

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD**  
**PLANTA DE TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN BIOETANOL**  
**(PTROE).**



**MARIA YODALY SIERRA RUBIO**

**JAIME ANDRES DIAZ RUBIO**

**UNIVERSIDAD EAN**

**ESPECIALIZACIÓN EN FINANZAS Y NEGOCIOS INTERNACIONALES EN**  
**COLABORACIÓN CON LA ESPECIALIZACIÓN DE GESTIÓN DE RESIDUOS**  
**SÓLIDOS**

**BOGOTÁ D.C. – COLOMBIA**

**2014**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD  
PLANTA DE TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN BIOETANOL  
(PTROE).**

**MARIA YODALY SIERRA RUBIO**

**JAIME ANDRES DIAZ RUBIO**

**Informe Final de Investigación para optar por el  
Título de Especialista en Finanzas y Negocios Internacionales**

**TUTOR:**

**NELSON ARMANDO BERMUDEZ**

**DIRECTOR INVESTIGATIVO:**

**JOSÉ ALEJANDRO MARTINEZ**

**UNIVERSIDAD EAN**

**ESPECIALIZACIÓN EN FINANZAS Y NEGOCIOS INTERNACIONALES EN  
COLABORACIÓN CON LA ESPECIALIZACIÓN DE GESTIÓN DE RESIDUOS  
SÓLIDOS**

**BOGOTÁ D.C. – COLOMBIA**

**2014**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

**PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**FIRMA JURADO**

---

**FIRMA JURADO**

**BOGOTÁ D.C. ENERO 2014.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestros padres por apoyarnos de forma incondicional.

A la energía vital de la tierra, que nos mantiene y nos hace vivir.

Al profesor Nelson Armando Bermúdez por su guía y acompañamiento en la elaboración de este documento.

Al director de programa José Alejandro Martínez, por sus conocimientos y fortaleza para motivar a otros a hacer de este mundo un lugar mejor.

A todas aquellas personas que piensan que el desarrollo sostenible de la sociedad va ligada a nuestra capacidad de modificar nuestros hábitos de producción y consumo.



## TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO .....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. MARCO TEÓRICO .....	20
3.1. ANTECEDENTES.....	20
3.2. RESIDUOS SOLIDOS .....	21
3.2.1. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS.....	24
3.3. BIOCARBURANTES .....	26
3.3.1. DEFINICIÓN DE BIOCARBURANTES.....	26
3.3.2. BIODIESEL .....	27
3.3.3. BIOETANOL .....	27
3.3.4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....	28
3.4. SEGURIDAD ALIMENTICIA.....	31
3.4.1. HECTAREAS DISPONIBLES PARA LA AGRICULTURA .....	32
3.4.2. CULTIVOS AZUCAREROS .....	32
3.4.3. MONOCULTIVOS.....	34
4. MARCO LEGAL .....	37
4.1. MARCO LEGAL PARA BIOCOMBUSTIBLES .....	37
4.2. MARCO LEGAL PARA COMBUSTIBLES OXIGENADOS.....	38
4.3. MARCO LEGAL PARA SEGURIDAD ALIMENTARIA .....	40
4.4. MARCO LEGAL PARA RESIDUOS SÓLIDOS.....	41
5. MERCADO .....	42
5.1. MERCADO MUNDIAL .....	42
5.1.1. COMPETENCIA INTERNACIONAL DIRECTA.....	43
5.1.2. COMPETENCIA INDIRECTA INTERNACIONAL .....	44
5.2. DEMANDA.....	45
5.2.1. MERCADO EN COLOMBIA.....	46
5.2.2. MERCADO EN BOGOTÁ .....	47
5.2.2.1. AUTOMÓVILES.....	50
5.2.2.2. TAXIS.....	53
5.2.2.3. MOTOS .....	53
5.2.3. OTROS USOS.....	55
5.3. OFERTA .....	56

5.3.1.	OFERTA EN COLOMBIA .....	56
5.3.2.	OFERTA EN BOGOTÁ .....	57
5.3.3.	CONSUMO DE ETANOL EN COLOMBIA.....	57
5.4.	ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA .....	59
6.	ANÁLISIS ESTRATÉGICO .....	61
6.1.	ESTRATEGIA DE PRECIOS .....	65
6.2.	ESTRATEGIA DE DISTRIBUCIÓN .....	65
7.	PRODUCCIÓN BIOETANOL.....	67
7.1.	FUENTES PROVENIENTES DE MATERIA BIOLÓGICA.....	68
7.1.1.	BIOETANOL DE PRIMERA GENERACIÓN .....	68
7.1.2.	BIOETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN.....	68
7.1.3.	BIOETANOL DE TERCERA GENERACIÓN .....	69
7.2.	DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN .....	69
7.3.	FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO.....	79
8.	ANÁLISIS FINANCIERO .....	82
8.1.	BASES.....	82
8.2.	INGRESOS .....	83
8.3.	TERRENO.....	84
8.4.	MAQUINARIA.....	85
8.4.1.	PLANTA .....	85
9.2	COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	87
9.3	GASTOS OPERACIONALES .....	88
9.4	CUENTAS POR COBRAR .....	88
9.5	INVENTARIOS.....	88
9.6	CAPITAL.....	89
9.7	BALANCE GENERAL .....	90
9.8	ESTADO DE RESULTADOS.....	92
9.9	FLUJO DE CAJA.....	93
9.10	INDICADORES FINANCIEROS .....	94
9.11	FLUJO DE CAJA Y RENTABILIDAD .....	95
9.12	EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO .....	96
9.	IMPACTO .....	98
9.1.	IMPACTO SOCIAL .....	98
9.2.	IMPACTO AMBIENTAL .....	98
9.3.	IMPACTO ECONÓMICO .....	98
9.4.	IMPACTO TECNOLÓGICO .....	98
10.	CONCLUSIONES .....	100

11.	BIBLIOGRAFÍA .....	103
12.	ANEXOS .....	106



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Clasificación de los Residuos Sólidos 2 .....	25
Tabla 2 - Uso De La Tierra En Colombia A 2012 .....	32
Tabla 3 – Cuadro Comparativo entre Tipos de Energía en Colombia.....	39
Tabla 4 - Normas Aplicables a Residuos Orgánicos.....	41
Tabla 5 - Empresas que Producen Etanol En E.E.U.U. ....	44
Tabla 6 - Número de Vehículos Particulares en Bogotá D.C .....	50
Tabla 7 - Total Demanda Vehicular en Bogotá D.C. ....	54
Tabla 8 - Total Demanda Vehicular en Colombia.....	55
Tabla 9 - Evolución de Indicadores de Etanol de Caña .....	57
Tabla 10 - Situación Actual de Caña para Etanol en Colombia - 2012.....	60
Tabla 11 - Requisitos de Calidad del Etanol Anhidro Combustible Utilizado Como Componente Oxigenante de Gasolinas .....	79
Tabla 12 - Requisitos de Calidad de las Gasolinas Básicas.....	80
Tabla 13 - Supuestos Macroeconómicos .....	82
Tabla 14 - Depreciación Línea Recta .....	83
Tabla 15 - Ventas Proyectadas Totales Por Producto.....	83
Tabla 16 - Terrenos .....	84
Tabla 17 - Listado Planta Completa .....	85
Tabla 18 - Otra Maquinaria .....	86
Tabla 19 - Montaje .....	86
Tabla 20 - Planta Administrativa .....	87
Tabla 21 - Costos de Producción.....	87
Tabla 22 - Gastos Operacionales .....	88
Tabla 23 - Inventarios.....	89
Tabla 24 - Valor Amortizado de la Inversión .....	89
Tabla 25 - Balance General.....	90
Tabla 26 - Estado de Resultados .....	92
Tabla 27 - Flujo de Caja .....	93
Tabla 28 - Indicadores Financieros.....	94
Tabla 29 - Flujo de Caja y Rentabilidad .....	96
Tabla 30 - Evaluación del Proyecto .....	97

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

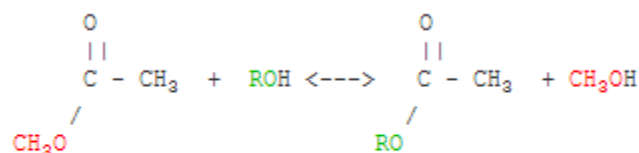
Gráfico 1 - Beneficios del Bioetanol .....	21
Gráfico 2 - Actividades del Programa Basura Cero .....	22
Gráfico 3 - Campaña de Basura Cero Para el Uso de Los Recicladores. 23	
Gráfico 4- Clasificación de los Residuos Sólidos .....	24
Gráfico 5 - Tipos de Biocarburantes.....	27
Gráfico 6 - Total Área Cosechada en Colombia por Hectárea.....	33
Gráfico 7 - Desventajas de los Monocultivos .....	34
Gráfico 8 - Producción Mundial de Bioetanol.....	42
Gráfico 9 - Vehículos registrados en Colombia 2013.....	46
Gráfico 10 - Proyección Precio por Galón a 2029 .....	47
Gráfico 11 - Proyección de Consumo Por Sectores a 2031.....	47
Gráfico 12 - Distribución de Vehículos en Bogotá D.C. ....	48
Gráfico 13 - Distribución Porcentual del Mercado Objetivo de PTROE.....	49
Gráfico 14 - Distribución viajes en Bogotá D.C. ....	49
Gráfico 15 - Número de Vehículos Particulares en Bogotá D.C.....	50
Gráfico 16 - Vehículos con Combustible Diesel .....	51
Gráfico 17 - Vehículos con Combustible Gas Natural Vehicular .....	52
Gráfico 18 - Vehículos con Combustible Gas Natural Vehicular y Gasolina	52
Gráfico 19 - Vehículos de Transporte Público Individual .....	53
Gráfico 20 - Motocicletas Particulares en Bogotá D.C.....	54
Gráfico 21 - Ventas de Etanol en Colombia 2012-2013 .....	58
Gráfico 22 - Histórico de producción de Etanol en Colombia (2008-2013)	59
Gráfico 23 - Matriz DOFA .....	61
Gráfico 24 - Cómo Establecer el Precio del Etanol en Colombia .....	65
Gráfico 25 - Estrategia de Distribución de Etanol .....	66
Gráfico 26 - Vías Tecnológicas Para La Producción de Bioetanol .....	67
Gráfico 27 - Fuentes para el Bioetanol de 1ra Generación.....	68
Gráfico 28 - Reactor para Pretratamiento Fisicoquímico .....	72
Gráfico 29 - Diagrama de las Reacciones Químicas y Enzimáticas.....	72
Gráfico 30 - Configuración del Proceso HSF.....	73
Gráfico 31 - Configuración del Proceso SFS .....	74
Gráfico 32 - Reactor para Hidrólisis Enzimática y Fermentación Simultáneas .....	75
Gráfico 33 - Destilador .....	76
Gráfico 34 - Deshidratador .....	78
Gráfico 35 - Supuestos Básicos para Planeación Financiera .....	84

## GLOSARIO

- ✓ Reciclador: Persona natural o jurídica que presta el servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento.
- ✓ Reciclador de Oficio en condiciones de vulnerabilidad: Persona natural que deriva su sustento y el de su familia del reciclaje de residuos sólidos y que tiene su lugar de residencia en inmuebles clasificados en los estratos 1 o 2.
- ✓ Residuo sólido o desecho: Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales y de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas
- ✓ Residuo o desecho peligroso: Es aquel que por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas puede causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental. También son residuos peligrosos aquellos que sin serlo en su forma original se transforman por procesos naturales en residuos peligrosos. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.
- ✓ Reciclaje: Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización.
- ✓ Recolección: Acción mediante la cual se recoge y retiran los residuos sólidos de uno o varios generadores, efectuada por la persona prestadora del servicio.
- ✓ Relleno sanitario: Lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos

ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diario de los mismos, control de gases y lixiviados y cobertura final.

- ✓ Bioetanol: etanol producido a partir de biomasa.
- ✓ Biomasa: Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.
- ✓ Biodiesel: El biodiesel es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petrodiesel o gasóleo obtenido del petróleo. El biodiesel puede mezclarse con gasóleo procedente del refino del petróleo en diferentes cantidades. Se utilizan notaciones abreviadas según el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla: B100 en caso de utilizar sólo biodiesel, u otras notaciones como B5, B15, B30 o B50, donde la numeración indica el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla.
- ✓ Biomasa: Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.
- ✓ Sacarosa: La sacarosa, o azúcar común, es un disacárido de glucosa y fructosa. Se sintetiza en plantas, pero no en animales superiores.
- ✓ Transesterificación: Proceso de intercambiar el grupo alcoxi de un éster por otro alcohol. Estas reacciones son frecuentemente catalizadas mediante la adición de un ácido o una base.



(éster + alcohol <---> éster diferente + alcohol diferente)

La transesterificación es crucial para producir biodiesel a partir de los aceites vegetales o grasas animales.

- ✓ Esterificación: Se denomina esterificación al proceso por el cual se sintetiza un éster. Un éster es un compuesto derivado formalmente de la reacción química entre un ácido carboxílico y un alcohol.
- ✓ Compostaje: (a veces también se le llama abono orgánico) es el humus obtenido de manera natural por descomposición bioquímica al favorecer la fermentación aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos como restos vegetales, animales, excrementos y purines, por medio de la reproducción masiva de bacterias aeróbicas termófilas que están presentes en forma natural en cualquier lugar (posteriormente, la fermentación la continúan otras especies de bacterias, hongos y actinomicetos).
- ✓ Biocombustible: es una mezcla de hidrocarburos de origen orgánico que se utiliza como combustible en los motores de combustión interna. Deriva de la biomasa, materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.
- ✓ Grupo hidroxilo: es un grupo funcional compuesto de oxígeno e hidrógeno: O-H, Es característico de los alcoholes.
- ✓ Pre-tratamiento fisicoquímico: Es el tratamiento preliminar, para ir rompiendo moléculas orgánicas complejas a unas moléculas más simples. Se utilizan métodos físicos y químicos.
- ✓ Reactor: existen diversos tipos de reactor, pero el que nos interesa en este caso describir es un reactor químico; es un equipo en cuyo interior tiene lugar una reacción química, estando éste diseñado para maximizar la conversión y selectividad de la misma con el menor coste posible. Si la reacción química es catalizada por una enzima purificada o por el organismo que la contiene, se habla de biorreactores. El diseño de un reactor químico requiere conocimientos de termodinámica, cinética química, transferencia de masa y energía, así como de mecánica de fluidos; balances de materia y energía son necesarios. Por lo general se busca conocer el tamaño y tipo de reactor, así como el método de operación, además en base a los parámetros de diseño se espera poder predecir con cierta certidumbre la conducta de un reactor ante ciertas condiciones, por ejemplo un salto en escalón en la composición de entrada.
- ✓ Enzimas: son moléculas de naturaleza proteica y estructural que catalizan reacciones químicas, siempre que sean termodinámicamente posibles: una

enzima hace que una reacción química que es energéticamente posible. En otras palabras se puede describir como catalizadores orgánicos.

- ✓ Catalizador: Un catalizador propiamente dicho es una sustancia que está presente en una reacción química en contacto físico con los reactivos, y acelera, induce o propicia dicha reacción sin actuar en la misma.
- ✓ Fermentación: es un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno, y el producto final es un compuesto orgánico. Según los productos finales, existen diversos tipos de fermentaciones.
- ✓ Hidrolisis: Es una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química. Esta reacción es importante por el gran número de contextos en los que el agua actúa como disolvente.
- ✓ Hidrólisis enzimática: la hidrólisis que se produce mediante un grupo de enzimas llamadas hidrolasas. Estas enzimas ejercen un efecto catalítico hidrolizante, es decir, producen la ruptura de enlaces por agua según:  $H-OH + R-R' \rightarrow R-H + R'-OH$ . En otras palabras es un proceso mediante enzimas que busca romper cierto tipo de moléculas.
- ✓ Destilación: es la operación de separar, mediante vaporización y condensación en los diferentes componentes líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición de cada una de las sustancias ya que el punto de ebullición es una propiedad intensiva de cada sustancia, es decir, no varía en función de la masa o el volumen, aunque sí en función de la presión.

## **SIGLAS**

PTROE: Planta de Transformación de Residuos Orgánicos en Etanol.

FORSU: Fracción Orgánica De Residuos Sólidos Urbanos.

RSU: Residuos Sólidos Urbanos.

RSO: Residuos Sólidos Orgánicos.

## INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos conocidos hasta finales de la década de los años 70 como "basuras", constituyen un elemento de preocupación para todos los segmentos de la sociedad actual, debido en parte a que la presencia de los mismos es casi inevitable, y la generación está en función directa al modelo actual de desarrollo económico que impera, (consume y desecha) lo que lleva al consumo intensivo de los recursos naturales, y por otra parte, la propia comunidad con su actitud y comportamiento agrava los impactos ambientales que se ocasionan por el manejo inadecuado que se les da a los residuos sólidos que a diario se generan. Esto representa un gran problema para la sociedad y para nuestro planeta.

Actualmente, una de las grandes preocupaciones que se tiene, es el aprovechamiento integral de estos residuos; ya sea de una forma que no afecte el ecosistema o reutilizándolos con diferentes fines, ya que, como es bien sabido, la mayoría de los desechos se pueden reducir, reutilizar y/o reciclar; y los Residuos Orgánicos, que se consideraban material de desecho o solo compostaje, ahora aportan una nueva realidad a la energía de esta sociedad.

En Colombia se generan actualmente 28.000 toneladas de residuos sólidos diariamente y tan solo el 13% es aprovechado, es decir solo 3000 toneladas diarias. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. , 2014) y surge la duda de si se puede hacer algo con esas 25.000 toneladas aparte de tirarlas a un relleno sanitario, a un río o un botadero. La respuesta a esto es que una de las mejores formas de aprovechar estos son como materia prima para la producción de biocombustibles; tanto biodiesel y bioetanol.

El mercado de los bioetanoles en Colombia se basa en la caña, la remolacha y otros productos de consumo masivo que tienen diferentes efectos adversos, entre ellos la falta de seguridad alimentaria y los cambios ambientales por los monocultivos. Es por ello que con el proyecto del uso de las basuras para el desarrollo de biocombustibles se da soluciones a diferentes aspectos que atormentan a esta ciudad, pero para poder lograrlo es necesario realizar un estudio de pre factibilidad que explote el potencial de esta idea. Además, como un plus, se estará apoyando

un proyecto EANISTA que podrá ser el proyecto líder en Colombia para el uso de los residuos orgánicos como combustible.

Este informe está dividido en siete secciones, la primera acerca al lector al tema, con el planteamiento del problema, la definición del proyecto, la justificación y la metodología del documento; la segunda sección posee el marco teórico en donde encontrará la problemática de los residuos orgánicos en Colombia y Bogotá, los etanoles y diferentes alcoholes usados en el consumo energéticos, así como el contexto internacional de los mismos, el marco legal, entre otros. La tercera sección incluye el análisis del mercado del proyecto. La cuarta sección incluye el estudio de factibilidad técnica del proyecto, la quinta sección incluye el análisis estratégico del proyecto, en la sexta sección el lector encontrará todo el análisis financiero y su viabilidad, y por último, en la séptima sección están las conclusiones y recomendaciones del presente documento.



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ser humano es un mamífero, que, como cualquier otro organismo terrestre, se alimenta para obtener la energía necesaria para sus actividades de subsistencia. Evidentemente el *Homo Sapiens* ha sabido llevar esto hasta que el punto en que el 11% del total de tierra firme del mundo es usada para la producción de cultivos agropecuarios y el 30% para el pastoreo o ganado (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, 2011), Esto indica la importancia del mercado alimenticio en el mundo pero esto ha experimentado un cambio en los últimos años ya que terrenos que son perfectamente cultivables o aptos para ganadería están siendo destinados para la producción de Caña de Azúcar, Remolacha, y otros vegetales con alto contenido de azúcar con fines específicos para producir bioetanol mas no para comercialización como alimento. Esta realidad la precisa la FAO en su último informe de seguridad alimenticia en el informe: “El estado de los recursos de Tierras y Aguas Del Mundo Para La Alimentación y la Agricultura”: *“la producción de materias primas para biocombustibles compite con la producción de alimentos en superficies importantes de tierras cultivadas de primera calidad (...) amenazando aún más la estabilidad de los recursos de la tierra y el agua”*.

El párrafo anterior indica que un gran problema a futuro es la seguridad alimenticia en el mundo, y en Colombia la situación no difiere, ya que de 5 millones de hectáreas cultivables, el 19.17% se destina para cultivos azucareros con fines energéticos y el 8,8% para palma africana (Solano, 2012); la tendencia ha venido aumentando y aumentará, ya que si la población incrementa, sus necesidades de consumo de energía y alimento incrementarán.

Es una realidad el hecho de tener que buscar alternativas al cultivo de plantas y vegetales con uso energético o de lo contrario, Colombia, que es un país agrario (y petrolero), terminará con su uso del suelo cultivable lleno de plantas utilizadas para biocombustibles, pocas reservas de petróleo y poco terreno destinado para la agricultura y ganado. Esto alarma ya que los precios de la canasta familiar aumentarían, provocando reacciones nefastas en una población donde

históricamente los alimentos crudos se consiguen fácilmente, de alta calidad y a un bajo costo (comparado con otros países).

Otro problema a analizar es el uso de los residuos orgánicos en Colombia, específicamente en Bogotá, en donde actualmente no se reutilizan estos de ninguna forma, es por ello que se requiere de una solución que abarque la sostenibilidad alimentaria, el reciclaje de los residuos orgánicos y un beneficio para la industria y el medio ambiente.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Realizar un estudio de pre-factibilidad que permita analizar las diferentes variables que tendría una planta de transformación de residuos orgánicos en etanol para el mercado Bogotano.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Analizar el mercado del bioetanol en Colombia y su consumo en Bogotá D.C. para realizar un estudio que permita determinar el mercado potencial de un proyecto de este tipo; Incluyendo un análisis histórico de la oferta y de la demanda.
- ✓ Revisar el marco legal aplicable a este proyecto para determinar si este tipo de proyecto se acomoda a la normativa colombiana.
- ✓ Analizar el impacto que tendría la planta en diferentes frentes, tanto ambiental, social, económico y financiero.
- ✓ Investigar la sostenibilidad financiera del proyecto, con indicadores y variables realistas.
- ✓ Dar apoyo al proyecto de la Universidad EAN de aprovechamiento de residuos orgánicos y su transformación en etanol.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. ANTECEDENTES**

La sociedad actual es un gran consumidor de energía y el principal combustible industrial es el petróleo. La crisis energética de 1973 provocó una estabilización, e incluso una ligera disminución de la demanda ante los constantes aumentos del precio del crudo. El encarecimiento de la energía, la dependencia energética de muchos de los países económicamente desarrollados, así como los graves problemas medioambientales asociados, han obligado a un replanteamiento de las distintas naciones sobre la estrategia energética global, la cual se basa actualmente en el fomento de la eficiencia y el ahorro energético. Así como la búsqueda de nuevas fuentes de energía que permita disminuir la actual dependencia de las fuentes de origen fósil y nuclear. Los biocombustibles son una alternativa frente al petróleo.

Por ejemplo Unión Europea y el Gobierno de España se habían fijado el objetivo de que en el año 2010, los biocombustibles contribuyan en un 5,75% en los carburantes del transporte.

