tiempo (t)	Inversión Inicial	$\sum_{n=0}^t F_n$	Diferencia
1	-301.849.661.200,00	28.164.978.275.187,50	27.863.128.613.987,50

Tabla 48. Estimación del Tiempo de Pago para la alternativa basada en el uso de biopetróleo o aceite de microalgas como materia prima base.

Como se puede apreciar en las tablas 47 y 48, la alternativa basada en el uso del aceite de palma tiene un tiempo de pago de 2 años y la alternativa basada en el uso de biopetróleo tiene un tiempo de pago de 1 año.

4.4.8. Análisis de sensibilidad.

Para el análisis de sensibilidad se decidió tomar como variable crítica los ingresos del proyecto, más específicamente los precios de venta de los productos, esto debido a que las alternativas son altamente rentables, con tasas internas de retorno y tiempos de pago bastante cortos. En la tabla 49 se muestran el valor actual estimado de cada alternativa con distintos niveles de caída en los precios de venta de los productos.

% de caída de ingresos	Alternativa	
	Palma	Microalgas
-10%	15.342.858.672,08	-44.809.718.688.472,40
-15%	6.003.615.704,66	-
-20%	-3.335.627.262,77	-

Tabla 49. Resultados del análisis de sensibilidad de ambas alternativas.

Como puede apreciarse, a pesar de ser altamente rentables, los costos de las alternativas se comen rápidamente a los ingresos y con una disminución de un 20% de los ingresos la alternativa basada en el aceite de palma deja de ser rentable con ese mismo nivel de costos, por otro lado la alternativa basada en el uso del biopetróleo pierde rápidamente la rentabilidad con tan solo una caída del 10% en los ingresos.

La alta sensibilidad de los proyectos se le atribuye a los costos del proyecto que son bastante altos para ambas alternativas, y esto hace que las alteraciones de los ingresos afecten gravemente la rentabilidad de las alternativas, si no son seguidas por alguna disminución de la materia prima; también se debe mencionar que el alto nivel del riesgo país hace que se le deba exigir mucho al proyecto volviéndolo vulnerable a los cambios negativos pero no tanto a los cambios positivos.

4.5. Fase V: Tomar la decisión de cuál será el diseño a implementar.

En la tabla 50, se muestra un resumen de los indicadores de rentabilidad de ambas alternativas para su comparación y la toma de decisión final.

Indicador	Alternativa	
	Palma	Microalgas
Valor Actual (Bs. F.)	15.342.858.672,08	77.828.518.419.159,80
TIR	130%	>>>100%
Tiempo de Pago	2 años	1 año

Tabla 50. Resumen de Indicadores de Rentabilidad para ambas alternativas.

Observando los indicadores de rentabilidad calculados en la fase anterior se puede ver que la alternativa que posee los indicadores más favorables a su favor es la alternativa basada en el uso del biopetróleo, ya que posee un valor actual mayor, una tasa interna de retorno mucho mayor y tiempo de pago menor.

Aunque analizando los escenarios del análisis de sensibilidad tenemos que, los mejores indicadores de rentabilidad vienen con riesgo de que es extremadamente sensible la alternativa del biopetróleo a la caída de los precios de venta de sus subproductos, principalmente a la caída del precio de los Sólidos vendidos como alimento para ganado, que representa su mayor fuente de ingreso, específicamente como la fuente de ingreso de la granja industrial.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber planteado el diseño que se determinó como óptimo para la construcción del Complejo Productor de Biodiésel, se alcanzaron las siguientes conclusiones:

- Es posible reemplazar una fuente de energía tradicional por una fuente alternativa, a pesar de la alta inversión inicial necesaria y a los bajos precios del petróleo y sus derivados en la actualidad volviendo el mercado altamente competitivo.

- Aunque el proyecto es altamente sensible a las variaciones de ingresos y costos, el proyecto posee un costo de oportunidad altísimo, debido a las coyunturas económicas y sociales actuales, que no pudo ser calculado; pero este costo de oportunidad hace que se amortice considerablemente este riesgo que presenta el proyecto.

- La realización del proyecto significaría un paso importante para Petróleos de Venezuela, S. A., ya que ampliaría su portafolio de productos a una clase totalmente diferentes de productos, pero sin tener que abandonar su mercado actual, permitiéndole mantener sus clientes actuales y hasta aumentando los volúmenes de los pedidos de estos, al incluir los nuevos productos, como lo sería el Biodiésel.

- El proyecto posee una excelente flexibilidad, debido a que su diseño permite producir, no solo con la materia prima producida dentro del CPB, sino con casi cualquier materia prima que sea un aceite vegetal, permitiendo mantener la producción andando, aun cuando se presente algún problema con el suministro interno de materia prima.

- Indagando un poco en los aspectos económicos-financieros del proyecto podemos apreciar de que se cuenta con una alta rentabilidad, pero esto no es producto de la venta del Biodiésel propiamente, sino de los subproductos

generados por el proceso productivo, lo cual ambientalmente hablando es un aspecto positivo puesto que el proceso no tiene desechos como tal.

Ahora, a continuación se presentan algunas recomendaciones que deberían ser tomadas en cuenta para la aplicación de este proyecto.

- Es muy importante siempre tomar en cuenta el costo de oportunidad que representa este proyecto, puesto que en los focos de desarrollo de tecnologías del mundo se está comenzando a mover de los combustibles convencionales.

- Como la tecnología de transporte esta comenzado migrar lejos de los combustibles convencionales, el proyecto debe ser aplicado lo más rápido posible, primero para no quedarse atrás de los competidores y segundo para volverse un líder del nuevo mercado.

- De llegarse a aplicar, debería buscarse extender el proyecto lo más rápido posible, ya que a diferencia de otras tecnologías, la tecnología empleada en el diseño del CPB es la más eficiente hasta la fecha en cuanto a hectáreas utilizadas en relación a la cantidad de Biodiésel producido.

- De comenzar a expandirse el alcance del proyecto, es recomendable buscar lo más rápidamente posible sustituir en su totalidad el Diésel Mediano por Biodiésel, es decir, llevar lo más rápidamente posible la mezcla de B5 a B100 y así comercializar una mayor cantidad de Diésel Mediano en mercados que son más atractivos que el nacional para este producto.

REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas:

- Acevedo, E. (2006). **Agroenergía: Un desafío para Chile**. Serie Ciencias Agronómicas N° 11. Universidad de Chile.
- Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación**. Caracas: Editorial Espíteme.
- Avila y Lugo, J. (2004). **Introducción a la Economía**. México: Plaza y Valdés.
- Balestrini, M. (2002). **Como se elabora el proyecto de investigación**. Caracas: Editorial consultores asociados BL Servicio.
- Garibay, A., Váldez-Duhalt, R., Sánchez, M., Serrano, L. y Martínez A., (2009). **Biodiesel a Partir de Microalgas**. BioTecnología, Vol. 13, N° 3, pág. 38-61.
- Giugni, L., Ettetdgui, C., Gonzalez, I. y Guerra V. (2001). **Evaluación de los Proyectos de Inversión**. Valencia: Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería.
- Hernandez, C., Fernandez, C. y Baptista, P. (1998): **Metodología de la investigación**. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hurtado, J. (2007). **El Proyecto de Investigación: Metodología de la Investigación holística**. Caracas: Quirón.
- Hernández, A., Vázquez-Duhalt, R., del Pilar Sánchez, M., Serrano, L., Martínez, A. (2009). **Biodiesel a partir de Microalgas**. BioTecnología, 2009, Volumen 13 Número 3.
- Krugman, P., Olney, M. (2008). **Fundamentos de Economía**. España: Editorial Reverté.
- Sabino, C. (1995). **El proceso de investigación**, Caracas: Panapo
- Orozco C, Labrador M y Palencia A. (2002) **Metodología**. Venezuela: Ofimax de Venezuela CA.
- Osorio, P. (2008). **Estudio técnico económico para la producción de biodiesel a partir de algas**.

Petróleos de Venezuela, S. A. (2010). **Informe de Gestión Anual**. Caracas.

Petróleos de Venezuela, S. A. (2013). **Informe de Gestión Anual**. Caracas.

Vicente, G. Martínez, M. y Aracil, J. (1998). **Ésteres metílicos como combustible. Materias primas y propiedades**. Tecno-Ambiente N° 85, pág. 9-12.