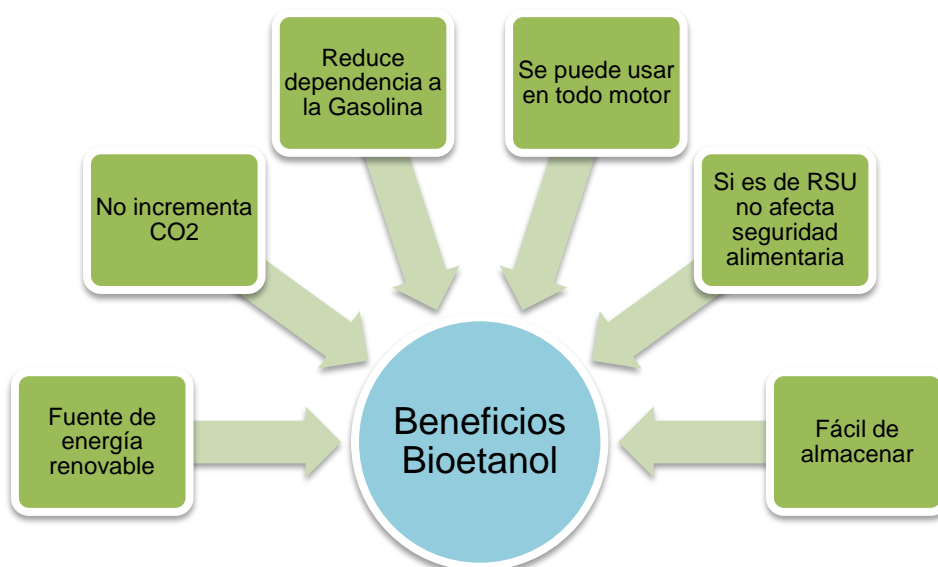
Uno de los principales biocombustibles es el bioetanol, el cual se obtiene a partir de diferentes procesos de fermentación, hidrólisis y destilación de fructosa y azúcares, que, al descomponerlos, producen etanol; otro similar es el biodiesel el cual se obtiene a partir de lípidos naturales tales como aceites vegetales o grasas animales, nuevos o usados, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, éste y el bioetanol puede mezclarse con gasóleos en diferentes cantidades. En el presente documento solo se trabajará sobre el bioetanol.

Con la construcción de nuevas plantas de producción de bioetanol se obtienen beneficios tanto económicos como medioambientales; un claro ejemplo es la planta de bioetanol Rio cuarto S.A. en Argentina, la cual ha sido catalogada como un caso

de éxito en su país por la utilización de maíz transgénico<sup>1</sup> para la producción de combustible o la planta de Biodiesel de Elda, con capacidad para producir 20.000 toneladas de biodiesel al año. Su estudio económico demuestra su gran rentabilidad, consiguiendo una tasa interior de retorno (TIR) del 40% y un valor actual neto (VAN) de 23 M € para una vida útil de la planta de 30 años.

El bioetanol presenta muchos beneficios ambientales: es biodegradable, no es tóxico y no incrementa el contenido en CO<sub>2</sub> en la atmósfera, ya que el que se emite en el proceso de combustión es nuevamente absorbido para la formación de la materia prima del carburante.

**Gráfico 1 - Beneficios del Bioetanol**



Fuente: Propia de los autores

### **3.2. RESIDUOS SOLIDOS**

La Secretaria de Media Ambiente, tiene dentro de sus objetivos el ayudar de manera técnica y por medio de evaluaciones periódicas, el adecuado manejo de los residuos sólidos que se manejan dentro de la ciudad de Bogotá D.C, y de esta forma, ayudar a promover la implementación de programas en el distrito para que contribuyan al buen manejo y tratamiento de los mismos.

<sup>1</sup> Se debe aclarar que cultivos transgénicos para la producción de biocombustible es la mejor opción de todas, es la única aplicación viable para esa tecnología. Es opinión de los autores que para la producción de alimentos se debe buscar optimizar los cultivos naturales y no modificarlos genéticamente.

Por otro lado la Alcaldía Mayor, ha desarrollado varios programas de reciclaje y actualmente trabaja con el proyecto de Basuras Cero.

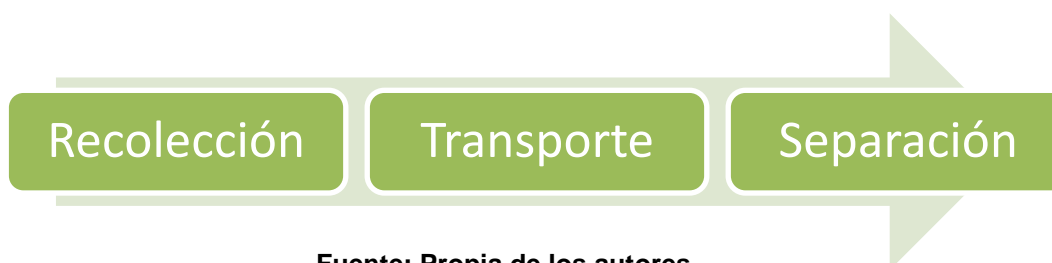
Basura Cero es un programa cuyo objetivo es lograr que los residuos sólidos no sean enterrados o incinerados, sino aprovechados y devueltos al ciclo productivo en un 100%.

Basura Cero intenta cambiar la cultura actual de consumo que consiste en "extraer, consumir y descartar" por una cultura del aprovechamiento fundamentada en un consumo responsable, la separación en la fuente, la reutilización, la reparación y el reciclaje de los bienes de consumo. Es evidente que para que esto sea posible se requiere una participación ciudadana activa. (Alcaldía de Bogotá) Si la separación de Residuos Orgánicos se realiza en origen, los costos de separación de la planta disminuirían considerablemente. (Vea más en Capítulo 8)

El aprovechamiento en el marco de la gestión integral de residuos sólidos se encuentra dentro de los programas de Basura Cero, en este se trabaja el manejo de materiales recuperados que se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos. (Bogotá Humana, 2012).

Dentro de las actividades que se realizarán con este programa se encuentran:

**Gráfico 2 - Actividades del Programa Basura Cero**



**Fuente: Propia de los autores**

Tomando los residuos sólidos, se procesarán y estos serán sometidos a reutilización, reciclaje e incineración lo cual se hace con fines de generación de energía, compostaje, o cualquier otra modalidad que genere beneficios sanitarios, ambientales y sociales, lo cual ayudará no solo al manejo de residuos sólidos de la

capital, sino a su vez se saca provecho al máximo a las 8.500 toneladas diarias que arroja Bogotá D.C. y un 60% a 80% de éste es orgánico.

Más de la mitad de los residuos producidos en la capital son de origen orgánico y cerca de la tercera parte corresponden a papel, cartón, vidrio, plástico y porcelana. Como todo en lo ambiental tiene sus implicaciones directas en el ecosistema, por cada tonelada (mil kilos) de papel y cartón que se recicle, se salvan quince árboles del bosque.

Desafortunadamente todavía no existe en Bogotá una cultura generalizada del reciclaje, aunque buena parte de sus residuos, un 35% pueden ser reciclados (papel, vidrio, latas, etc.), para lo cual se requieren sistemas de acopio, transformación de materiales con tecnologías ambientalmente sanas, capacitación técnica y empresarial y reducción del consumo. (Universidad Nacional de Colombia, 2007) En este sentido se orienta el plan integral de manejo de residuos recientemente propuesto por la Administración Distrital, el cual inicio con ciertos altibajos.

Es de alta relevancia que el lector tenga claros los conceptos de: Reciclador, Residuo sólido o desecho. Residuo o desecho peligroso. Reciclaje. Recolección. Relleno sanitario. En caso de tener dudas, remitirse al glosario.

Gráfico 3 - Campaña de Basura Cero Para el Uso de Los Recicladores



Fuente: Alcaldía de Bogotá D.C.

A continuación se muestra una de las campañas con las que se promueve el uso de los recicladores como agentes separadores y activos del programa de reciclaje de la alcaldía la cuál fue promovida por Bogotá Humana en su propuesta de Basura Cero. (Alcaldía de Bogotá)

Las normas que se deben conocer y aplicar en el manejo de los residuos sólidos se encuentran en el capítulo 4.

### 3.2.1. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos se clasifican de la siguiente manera:

Gráfico 4- Clasificación de los Residuos Sólidos



Fuente: (Bogotá Humana, 2012), Gráfico: Propio de los Autores

La separación de las basuras es la fuente de recuperación de los materiales que sean reciclables, y de esta manera se inicia el proceso de clasificación, separación y recuperación. Los residuos se pueden separar de la siguiente manera de acuerdo su origen:

- ✓ Residuos de carácter institucional
- ✓ Residuos Inorgánicos (papel, cartón, plástico, vidrio, metal, etc.).
- ✓ Residuos Orgánicos (comedores escolares, refrigerios, etc.).
- ✓ Residuos Peligrosos (*tonners* y cartuchos de impresoras, lámparas fluorescentes, residuos de laboratorios, etc.).
- ✓ Residuos de disposición especial en puntos ecológicos de la ciudad: RAEE (Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos), luminarias, pilas, medicamentos vencidos, llantas y aerosoles.



Los residuos sólidos también se clasifican en dos grandes grupos:

**Tabla 1 - Clasificación de los Residuos Sólidos 2**

<b>RESIDUOS RECICLABLES</b>	<b>RESIDUOS NO RECICLABLES</b>
Papel y Cartón: cuadernos, papel periódico, cartulina, revistas, cartón, tetra pack, directorios telefónicos, cajetillas de cigarrillos, cajas de cereales.	Papel: contaminado, revestido de plástico, papel carbón, satinado, de fotografía y adhesivo.
Plástico: botellas de bebidas y botellas de productos de aseo, tapas, bolsas, empaques y paquetes, botellones de agua, utensilios plásticos, baldes, platonos, tasas, cubiertos, cajas de Cds, Cds.	Recipientes con sustancias tóxicas, icopor, plásticos contaminados.
Vidrios: Botellas, colonias, licores, cosméticos, frascos.	Residuos <b>Ordinarios</b> : servilletas sucias, platos, vasos y cubiertos desechables usados y colillas de cigarrillo.
Metales: latas, tarros, aluminio, ollas, chatarra, cobre, estaño, níquel, bronce, aceros, plata, antimonio y zinc.	Residuos sanitarios generados en baños, laboratorios y enfermerías.

**Fuente: Alcaldía de Bogotá D.C., Gráfico: Propio de los autores**

Se puede observar que se clasifican los residuos ordinarios como no reciclables, pero con PTROE se da una oportunidad para que cambien de clasificación y sean considerados como una de las fuentes más importantes de los residuos reciclables.

### **3.3. BIOCARBURANTES**

#### **3.3.1. DEFINICIÓN DE BIOCARBURANTES**

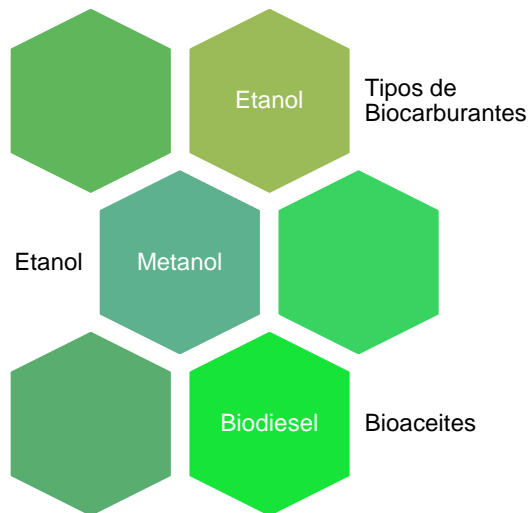
La mezcla entre biomasa e hidrocarburos se llama biocombustible (o también llamado biocarburente), siendo la biomasa cualquier materia orgánica, ya sea un producto orgánico como plantas, tubérculos o vegetales, de los cuales se extraen azúcares que después de un proceso, se pueden combinar con hidrocarburos y servir de fuente de energía para motores comunes o modificados.

Los biocarburos son combustibles producidos a partir de la biomasa y considerados, por tanto, como una energía renovable. Los biocombustibles se pueden presentar en forma sólida (residuos vegetales, fracción biodegradable de los residuos urbanos o industriales), líquida (bioalcoholes, biodiesel) o gaseosa (biogás, hidrógeno, biometano).

Tipos de biocarburos:

- Etanol (destilado de azúcares y residuos).
- Metanol (destilado de la madera y pirólisis de vegetales y residuos).
- Metano (gas que resulta de la descomposición de residuos y fangos de depuradoras).
- Bioaceites (aceites extraídos de plantas como la soja, el girasol, la oliva, el cáñamo, etc.).
- Biodiesel (producto que se obtiene de la transesterificación de aceites vegetales).

**Gráfico 5 - Tipos de Biocarburantes**



**Fuente: Propia de los autores**

### **3.3.2. BIODIESEL**

Biocombustible de consistencia líquida obtenidos a partir de lípidos naturales ya sean grasas animales o aceites vegetales, algunos pueden tener uso previo. El proceso industrial es llamado esterificación y transesterificación, y el producto sirve como un sustituto parcial o total del diésel. La clasificación que se le da es la siguiente:

B5 = 5% Biodiesel, 95% Diésel

B15 = 15% Biodiesel, 85% Diésel

B30 = 30% Biodiesel, 70% Diésel

B50 = 50% Biodiesel, 50% Diésel

B100 = 100% Biodiesel

### **3.3.3. BIOETANOL**

Compuesto líquido, que se obtiene a partir de la fermentación de azúcares, sin importar su fuente. (caña, remolacha, residuos, etc.) El bioetanol puede usarse como combustible, ya sea solo o mezclado en diferentes cantidades con gasolina.

Las mezclas pueden ser:

E5 = 5% Bioetanol, 95% Gasolina

E15 = 15% Bioetanol, 85% Gasolina

E30 = 30% Bioetanol, 70% Gasolina

E50 = 50% Bioetanol, 50% Gasolina

E85 = 85% Bioetanol, 15% Gasolina

E100 = 100% Bioetanol

### **3.3.4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA**

En el año de 1908, Henry Ford, quien es el primer fabricante de automóviles hizo el diseño de su automóvil Modelo T que utilizaría etanol como combustible, lo que él pensó inicialmente era que cualquier persona lo pudiera hacer en su casa. De 1920 a 1924, la Standard Oil Company comercializó gasolina con un 25 % de etanol que se vendería en toda el área de Baltimore-EEUU. Sin embargo, los elevados precios del maíz en esa época, del cual se extraía el etanol, junto con las dificultades de almacenamiento y transporte hicieron abandonar el proyecto. A finales de la década de los veinte y durante toda la de los treinta, se hicieron esfuerzos para recuperar sin éxito esta iniciativa. A raíz de la caída del etanol, Henry Ford y diversos expertos unieron fuerzas para promover su recuperación construyendo una planta de fermentación en Atchinson (Kansas), con un potencial para fabricar 38.000 litros diarios para su uso en automoción. Durante estos años, más de 2.000 estaciones de servicio en el Mediano Oeste vendieron este etanol hecho de maíz que se denominó “gasol”. La competencia de los bajos precios del petróleo obligó al cierre de la planta a mediados de los años cuarenta. En esa época la guerra de los petroleros era bastante agresiva. El petróleo empezaba a dominar el mundo y se creía eterno. A partir de entonces el combustible utilizado fue la gasolina pura.

En 1937 más exactamente el 31 de agosto, G. Chavanne de la Universidad de Bruselas, Bélgica, obtuvo la patente por “transformar aceites vegetales para su uso como combustibles”. La patente describía la transesterificación del aceite usando etanol o metanol para separar la glicerina de los ácidos grasos y reemplazarla con alcoholes de cadenas cortas. Esta fue la primera producción de biodiesel.

El año 1973 pasó a la historia por la fuerte crisis del petróleo asociada a la segunda guerra árabe-israelí. Durante este periodo, el precio de la gasolina, que se había mantenido prácticamente constante durante cinco años en los países industrializados, se dobló en sólo tres meses. El mundo desarrollado entero se resintió y los sectores más radicales comenzaron a defender sus intereses. La

escasez de este recurso no renovable hizo peligrar el suministro y este hecho supuso la búsqueda de combustibles sustitutos a los derivados del petróleo. A finales de 1979 y como consecuencia de la segunda crisis del petróleo, los combustibles alternativos se convirtieron en la solución al posible problema que representaba el agotamiento de los recursos no renovables. Así, la American Oil Company y otras empresas importantes del sector, comenzaron a comercializar la mezcla de gasolina con etanol. En 1981 nace la Renewable Fuels Association (RFA), que es la máxima autoridad de biocombustibles en EEUU.

En Brasil, la crisis del petróleo también tuvo una fuerte repercusión. En el año 1975 se encauzó el proyecto Proalcool, cuyo objetivo era la sustitución total de los combustibles de origen fósil. La alternativa propuesta era el bioetanol proveniente de la melaza de la caña de azúcar. Esta nueva industria permitió la creación de casi un millón de puestos de trabajo, repartidos en más de 700 destilerías, instalaciones complementarias, redes de transporte y fabricación de motores específicos para estos combustibles. Cabe recordar que Brasil en la actualidad es el principal productor de bioetanol en América Latina.

La aparición de una nueva crisis del petróleo relacionada con el principio de la guerra Irán-Iraquí a principios de la década de los ochenta, provocó una nueva disminución del consumo que se recuperó a finales de esa misma época, gracias al abaratamiento del precio del crudo. Esto logró que las estrategias de ahorro y eficiencia iniciadas en el 1973 se fueran a la basura y se perdiera el proyecto del uso mesurado de este combustible fósil. La década de los noventa comenzó con una nueva crisis. Esta vez derivada de la invasión de Kuwait por Irak.

Los biocombustibles llegaron a Europa en el año 1985. El objetivo era sustituir el 25% del combustible fósil por bioetanol. Su aplicación no fue aprobada por cuestiones de rentabilidad y costo, sin embargo, se dedicaron sustanciosos fondos para la investigación y desarrollo de estas tecnologías. Una interesante medida fue la propuesta a través de la Directiva Scrivener, que consistía en la desgravación del bioetanol en valores próximos a los combustibles fósiles y así facilitar su competitividad. Esta medida ha tenido aplicaciones parciales en Italia, Francia, Alemania y Austria, donde se han desarrollado experiencias pioneras.

La crisis de los recursos petrolíferos ha sido el motor de desarrollo en la evolución de los biocarburantes. El terrorismo global y la división de los países en ricos y pobres, tienen mucho que ver con la concentración territorial de los combustibles fósiles y la dependencia que de ellos se tiene. Potenciando la producción de biocombustibles se contribuye a redistribuir la riqueza y a minimizar la dependencia de los recursos no renovables. El agotamiento (en el futuro) de las fuentes de energía tradicionales, el incremento de las emisiones de contaminantes (que se sitúan por encima de la capacidad de regeneración de los ecosistemas) y el hecho de que dos terceras partes de las reservas petrolíferas están en la inestable región del golfo Pérsico, hablan por sí solas de la necesidad de encontrar nuevas alternativas energéticas. (Congreso Nacional del medio Ambiente, 2010)

Más recientemente en 1977, Expedito Parente, científico brasileño, inventó y patentó el primer proceso industrial de producción de biodiesel. Actualmente, Tecbio, la empresa de Parente, trabaja junto con Boeing y la NASA para certificar bio-queroseno. Entre 1978 y 1996, el National Renewable Energy Laboratory (NREL) estadounidense ha experimentado el uso de algas como fuente de biodiesel, dentro del Aquatic Species Program. La experimentación del NREL, tras 16 años, está estancada debido a que el programa de investigación carece de financiación. En 1979 se iniciaron en Sudáfrica investigaciones sobre cómo transesterificar aceite de girasol en diésel. Finalmente en 1983, el proceso de cómo producir biodiesel de calidad fue completado y publicado internacionalmente. Gaskoks, una industria austríaca, obtuvo esta tecnología y estableció la primera planta piloto productora de biodiesel en 1987 y una industrial en 1989.

Durante la década de los 90, se abrieron muchas plantas en muchos países europeos, entre ellos la República Checa, Alemania y Suecia. En los años noventa, Francia ha lanzado la producción local de biodiesel (conocido localmente como diéster) obtenido de la transesterificación del aceite de colza. Va mezclado en un 5% en el combustible diésel convencional, y en un 30 % en el caso de algunas flotas de transporte público. Renault, Peugeot y otros productores han certificado sus motores para la utilización parcial con biodiesel, mientras se trabaja para implantar un biodiesel del 50%. Francia empezó una producción local de biodiesel el cual se mezclaba en un 30% con diésel para transporte público. Renault y Peugeot

certificaron motores de camiones con uso parcial de biodiesel (alrededor del 50%). Durante el año 1998 se identificaban 21 países con proyectos comerciales de biodiesel. En septiembre del año 2005, Minnesota fue el primer estado estadounidense que obligaba un uso de, al menos, un 2% de biodiesel. (James P Tuck, 2012)

En Colombia el bioetanol fue regulado desde el 2001 y se amplió en el 2003. Desde el 2006 en adelante primero se implementó que el 10% de las ciudades grandes debían tener este porcentaje en toda la gasolina comercializada y se le eliminaron los gravámenes para fortalecer esa industria. Desde el 2010 se establece que en todo el territorio Colombiano se tenga un valor E10 y B10 de bioetanol y biodiesel.

### **3.4. SEGURIDAD ALIMENTICIA**

Cuando se realizaron las primeras incursiones en biocombustibles de nuestra década, muchas ventajas salieron a flote, tanto así que la Unión Europea implantó como meta para 2020 el uso obligatorio en todos los transportes de una mezcla de 10% de biocombustibles con gasolina en el mundo, pero con el tiempo los problemas empezaron a surgir, y fue México de los primeros implicados, cuando en el 2008 el maíz era más utilizado para los biocombustibles que para comer, pero somos seres de energía y los mexicanos son seres de tortillas y la escases de maíz llegó, así como su precio elevado, lo que generó que la tortilla encareciera y produjera “graves protestas sociales y a la intervención directa del ex presidente Calderón para solucionar la crisis” según un artículo de la revista Dinero en Junio de 2008. Un caso similar se presentó en indonesia donde arrasaron una gran cantidad de terreno selvático para el cultivo de palma africana y así con otros países que son agricultores, en su mayoría clasificados como “en desarrollo”. La Unión Europea reestudio la meta impuesta para el 2020 y se propuso a investigar fuentes alternativas de energía.

Es una realidad que al momento de hablar de biocombustibles a base de alimentos la mayor preocupación sea un posible desabastecimiento de comida a nivel mundial, esto por una producción intensiva de alimentos que sea utilizada con fines energéticos y encareciendo los alimentos disponibles para el consumo de personas. Es por ello que se inició el desarrollo de biocombustibles de segunda generación

que son aquellos que provienen de biomasa residual (aquella masa orgánica que queda de residuos industriales ej.: bagazo de caña, cascarilla de arroz). Se podría decir que PTROE lleva esto a su máxima expresión ya que se estarían reutilizando los desechos industriales de biomasa y los desechos orgánicos de los hogares, sin afectar la seguridad alimenticia del entorno.

### **3.4.1. HECTAREAS DISPONIBLES PARA LA AGRICULTURA**

Colombia es un país con 1.141.748 km<sup>2</sup> de extensión terrestre, y es bien sabido que una hectárea equivale a 0,01 km<sup>2</sup>, por lo que al realizar la conversión se llega a la conclusión de que Colombia tiene 114'174.800 hectáreas, de estas el 55% de la tierra es selvática y el 39.5% es terreno cultivable, y según un estudio de la Universidad Nacional, 14.3 millones de hectáreas están disponibles para la agricultura pero actualmente solo se le da uso a 5.3 millones de hectáreas, esto indica que este país, tras de ser un país agrícola y ganadero, no aprovecha su potencial agrícola como debería, ahora sumemos esto a la siembra extensiva de cultivos azucareros y de aceites, esto indica un problema de planeación agrícola en el país (Solano, 2012).

A continuación se muestra la distribución del uso de la tierra en Colombia a 2012:

**Tabla 2 - Uso De La Tierra En Colombia A 2012**

<b>Aptitud de la tierra</b>	<b>Uso potencial</b>	<b>Uso actual</b>	<b>Diferencia de uso</b>
<b>Para agricultura</b>	14.362.867	5.317.862	-9.045.005
<b>Para ganadería</b>	19.251.400	40.083.171	20.831.771
<b>Para uso forestal</b>	78.301.484	55.939.533	-22.361.951
<b>Para otros usos</b>	2.259.049	12.834.234	10.575.185

**Fuente: Jiménez Solano, (2012). Política agraria y postración del campesinado en Colombia**

En el cuadro anterior se muestra que actualmente la ganadería acapara el 35% de las hectáreas y la agricultura representa un bajo 4.6%.