Referencias electrónicas:

Larosa, R. (2001). **Proceso para la producción de BIODIESEL (metilester o ésteres metílicos de ácidos grasos)**. Fuente digital, disponible: http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/biodie_lar/biodie_lar.htm.

American Society of Testing and Materials, visitado por última vez el 20 de octubre de 2015. Fuente digital, disponible: <http://www.astm.org/>

Expertos consultados:

Lic. Gustavo Elias Rodriguez Yubran, Licenciado en Relaciones Industriales de la Universidad de Carabobo y Diplomado del Programa Desarrollo Gerencial IESA; considerado en el ámbito laboral como uno de los principales expertos en materia de relaciones laborales y sindicales, cuenta con 32 años de experiencia en el área de los Recursos Humanos, con el paso de los años ha trabajado en distintas empresas pertenecientes a distintos rubros como Neumáticos Pirelli, Fondo de Garantía de Depósitos y Protección Bancaria (FOGADE) actualmente Fondo de Protección Social de los Depósitos Bancarios, Snacks América Latina actualmente PepsiCo Alimentos y Ron Santa Teresa; en la actualidad ejerce el cargo de Director de Recursos Humanos en Clover International.

Ing. Norelys María Rodriguez Yubran, Ingeniero Agrónomo de la Universidad Central de Venezuela, Diplomada en Gerencia de Sistemas Agrícolas de la Universidad Bicentennial de Aragua en convenio con la Universidad del Zulia y Diplomada en Mercadeo de la Universidad Bicentennial de Aragua; con 28 años de experiencia laboral y en la industria agronómica, cofundadora de la empresa AgriNOVA, en ella funge de Gerente de Mercadeo y Desarrollo, además de Directora, Vicepresidente y miembro de la Junta Directiva.

ANEXOS



www.platts.com

BIOFUELSCAN

Volume 4 / Issue 73 / April 15, 2015

Platts key daily ethanol assessments

	Low-High	Midpoint	Change
United States (¢/gal)			
Ethanol Chicago (terminal)	156.95-157.05	157.00	+3.00
Ethanol swap Chicago (May)	156.95-157.05	157.00	+3.00
Brazil Cargo Assessments (\$/cu m)			
Ethanol FOB Santos Cargo	474.95-475.05	475.00	+5.00
Ethanol T2 FOB Rotterdam	582.50-583.50	583.00	+46.50
Asia Pacific (\$/cu m)			
Bioethanol CIF Philippines	534.00-536.00	535.00	+3.00

Platts key daily biodiesel assessments

	Low-High	Midpoint	Change
Northwest Europe (\$/mt)			
FAME 0 (RED) FOB ARA	812.25-817.25	814.75	+5.00
RME (RED) FOB ARA	818.25-823.25	820.75	+8.50
Northwest Europe premiums (\$/mt)			
FAME 0 (RED) FOB ARA	251.50-256.50	254.00	-10.00
RME (RED) FOB ARA	257.50-262.50	260.00	-6.50
United States (¢/gal)			
Biodiesel B100 SME Chicago	295.85-296.95	295.90	+10.75
Asia (\$/mt)			
Biodiesel FOB Southeast Asia	684.90-685.10	685.00	+5.00

Wednesday's highlights

- Philippine blender puts out closed tender for June-arrival ethanol
- Delays in the US Brazil sugarcane crop and higher demand supporting hydrous prices
- CPO futures closed higher Wed, as demand shift from Indonesia CPO to Malaysia