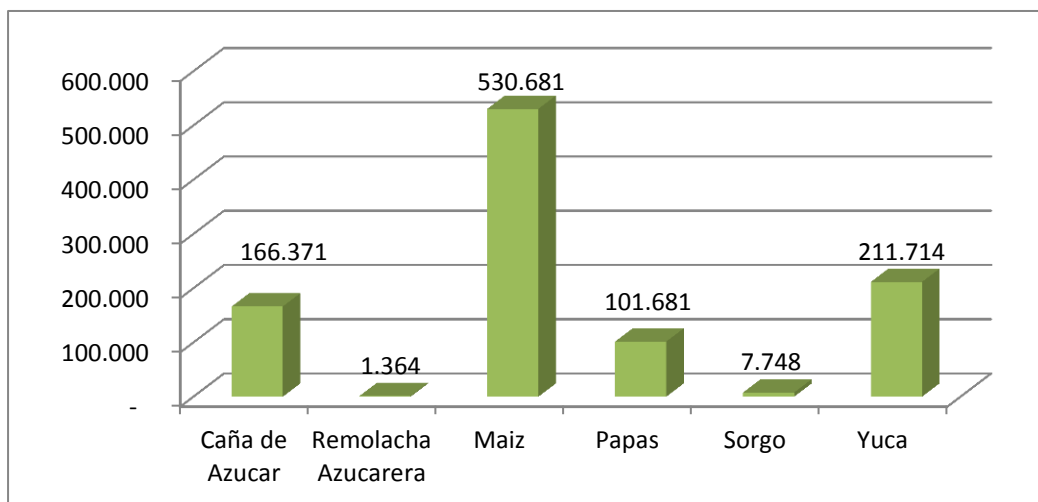
### **3.4.2. CULTIVOS AZUCAREROS**

La canasta básica de alimentos de Colombia según la FAO es: Leche, huevos, carnes, cacao, plátano, yuca y papa, palma, soya, legumbres, frutas, hortalizas y



cereales (CONPES SOCIAL, 2007). Y aquellas verduras que están implicadas en el proceso de etanol pueden ser: yuca, remolacha, sorgo, maíz, papa, entre otros<sup>2</sup> y se puede identificar que algunas plantas utilizadas para hacer biocombustibles hacen parte de la canasta familiar en Colombia por lo que alguna falta de equilibrio afectaría directamente la estabilidad alimentaria del país. A continuación se muestran las cifras del 2012 por área cosechada publicadas en la página oficial de la FAO de los productos azucareros en Colombia:

**Gráfico 6 – Total Área Cosechada en Colombia por Hectárea**



**Fuente: Propia de los autores**

Se encuentra que de 1'940.288 hectáreas efectivamente cosechadas, 1.019.559 son de productos azucareros, lo que da un 52% del total de los productos cosechados en Colombia; Siendo el maíz el más relevante de estos productos con 530 mil hectáreas, esto se debe a su gran cantidad de almidón y versatilidad para diferentes productos.

De las 5 millones de hectáreas descritas al inicio, se registran 2 millones de hectáreas cosechadas, lo que quiere decir que las otras 3 millones son cultivos de difícil rastreo, ya sea por la informalidad o por la legalidad (aunque según las cifras de las Naciones Unidas, los cultivos ilícitos de coca alcanzan las 48.000 hectáreas) (United Nations Office on Drugs and Crime, 2012).

<sup>2</sup> Esto se amplía en el Capítulo 3.3.1.

### 3.4.3. MONOCULTIVOS

En cada país hay un producto que se asocia con su nombre, en el caso de Colombia es el café, el de Tailandia el arroz, el de Chile el Vino, etc. Y esto indica que muchos de sus cultivos sean de ese producto, produciendo los monocultivos.

Los monocultivos son aquellas extensiones de cultivos de un solo producto, que poseen un patrón definido y por lo general abarcan grandes terrenos. Estos tuvieron su auge con la revolución industrial y las economías de escala, ya que si un sembradío mantiene el mismo patrón, las maquinas se pueden ajustar a él y cosechar a gran velocidad y precisión.

Así como los monocultivos abaratan costos por su producción masiva, utilizan menor cantidad de mano de obra que un cultivo tradicional y se consigue “programar la producción” para que en todo el año se tenga producción<sup>3</sup>, trae otras desventajas las cuales se enlistan a continuación:

**Gráfico 7 - Desventajas de los Monocultivos**

Desventajas de los Monocultivos	Modificación de la Fauna circundante.
	Rápida Dispersión de Enfermedades.
	Erosión del Suelo.
	En caso de escases del producto, se afecta toda la comunidad.
	Mayor uso de pesticidas y funguicidas.
	Uso de fertilizantes.
	Alteración de la Flora nativa.

**Fuente: Propia de los autores**

Es por ello que se recomienda diversificar los terrenos con diferentes cultivos, así como la rotación de plantas y el uso restringido de funguicidas y plaguicidas.

<sup>3</sup> En países ecuatoriales donde no hay temperaturas extremas.

Los monocultivos dan pie para el desarrollo genético de plantas resistentes a diferentes problemas, pero se ha comprobado que si estos desarrollos no se hacen de forma controlada, ética y responsable, puede afectar la salud del hombre que es el consumidor final o a la naturaleza misma.

Para los biocombustibles de primera generación (que son los que han desarrollado primordialmente en Colombia) los monocultivos han sido la forma de conseguir su materia prima, lo que genera diferentes temas:

- ✓ Los medianos y grandes empresarios son aquellos que pueden ingresar al mercado de monocultivos rentables para biocombustibles, por lo que se discrimina al pequeño y micro empresario.
- ✓ Los precios por galón del etanol se han incrementado de \$3.900 a \$6800 en 9 años, logrando picos de \$9.200. Esto indica un aumento de 75%. Si esto sucede con el producto, el lector se imaginará el incremento para la materia prima. Para ver un histórico de precios vea el anexo II.

En el aspecto social se debe resaltar que en Colombia se ha visto una mayor cantidad de campesinos trabajando para este tipo de cultivos, en donde sus ingresos han venido aumentando ya sea porque es un colaborador directo o porque es un proveedor.

Se podría decir que en Colombia, el porcentaje de terreno dedicado a los biocombustibles aún no alarma, inclusive, esto lo apoya un estudio realizado por Fondo Fiduciario España y la FAO en donde dicen: *“El análisis del comportamiento de la disponibilidad y el consumo per cápita de azúcar y de aceite de palma, confirman que los efectos de la producción de biocombustibles sobre el consumo de alimentos ha sido imperceptible y que, en efecto, se ha protegido el abastecimiento interno del consumo humano directo a costa de reducir las exportaciones, pero sin que conlleve un impacto notorio sobre los mercados internacionales. (...) Con los niveles de mezcla autorizados por el Gobierno, E10 y B5 para el 2009, la estrategia de producción parece suficientemente segura. Incluso se podría avanzar hacia mezclas E15 y B10 sin mayor limitación en el suministro de Materias primas y sin efectos negativos sobre la seguridad alimentaria.”* ( Fondo Fiduciario España y FAO

para Latinoamérica, 2010) Recordemos que desde el 2012 todos los carros deben venir adaptados a motores que reciban E85 (85% de etanol y 15% de gasolina), y si la FAO dice que hasta E15 no se afectará la seguridad alimenticia, ¿qué pasará cuando se sobrepase ese límite?

## 4. MARCO LEGAL

El artículo 78 de la Constitución Política de Colombia trata de la responsabilidad de las partes involucradas en la producción y comercialización de bienes y servicios, así como el peligro de atentar ante el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios (entre otros)<sup>4</sup>. El artículo 212 del Código de Petróleos dictamina que el “*transporte y distribución de petróleos y sus derivados constituyen un **servicio público***” (Ministerio de Minas y Energías, 1953), razón por la cual las personas o entidades dedicadas a esa actividad deberán ejercitarla de conformidad con los reglamentos que dicte el Gobierno en guarda de los intereses generales y por el hecho de ser considerado un servicio público, el artículo 8 de la ley 39 / 1987 le da la facultad para determinar las normas sobre calidad, medida y control de los combustibles. El artículo 1º de la Ley 39 de 1987 trata de las diferentes disposiciones de la distribución del petróleo y sus derivados, así como la potestad para determinar horarios, precios, márgenes de comercialización, calidad, calibraciones, condiciones de seguridad, relaciones contractuales, etc.

Se abarcará el marco legal Colombiano y vigente para los biocombustibles, reutilización de basuras y combustibles oxigenados, que son tres temas importantes para el desarrollo de este proyecto:

### 4.1. MARCO LEGAL PARA BIOCOMBUSTIBLES

La resolución N° 180687 del 17 de Junio de 2003 expedida por el Ministerio de Minas y Energía, “*Por medio de la cual se expide la regulación técnica prevista en la Ley 693 de 2001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados*” refiere la definición del alcohol carburante como:

---

<sup>4</sup> Texto completo: “*ARTICULO 78 de la Constitución Política de Colombia. La ley regulará el control de calidad de bienes y servicios ofrecidos y prestados a la comunidad, así como la información que debe suministrarse al público en su comercialización.*

*Serán responsables, de acuerdo con la ley, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios.*

*El Estado garantizará la participación de las organizaciones de consumidores y usuarios en el estudio de las disposiciones que les conciernen. Para gozar de este derecho las organizaciones deben ser representativas y observar procedimientos democráticos internos.”*

Compuesto orgánico líquido, de naturaleza diferente a los hidrocarburos, que tiene en su molécula un grupo hidroxilo (OH) enlazado a un átomo de carbono.

Para los efectos de esta Resolución se entiende como alcohol carburante al Etanol Anhidro obtenido a partir de biomasa.

La ley 939 del 31 de diciembre de 2004 expedida por el Congreso de la República, posee la definición para los biocombustibles de la siguiente manera:

Los biocombustibles son aquellos combustibles líquidos o gaseosos que han sido obtenidos de un vegetal o animal que se pueden emplearse en procesos de combustión y que cumplan con las definiciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente, destinados a ser sustituto parcial o total del Diésel utilizado en motores de este tipo de combustión.

En Colombia existe la federación nacional de biocombustibles de Colombia y en la presentación del primer seminario de energías alternativas, se menciona el decreto 387 del 2007 el cual refiere las zonas francas para proyectos agroindustriales (MONTERO, 2009). Vale la pena resaltar esta última normativa ya que ampara a todos los proyectos agro-industriales para la producción de biodiesel a base de alimentos<sup>5</sup>. Mientras que para las plantas de reutilización de residuos orgánicos no se tienen los mismos beneficios.

## **4.2. MARCO LEGAL PARA COMBUSTIBLES OXIGENADOS**

Como se mencionó en el marco legal para biocombustibles, la ley 693 de 2001 rige el uso de componentes oxigenados, así como la obligatoriedad de su uso en la gasolina y Diésel utilizados en los diferentes centros urbanos con más de 500.000 habitantes y la opción de aplicabilidad para los centros urbanos con menos de 500.000 habitantes. Esta ley define que la unión de etanol carburante con el

---

<sup>5</sup> Beneficios para proyectos agro-industriales

- a. Inversiones superiores a US \$ 24 millones.
- b. Generación de 500 empleos directos en la cadena agro-industrial.
- c. Instalaciones industriales en un área mínima de 20 has.
- d. Tiempo de inversión, 3 años.
- e. Reducción impuesto renta del 38% al 15%.
- f. Aranceles para equipos e insumos, 0%.

combustible es un combustible oxigenado y que esta mezcla “es responsabilidad de los distribuidores mayoristas de combustibles”.

En el Anexo I se encuentra toda la normativa aplicable a los combustibles oxigenados.

En la normativa se define el término de combustible oxigenado:

Son mezclas de combustibles básicos derivados del petróleo con alcoholes carburantes en una proporción reglamentada. Sus especificaciones de calidad técnica y ambiental son reglamentadas por los Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, según sus competencias. Para los efectos de la resolución 180687 se entiende como "Gasolina Corriente Oxigenada" y "Gasolina Extra Oxigenada". (Departamento Técnico Confecampo, 2008) (Ministerio de Minas y Energías, JUNIO 17 DE 2003)

A continuación se muestra un cuadro comparativo con los distintos tipos de energía, su transporte, productor, minorista, mayorista y varios otros aspectos que se regulan (o no) por la norma colombiana:

**Tabla 3 – Cuadro Comparativo entre Tipos de Energía en Colombia**

Tipo	Productor	Mayorista	Minorista	Impuestos	Transporte	Subsidios o Contribuciones
<b>Gasolina Corriente</b>	Regulado	Regulado	Libre y Regulado	Arancel, Timbre, Global, IVA y Sobretasa	Fletes marítimos, Tarifa Pozos Colorados	No sujeto
<b>Gasolina Extra</b>	Libre	Libre	Libre	Global, IVA y Sobretasa	Estampilla por Poliducto y Carretero	No sujeto
<b>ACPM</b>	Regulado	Regulado	Libre y Regulado	Arancel, Timbre, Global, IVA y Sobretasa	Estampilla por Poliducto y Carretero	No sujeto
<b>Energía Eléctrica</b>	Libre	Libre	Libre y Regulado	Contribución entidades de Control, regulación y Zonas No Interc. Ambiental Contrib.		Sujeto
<b>Gas Natural</b>	Regulado	Regulado	Regulado	Entidades control, regulación y Transporte.		Sujeto
<b>Crudo de Castilla</b>	Libre	Libre	Libre	Ninguno		No sujeto
<b>Fuel Oil</b>	Libre	Libre	Libre	IVA		No sujeto
<b>Carbón Mineral</b>	Libre	Libre	Libre	Ninguno		No sujeto

<b>Gas Licuado del Petróleo</b>	Regulado	Regulado	Regulado	Contrib. Entidades control, regulación y Transporte.	No sujeto
<b>Gas Natural Vehicular</b>	Regulado	Regulado	Libre	Ninguno	No sujeto
<b>Biodiesel (*)</b>		Regulado	Libre	Ninguno	Sujeto
<b>Bioetanol (**)</b>		Regulado	Libre	Ninguno	Sujeto

**Fuente: Informe Universidad Interamericana, 2012, modificada por los autores**

(\*) Mediante la Ley 939 de 2004 se declaró exento del impuesto a las ventas y del impuesto global, el biocombustible de origen vegetal o animal para uso en motores diésel de producción Nacional con destino a la mezcla con ACPM

(\*\*) Mediante la Ley 788 de 2002 se declaró exento del IVA al alcohol carburante con destino a la mezcla con el combustible motor y se exoneró del pago del impuesto global y de la sobretasa

La norma es clara al decir lo siguiente

- Al año 2006 todas las ciudades con más de 500 mil habitantes deberán utilizar E-10. Y para el 2010 B10.
- El alcohol mezclado no pagará ninguno de los impuestos que gravan la gasolina motor (35% del precio al público)

### **4.3. MARCO LEGAL PARA SEGURIDAD ALIMENTARIA**

Según el Consejo Nacional de Política Económica Social del Departamento nacional de planeación se define la seguridad alimentaria en Colombia como:

“(...) la disponibilidad suficiente y estable de alimentos, el acceso y el consumo oportuno y permanente de los mismos en cantidad, calidad e inocuidad por parte de todas las personas, bajo condiciones que permitan su adecuada utilización biológica, para llevar una vida saludable y activa.”

Este se encuentra definida en el documento PSAN que son las iniciales de la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional del 2007. En este se puede encontrar los artículos de la constitución que protegen el derecho a la alimentación equilibrada y el papel del estado en la oferta y producción agrícola<sup>6</sup>.

Así mismo existe el Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional (OSAN) que tiene como objetivo unificar cifras, analizar y proveer herramientas a las

<sup>6</sup>Los referenciados son los artículos 44, 64, 65 y 66. Constitución Política de Colombia.



entidades gubernamentales que necesiten información respecto de la seguridad alimentaria de Colombia.

#### 4.4. MARCO LEGAL PARA RESIDUOS SÓLIDOS

Las normas que se deben conocer y aplicar en el manejo de los residuos sólidos son las siguientes:

**Tabla 4 - Normas Aplicables a Residuos Orgánicos**

NORMA	TITULO
<b>ACUERDO 287 DE 2007</b>	"Por el cual se establecen lineamientos para aplicar las acciones afirmativas que garantizan la inclusión de los recicladores de oficio en condiciones de pobreza y vulnerabilidad en los procesos de la gestión y manejo integral de residuos sólidos."
<b>ACUERDO 61 DE 2002</b>	"Por el cual se promueve la implementación de talleres permanentes para el reciclaje para el aprendizaje de prácticas de reciclaje dentro de una cultura de gestión integral de residuos sólidos."
<b>ACUERDO 114 DE 2003</b>	"Por el cual se impulsa en las entidades distritales el aprovechamiento eficiente de residuos sólidos."
<b>DECRETO 400 DE 2003</b>	"Por el cual se impulsa el aprovechamiento eficiente de los residuos sólidos producidos en las entidades distritales."
<b>DIRECTIVA 009</b>	Inclusión social de la población recicladora de oficio en condiciones de pobreza y vulnerabilidad, con el apoyo de las entidades distritales.
<b>LEY 1259 DE 2009</b>	"Por medio de la cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros y se dictan otras disposiciones."
<b>ACUERDO 79 DE 2009</b>	"Por el cual se expide el Código de Policía de Bogotá D.C."
<b>DECRETO 4741 DE 2005</b>	"Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral."
<b>ACUERDO 338 DE 2008</b>	"Por medio del cual se establecen normas de seguridad para la manipulación de equipos, sustancias y/o elementos en los laboratorios de las instituciones educativas del Distrito Capital."
<b>LEY 1252 DE 2008</b>	"Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones."
<b>ACUERDO 417 DE 2010</b>	"Por medio del cual se reglamenta el comparendo ambiental en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones."
<b>DECRETO 1713 DE 2002</b>	"Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la presentación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la ley 99 de 1993 en relación con la gestión integral de residuos sólidos."
<b>AUTO 275 DE 2011</b>	Referencia: Solicitud de cumplimiento de la Sentencia T-724 de 2003 y el Auto 268 de 2010

Fuente: Informe de manejo de basuras, Alcaldía de Bogotá, 2012.

## 5. MERCADO

En el presente capítulo el lector encontrará un análisis del mercado de la Planta, los competidores directos e indirectos, un análisis de la oferta con un análisis del consumo del bioetanol y la demanda con los agentes finales que son consumidores de esto, así como usos alternativos.

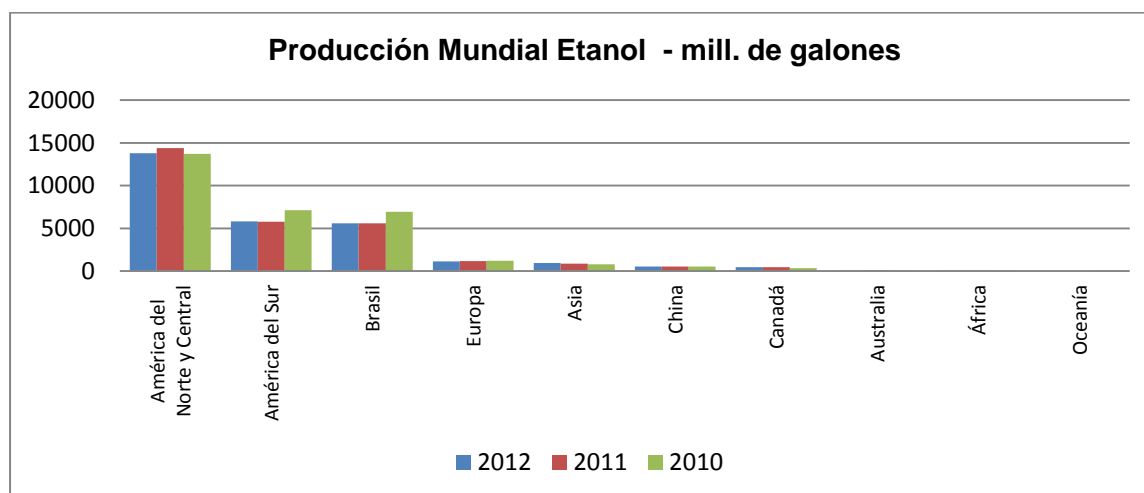
### 5.1. MERCADO MUNDIAL

El uso de los biocarburantes está evolucionando actualmente hacia un mercado a escala mundial, emergiendo de países de todo el mundo, es por ello que se analizará el contexto internacional del mercado de PTROE

A nivel internacional cada país cuenta con su ente regulador de biocombustibles, actualmente no hay un ente mundial que las regule a todas. En EEUU está la Asociación de Combustibles Renovables RFA (Renewable Fuels Association) por sus siglas en ingles. En la actualidad es la entidad de mayor prestigio y que más experiencia tiene, ya que fue fundada en 1981 y regula toda la industria americana del etanol.

A continuación se muestran las estadísticas mundiales de Producción de bioetanol según la RFA:

Gráfico 8 - Producción Mundial de Bioetanol



Fuente: (Renewable Fuels Association (RFA), 2012) Gráfico: Elaboración propia de los autores

Como se observa en el gráfico anterior, América del Norte y Central llevan la delantera con 13,700 millones de galones producidos, mientras que en Sur América, el que realmente jalona la producción es Brasil con 5,500 millones de galones, Colombia ronda los 100 millones, Perú y Argentina se encuentran por debajo de ello<sup>7</sup>, por lo que se evidencia que el país se encuentra quedado frente al mundo, pero en una posición de ventaja frente a otros países latinoamericanos. (Para ver las cifras, diríjase al Anexo IV)

### 5.1.1. COMPETENCIA INTERNACIONAL DIRECTA

A nivel mundial una de las empresas más aventajadas y que lleva varios años investigando el proceso de producción de Bioetanol a partir de RSU se llama Abengoa, la cual acaba de montar una planta en Babilafuente (Salamanca). Utilizando la tecnología, denominada *waste to biofuels* (W2B) la cual ya ha sido patentada ante USPTO (*United States Patent and Trademark Office*), que permitirá procesar 25.000 toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) y obtener 1,5 millones de litros de bioetanol.

La tecnología W2B desarrollada por la compañía para obtener biocarburantes de segunda generación mediante un tratamiento de fermentación e hidrólisis enzimática se basa en un proceso de transformación en el que “la materia orgánica se somete a diversos tratamientos para producir fibra orgánica, rica en celulosa y hemicelulosa, que posteriormente será convertida a bioetanol”. (Energías Renovables, 26 Enero 2014)

Así mismo se encuentran las siguientes empresas:

- ❖ Ineos Bio en Florida - EEUU

---

<sup>7</sup> “Desde hace aproximadamente 8 años, Colombia decidió apostarle a la producción de biocombustibles, hoy por hoy somos el segundo productor de etanol y el cuarto de biodiesel en América Latina con una producción anual de 360 millones de litros en etanol, y 556 millones de litros de biodiesel. Esto demuestra lo estratégica que es su producción para el país, y el potencial de crecimiento que tiene la industria en nuestro país y que no compromete la seguridad alimentaria. La producción de biocombustibles permite al país, reducir su dependencia y mantener las reservas de fuentes energéticas no renovables, como la gasolina u otros combustibles fósiles derivados del petróleo”. Asegura Jorge Bendeck, presidente de Fedebiocombustibles en la entrevista realizada por la Universidad Surcolombiana el 16 de Sept de 2012. Se puede encontrar de forma virtual en la siguiente dirección: <http://ingenieria.usco.edu.co/formacion/component/content/article/286-la-produccion-de-biocombustibles-an-no-afecta-la-seguridad-alimentaria-en-colombia-segn-fedebiocombustibles--wadfirfj>

- ❖ Poly-green Technologies en Manila - India
- ❖ BlueFire Renewable en Irvine - EEUU
- ❖ Syntec Biofuel en Washington State - EEUU
- ❖ Enerkem en Alberta - Canada
- ❖ Fiberight LLC eastern Iowa - EEUU
- ❖ Microbiogen Sydney - Australia
- ❖ Lappeenranta Etanolix Plant en Kotka - Finlandia
- ❖ MillerCoors Ethanol Plant en Colorado - EEUU

Cada una tiene sus procesos determinados y ventajas competitivas, ya sea por mejoras en el proceso, por enzimas modificadas genéticamente o por los insumos y subproductos que tienen (productos químicos o abonos). No solo son empresas que ya realizan la transformación de residuos en etanol sino que lo realizan de forma eficiente.