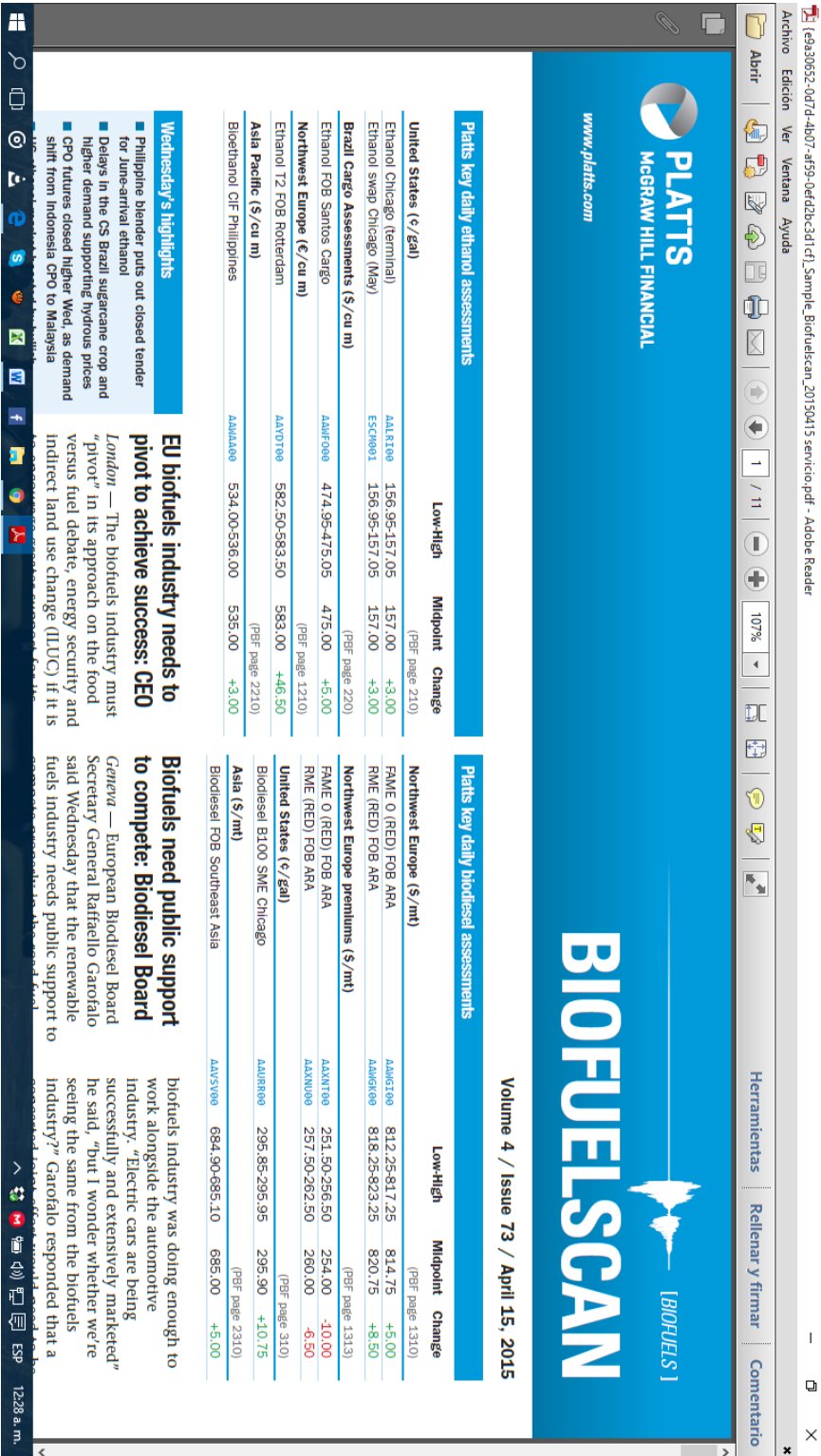
EU biofuels industry needs to pivot to achieve success: CEO

London — The biofuels industry must "pivot" in its approach on the food versus fuel debate, energy security and indirect land use change (ILUC) if it is

Biofuels need public support to compete: Biodiesel Board

Geneva — European Biodiesel Board Secretary General Raffaele Garofalo said Wednesday that the renewable fuels industry needs public support to

work alongside the automotive industry. "Electric cars are being successfully and extensively marketed" he said, "but I wonder whether we're seeing the same from the biofuels industry?" Garofalo responded that a



precio mundial del hidroxido | Pricing | Methanex Corporat | promagenviro.com/cart?whence=

Shopping Cart - Promag X +

PROMAG ENVIRO Water & Waste Water Treatment Supply

FREE SHIPPING *orders over \$50, see terms & conditions.

Select Language | Register | Login | My Account | Checkout | Call 1-866-449-2781

Hi Guest, you have 40 items in your cart \$2,091.60



PRODUCTS | SERVICES | COMPANY | RESOURCES

Enter keyword, Item Number or Name

Shopping Cart

We want to meet or exceed your expectations!

Promag Enviro goes to extraordinary lengths to satisfy and delight our customers. Providing quality products and superior service are our first priorities, please do not hesitate to contact us immediately if there is anything we can help you with.
Toll Free: 1866.449.2781 Email: sales@promagenviro.com

Image	Item Name/Code	Description	Qty	Rate	Amount	Remove
	1320925	SODIUM HYDROXIDE 96% ANHYDROUS 8540 227 KG <i>Call 1-866-449-2781 for shipping time-line.</i>	40	\$52.29	\$2,091.60	
Shipping (Collect, Call NOW 866-449-2781)					\$0.00	
Total					\$2,091.60	

[Proceed to Checkout](#) [Continue Shopping](#) [Update Total](#)

BLOB_Zip.zip terminó de descargarse.

[Abrir](#) [Ver descargas](#) X

About 2731 results: Inorganic Acids (1292)
Home > Products > Chemicals > Inorganic Chemicals > Inorganic Acids (29284)

price of nitric acid

FOB Price: **US \$400 - 600 / Ton** | [Get Latest Price](#)
 Min Order Quantity: 20 Ton/Tons
 Supply Ability: 3000 Ton/Tons per Month
 Port: Wuhan
 Payment Terms: L/C,T/T
 Quantity: Ton/Tons

Please write your requirement here.

Recommend matching suppliers. If this supplier doesn't contact me on Message Center within 24 hours.
 I agree to share my Business Card to the supplier.

[Contact supplier](#) [Chat Now!](#)

[Start Order](#) [Add to Inquiry Cart](#) [Add to My Favorites](#)

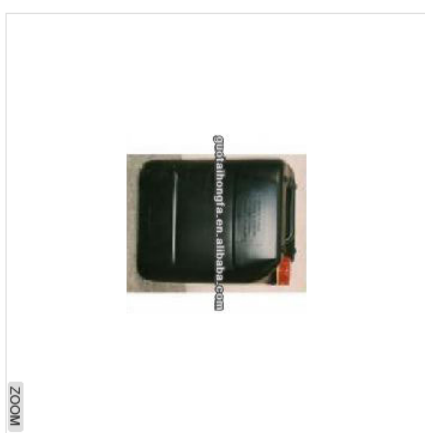
Multi-Language Sites

Verified Supplier - Wuhan Guotai Hongta Commodity Co., Ltd.

China (Mainland) | Trading Company | [Contract Details](#)
 Experience: Established 2005
 Performance: 70.5% Response Rate

Not exactly what you want? I request multiple quotations [Get Quotations NOW >>](#)

You May Like:
 Industrial 98% nitric acid US \$400 - 600 / Ton 20 Ton/Tons



See larger image

ZOOM

nitric acid price - (| gas nitrogen price | chemicals-glycer | Mineral acid - Wik | Price Of Nitric Acid | Pricing | Methanex | Methanex Corporation (CA) | methanex.com/sites/default/files/methanol-price/Mk-Price-Sheet-2015-07-30.pdf

Shopping Cart - P

+

—

...

← → ↺ Methanex Corporation (CA) methanex.com/sites/default/files/methanol-price/Mk-Price-Sheet-2015-07-30.pdf

methanex
the power of ogality

Methanex Methanol Price Sheet

July 30, 2015

Regional Posted Contract Prices:

	Price	Date Last Changed
Europe (Valid July 1 – September 30, 2015)		
Methanex European Posted Contract Price (Posted June 15, 2015)	Euro 365/MT	Apr. 1/15 (+26/MT)
North America (Valid August 1 – 31, 2015)		
U.S. Gulf Coast	USD 1.25/Gal *	Aug. 1/15 (-.08/Gal)
Methanex Non-Discounted Reference Price	USD 416/MT	
Asia Pacific (Valid August 1 – 31, 2015)		
Asian Posted Contract Price	USD 360/MT	Aug. 1/15 (-15/MT)

Reintentar Cancelar Ver descargas

html5player-new (55).js no se pudo descargar.

gas nitrogen price - Google | chemicals-glycerine.pdf | Mineral acid - Wikipedia, the | Crude Glycerine Manufá | Shopping Cart - Promag Em +

Home > Products > Chemicals > Basic Organic Chemicals > Alcohol & Hydroxy/benzene & Ether (28618)

Sign In | Join Free My Alibaba

Products | What are you looking for...