### 5.1.2. COMPETENCIA INDIRECTA INTERNACIONAL

A continuación se presentan algunas empresas que producen etanol de celulosa y otros azúcares y en algunos casos, empresas que realizan extracción de etanol a base de residuos orgánicos industriales en Estados Unidos.

**Tabla 5 - Empresas que Producen Etanol En E.E.U.U.**

Abengoa Bioenergy Corp. www.abengobioenergy.com	Guardian Energy LLC www.guardiannrg.com
ABE South Dakota, LLC www.advancedbioenergy.com	Guardian Lima LLC www.guardianlima.com
Absolute Energy, LLC www.absenergy.org	Homeland Energy Solutions, LLC www.homelandenergysolutions.com
Ace Ethanol, LLC www.aceethanol.com	KAAPA Ethanol, LLC www.kaapaethanol.com
Aemetis, Inc. www.aemetis.com	Lincolnland Agri-Energy, LLC www.lincolnlandagrienergy.com
Adkins Energy, LLC www.adkinsenergy.com	Little Sioux Corn Processors, LP www.littlesiouxcornprocessors.com
Archer Daniels Midland Co. www.adm.com	Mascoma Corp. www.mascoma.com
Aventine Renewable Energy Holdings Inc. www.aventinerei.com	Merrick & Company www.merrick.com
Big River Resources West Burlington, LLC www.bigriverresources.com	Mid America Bio Energy and Commodities, LLC www.standard-ethanol.com
Bushmills Ethanol Inc. www.bushmillsethanol.com	Mid-Missouri Energy www.midmissourienergy.com
Central Indiana Ethanol. LLC www.cie.us	Pacific Ethanol, Inc. www.pacificethanol.net
Central MN Ethanol Co-op	Parallel Products Co. www.parallelproducts.com

www.centralmethanol.com	
Chippewa Valley Ethanol Co. www.cvec.com	Patriot Renewable Fuels LLC www.patriotrenewablefuels.com
Dakota Ethanol, LLC www.dakotaethanol.com	Penford Products www.penfordproducts.com
Didion Ethanol, LLC www.didionmilling.com	Plymouth Energy, LLC www.plymouth-energy.com
E Energy Adams LLC www.eenergyadams.com	Purified Renewable Energy LLC www.purifiedrenewableenergy.com
East Kansas Agri-Energy, LLC www.ekaellc.com	Quad County Corn Processors www.quad-county.com
Glacial Lakes Energy, LLC www.glaciallakesenergy.com	Siouxland Ethanol LLC www.siouxlandethanol.com
Granite Falls Energy, LLC www.granitefallsenergy.com	Tate & Lyle www.tateandlyle.com
GTL Resources, USA www.gtlresources.com	Trenton Agri Products, LLC www.trentonagriproducts.com
	Western New York Energy, LLC www.wnyenergy.com

**Fuente: Informe del biocombustibles en USA - Gráfico: Propia de los autores**

Cabe resaltar que la industria estadounidense promueve el uso de maíz y de diferentes plantas para obtener etanol, por lo que el dilema alimenticio se encuentra vigente, si Colombia se llegase a especializar en residuos orgánicos, podría inclusive incursionar de forma internacional con subsidiarias para el tratamiento de los desechos generados por estas empresas.

Colombia tendría gran potencial de exportación de biocombustibles por ser un país agricultor de vasta experiencia (Departamento Económico y de Planeación, 2013), sin entrar en cifras exactas ya que actualmente no es necesario debido a que es una industria naciente y con un gran potencial a futuro, la oferta supera la demanda de lejos. Ahora bien, pensar en exportar por ahora no sería razonable ya que el mercado potencial interno es muy grande, actualmente la inversión hecha no ha podido llegar a la meta de abastecer combustible E10 al mercado local y teniendo en cuenta que la máxima regulación mundial ya ronda combustibles E85, se podría concluir que hay mucho por hacer.

## **5.2. DEMANDA**

Para realizar un diagnóstico de la demanda que tendría la Planta de Transformación de Residuos Orgánicos en Etanol (PTROE) es necesario revisar la realidad local en la cual se desempeña el proyecto, esto incluye los agentes que consumen el etanol en sí o en forma de alcohol carburante con la gasolina. Para ello se requiere identificar los participantes de dicha demanda, analizar las cifras y su correlación con el consumo, así como las diferentes variables que inciden en su consumo y

logar una visión clara de quiénes serían los que demanden el bioetanol en Bogotá D.C. y en pequeña medida, en Colombia.

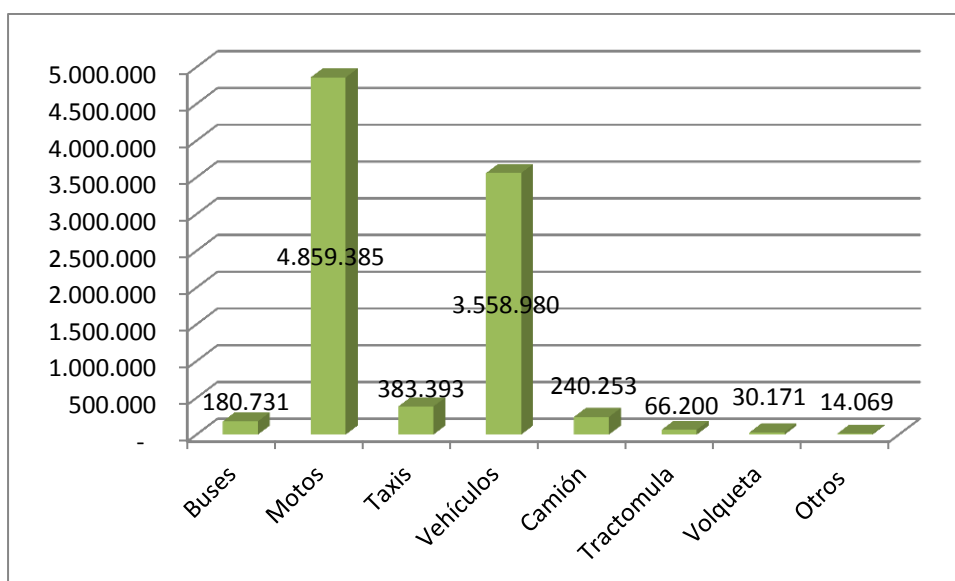
Como se ha mencionado anteriormente, el producto a vender es el bioetanol el cual puede ser usado como alcohol carburante en la mezcla con gasolina, dicha mezcla se encuentra definida por el Estado (Ver Capítulo 4), por lo que se analizará a los consumidores de gasolina, diésel y Extra. El bioetanol también puede ser utilizado para las chimeneas de interiores que trabajan con este tipo de alcohol y ha tomado cierta presencia en el mercado bogotano en la última década, estas cifras no se encuentran censadas en la actualidad, pero se analizará también ya que es un agente potencial para la demanda de este proyecto.

### 5.2.1. MERCADO EN COLOMBIA

En Colombia se registran en el Registro Único Nacional de Transporte (RUNT) 9.333.182 vehículos, los cuales consumen aproximadamente 73,900 miles de barriles de gasolina motor al día y 87.000 miles de barriles de Diésel al día, dando un total de 160.289.

A continuación se muestra el total de vehículos a 2013.

Gráfico 9 - Vehículos registrados en Colombia 2013



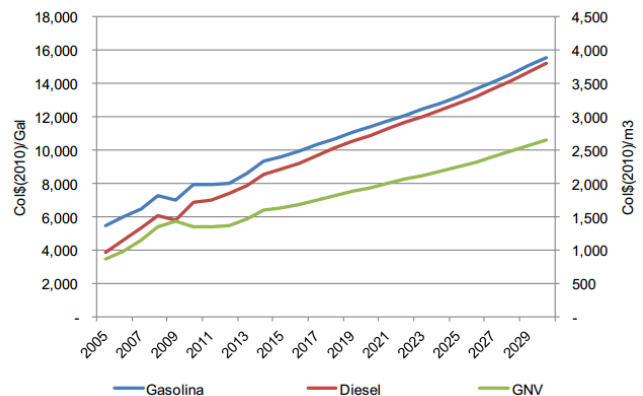
Fuente: Propia de los autores

Históricamente el precio de galón de gasolina ha venido aumentando, de \$4.000 pesos en el 2000 a \$8.400 en el 2013, con algunos esfuerzos por bajar el precio por medio de diferentes fórmulas de cálculo por que han sido poco representativas. Según el UPME, los precios proyectados por galón para el 2029 serán de la siguiente forma:

- ✓ Gas Natural Vehicular: \$11.000
- ✓ Gasolina: \$15.000
- ✓ Diésel: \$14.000

La siguiente es la gráfica que presenta el UPME para esta proyección:

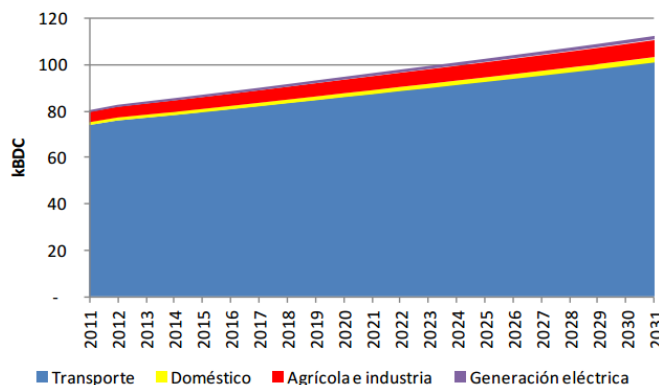
**Gráfico 10 - Proyección Precio por Galón a 2029**



**Fuente: Informe UPME, Proyecciones, 2012 a 2020**

Las proyecciones de la demanda de gasolina para Colombia según la UPME son 100 mil barriles al día de gasolina para el sector de transporte para el 2031. La gráfica de los sectores del consumo de gasolina proyectada es la siguiente:

**Gráfico 11 - Proyección de Consumo Por Sectores a 2031**



**Fuente: Informe UPME, proyecciones 2012 a 2020**

### 5.2.2. MERCADO EN BOGOTÁ

A Julio de 2013, la Secretaría de Planeación de la alcaldía de Bogotá D.C. en su informe catastral para la ubicación de las estaciones del metro, registra un total de 7'724.476 habitantes en sus 20 localidades. De los cuales, el Observatorio

Ambiental de Bogotá D.C. reporta 1'324.808 vehículos particulares registrados en la capital y bien es sabido que circulan en las vías capitalinas más automóviles que se encuentran registrados en otras ciudades (Observatorio Ambiental de Bogotá D.C., 2013) aumentando el número de vehículos. En temas de buses, colectivos y otros tipos de transporte masivo<sup>8</sup> se encuentra que circulan 11.934 y en Taxis 51.628 a octubre de 2013 (Cámara de Comercio de Bogotá y el Distrito Capital, 30/10/2013), adicional, en un estudio del Ministerio de Transporte se encuentra que el servicio público de transporte especial representan<sup>9</sup> 35.780 unidades de buses, carros o colectivos, ya sea para colegios, servicios empresariales o servicios turísticos.

La siguiente gráfica muestra los datos anteriormente descritos:

**Gráfico 12 - Distribución de Vehículos en Bogotá D.C.**



**Fuente: Propia de los autores**

Como se observa en la gráfica anterior, aproximadamente 1.774.747 vehículos de diferentes tipos transitan por la ciudad de Bogotá, adicional a esto hay que contabilizar los vehículos de carga que utilizan Diésel en la capital, pero esta población no es apta para el mercado objetivo, ya que el biodiesel es diferente al alcohol carburante, es por esto que solo se tomarán en cuenta los vehículos particulares, las motocicletas, y los taxis, que dan un total de 1'727.033.

<sup>8</sup> Se incluye el Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM), Transmilenio y Alimentadores.

<sup>9</sup> <http://www.movilidadalderecho.com/index/pdf/proyecto-14-pasajeros.pdf>



**Gráfico 13 - Distribución Porcentual del Mercado Objetivo de PTROE**

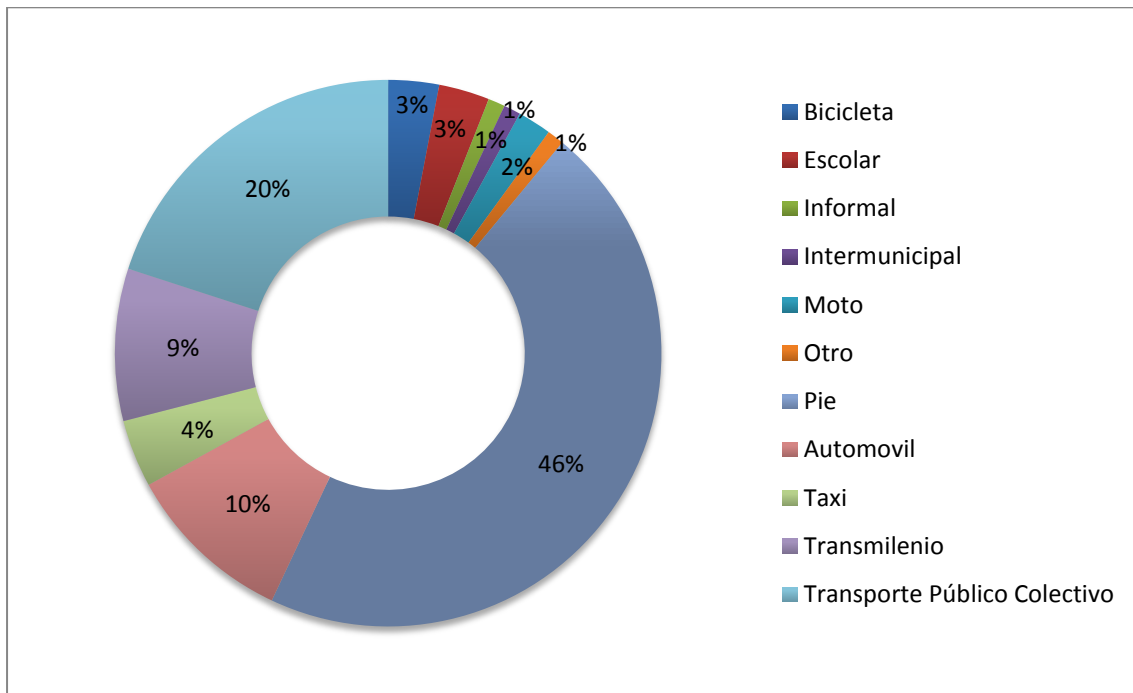


Fuente: Propia de los autores

Respecto a los viajes realizados en Bogotá se tiene un total de 17.611.061 viajes en un día hábil de 2011, por la complejidad de esta cifra la actualización a 2013 es aproximada por la cantidad de vehículos nuevos en el mercado, dando un total de 17.911.061.viajes. en donde se resaltan las cifras que son relevantes para PTROE: los Vehículos particulares hacen el 10%, los taxis representan el 4% y las motos el 2%, y como cifra en pro del medio ambiente, se resalta que el 46% de viajes se realizan a Pie.

La siguiente gráfica de distribución de viajes realizado por la encuesta de movilidad 2011:

**Gráfico 14 - Distribución viajes en Bogotá D.C.**



Fuente: Encuesta Movilidad 2011, Alcaldía de Bogotá D.C.

A continuación se describe con mayor profundidad el mercado objetivo de PTROE.

### 5.2.2.1. AUTOMÓVILES

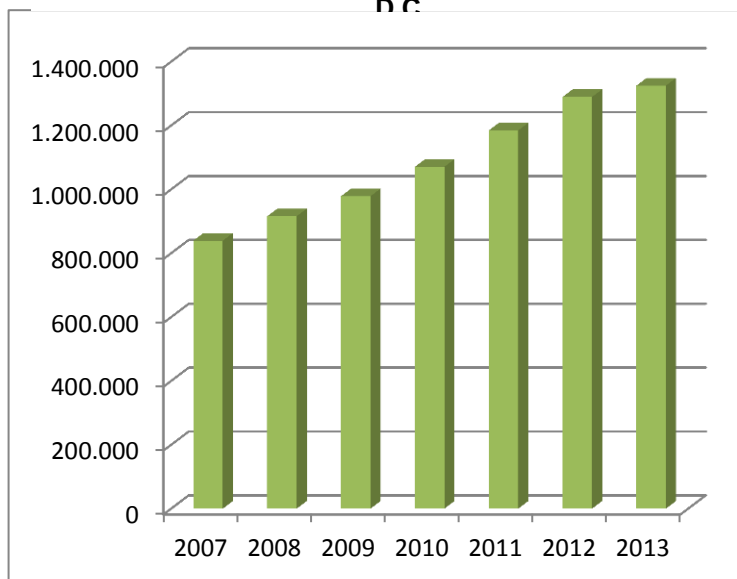
Como se comentó anteriormente, existen 1.3 millones de carros en Bogotá D.C. y a nivel país se registran 3,7 millones. En Bogotá se registra un aproximado de 1'969.903 viajes los cuales varían según las medidas del alcalde local respecto del programa llamado "Pico y Placa" el cual restringe los viajes que puede realizar un automóvil en la capital a ciertas horas y ciertos días.

Históricamente la cantidad de carros en la ciudad ha venido aumentando a razón aprox. de 3% a 10% por año, lo que indica que los esfuerzos por disminuir el parque de vehículos privados han sido en vano y, al contrario, ha aumentado la venta total de automóviles. Esto para PTROE es una buena proyección, ya que estos son los responsables del mayor porcentaje de consumo de gasolina corriente y extra, y estas se mezclan por ley con el etanol carburante que se producirá.

A continuación se muestran los datos históricos de los vehículos particulares en Bogotá D.C.

**Tabla 6 - Número de Vehículos Particulares en Bogotá D.C**

**Gráfico 15 - Número de Vehículos Particulares en Bogotá D.C**



Fecha	Número de Vehículos Particulares
2007	839,251
2008	915,647
2009	978,613
2010	1,070,572
2011	1,184,387
2012	1,289,495
2013	1,324,808

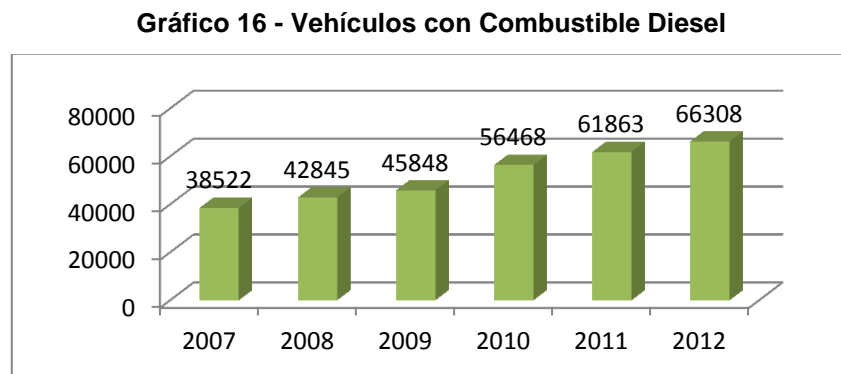
Algo que llama la atención es la desaceleración del crecimiento de 2012 a 2013, ya que incrementa en 35 mil unidades (2.74%), y en el periodo inmediatamente anterior incrementó a razón de 105 mil vehículos (8.87%). La razón de esto es que la cifra se encuentra actualizada a junio de 2013 y adicional, la “moderación de la economía” retrajo la compra de vehículos nuevos. (Comite Automotor Colombiano, 2014)

Es bien sabido que a través de los años, los avances tecnológicos han permitido que los vehículos se movilicen con diferentes tecnologías, entre ellas el Gas Vehicular y la tecnología híbrida<sup>10</sup>, siendo estos unos excluyentes de los demandantes de alcohol carburante; es por ello que se analizarán estos mercados para tener la cifra exacta de vehículos que consuman gasolina con alcohol carburante.

#### Automóviles con combustible Diésel

Actualmente se registran 66,308 vehículos a Diésel (los cuales utilizan Biodiesel que tiene un proceso diferente que los alcoholes carburantes) y ha venido aumentando con los años; en el

último año se registró un incremento de 4.445 (7.19%), a continuación se muestra una gráfica de esta evolución:



**Fuente: Propia de los autores**

Una de las medidas que han influenciado este incremento ha sido la medida de “Pico y Placa” descrita anteriormente, ya que algunos vehículos que están exentos de esta medida son aquellos vehículos que tienen características de carga, y generalmente al cumplir estas especificaciones, su motor es diésel.

Los viajes aproximados que estos realizan son de 97.066 diarios.

<sup>10</sup> Tecnología Híbrida: aquella que funciona con gasolina y con electricidad.

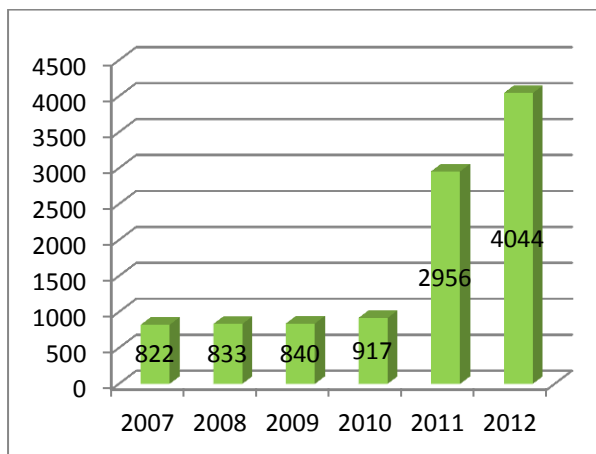
## Automóviles con Gas Natural Vehicular y/o Combustible

Otra medida que se implementó en temas de sustitutos para la gasolina extra y corriente fue el Gas Natural Vehicular. Si el lector es colombiano recordará hace aproximadamente 10 años una proliferación de centros de “Conversión Vehicular” en donde se modificaba el motor de cualquier carro para que recibiera gas natural, el cual estaba a \$700 m3. Esto generó una nueva alternativa para aquellos vehículos con gran capacidad de gasolina en sus motores, pero que incurría en gastos mayores cuando se deseaba llenar el tanque.

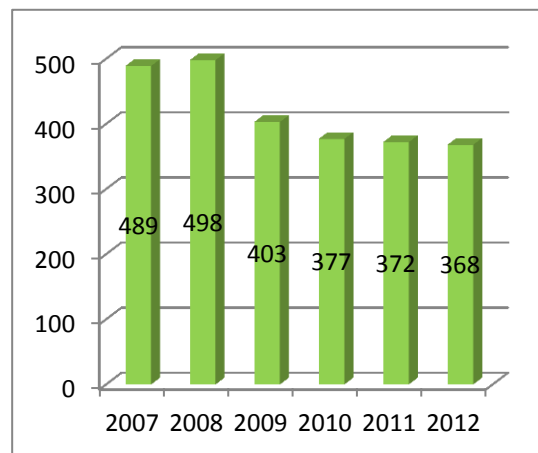
Esto mismo evolucionó en automóviles que tenían habilitados ambos sistemas, tanto el de gasolina como el de Gas Natural, y podían rodar con facilidad y cambiar su motor dependiendo de las necesidades.