For Buyers | For Suppliers | Customer Service | Trade Assurance | About Alibaba Group

crude glycerine manufacturer

FOB Price: **US \$800 - 1,100 / Ton** | [Get latest Price](#)

Min Order Quantity: 20 Ton/Tons

Supply Ability: 5000 Ton/Tons per Month

Port: Shanghai

Payment Terms: L/C, T/T

Quantity: Ton/Tons

Please write your requirement here.

Recommend matching suppliers if this supplier doesn't contact me on Message Center within 24 hours.

I agree to share my Business Card to the supplier.

[Contact supplier](#) [Chat Now!](#)

[Start Order](#) [Add to Inquiry Cart](#) [Add to My Favorites](#)

[This supplier supports Trade Assurance.](#)

Reinrentar Cancelar Ver descargas

Multi-Language Sites

Verified Supplier - Beijing Dongjke United Technologies Co., Ltd.

China (Mainland) | Trading Company | [Contact Details](#)

Experience: Established 2013

Performance: 82.1% Response Rate

1 Transaction for US \$4,000+ in 12 months

Not exactly what you want? 1 request, multiple quotations [Get Quotations Now >>](#)

You May Like:

glycerine in malaysia
US \$800 - 1100 / Ton
20 Ton/Tons

See larger image

html5player-new (55) js no se pudo descargar.



About 4836 results: Nitrate (4339)

Products ▾

What are you looking for...

Search

Get Quotations ▾



ZOOM

See larger image

latest price white powder sodium nitrate 2015

FOB Price: **US \$320 - 390 / Metric Ton** | [Get Latest Price](#)
Min Order Quantity: 25 Metric Ton/Metric Tons
Supply Ability: 5000 Metric Ton/Metric Tons per Month
Port: Shanghai ; Lianyungang
Payment Terms: L/C,D/A,D/P,T/T
Quantity: Metric Ton/Metric Tons ▾

Please write your requirement here.

- Recommend matching suppliers if this supplier doesn't contact me on Message Center within 24 hours.
- I agree to share my Business Card to the supplier.

Contact supplier

Chat Now!

[Start Order](#) | [Add to Inquiry Cart](#) | [Add to My Favorites](#)

Multi-Language Sites ▾

Verified Supplier - Huian Shen Wang Chemical Trade Co., Ltd

China (Mainland) | Trading Company | [Contact Details](#)

Experience: Established 2010
Performance: 100.0% Response Rate

Not exactly what you want? 1 request/multiple quotations [Get Quotations Now >>](#)



You May Like:
 Hot selling price white sodium nitrate with high US \$320 - 390 / Metric Ton 25 Metric

html5player-new (78).js no se pudo descargar.

Reintentar

Cancelar

Ver descargas

Home > Products > Agriculture > Feed > Corn Gluten Meal (3465)

Alibaba.com Global trade starts here™

Sign In | Join Free My Alibaba

Products What are you looking for...

For Buyers For Suppliers Customer Service Trade Assurance About Alibaba Group

Search Get Quotations

Multi-Language Sites

cattle feed prices low but high quality

FOB Price: **US \$600 - 800 / Ton** | [Get Latest Price](#)

Min Order Quantity: 20 Metric Ton/Metric Tons

Supply Ability: 3000 Metric Ton/Metric Tons per Month

Port: ANY PORT

Payment Terms: L/C,T/T

Quantity: Metric Ton/Metric Tons

Please write your requirement here.

Recommend matching suppliers if this supplier doesn't contact me on Message Center within 24 hours.

I agree to share my Business Card to the supplier.

[Contact supplier](#) [Chat Now!](#)

[Add to Inquiry Cart](#) [Add to My Favorites](#)

See larger image

Product Details

html5player-new (78)js no se pudo descargar.

[Reintentar](#) [Cancelar](#) [Ver descargas](#)

cattle.jpg, chicken, feed prices, from Heibel

Verified Supplier - Longyao Hongda Corn Biotechnology Co., Ltd.

China (Mainland) | Manufacturer, Trading Company | [Contact Details](#)

Experience: Established 2009

Performance: 63.6% Response Rate

You May Like:

bulk cattle feed US \$600 - 800 / Ton 20 Metric Ton/Metric Tons

Not exactly what you want? 1 request, multiple quotations [Get Quotations Now >>](#)