A continuación se muestra la evolución de estos vehículos en Bogotá D.C

**Gráfico 17 - Vehículos con Combustible Gas Natural Vehicular**



**Gráfico 18 - Vehículos con Combustible Gas Natural Vehicular y Gasolina**



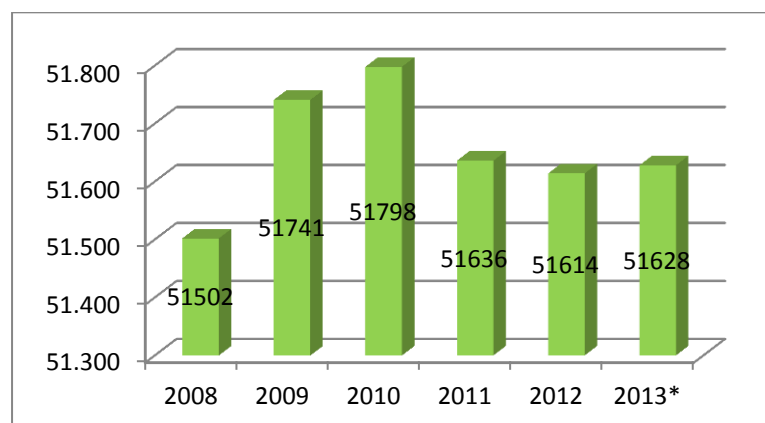
**Fuente: Propia de los autores**

Los viajes que realizan estos son 497 para vehículos de solo GNV y 7.556 para vehículos de GNV + Gasolina, dando un total de 8.053 viajes.

### 5.2.2.2. TAXIS

Los taxis han sido una opción de transporte en todas las capitales del mundo y Bogotá no ha sido la excepción, tanto así que un programa de la alcaldía prohíbe un día al año que vehículos particulares transiten por la capital el cual se llama “el día sin carro” (obviamente) y hace que los bogotanos utilicen cualquier otro tipo de transporte; el taxi toma un gran protagonismo este día ya que transforma las vías en marejadas amarillas. Esto no es de extrañar ya que actualmente tienen cupo 51.628 taxis y transita el 80% de estos (Asotaxistas, 2010) ya que se acogen a la misma medida de “pico y placa” descrita anteriormente, lo que restringe su movilidad pero no su consumo de gasolina corriente, ya que realizan aproximadamente 704.330 viajes diarios (Steer Davies & Gleave y Centro Nacional de Consultoría, 2012), dando una población muy importante para el consumo del etanol de PTROE. A continuación se muestra la gráfica con la cantidad histórica de taxis en la capital:

**Gráfico 19 - Vehículos de Transporte Público Individual**



(\*) Datos a octubre de 2013<sup>11</sup>

**Fuente: Propia de los autores**

Los vehículos de transporte público privado no han tenido mayores variaciones ya que los cupos de ingreso son costosos y restringidos.

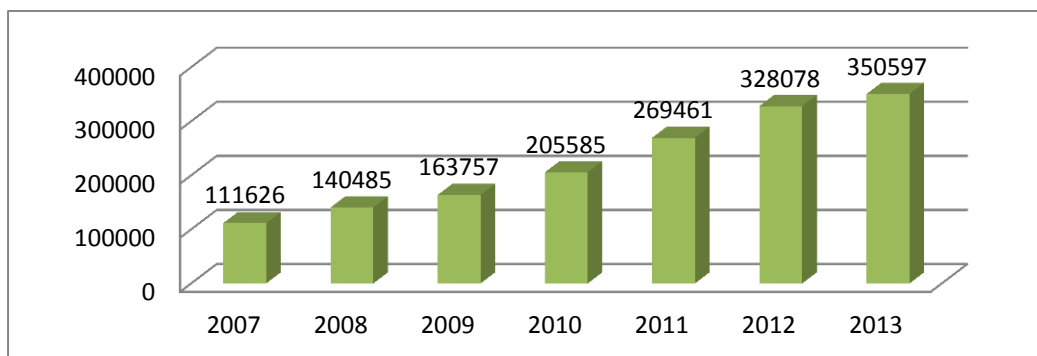
### 5.2.2.3. MOTOS

<sup>11</sup> Se puede encontrar de forma virtual en : <http://es.investinbogota.org/descubra-bogota/vivir-en-bogota/transporte>

Las motocicletas representan un participante activo de la movilidad bogotana, esto se debe a que es un activo accesible, versátil y representa el primer medio de transporte que varios pueden tener, así mismo tiene un gran ventaja y es que no aplica en la medida de “pico y Placa” por lo que puede transitar sin restricciones.

Las motos registran un incremento anual del 21% en promedio, logrando a 2013 un total de 350.597 motos registradas, con 458.277 viajes diarios. A continuación se presenta la evolución de las motocicletas en Bogotá D.C.:

**Gráfico 20 - Motocicletas Particulares en Bogotá D.C.**



**Fuente: Propia de los autores**

Las motocicletas varían en su capacidad de cilindraje, de 100cc a 1500cc<sup>12</sup> por lo que representan un bajo porcentaje para el consumo de gasolina con alcohol carburante.

Se puede concluir que el mercado Indirecto significativo para PTROE a nivel Bogotá D.C. son los automóviles que su combustible es gasolina, y el 50% de los vehículos que son de Gas Natural Vehicular y gasolina, los taxis y las motocicletas. El siguiente cuadro resume los datos relevantes:

**Tabla 7 - Total Demanda Vehicular en Bogotá D.C.**

Solo Bogotá D.C.	automóviles	Automóviles con GNV + Gasol (50%)	Taxis	Motos	total
<b># vehículos</b>	1.320.396	2022	51.628	350.597	<b>1.724.643</b>
<b># viajes</b>	1.865.281	3778	704333	458.277	<b>3.031.669</b>

**Fuente: Propia de los autores**

<sup>12</sup> Existen de mayor cilindraje pero no son significativas.

Y a nivel Colombia:

**Tabla 8 - Total Demanda Vehicular en Colombia**

Colombia	automóviles	automóviles con GNV + Gasolina	Taxis	Motos	total
<b># vehículos (*)</b>	3.363.794	5.581	383.393	4.859.385	<b>8.612.153</b>
<b># viajes (**)</b>	4.751.924	10.427	5.230.426	6.351.860	<b>16.344.638</b>

(\*) Estadísticas del RUNT

(\*\*) Datos calculados por los autores

En temas de demanda de gasolina con biocombustible se podría decir que:

Actualmente hay un mercado propicio para la incursión de PTROE, y que las proyecciones de incremento de vehículos, ergo, de consumo de gasolina son prometedoras, adicional a hoy solo se comercializa el 10% de etanol en ciertas zonas de Colombia, lo que da pie a una buena demanda por diferentes fronteras: 1) Los vehículos van a recibir un mayor porcentaje de etanol en su motor sin necesidad de modificaciones

2) Más áreas de Colombia van a recibir obligatoriamente un porcentaje de etanol en su gasolina.

Y si se agrega un hecho internacional, serían

3) La gasolina aumentará de precio a medida que las reservas se vayan disminuyendo, por lo que serán más apetecidos los biocombustibles y más aquellos los de segunda y tercera generación.

### **5.2.3. OTROS USOS**

Para aprovechar el uso calorífico del bioetanol es necesario buscar un mercado donde se aproveche esta cualidad del producto; en este campo se utilizaría el bioetanol en chimeneas, y su combinación con gasolina en el sector industrial, doméstico y en plantas eléctricas.

El único mercado propio de bioetanol que ha tenido una pequeña apertura es el de las chimeneas de bioetanol. Actualmente un galón de bioetanol se vende en \$24.000, el cual tiene 96% de pureza, es a base de caña de azúcar y en una chimenea de 1.5 L se quema en 4 horas aproximadamente y tiene un poder

calorífico de 2.500 y 5.500 vatios (Bioflama, 2013). Actualmente no se regula la venta de estos galones de bioetanol por lo que este mercado no puede ser analizado pero si deja abierta una posibilidad para comercialización de etanol de PTROE en Bogotá D.C.

El mercado alterno se divide de la siguiente forma, de un 100% de consumo de gasolina en Colombia, el 3.6% va para el sector agroindustrial, 1.6% es para el sector residencial y generación de energía eléctrica y 2.9% para el sector industrial, comercial y construcción (datos del Informe de consumo de gasolina de UPME a 2012). El restante 91.9% es para vehículos, por lo que los mercados alternos para el bioetanol aún no son representativos para PTROE.

### **5.3. OFERTA**

Bogotá produce en el día alrededor de 7.000 toneladas de basura, de las cuales, el 60 al 80% puede transformarse en materia prima para el desarrollo de bioetanol, aquel complemento a los hidrocarburos que ayuda a la sustitución de cierto porcentaje de estos para poder disminuir la dependencia energética de los combustibles carbónicos, es por ello que la universidad desarrollo el plan para la transformación de las basuras en etanol, pero para ello hay que identificar el mercado al cual iría dirigido este proyecto

#### **5.3.1. OFERTA EN COLOMBIA**

Los gremios como fedebiocombustibles y asocaña afirman en sus informes anuales de gestión que la producción de bioetanol esta frenada debido a los retrasos en las nuevas plantas de Boyacá (a partir de remolacha azucarera) y Bolívar (a partir de caña de azúcar en zafra), al 2013 la producción de bioetanol en todo el país solo alcanzo para hacer combustibles E8 (8% de etanol). (Entrevista realizada a Jorge Bendeck, presidente de la Federación de Biocombustibles) En el país se matriculan anualmente 220.000 vehículos nuevos (RUNT), lo que a la postre significa un mercado potencial en crecimiento, también hay que contemplar que la mezcla máxima de gasolina y bioetanol puede ser E85 (85% etanol) y Colombia poco a



poco está legislando al respecto para que vehículos con esta tecnología llamados Flex fuel puedan llegar a nuestro territorio (Decreto 1135 de 2009).

En Colombia se puede llegar a producir más de 400 millones de litros de bioetanol diarios antes de 2014 y antes de 2020 aumentar la capacidad. (Fedebiocombustibles, diciembre 11 de 2013) El rendimiento promedio de etanol es de 75L cada tonelada de caña de azúcar.

A continuación se muestra una tabla con la información estadística del bioetanol:

Información estadística de etanol de caña anhidro

**Tabla 9 - Evolución de Indicadores de Etanol de Caña**

<b>Indicador</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Área sembrada de caña (hectáreas)	205.664	208.254	218.311	223.905	227.748
Caña Molida (millones de toneladas)	19,20	23,58	20,27	22,72	20,80
Producción de etanol (millones de litros)	255,84	326,84	291,28	336,95	362,14
Ventas de etanol (millones de litros)	247,09	338,36	292,08	351,08	368,44

**Fuente:(fedebiocombustibles Cifras Informativas)**

### **5.3.2. OFERTA EN BOGOTÁ**

En Bogotá se comercializa la mitad de gasolina que se consume en el país, según datos suministrados por Fedipetroleo Nacional (Federación Nacional de Distribuidores de Combustibles y Energéticos). Actualmente en Bogotá existen 480 estaciones de servicio las cuales cada una vende 60 mil galones mensuales, para un total de \$28.800.000 galones/ mes. (Federacion Nacional de Distristribuidores de Combustibles y Energeticos).

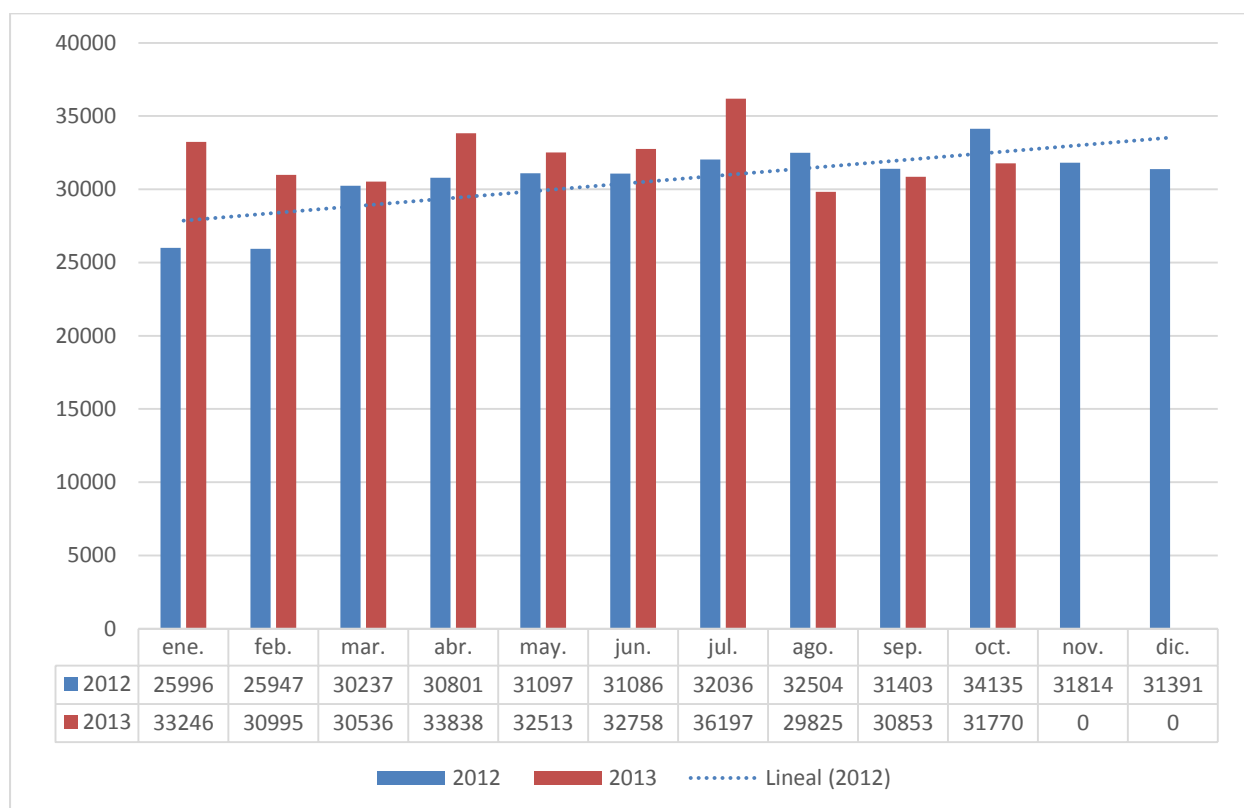
Como se mencionó en el capítulo 5.1 de demanda al año 2013 se encuentran registrados 1.324.808 vehículos automotores en la ciudad capital. (Observatorio Ambiental de Bogotá), sin contar motocicletas que es una cifra que puede ascender a 332.976 (RUNT) y Taxis, para un total de vehículos de 1.724.643.

### **5.3.3. CONSUMO DE ETANOL EN COLOMBIA**

Las siguientes cifras se deben analizar desde el punto de vista país ya que por ley toda la gasolina que se vende en el territorio nacional debe ser E10, lo que significa 10% de bioetanol y 90% gasolina (Ministerio de Minas y Energía, Octubre de 2013).

Hoy en día el etanol reemplaza el 8 por ciento de las gasolinas que se consumen en Colombia y el biodiesel de palma cerca del 10 por ciento del ACPM. Son cerca de 17 mil barriles diarios de biocombustibles que reemplazan el equivalente en gasolina y ACPM derivados del petróleo. (Fedebiocombustibles, diciembre 11 de 2013)

**Gráfico 21 - Ventas de Etanol en Colombia 2012-2013**

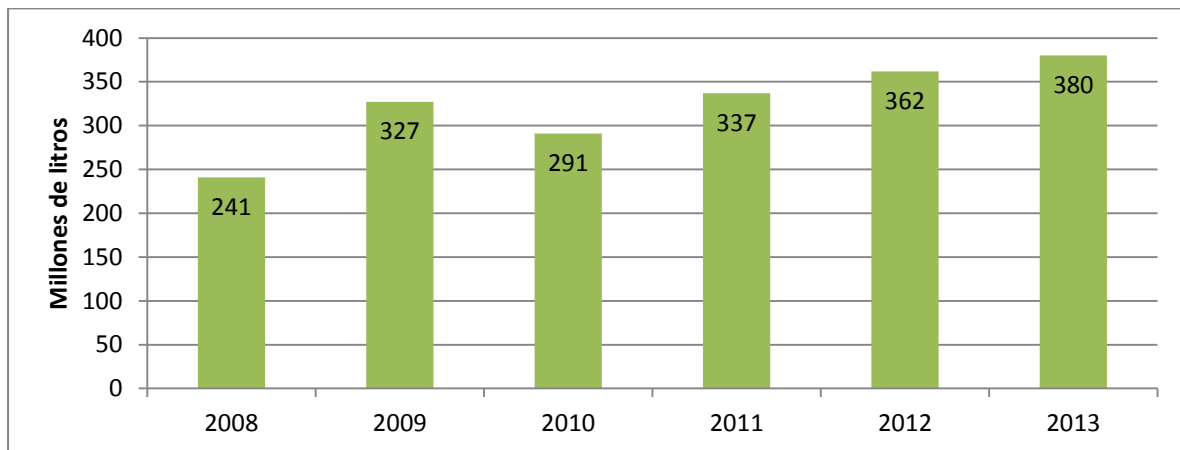


**Fuente: (Fedebiocombustibles, diciembre 11 de 2013)**

Por su parte, la producción de alcohol carburante (etanol anhidrido) en Colombia fue de aproximadamente 362 millones de litros en el año 2012. Esto significa un aumento del 7,4% con respecto a la producción registrada para el año 2011 en el cual se produjeron 337 millones de litros. Comparado al año 2010, el aumento de producción llega a ser del 24,3% de los 291 millones de litros reportados.

A continuación se muestra la gráfica de producción histórica de etanol en Colombia.

**Gráfico 22 - Histórico de producción de Etanol en Colombia (2008-2013)**



**Fuente: (Fedebiocombustibles, diciembre 11 de 2013)**

En la gráfica se observa un crecimiento en los últimos tres años de 6.2% en promedio, y un decrecimiento de -11,01% en el 2010 por la temporada de lluvias presentada en esa época y porque bajó la demanda de azúcar nacional en el país, por lo que diferentes empresas multinacionales preferían importar el azúcar refinado por los bajos costos de importación y no sembrar la caña que podría ser utilizada para azúcar o etanol.

#### **5.4. ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA**

Actualmente la competencia directa de PTROE en Colombia es inexistente, ya que no existe ninguna entidad que extraiga etanol de residuos orgánicos.; pero sí tiene competencia indirecta que lleva desarrollándose desde hace 7 años. Esto indica que los procesos industriales y los desarrollos tecnológicos se han desarrollado para esa industria mas no para bioetanoles de segunda generación. Así como la destinación de una mayor cantidad de hectáreas para los cultivos energéticos.

A continuación se presenta la situación en Colombia a 2012 según cifras de Fedebiocombustibles:

**Tabla 10 - Situación Actual de Caña para Etanol en Colombia - 2012**

Departamento	Área sembrada (Ha)	Capacidad Instalada		Empleos industriales	Empleos en la cadena
		Molienda de caña de azúcar (T/día)	Etanol (/día)		
Valle del cauca	100.153	28.000	800.000	2.121	59.388
Cauca	24.630	14.000	350.000	987	27.636
Risaralda	2.886	5.000	100.000	476	13.328
Caldas	3.304	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>130.973</b>	<b>47.000</b>	<b>1.250.000</b>	<b>3.584</b>	<b>100.352</b>

Fuente: Informe de Caña en Colombia 2012

La industria que posee mayor adelanto es la región del cauca, ya que el Valle Geográfico del Río Cauca posee uno de los mejores ambientes para el crecimiento de la caña y de la remolacha, esto por sus condiciones agro-climáticas ideales, esta región permite cosecha y molienda de caña de azúcar durante todo el año y no en forma estacional o por zafra, como lo es en el resto del mundo. Lo anterior hace del valle del río Cauca una región especial que la sitúa: “dentro de las mejores regiones cañeras del mundo” según el texto de Biocombustibles en Colombia de la UPME.

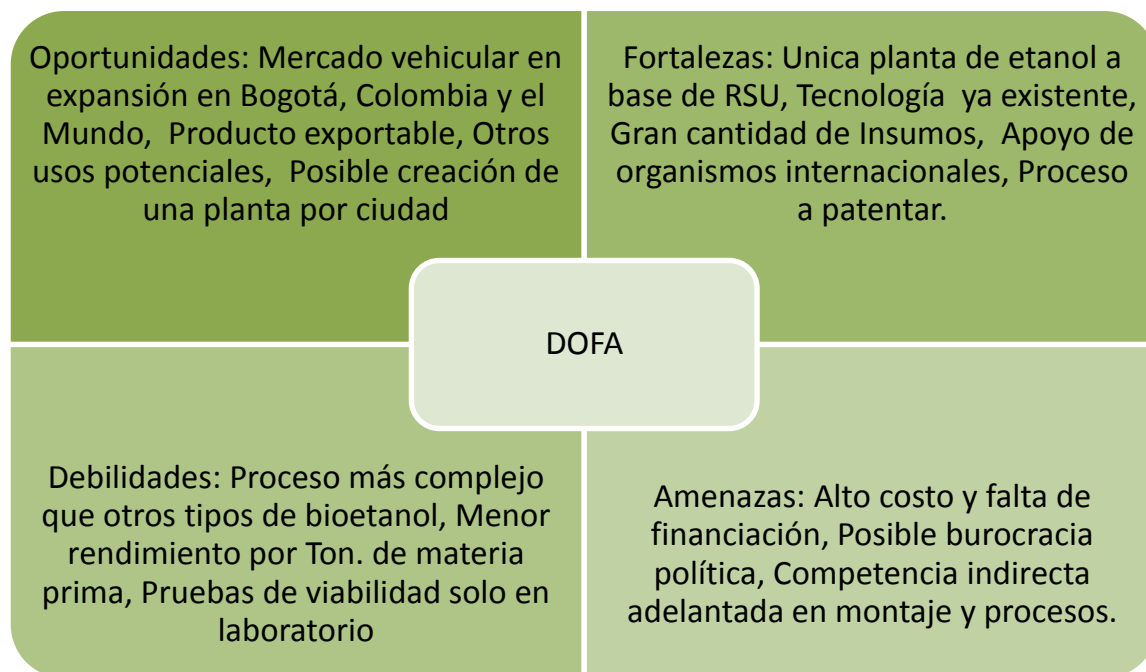
Una de las ventajas de trabajar con basuras es que las “regiones con condiciones ambientales propicias” no son necesarias, es importante que la planta se encuentre cercana una urbe ya que su principal ingreso viene de sus desechos y esta es una ventaja competitiva que sus competidores indirectos no poseen. Adicional puede darse el caso que ciudades aledañas le paguen a PTROE por sacar su basura orgánica, lo que generaría un ingreso adicional.

Para concluir, PTROE no posee competidores directos pero si varios indirectos con ventajas competitivas que han de ser una oportunidad de mejora para el proyecto.

## 6. ANÁLISIS ESTRATÉGICO

Después de analizar el mercado y observar los resultados favorables del mismo se ha de trabajar en la planeación estratégica de PTROE, por lo que se iniciará con la matriz de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (DOFA).

Gráfico 23 - Matriz DOFA



### ANÁLISIS DE LAS VARIABLES

- **OPORTUNIDADES**

Como se observó en el mercado, la posibilidad de crecimiento de consumo vehicular de bioetanol es una de las mejores ventajas que tiene PTROE para ser sostenible; es por ello que se resalta como la primer oportunidad, no solo por el límite actual de alcohol carburante y su restricción a algunas ciudades, si no por los límites venideros y el futuro levantamiento de la restricción. Pronto se podrá comercializar a toda Colombia alcohol carburante y los automóviles recibirán en sus motores más bioetanol sin necesidad de modificaciones a sus motores. Esto aplica no solo para Bogotá, sino para Colombia y se espera que en mundo esa sea la tendencia.

Se podría decir que una ventaja de los desechos es que se producen diariamente en toda sociedad, por lo que se podría tener una subsidiaria de PTROE en cada

ciudad de más de 300.000 habitantes, para así generar industria, un tratamiento integral de los desechos orgánicos y regalías para la administración local, lo que se resume en prosperidad.

El bioetanol actualmente se puede exportar, siempre y cuando se asegure el mercado interno y 10 días de inventario en caso de escases, y si se exporta un producto que será más apetecido por diferentes mercados cada vez que pasen los años, que se puede producir todo el año, de fuentes biodegradables y a un costo competitivo, da pie para catalogar la exportación como una gran oportunidad para PTROE.

Como se mencionó en la demanda, existen otros usos potenciales que se le pueden dar al Bioetanol, ya sea en el sector agroindustrial o comercial, ya que, a medida que los años pasen y la tecnología para los motores se modifique para trabajar con alcoholes carburantes, el bioetanol será el insumo que las fabricas necesitarán, así mismo se puede masificar el uso de alcohol carburante en los hogares que requieren de calefacción por medio de estufas y chimeneas.

- **FORTALEZAS**

PTROE resalta por ser la única planta de producción de etanol a base de residuos orgánicos, lo que le da una gran fortaleza al no tener competencia directa, aun así, se puede identificar en el análisis financiero que se podría convivir con otras empresas que realicen esta misma función sin afectar su viabilidad.

El lector encontrará en el capítulo de producción de bioetanol, que el proceso se realiza con maquinaria ya existente, por lo que no se necesitan desarrollos tecnológicos urgentes para poner en funcionamiento la planta.

Los insumos para PTROE son los residuos orgánicos, de los cuales hay de sobra, por lo que no habría problema en la producción de estos y la consecución de los mismos. Habría que resaltar que esto hay que negociarlo con la alcaldía para no tener inconvenientes con la permanente consecución de estos.

Al ser una realidad la disminución de reservas de petróleo en el mundo, diferentes organizaciones expresan el apoyo a fuentes renovables de energía, por lo que se podría sacar provecho de esto para financiamiento, recursos, innovaciones, etc. Cosas que no funcionan con las fuentes de energía convencionales.

La EAN propende por que el proceso que se ha venido desarrollando en su departamento de investigación sea patentado, lo que asegura un proceso de calidad y una fuente de ingresos a futuro.

- **DEBILIDADES**

El proceso para sacar bioetanol de residuos orgánicos tiene más etapas que aquel de origen de plantas, ya que son azucares menos complejos y no hay necesidad de separar la materia prima, esto indica más etapas que se traduce en mayores costos de producción por lo que el producto final acarreará este valor.

El rendimiento por tonelada de caña es de 75 litros de bioetanol, mientras que el de residuos orgánicos varía de 10 a 20 litros por tonelada. Esto se puede llegar a compensar con una mayor cantidad de residuos a menor valor que la caña, lo que podría ser viable.

El proceso se encuentra factible a nivel de laboratorio, lo que asegura un 70% de probabilidad de funcionamiento en una planta a gran escala. Pero existe la debilidad de que ese 30% restante no haga factible el proceso, para evitar esto se debe realizar pruebas a mayor escala para asegurar un 100% de factibilidad. (y esto se podría hacer)

- **AMENAZAS**

Como se verá más adelante en el capítulo financiero, el lector comprenderá las cifras necesarias para llevar a cabo este proyecto, a pesar de que se encuentra por debajo del costo de las fábricas actuales de plantas con fines energéticos, es un

valor importante para que sea un proyecto sin financiación, lo que obliga la intervención de una entidad financiera de alta envergadura para proveer los medios. Una solución para esto sería la intervención del estado para que otorgue algún tipo de subsidio o cupo de endeudamiento apadrinado; esto sería viable ya que propender por la salud y la salubridad de su gente es un principio básico del estado

Al tener relación directa con algo administrado por el distrito por medio de licitaciones, se podría caer en algún juego político por el manejo de los residuos orgánicos. La mejor solución es que PTROE sea una entidad mixta o privada, que compre la tonelada de basura como si fuese un insumo más y se le pague al distrito por ello, mas no por el producto terminado. Esto se toma en cuenta en el análisis financiero.

Se observa que son más las fortalezas y las oportunidades que las debilidades y amenazas, y para las dos últimas existen posibles soluciones pero que si no se logra un acuerdo con el distrito o si no se consigue la financiación, el proyecto se puede caer rápidamente. Pero si esto se consigue, es un proyecto con muchas puertas abiertas.



## 6.1. ESTRATEGIA DE PRECIOS

Para las entidades que trabajan con Caña de azúcar y otras plantas en su producción de alcohol anhidro, se determinó que el precio se debe establecer de la siguiente forma:

El resultado de establecer el mayor precio entre un precio que tome como referencia:

**Gráfico 24 - Cómo Establecer el Precio del Etanol en Colombia**

El costo de oportunidad de los usos alternativos de la materia prima más eficiente utilizada para la producción de alcohol carburante

- Se calcula a partir del precio de paridad exportación del azúcar crudo (Resolución 180515 de abril de 2009)

Un precio que tome como referencia los precios internacionales de la gasolina, ajustados por los cambios en las propiedades de estos combustibles como resultado de la mezcla

- 1) aumento del precio por mejoras en octanaje y la disminución en el contenido de azufre;
- 2) disminución del precio causado por el menor poder calorífico del alcohol carburante frente a las gasolinas

Un precio mínimo que permita atenuar las consecuencias de reducciones considerables en los anteriores precios.

- Precio vigente a Enero de 2014 (\$6,696.88/galón)

13

**Fuente: (Fedebiocombustibles, diciembre 11 de 2013)**

Se podría decir que al estar regulado el precio del bioetanol como un complemento de la gasolina, no se puede tomar una estrategia de precios ya que todo se encuentra previamente definido por la ley.

## 6.2. ESTRATÉGIA DE DISTRIBUCIÓN

La cadena de distribución de la gasolina y del etanol se encuentra regulada por la Ley 693 de 2001 y sus normas reglamentarias:

---

<sup>13</sup> Se calcula a partir del precio paridad exportación de la gasolina. Se tendrá en cuenta la valoración de los beneficios ambientales y de octanaje así como la capacidad calorífica del etanol en relación con la de la gasolina fósil

Los productores de alcohol venderán el alcohol anhidro únicamente a los distribuidores mayoristas quienes lo mezclarán con la gasolina (10% de alcohol) y agregarán el conjunto de aditivos necesarios para este tipo de gasolinas. Los distribuidores mayoristas venderán el combustible oxigenado a los distribuidores minoristas, siguiendo el esquema actual de suministro.

El esquema actual de suministro en Colombia de gasolinas y diésel la conforman tres actores principales:

**Gráfico 25 - Estrategia de Distribución de Etanol**



**Fuente: Propia de los autores**

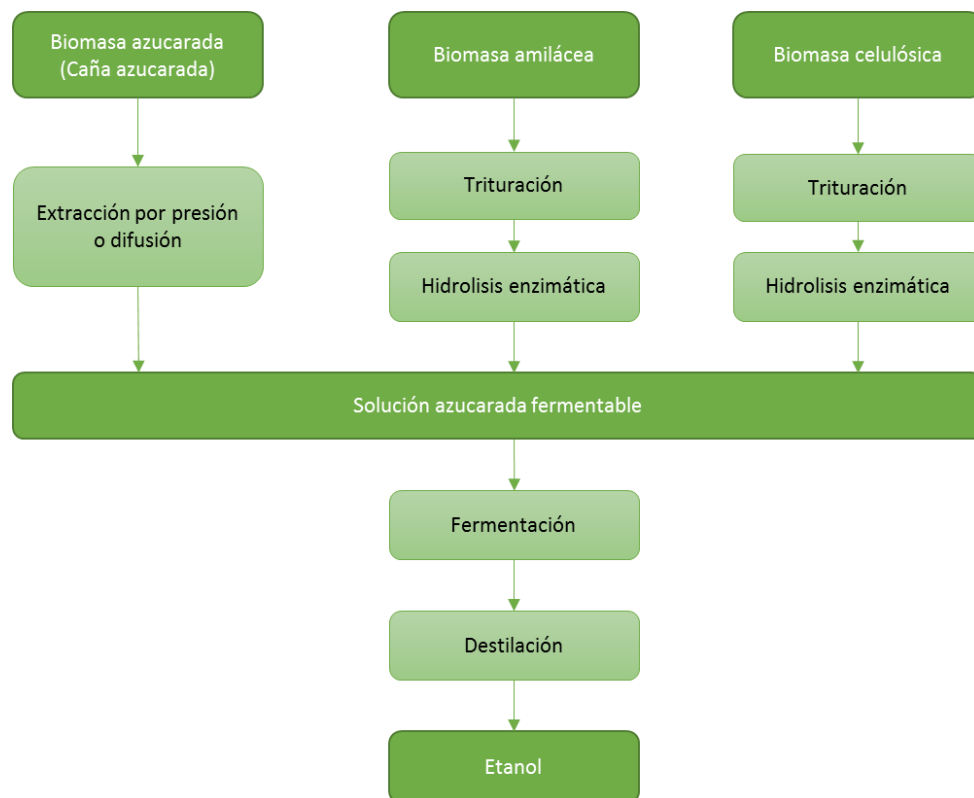
De acuerdo con la reglamentación, ECOPETROL<sup>14</sup> podrá transportar alcoholes carburantes o mezclas que los contengan a través de su red de poliductos siempre y cuando garantice que la calidad de los derivados del petróleo transportados por tales sistemas no sea deteriorada (esto se aclara por que las propiedades corrosivas del bioetanol). Además, se ratifica que los productores nacionales pueden exportar alcoholes carburantes en tanto garanticen el abastecimiento interno y mantengan en su inventario 10 días de suministro.

<sup>14</sup> En algunos territorios nacionales ECOPETROL actúa como distribuidor minorista a través de Terpel, y existen casos especiales donde los grandes consumidores son atendidos directamente en las refinerías o en las plantas de abastecimiento de los distribuidores mayoristas. (Martelo, 2006)

## 7. PRODUCCIÓN BIOETANOL

El bioetanol es un combustible que puede producir a partir de diferentes fuentes vegetales y así mismo existen variaciones en su proceso productivo, entre más simple la forma del azúcar más fácil será obtenerlo y menos etapas del proceso se requerirá. El Bioetanol es un alcohol de dos carbonos producido a partir de biomasa, esa es su principal diferencia con respecto al alcohol de 2 carbonos como subproducto de la destilación de petróleo .Lo que se busca es generarlo a partir de otras fuentes más renovables, ya que las reservas de petróleo en Colombia se estima se acaben en 8,1 años y 50 años en el mundo (McDonald, 2012)En la actualidad la forma de obtención del bioetanol más popular es a partir de vegetales con contenido de azúcar alto, por ejemplo caña de azúcar, remolacha azucarera, almidones como maíz, yuca, papa o celulósicos como madera, bagazo de caña de azúcar y tallos. Los procesos productivos dependiendo la fuente de obtención pueden variar de 4 a 6 etapas, entre más compleja la estructura química de la fuente, mayor el número de etapas.

**Gráfico 26 - Vías Tecnológicas Para La Producción de Bioetanol**



Nota. Este es un resumen de los pasos principales del proceso, no se describe fuentes de alimentación como tampoco pasos finales como distribución.

**Fuente: Propia de los autores**

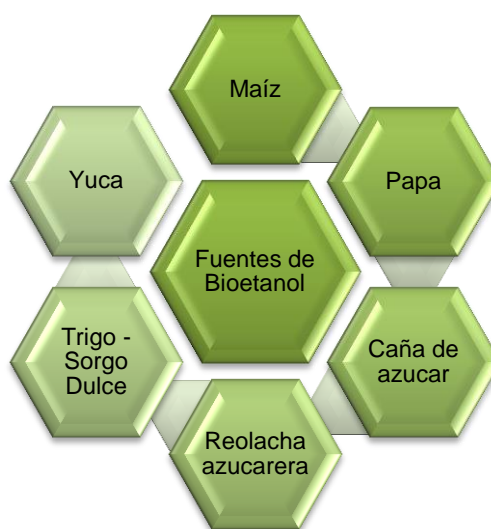
## 7.1. FUENTES PROVENIENTES DE MATERIA BIOLÓGICA

El bioetanol puede producirse de varias fuentes de plantas. Dependiendo del tipo de fuente el bioetanol se clasifica en tres generaciones:

### 7.1.1. BIOETANOL DE PRIMERA GENERACIÓN

Proviene de cultivos que pueden ser empleados también para la alimentación humana o animal y que se procesan a partir de los métodos que tradicionalmente se han empleado para producir alcohol.

Gráfico 27 - Fuentes para el Bioetanol de 1ra Generación



Fuente: Propia de los autores

### 7.1.2. BIOETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN

Es el que se produce a partir de materias primas que pueden convertirse en celulosa, como los residuos de la madera, o de cultivos alimenticios como los desechos del maíz y el trigo o el bagazo de la caña de azúcar.

Su procesamiento requiere de tecnologías avanzadas y aunque ya hay algunas plantas productoras en el mundo, todavía está en fase experimental.

En el mundo actualmente existen 12 patentes de producción y enzimáticas para la producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos, se debe aclarar que este dato es aproximado ya que actualmente no hay un ente mundial que reúna todas las patentes y las agrupe.

### **7.1.3. BIOETANOL DE TERCERA GENERACIÓN**

Son los que provienen de fuentes específicamente cultivadas para producir biocombustibles, como las algas marinas.

Aunque son las que prometen una mayor productividad para generar bioetanol, aún se encuentran en fase experimental y no están listas para producir bioetanol en cantidades industriales de una manera rentable. (Diálogo de Políticas sobre desarrollo institucional e innovación en biocombustibles en América Latina y el Caribe, 2011).

Una vez se han explicado los tipos de bioetanol dependiendo su fuente, ahora se explica el proceso productivo para producir bioetanol a partir de fuentes de segunda generación en cuál es el caso de la presente tesis, el de los residuos orgánicos.

De aquí en adelante en este capítulo se llamará la materia prima como residuos sólidos Urbanos (RSU), se aclara que también existen los FORSU que compone papel, vegetales, alimentos y madera.

## **7.2. DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN**

La producción de bioetanol consta de varias fases las cuales describiremos a continuación:

La materia prima utilizada: Residuos sólidos urbanos, en Bogotá es una cifra cercana a las 6400 toneladas diarias (UAESP).

- 1) Recepción de materia prima
- 2) Separación de la materia prima, de las 6400 toneladas diarias de basuras que se generan en Bogotá entre el 69% y el 83,9% son residuos sólidos ordinarios (Blog Alcaldía de Bogotá, 2011) (El espectador, Julio, 2013), lo que muestra un panorama bastante prometedor en la utilización de estos residuos en este proyecto.

Con el programa de “Basuras Cero” de la actual alcaldía de Bogotá del Sr. Gustavo Petro, se visualiza un horizonte más estructurado y fácil para la obtención de únicamente Residuos Sólidos Orgánicos (RSO), ya que el programa está enfocado en la separación de RSU aprovechables de los orgánicos (Alcaldía de Bogotá).

- 3) Pre tratamiento fisicoquímico: del FORSU y/o RSU cuyo objetivo es romper o despolimerizar las cadenas de celulosa para facilitar el posterior acceso a las enzimas a la celulosa. Existen más 15 métodos fisicoquímicos, químicos y biológicos para el tratamiento inicial, en el presente documento se presentan los tres (3) más eficientes, según informes y estudios de cuatro prestigiosos centros de investigación de Iberoamérica (Universidad de Santiago de Compostela, 2013) (Informe Cepal-Chile, marzo, 2011.) (Informe Ciemat, Mayo 2012) (Pretratamiento de biomasa celulósica para la obtención de etanol en el marco de una biorrefinería, 2010).

Tipos:

- Explosión a vapor: Es uno de los pre-tratamientos más efectivos para las maderas duras y desechos agrícolas, pero menos eficiente para maderas suaves (Clark & Mackie, 1987). La biomasa es tratada con vapor saturado a una temperatura de 160–260°C (0.69–4.83 MPa) durante cierto tiempo causando reacciones de auto hidrólisis, donde la hemicelulosa y lignina son convertidos en oligómeros solubles. La adición de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mejora la hidrólisis enzimática y disminuye la producción de compuestos inhibitorios. Los factores que afectan el proceso son el tiempo del tratamiento, la temperatura, el tamaño de partícula y el contenido de humedad (Duff & Murray, 1996). Las ventajas de este método son un requerimiento bajo de energía comparado con los métodos físicos convencionales que requieren 70% más energía para alcanzar el mismo tamaño de reducción de las partículas (Holtzapfle et al.,

1989). Las limitantes del proceso son la destrucción parcial del xilano y la separación incompleta de la lignina y los carbohidratos, así como la generación de compuestos inhibitorios para los microorganismos utilizados en procesos de fermentación (Mackie et al., 1985).

- Fragmentación mecánica y Pirolisis: El material lignocelulósico es fragmentado, triturado y molido (hasta 0.2–2 mm) para aumentar el área de contacto, facilitando el acceso de las celulasas a las fibras de celulosa y aumentando su conversión (Millet et al., 1976). En la pirólisis la lignocelulosa se descompone en diferentes productos gaseosos y carbón residual cuando es tratada con temperaturas altas de hasta 300°C (Kilzer & Broido, 1965). Aunque es un método eficiente para tratar el material lignocelulósico tiene un costo elevado en comparación con otros métodos.
- Hidrólisis ácido diluido: Los ácidos como el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y HCl concentrados son poderosos agentes que hidrolizan la celulosa, pero son tóxicos, corrosivos y peligrosos por lo que requieren reactores que resistan su corrosión. Se emplean altas temperaturas y ácidos diluidos que hidrolizan la hemicelulosa en azúcares solubles en agua, en los residuos queda la celulosa y la lignina, esta última se extrae con solventes orgánicos. El pre tratamiento con ácidos mejora la hidrólisis de la celulosa, pero su costo es alto en comparación con otros pre tratamientos y requiere una neutralización del pH para evitar la inhibición de la fermentación (Eggeman & Elander, 2005).

Tipo de maquinaria: Reactor con control de presión y temperatura (instrumentos de medición) en acero inoxidable; donde sucederá la reacción química anteriormente descrita, su capacidad dependerá de la capacidad instalada de la planta que se describirá en el capítulo de costos de producción.

Gráfico 28 - Reactor para Pretratamiento Fisicoquímico

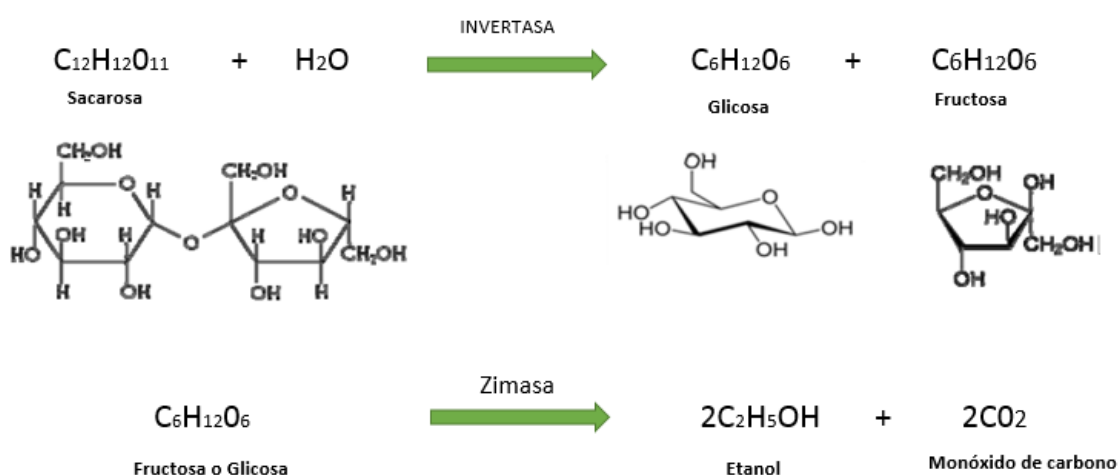


Fuente: Alibaba - Comercio internacional.

4) Hidrólisis enzimática y Fermentación simultáneas: mezcla con enzimas y levaduras, para que se produzcan las reacciones químicas y enzimáticas para la obtención de etanol.

Lo que buscan estos métodos es conseguir que se obtenga la siguiente reacción química:

Gráfico 29 - Diagrama de las Reacciones Químicas y Enzimáticas



Fuente: (Informe Ciemat, Mayo 2012)

Existen 2 procesos enzimáticos; uno de ellos se hace en dos etapas denominado HSE y el otro en una sola etapa denominado SFS.



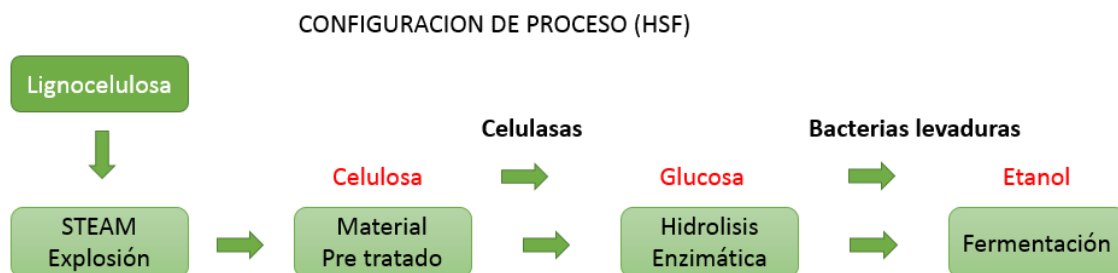
a. Proceso HSE: Proceso en dos etapas

En los procesos en dos etapas la hidrólisis (ácida o enzimática) y la fermentación se realizan por separado (HFS). En los procesos que utilizan la vía enzimática, una parte de la biomasa pre-tratada se utiliza como sustrato para la obtención de las enzimas. Una vez producidas las enzimas del complejo celulolítico, se extraen del medio, y se añaden al resto del material pre-tratado en un reactor de hidrólisis. La glucosa obtenida en este reactor pasa a otro, donde se realiza la fermentación mediante la acción de los microorganismos. La ventaja de este proceso es que, al estar separadas la etapa de hidrólisis y de fermentación, ambas pueden realizarse en sus condiciones óptimas. La etapa de hidrólisis se realiza a la temperatura óptima de la enzima (en torno a los 50 °C), mientras que la de fermentación se realiza a la temperatura óptima del microorganismo productor de etanol.

La principal desventaja del proceso de HFS es que la glucosa y celobiosa liberadas durante la etapa de hidrólisis enzimática, inhiben las enzimas implicadas en el proceso, obteniéndose bajos rendimientos.

Condiciones: Cada etapa en condiciones óptimas e.h. (50 °c, pH 4.8); fermentación (30-37 °c; pH 5,5)

**Gráfico 30 - Configuración del Proceso HSF**

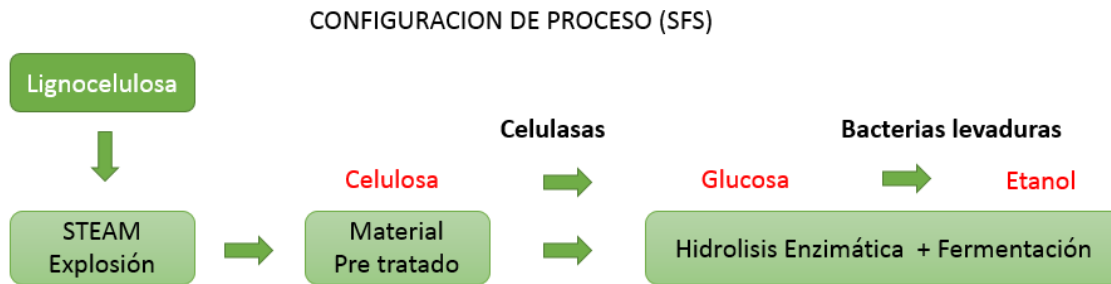


**Fuente: (Informe Ciemat, Mayo 2012)**

b. Proceso SFS: Proceso en una sola etapa

En la actualidad el proceso de SFS es el que ofrece las mejores perspectivas. Las celulasas provienen de hongos celulolíticos, normalmente *Trichoderma reesei*, y el microorganismo fermentador es una levadura.

**Gráfico 31 - Configuración del Proceso SFS**



**Fuente: (Informe Ciemat, Mayo 2012)**

En los procesos en una etapa, la hidrólisis y fermentación se realizan en el mismo reactor. La principal ventaja de estos procesos es que se reduce la inhibición por producto final que se produce en la operación en dos etapas, ya que la presencia de microorganismos fermentadores, junto con las enzimas celulolíticas reducen la acumulación de azúcar en el fermentador. Por ello se consiguen mayores tasas de hidrólisis que en el proceso de hidrólisis y fermentación por separado, necesitándose una menor cantidad de enzimas, y obteniéndose como resultado un aumento de los rendimientos de etanol (Ballesteros, 2000).

Otra ventaja es que se realiza en un mismo reactor con lo cual se reducen los costos de inversión. El problema de este proceso es que las condiciones óptimas de pH y temperatura de las etapas de hidrólisis y fermentación, son diferentes. Por ello es necesario realizar el proceso en unas condiciones que sean compatibles con ambas etapas. Puesto que la temperatura óptima de hidrólisis está próxima a los 50 °C, y que las levaduras productoras de etanol convencionales trabajan en torno a los 37 °C, los autores aconsejan la utilización de microorganismos termo-tolerantes cuando se quieran realizar procesos de obtención de etanol en una sola etapa.

Los procesos en una etapa se pueden dividir en dos grupos: procesos en los que el mismo microorganismo produce las enzimas y realiza la fermentación, proceso conocido como conversión directa por el microorganismo (CDM); y procesos de sacarificación y fermentación simultánea (SFS), en los que se emplean celulasas provenientes de un microorganismo celulolítico (normalmente un hongo), junto con la presencia de un microorganismo productor de etanol.

Ventajas:

- Reducción de costos.

- Mayores rendimientos.

Desventajas:

- Diferentes temperaturas óptimas.
- Celulasas comerciales
- *Kluyveromyces marxianus* CECT 10875

Diferentes materiales lignocelulósicos

Condiciones:

- Concentración sustrato 10-15%
- Temperatura 42 °C
- Tiempo 48-72 h

**Gráfico 32 - Reactor para Hidrólisis Enzimática y Fermentación Simultáneas**



Fuente: Alibaba - Comercio Internacional

Tipo de maquinaria: reactor con control de presión y temperatura (instrumentos de medición) en acero inoxidable. Donde sucederá la reacción química anteriormente descrita, su capacidad dependerá de la capacidad instalada de la planta que se describirá en el capítulo de costos de producción.

- 5) Destilación: a partir de la mezcla alcohólica anterior se obtiene un primer concentrado de etanol en agua.

Mediante este proceso físico químico que busca separar mediante vaporización y condensación en los diferentes componentes líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición de cada una de las sustancias. (PROYECTO PERSEO, 2012)

El punto de ebullición es una propiedad intensiva de cada sustancia, es decir, no varía en función de la masa o el volumen, aunque sí en función de la presión.

De la vinaza obtenida en la etapa anterior presenta una concentración de etanol baja (8,5% v/v). Esto es inherente al proceso de fermentación alcohólica, puesto que

a concentraciones mayores de alcohol mueren las levaduras. Debido a esto, para conseguir etanol de elevada pureza ha de destilarse el lavado fermentado.

La destilación fraccionada se produce al vacío, obteniéndose múltiples ventajas frente a la destilación atmosférica. La principal es el ahorro energético que supone reducir el punto de ebullición de la mezcla. Frente a la destilación atmosférica supone un ahorro del 50% del vapor necesario. La columna de destilación Primaria (Mash) funciona en vacío y es calentada usando los vapores de la segunda columna, la de Rectificación, que opera a una presión ligeramente superior. De esta segunda columna extrae el vapor utilizado en la columna primaria. La vinaza procedente del fermentador (mash) es precalentada en la parte superior de la columna Primaria en dos etapas (beer exchanger y plate exchanger) antes de ser introducido en la columna. A partir de ahí la mezcla desciende, pasando de bandeja a bandeja en contracorriente con el vapor ascendente. El alcohol y otros productos son evaporados y posteriormente condensados separadamente. El etanol de esta forma obtenido cumple las normas de calidad del US Pharmacopoeia, British Pharmacopoeia y los estándares japoneses. Existe un circuito de recirculación entre el fermentador y la columna de destilación, de manera que parte del lavado no vaporizado en el destilador es devuelto al fermentador. Al mismo tiempo, una parte importante del lavado (o mash) restante tras la extracción de los alcoholes es enviado a la unidad de obtención de biogás, que más adelante se describirá.

**Gráfico 33 - Destilador**



**Fuente: Alibaba - Comercio Internacional**

Tipo de maquinaria: Destilador con control de presión y temperatura (instrumentos de medición) en acero inoxidable. Donde sucederá la separación anteriormente descrita, su capacidad dependerá de la capacidad instalada de la planta que se describirá en el capítulo de costos de producción.

6) Deshidratación: luego de esta etapa se obtiene el etanol con una pureza de casi el 100% que ya es apto para su uso en motores de automoción.

En esta etapa se busca alcanzar la máxima pureza, que es 96% según todas las investigaciones consultadas.

Una vez llegada la mezcla de alcohol etílico y agua a la proporción 96-4, como máximo en concentración alcohólica, se forma lo que se llama mezcla azeotrópica. Esto supone que pasan a tener el mismo punto de ebullición. De esta forma, al alcanzarse los 78,45°C (temperatura de ebullición del etanol a presión atmosférica) el alcohol no se vaporiza separadamente del agua (cuyo punto como todos sabemos es 100°C) sino que cambia de fase arrastrando este 4% de agua. Además de agua, en este 4% (o más) de impureza en el etanol se pueden encontrar trazas de otras sustancias, que son separadas en la deshidratación. El proceso elegido para elevar la pureza de este etanol al 99,85% (nivel al que es aplicable a los motores de combustión interna de ciclo Otto), es la separación mediante lecho molecular de zeolitas. Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos sintéticos. Este material tiene gran afinidad por el agua. Gracias al distinto tamaño de las moléculas de agua (más pequeña) y etanol (más grande) la molécula de agua penetra en los poros de la zeolita, cuando ésta está en frío. Cuando son calentadas, las zeolitas expulsan el agua absorbida, regenerándose de este modo y volviendo a introducirse en el deshidratador.

Este sistema elegido para deshidratar se caracteriza por requerir una mayor inversión que otros, pero reduce las necesidades de vapor y energía. Esta es la causa de que, para estas cantidades de producción, la opción más rentable sea la elegida.

Tipo de maquinaria: Deshidratador de acero inoxidable y contenedor externo de agua, así como un sistema de desagüe.

**Gráfico 34 - Deshidratador**



**Fuente: Alibaba - comercio internacional**

#### 7) Parque de almacenamiento de etanol:

Es necesario tener una capacidad de almacenamiento de la producción que optimice los costes logísticos del transporte, hay que prever los inconvenientes propios de una planta de producción, las distribuidoras mayoristas de gasolina (que son los encargados de realizar la mezcla con combustible) de este país exigen tener 10 días de inventario en caso de falta de abastecimiento.

El etanol se almacenara en tanques de acero inoxidable ya que el etanol es una sustancia muy corrosiva. La única recomendación es que sea acero inoxidable.

Partiendo de éstas y otras variables se decidirá el número de tanques a utilizar, cuyo orden de magnitud arrancará probablemente en 4.000 m<sup>3</sup>.

### 7.3. FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO

Información técnica

Lo más importante a tener en cuenta es que el etanol debe ser anhidro. La importancia de cada propiedad del AEAC, que garantiza la calidad de la gasolina mezclada con etanol, puede ser entendida considerando los siguientes puntos (RESOLUCIÓN No. 1565 , 2004)

**Tabla 11 - Requisitos de Calidad del Etanol Anhidro Combustible Utilizado Como Componente Oxigenante de Gasolinas**

Característica	Unidad	Especificación	Métodos de Prueba
		Fecha de vigencia Julio 1° 2005	
1	Color		Incoloro Visual
2	Aspecto		(1) Visual
3	Acidez total (como ácido acético), máximo	mg/L	56ASTM D 1613 ó ABNT/ NBR9866 o MB2606
		% masa	0,007
4	Conductividad eléctrica, máxima	S/m	500ASTM D 1125 ó (2)ABNT/ NBR 10547 ó MB2788
5	Densidad a 20 °C, máximo	kg/m3	791,5ASTM D 4052 ó ASTM D 891ó ABNT/ NBR5992 o MB1533
6	% de Etanol, mínimo (3)	% Vol.	99,5ASTM D 5501
7	% alcohólico a 20°C, mínimo	°INPM	99,5ABNT/ NBR5992 o MB1533
8	Material no Volátil a 105°C, máximo	mg/L	30ABNT/NBR 2123
9	Alcalinidad		NegativoABNT/NBR 9866

15

**Fuente: Propia de los autores**

<sup>15</sup> Nota. (1) Limpio, claro, sin color y libre de impurezas y de materiales en suspensión y Precipitados, Nota. (2) ABNT/NBR: Métodos de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas / Normas Brasileiras  
Nota. (3) Requerido cuando el alcohol no ha sido producido por vía fermentación a Partir de caña de azúcar

Es importante aclarar y mencionar el siguiente párrafo:

Al etanol anhidro producido se le debe agregar una sustancia desnaturalizante para convertirlo en alcohol impotable. El productor de etanol será responsable por la aplicación de la sustancia desnaturalizante, antes de que el producto sea despachado hacia las Plantas de Abastecimiento. En el caso del etanol combustible anhidro, se deberá utilizar como sustancia desnaturalizante gasolina motor no plomada en proporción no inferior a 2% ni superior a 3% Vol. y además cumplir los requisitos de calidad especificados en la siguiente tabla que cumple lo lineamientos legales de la Resolución No. 1565. Se prohíbe el uso de sustancias desnaturalizantes tales como metanol, cetonas, piroles, terpentina y, en general, todo hidrocarburo con punto de ebullición superior a 225°C. En todo caso, cualquier cambio en la composición química y tipo de sustancia desnaturalizante deberá ser aprobado previamente, mediante resolución motivada, por los ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de Minas y Energía. (RESOLUCIÓN No. 1565 , 2004)

**Tabla 12 - Requisitos de Calidad de las Gasolinas Básicas**

Característica	Unidad	Especificación	Métodos de Prueba
Fecha de vigencia			
		Abril 1° 2001	Julio 1° 2008
<b>1</b>	Índice Antidetonante, mínimo (1)	ASTM D2699 y ASTM D 2700 ó IR (2)	
<b>Gasolina Corriente</b>	Adimensional	81	81
<b>Gasolina extra</b>	Adimensional	87	87
<b>2</b>	Plomo, máximo	g/l	0,0130,013ASTM D3237 o ASTM D5059
<b>3</b>	Índice de Cierre de Vapor (ICV), máximo (3)	Kpa	9898----
<b>4</b>	Aromáticos, máximos	ASTM D5580 o D1319 o Método PIANO (ASTM D 6729)	
<b>Gasolina Corriente</b>	% vol.	28	28
<b>Gasolina extra</b>	% vol.	35	35



5	Benceno, máximo	ASTM D5580 o ASTM D3606 o ASTM D6729	
<b>Gasolina Corriente</b>	% vol.	1	1
<b>Gasolina extra</b>	% vol.	2	2
6	azufre, máximo	% en masa	0,100,03ASTM D4294 ó ASTM D2622
9	Corrosión al Cobre, 3h a 50°C, máximo	Clasificación	11ASTM D130
10	Contenido de Gomas, máximo	mg/100 ml	55ASTM D381
11	Estabilidad a la Oxidación, mínimo	Minutos	240240ASTM D525
12	Destilación	°C	MínMáxMínMáx ASTM D86
	10% Vol. evaporado		7070
	50% Vol. evaporado		771217121
	90% Vol. Evaporado		190190
	Punto final ebullición		225225
13	Contenido de aditivo (4)	mg/L	-----
14	RVP, Máximo (5)	Psia	8.58.08.0ASTM D4953 o ASTM D5191 o ASTM D323
		KPa	585555

16

**Fuente: Propia de los autores**

<sup>16</sup> Notas de la tabla:

(1) Índice Antidetonante:  $IAD = (RON+MON)/2$

(2) Método alternativo: Infrarrojo

(3)  $ICV = P+1,13(A)$ ; en donde:

P = presión de vapor en kilo Pascales (kPa)

A = % volumen evaporado a 70°C

(4) El paquete de aditivos deberá cumplir como mínimo las funciones de detergente dispersante-controlador de formación de depósitos en el sistema de admisión de combustibles de los motores, incluyendo acción de limpieza como mínimo hasta los asientos de las válvulas de admisión, estabilizador del combustible e inhibidor de oxidación. El Ministerio de Minas y Energía determinará la dosis y calidad de los aditivos, al igual que el método de prueba, de acuerdo con lo establecido en la Resolución No. 81055 de septiembre 20 de 1999 o la que lo modifique o sustituya.

(5) RVP, Máx.: Presión de Vapor Reid, a 37,8 °C

Los requisitos y especificaciones para la calidad de las gasolinas básicas establecidos en la Tabla 2A aplican para las que se distribuyan para consumo en áreas y centros urbanos diferentes a los señalados en la Resolución 18 0687 del

17 de junio de 2003, modificada por la Resolución 18 1708 del 14 de diciembre de 2004, o las normas que la modifiquen o sustituyan, mientras el Gobierno no implemente para ellos la oxigenación de las gasolinas, y para las que se utilicen para mezclar con etanol anhidro combustible para uso como combustible de motores de encendido por chispa.

## 8. ANÁLISIS FINANCIERO

Ya con el análisis previo de todo el documento, el mercado al cual se desea incursionar, todos los *stakeholders* involucrados, los procesos necesarios para hacer funcional la empresa y todas las variables necesarias para identificar la viabilidad de la idea de negocio, se va a realizar el análisis financiero necesario para iniciar labores en el mercado, analizando los supuestos macro y microeconómicos que ayudarán a determinar los límites financieros de esta idea empresarial, los objetivos y todo lo referente a componentes básicos de análisis financieros.

### 8.1. BASES

Para lograr un análisis correcto se requiere determinar la información básica que se necesita para alimentar las proyecciones financieras, esto incluye las diferentes variables a las que se encuentran expuestas las cifras y el comportamiento de estas.

Se va a iniciar con las principales variables macroeconómicas que afectan la formulación de cualquier proyecto minero: IPC, PIB, Importaciones, etc.

**Tabla 13 - Supuestos Macroeconómicos**

<b>SUPUESTOS MACROECONÓMICOS</b>	<b>VALOR</b>
Inflación	1,94%
Inflación Externa	2,06%
DTF	4,74%
Tasa de Cambio Final	2.000
Tasa Cambio Promedio	1.900
Devaluación	-0,12%
Impuesto de Renta	33%

**Fuente: Propia de los autores**

Otra cifra importante para los supuestos es la depreciación de los activos, ya que con este se determina la pérdida de valor de los activos adquiridos, cabe resaltar que la metodología para la depreciación es la de línea recta.

**Tabla 14 - Depreciación Línea Recta**

Depreciación Línea Recta	Años
Edificios	20
Muebles y Enseres	5
Equipos de Oficina	7
Equipos de Transporte	10
Maquinaria y Equipos Industriales	10

**Fuente: Propia de los autores**

De igual forma se debe tener en cuenta el aspecto impositivo, en este caso se debe tener en cuenta el impuesto de industria y comercio (ICA), así como el tiempo de amortización que se va a utilizar. Cabe resaltar que el bioetanol como producto, se encuentra con beneficios taxativos pero que la empresa que lo produce aún debe atenerse a los impuestos dados por ley.

## **8.2. INGRESOS**

La fuente de ingresos de PTROE corresponde a la venta de litros de bioetanol, entiéndase que para el cálculo se hace un supuesto de la basura orgánica en Bogotá D.C y la proyección de las ventas fue delimitado por medio de los estudios de oferta y demanda de la UPME.

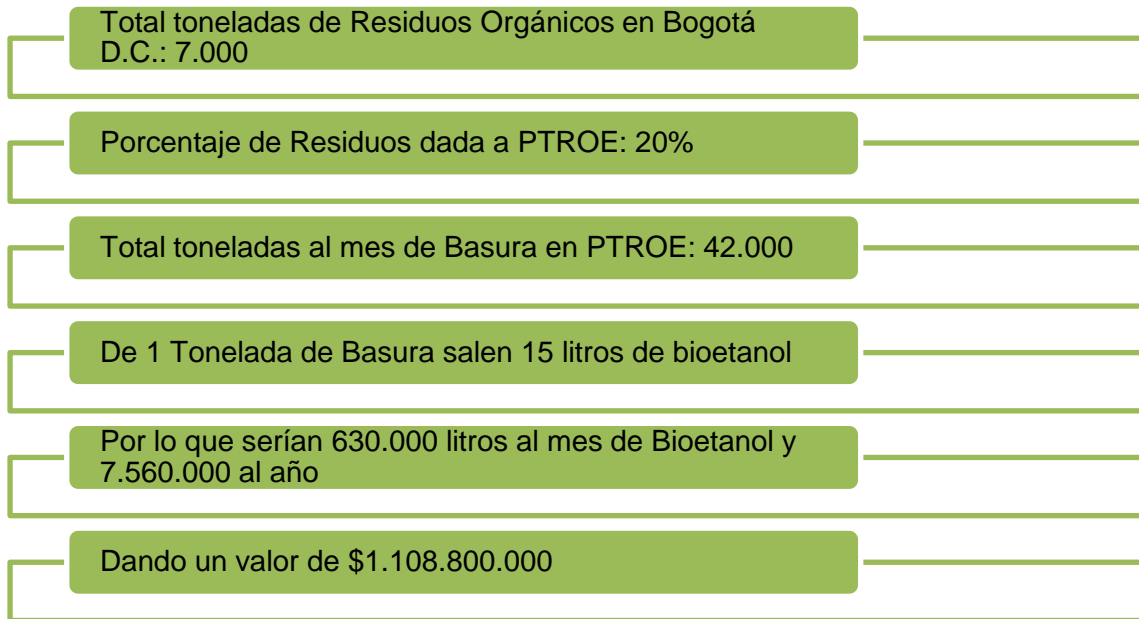
**Tabla 15 - Ventas Proyectadas Totales Por Producto**

<b>Ventas Proyectadas Totales Por Producto</b>			
<b>Producto</b>	Cantidad	Precio de Venta s 2013	Ventas Totales al mes
	Tons al mes		
<b>Bioetanol</b>	42000	\$1.760	\$1.108.800.000

**Fuente: Propia de los autores**

Los supuestos que se utilizan son los arrojados por el presente estudio de pre-factibilidad son:

### Gráfico 35 - Supuestos Básicos para Planeación Financiera



El precio es regulado por el estado mensualmente y se publica de forma oficial en Fedebiocombustibles. Las proyecciones se ajustan a esta variación por medio de un promedio de las variaciones presentadas en los últimos cinco años.

### 8.3. TERRENO

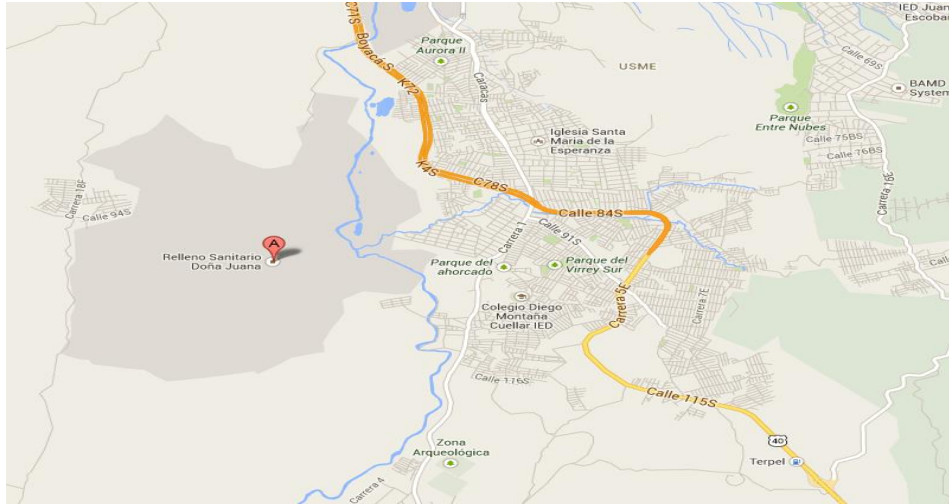
La planta se ubicará en las cercanías del Relleno Sanitario Doña Juana, en donde se tendrá un terreno de 3.857 m<sup>3</sup>, en donde el metro cuadrado tiene un valor de \$700.000, da un total de \$2.700.000.000 el terreno de la planta.

Tabla 16 - Terrenos

Terreno	\$2'700.000.000
---------	-----------------

Fuente: Propia de los autores

Mapa:



## 8.4. MAQUINARIA

### 8.4.1. PLANTA

Para realizar el esquema de la planta y maquinaria se realizaron varias cotizaciones, dos en China y una en Alemania, de las cuales se toma un promedio en precios y en maquinaria. La siguiente es la lista de la maquinaria cotizada:

**Tabla 17 - Listado Planta Completa**

0 – Reactor	2.5 lavation water tank 2000X3000
1- Dilution section	2.6 CO2 cyclone separator 1000
1.1 filter 800X1000	2.7 foam catcher 2000X3000
1.2 dilution tank I 219X1000	2.8 alcohol absorber 700X6000
1.3 dilution tank II 219X1000	3- distillation section
1.4 salt dissolution tank 2200X2600	3.1 steam drum 426
1.5 slurry pump 2.2 kW	3.2 primary distiller 1800, 27 plates
1.6 slurry tank 1200X800	3.3 heat recovery
1.7 sulfate acid tank 2000X4000	3.4 secondary distiller 1600, 86 plates
1.8 sulfate acid pump	3.5 yeast preheater 120m <sup>2</sup>
1.9 sulfate acid tank 1200X800	3.6 DM water preheater 60m <sup>2</sup>
2- fermentation section	3.7 condenser 340m <sup>2</sup>
2.1 yeast tank 4200X5600	3.8 receiver tank 1400X1600
2.2 yeast pump	3.9 product cooler 20m <sup>2</sup>
2.3 fermentation tank 6400X9000	3.10 oil cooler 5m <sup>2</sup>
2.4 heat exchanger 60m <sup>2</sup>	3.11 oil separator 550

Fuente: Propia de los autores

Total: USD 3'000.000.

### 8.4.2. OTRA MAQUINARIA

Como solo la planta no es suficiente, se mencionan otras maquinarias que serán utilizadas en el proceso de PTROE:

**9. Tabla 18 - Otra Maquinaria**

Nombre	Valor
Planta Completa	\$ 3.000.000
Separadora	\$ 900.000
Transportadora	\$ 100.000
Tubería	\$ 100.000
<b>Total Maquinaria en USD</b>	<b>\$ 4.100.000</b>

**Fuente: Propia de los autores**

En solo maquinaria se requieren \$4.100.000 USD.

### 9.1. MONTAJE

El montaje de la planta abarca la construcción de las planchas y todo lo relacionado con la estructura y edificación, para ello se realizó una aproximación por el valor de la maquinaria siendo el 30% del valor de la maquinaria, dando un valor de USD 1'230.000:

**10. Tabla 19 - Montaje**

<b>Total Maquinaria en USD</b>	\$	4.100.000
		30%
<b>Montaje USD</b>	\$	1.230.000

**Fuente: Propia de los autores**

Así mismo se requiere un patio de acopio de 3000 m<sup>3</sup> y de 1.5 m de alto, el cual debe incluir manejo hídrico, sedimentación, tubería, curación, manejo de desechos y sistemas de emergencia que tiene un costo de \$500.000.000.

Se le debe asociar un cargador Fotón, tipo doble troque para el movimiento del inventario en el patio de acopio, el cual oscila entre \$200.000.000 y \$300.000.000.

La planta administrativa debe ser de mínimo 500 m<sup>3</sup>, que deben incluir los requisitos de ambiente laboral sano como baños, cafetería, cubículos y otro

tipo de beneficios para los colaboradores, esto tiene un costo por metro cuadrado de \$2.200.000, dando un total de \$1.100.000.000. A esto se le debe incluir el equipo necesario para el desarrollo de las funciones que tiene un valor aproximado de \$35.000.000 para un gran total de \$1.135.000.000.

**11. Tabla 20 - Planta Administrativa**

<b>Planta Administrativa</b>	\$	1.100.000.000
<b>500 m3</b>		
<b>Equipo</b>	\$	35.000.000
<b>Total</b>	\$	<b>1.135.000.000</b>

**Fuente: Propia de los autores**

Los seguros son parte importante de toda la operación, ya sea para el personal, inventario y planta física. Es por ello que se toma como referencia un valor del 2.5% del total de la inversión para seguros de \$337.400.000 para seguros.

## 9.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para los costos de producción se toma en cuenta el costo por tonelada que habría de pagar de \$12.461 pesos por tonelada de RSU, más químicos, enzimas, y demás productos involucrados directamente en la producción, así como los operarios de la planta. Los costos para el primer año se discriminan de la siguiente manera:

**Tabla 21 - Costos de Producción**

<b>Costos Producción</b>	
<b>Materia Prima</b>	3.024.000.000
<b>Mano de Obra</b>	4.536.000.000
<b>Materia Prima y M.O.</b>	7.560.000.000
<b>Depreciación</b>	1.130.630.812
<b>Agotamiento</b>	238.029.900
<b>Total</b>	8.928.660.712
<b>Margen Bruto</b>	32,90%

Fuente: Propia de los autores

### 9.3 GASTOS OPERACIONALES

Los gastos operacionales abarcan los gastos de ventas, gastos de publicidad y promoción, fuerza de ventas, que son aproximadamente el 5% del total de ventas anuales y los gastos de administración, gastos de personal, oficina, servicios, papelería y legales que son el 15% de las ventas para un total de \$665'280.000 y \$ 1'995.840.000 respectivamente

Tabla 22 - Gastos Operacionales

Gastos Operacionales	
Gastos de Ventas	\$ 665.280.000
Gastos de Administración	\$ 1.995.840.000
<b>Total Operacionales</b>	<b>\$ 2.661.120.000</b>

Fuente: Propia de los autores

### 9.4 CUENTAS POR COBRAR

Se toma como supuesto que la rotación de cartera de los clientes es de 15 días, que arroja un valor anual de 554.400.000 millones. Se aclara que el cliente es el distribuidor mayorista y PTROE se atiene a sus políticas de pago de cartera.

### 9.5 INVENTARIOS

Como se mencionó anteriormente, por disposición legal se requiere de 10 días de inventario disponibles siempre en el patio de acopio, por lo que se toma esto como supuesto en el costeo, así como 2 días para inventario en proceso de rotación por el constante despacho de productos y 5 días para la materia prima que se encuentra en rotación en la planta. Los valores anuales serían los siguientes:



**Tabla 23 - Inventarios**

<b>Inventarios</b>	
<b>Inventa. Prodi. Final Rotación días costo</b>	<b>10</b>
<b>Inventa. Prodi. Final \$</b>	<b>248.018.353</b>
<b>Inventa. Prodi. en Proceso Rotación días</b>	<b>2</b>
<b>Inventa. Prodi. Proceso \$</b>	<b>49.603.671</b>
<b>Inventa. Materia Prima Rotación  </b>	<b>5</b>
<b>Inventa. Materia Prima \$</b>	<b>42.000.000</b>
<b>Total Inventario \$</b>	<b>339.622.024</b>

**Fuente: Propia de los autores**

## **9.6 CAPITAL**

Se va a realizar la estructura de capital como si fuere una entidad 50% aportada por lo socios y 50% en financiamiento, el total del capital será de \$14.000.000.000. La estructura de la deuda es la siguiente:

**Tabla 24 - Valor Amortizado de la Inversión**

<b>Valor Amortizado</b>	<b>\$ 7.000.000.000</b>	
<b>Gracia</b>	<b>1</b>	<b>Gracia a Capital (Años)</b>
<b>Plazo</b>	<b>10</b>	<b>Plazo de la Deuda (Años)</b>
<b>Tasa en pesos</b>	<b>3%</b>	<b>Puntos por encima del DTF</b>

**Fuente: Propia de los autores**

# 9.7 BALANCE GENERAL

Tabla 25 - Balance General

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>BALANCE GENERAL</b>											
<b>Activo Corriente</b>											
Efectivo	382,280,000	1,666,478,649	4,036,571,374	7,348,863,568	10,462,663,932	14,062,716,957	16,974,515,114	21,719,710,759	26,963,668,075	32,705,179,668	38,950,829,241
Cuentas X Cobrar	0	554,400,000	630,000,000	706,600,000	781,200,000	866,800,000	932,400,000	1,008,000,000	1,083,600,000	1,159,200,000	1,234,800,000
Provisión Cuentas por Cobrar	0	0	0	0	0	-3,568,000	-18,648,000	-30,240,000	-43,344,000	-57,960,000	-74,088,000
Inventarios Materias Primas e Insumos	100,000,000	42,000,000	42,000,000	42,000,000	42,000,000	42,000,000	42,000,000	63,000,000	63,000,000	63,000,000	63,000,000
Inventarios de Producto en Proceso	50,000,000	49,603,671	49,170,951	49,921,708	50,075,389	50,232,062	62,981,753	63,154,553	63,320,512	63,489,690	63,662,150
Inventarios Producto Terminado	400,000,000	248,018,353	248,854,757	249,608,539	250,376,945	251,160,258	314,968,767	315,772,767	316,602,558	317,448,448	318,310,748
Anticipos y Otras Cuentas por Cobrar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos Anticipados Neto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Activo Corriente:</b>	<b>167,720,000</b>	<b>2,500,500,672</b>	<b>5,007,197,083</b>	<b>8,395,983,815</b>	<b>11,576,316,266</b>	<b>15,254,341,266</b>	<b>18,329,217,634</b>	<b>23,139,998,078</b>	<b>28,446,847,145</b>	<b>34,250,357,886</b>	<b>40,556,514,138</b>
Terrenos	1,700,000,000	1,732,980,000	1,771,105,560	1,805,465,008	1,840,491,029	1,876,196,555	1,912,594,768	1,949,699,107	1,987,532,269	2,026,081,221	2,065,387,196
Construcciones y Edificios Neto	2,280,000	2,208,020	2,137,829	2,068,230	1,974,739	1,887,233	1,795,389	1,699,679	1,599,372	1,494,533	1,385,024
Maquinaría y Equipo de Operación Neto	8,200,000,000	7,523,172,000	6,834,383,808	6,066,099,497	5,326,597,566	4,524,944,633	3,680,182,847	2,821,329,296	1,917,375,389	977,286,236	0
Muebles y Enseres Neto	1,200,000,000	978,624,000	750,115,296	509,778,355	259,834,028	0	-270,013,379	-650,503,277	-841,774,561	-1,444,139,983	-1,467,920,374
Equipo de Transporte Neto	300,000,000	275,238,000	250,039,432	223,028,030	194,875,521	165,546,755	135,006,690	103,219,384	70,147,880	35,754,374	0
Equipo de Oficina Neto	95,000,000	77,474,400	59,384,128	40,357,453	20,570,194	0	-21,376,059	-43,581,509	-66,640,486	-90,577,749	-115,418,696
Planta Administrativa	1,100,000,000	1,009,206,000	916,807,584	817,769,445	714,543,576	607,004,768	495,024,528	378,471,003	257,208,894	131,099,373	0
Seguros	1,235,000,000	1,133,063,100	1,029,324,878	918,132,058	802,237,560	681,500,807	555,771,539	424,919,717	288,775,440	147,188,842	0
<b>Total Activos Fijos:</b>	<b>13,882,280,000</b>	<b>12,731,965,520</b>	<b>11,619,297,515</b>	<b>10,412,668,077</b>	<b>9,161,124,212</b>	<b>7,857,080,751</b>	<b>6,498,992,522</b>	<b>5,085,253,379</b>	<b>3,614,215,196</b>	<b>2,084,186,947</b>	<b>493,433,151</b>
<b>Total Otros Activos Fijos</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL ACTIVO</b>	<b>14,000,000,000</b>	<b>15,292,466,193</b>	<b>16,620,494,597</b>	<b>18,808,671,892</b>	<b>20,737,440,478</b>	<b>23,111,422,017</b>	<b>24,828,210,156</b>	<b>28,224,651,457</b>	<b>32,061,062,342</b>	<b>36,334,544,652</b>	<b>41,049,947,289</b>
<b>Pasivo</b>											
Cuentas X Pagar Proveedores	0	210,000,000	210,000,000	210,000,000	210,000,000	210,000,000	273,000,000	273,000,000	273,000,000	273,000,000	273,000,000
Impuestos X Pagar	0	364,466,484	891,764,977	1,428,590,769	1,964,048,560	2,497,737,471	2,278,881,746	2,789,345,371	3,288,480,052	3,789,954,270	4,287,747,064
Acreedores Varios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Obligaciones Financieras	7,000,000,000	7,000,000,000	6,222,222,222	5,444,444,444	4,666,666,667	3,888,888,889	3,111,111,111	2,333,333,334	1,555,555,556	777,777,778	0
Otros pasivos a LP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Obligación Fondo Emprender (Contingente)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL PASIVO</b>	<b>7,000,000,000</b>	<b>7,574,466,484</b>	<b>7,323,987,199</b>	<b>7,083,035,214</b>	<b>6,840,715,027</b>	<b>6,596,626,360</b>	<b>5,662,992,857</b>	<b>5,389,678,705</b>	<b>5,117,035,608</b>	<b>4,840,732,048</b>	<b>4,560,747,064</b>
<b>Patrimonio</b>											
Capital Social	7,000,000,000	7,000,000,000	7,000,000,000	7,000,000,000	7,000,000,000	7,000,000,000	7,000,000,000	7,000,000,000	7,000,000,000	7,000,000,000	7,000,000,000
Reserva Legal Acumulada	0	0	58,219,971	200,670,740	428,874,200	742,611,796	1,141,601,028	1,505,630,190	1,950,242,502	2,475,545,160	3,080,953,439
Utilidades Retenidas	0	0	523,979,738	1,806,036,658	2,718,650,501	3,973,800,881	5,569,157,811	7,025,874,459	8,804,323,709	10,905,534,339	13,327,167,457
Utilidades del Ejercicio	0	582,199,708	1,424,507,890	2,282,034,605	3,137,375,952	3,989,892,323	3,640,291,620	4,446,123,125	5,253,026,576	6,054,082,795	6,849,259,297
Revalorización patrimonio	0	135,800,000	289,800,000	436,894,674	611,624,798	809,490,657	1,035,789,063	1,301,789,424	1,603,100,615	1,947,539,199	2,342,932,141
<b>TOTAL PATRIMONIO</b>	<b>7,000,000,000</b>	<b>7,717,999,708</b>	<b>9,296,507,939</b>	<b>11,725,636,678</b>	<b>13,886,725,451</b>	<b>16,514,795,657</b>	<b>18,397,439,521</b>	<b>21,279,417,198</b>	<b>24,610,693,401</b>	<b>28,382,701,493</b>	<b>32,600,311,335</b>
<b>TOTAL PAS + PAT</b>	<b>14,000,000,000</b>	<b>15,292,466,193</b>	<b>16,620,494,597</b>	<b>18,808,671,892</b>	<b>20,737,440,478</b>	<b>23,111,422,017</b>	<b>24,050,432,378</b>	<b>26,669,065,903</b>	<b>29,727,729,009</b>	<b>33,223,433,542</b>	<b>37,161,058,400</b>

Fuente: Propia de los autores

En el balance se observa que el primer año no se obtienen ingresos netos, pero de allí en adelante, si se mantiene el contrato con el distrito del 20% de los residuos orgánicos, el negocio generará para el año 5 \$10'452.663.932 y para el año 10 \$38'950.829.241. Las obligaciones financieras quedarán saldadas al año 10.

## 9.8 ESTADO DE RESULTADOS

Tabla 26 - Estado de Resultados

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>ESTADO DE RESULTADOS</b>										
Ventas	13,305,600.000	15,120,000.000	16,934,400.000	18,748,800.000	20,563,200.000	22,377,600.000	24,192,000.000	26,006,400.000	27,820,800.000	29,635,200.000
Devoluciones y rebajas en ventas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materia Prima, Mano de Obra	7,560,000.000	7,560,000.000	7,560,000.000	7,560,000.000	7,560,000.000	9,828,000.000	9,828,000.000	9,828,000.000	9,828,000.000	9,828,000.000
Depreciación	1,130,630.812	1,155,594.889	1,177,821.490	1,200,773.157	1,224,068.156	1,247,815.079	1,272,022.891	1,296,698.931	1,321,855.910	1,347,469.915
Agotamiento	238,028.900	243,266.538	247,985.829	252,796.856	257,701.115	262,700.517	267,796.907	272,892.167	278,288.215	283,887.006
Otros Costos	382,640.000	376,000.000	423,360.000	468,720.000	514,080.000	559,440.000	604,800.000	650,160.000	695,520.000	740,880.000
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>4,044,299.288</b>	<b>5,763,228.753</b>	<b>7,525,132.591</b>	<b>9,265,509.987</b>	<b>11,007,350.729</b>	<b>10,479,544.405</b>	<b>12,219,380.402</b>	<b>13,958,547.902</b>	<b>15,697,153.875</b>	<b>17,435,133.079</b>
Gasto de Ventas	665,280.000	756,000.000	846,720.000	937,440.000	1,028,160.000	1,118,880.000	1,209,600.000	1,300,320.000	1,391,040.000	1,481,760.000
Gastos de Administración	1,985,840.000	2,288,000.000	2,540,160.000	2,812,320.000	3,084,480.000	3,356,640.000	3,628,800.000	3,900,960.000	4,173,120.000	4,445,280.000
Provisiones	0	0	0	0	8,588.000	10,080.000	11,582.000	13,104.000	14,616.000	16,128.000
Amortización Gastos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Utilidad Operativa</b>	<b>1,363,179.288</b>	<b>2,739,228.753</b>	<b>4,138,252.591</b>	<b>5,516,749.987</b>	<b>6,896,142.729</b>	<b>5,994,044.405</b>	<b>7,369,388.402</b>	<b>8,744,163.902</b>	<b>10,118,359.875</b>	<b>11,491,965.079</b>
Otros Ingresos										
Intereses	593,058.328	569,059.328	505,830.514	442,601.899	379,372.885	341,435.536	290,852.545	240,269.493	189,686.442	139,103.390
Otros ingresos y egresos	-593,058.328	-569,059.328	-505,830.514	-442,601.899	-379,372.885	-341,435.536	-290,852.545	-240,269.493	-189,686.442	-139,103.390
Revalorización de Patrimonio	-135,800.000	-154,000.000	-147,094.674	-174,730.124	-196,865.859	-227,298.406	-266,000.361	-299,274.356	-340,666.670	-380,199.850
Ajuste Activos no Monetarios	288,946.232	310,213.777	279,570.286	204,993.980	290,322.943	296,188.986	301,994.470	307,761.477	313,731.988	319,816.389
Ajuste Depreciación Acumulada	0	-24,873.878	-44,833.582	-68,555.030	-93,179.997	-118,734.611	-145,245.675	-172,740.691	-201,247.829	-230,798.042
Ajuste Amortización Acumulada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ajuste Agrupamiento Acumulada	0	-5,296.658	-9,438.742	-14,492.791	-19,617.036	-24,997.008	-30,576.340	-36,366.820	-42,388.394	-48,659.122
Total Corrección Monetaria	122,546.232	126,103.241	78,203.297	27,276.025	-19,440.049	-74,871.039	-139,919.907	-200,620.441	-270,530.995	-349,766.626
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	<b>946,666.193</b>	<b>2,316,272.666</b>	<b>3,710,625.374</b>	<b>5,101,424.313</b>	<b>6,487,629.794</b>	<b>5,577,377.769</b>	<b>6,939,515.851</b>	<b>8,303,275.968</b>	<b>9,668,122.558</b>	<b>11,003,065.064</b>
Impuestos (65%)	364,466.484	891,764.977	1,428,590.769	1,964,048.360	2,497,731.471	2,147,693.041	2,671,367.141	3,195,760.478	3,718,377.177	4,236,191.539
<b>Utilidad Neta Final</b>	<b>582,199.708</b>	<b>1,424,507.689</b>	<b>2,282,034.605</b>	<b>3,137,375.952</b>	<b>3,989,898.323</b>	<b>3,430,684.728</b>	<b>4,267,248.710</b>	<b>5,107,515.491</b>	<b>5,949,745.381</b>	<b>6,766,903.464</b>

Fuente: Propia de los autores

9.9

FLUJO DE CAJA

Tabla 27 - Flujo de Caja

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>FLUJO DE CAJA</b>										
<b>Flujo de Caja Operativo</b>										
Utilidad Operacional	1.383.179.288	2.759.228.753	4.138.252.591	5.516.749.987	6.886.142.729	5.994.044.405	7.369.388.402	8.744.163.902	10.118.358.875	11.491.965.079
Depreciaciones	1.130.630.812	1.155.504.889	1.177.921.480	1.200.773.157	1.224.068.156	1.247.815.079	1.272.022.691	1.296.689.931	1.321.855.910	1.347.499.915
Amortización Gastos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agotamiento	238.029.300	243.266.568	247.985.929	252.796.856	257.701.115	262.700.517	267.796.907	272.992.167	278.288.215	283.687.006
Provisiones	0	0	0	0	8.568.000	10.080.000	11.592.000	13.104.000	14.616.000	16.128.000
Impuestos	0	-364.466.484	-891.764.977	-1.428.590.769	-1.864.048.360	-2.487.737.471	-2.147.429.041	-2.671.367.141	-3.196.760.478	-3.718.377.177
<b>Neto Flujo de Caja Operativo</b>	<b>2.751.840.000</b>	<b>3.793.533.516</b>	<b>4.672.395.023</b>	<b>5.541.729.231</b>	<b>6.412.431.640</b>	<b>5.016.902.529</b>	<b>6.773.370.959</b>	<b>7.655.592.859</b>	<b>8.536.339.522</b>	<b>9.420.902.823</b>
<b>Flujo de Caja Inversión</b>										
Variación Cuentas por Cobrar	-554.400.000	-75.600.000	-75.600.000	-75.600.000	-75.600.000	-75.600.000	-75.600.000	-75.600.000	-75.600.000	-75.600.000
Variación Inv. Materias Primas e Insumos3	58.000.000	0	0	0	0	-21.000.000	0	0	0	0
Variación Inv. Prod. En Proceso	396.329	-167.281	-150.756	-153.681	-156.663	-12.759.702	-162.800	-165.958	-169.178	-172.460
Variación Inv. Prod. Terminados	151.981.647	-836.404	-753.782	-768.406	-783.313	-63.798.509	-814.000	-829.792	-846.890	-862.300
Var. Anticipos y Otros Cuentas por Cobrar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros Activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Variación Cuentas por Pagar	210.000.000	0	0	0	0	63.000.000	0	0	0	0
Variación Acreedores Varios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Variación Otros Pasivos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Variación de Capital de Trabajo	-134.022.024	-76.003.665	-76.504.539	-76.522.087	-76.539.975	-110.158.211	-76.576.800	-76.595.750	-76.615.068	-76.634.760
Inversión en Terrenos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión en Construcciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión en Maquinaria y Equipo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión en Muebles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión en Equipo de Transporte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión en Equipos de Oficina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión en Semovientes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión Otros Permanentes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión Otros Activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión Activos Fijos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Neto Flujo de Caja Inversión</b>	<b>-134.022.024</b>	<b>-76.603.665</b>	<b>-76.504.539</b>	<b>-76.522.087</b>	<b>-76.539.975</b>	<b>-110.158.211</b>	<b>-76.576.800</b>	<b>-76.595.750</b>	<b>-76.615.068</b>	<b>-76.634.760</b>
<b>Flujo de Caja Financiamiento</b>										
Desembolsos Pasivo Largo Plazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amortizaciones Pasivos Largo Plazo	0	-771.771.778	-771.771.778	-771.771.778	-771.771.778	0	0	0	0	0
Intereses Pagados	-569.059.328	-569.059.328	-505.830.514	-442.801.689	-379.372.885	0	0	0	0	0
Dividendos Pagados	0	0	0	-1.141.077.303	-1.989.687.976	-1.984.946.162	-1.715.154.364	-2.133.624.405	-2.553.296.745	-2.989.872.881
Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Neto Flujo de Caja Financiamiento</b>	<b>-569.059.328</b>	<b>-1.346.837.106</b>	<b>-1,288,608,291</b>	<b>-2,361,396,780</b>	<b>-2,725,838,639</b>	<b>-1,984,946,162</b>	<b>-1,715,154,364</b>	<b>-2,133,624,405</b>	<b>-2,553,296,745</b>	<b>-2,989,872,881</b>
<b>Neto Periodo</b>	<b>2,048,758,649</b>	<b>2,370,092,726</b>	<b>3,312,282,193</b>	<b>3,103,810,364</b>	<b>3,610,053,025</b>	<b>2,911,798,157</b>	<b>4,981,639,795</b>	<b>5,445,372,704</b>	<b>5,906,487,709</b>	<b>6,374,395,382</b>
<b>Saldo anterior</b>	<b>-382,280,000</b>	<b>1,666,478,849</b>	<b>4,036,571,374</b>	<b>7,348,853,568</b>	<b>10,452,663,332</b>	<b>14,062,716,514</b>	<b>16,974,515,114</b>	<b>21,956,154,909</b>	<b>27,401,527,613</b>	<b>33,306,015,322</b>
<b>Saldo siguiente</b>	<b>1,666,478,849</b>	<b>4,036,571,374</b>	<b>7,348,853,568</b>	<b>10,452,663,332</b>	<b>14,062,716,514</b>	<b>16,974,515,114</b>	<b>21,956,154,909</b>	<b>27,401,527,613</b>	<b>33,306,015,322</b>	<b>39,682,410,705</b>

Fuente: Propia de los autores

En el flujo de caja operativo se observa que incrementa progresivamente para llegar al año 10 a \$9'420.902.823, siendo los impuestos un rubro relevante, es por ello que se recomienda que este tipo de empresas se encuentren exentas de impuestos.

## 9.10 INDICADORES FINANCIEROS

Tabla 28 - Indicadores Financieros

Indicadores Financieros Proyectados	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Liquidez - Razón Corriente	4,46	4,54	5,12	5,32	5,63	7,57	7,94	8,32	8,73	9,16
Prueba Ácida	3	4	5	5	6	7	8	8	9	9
Rotación cartera (días)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Rotación Inventarios (días)	9,2	8,1	7,3	6,6	6,0	7,1	6,6	6,1	5,7	5,4
Rotación Proveedores (días)	8,5	8,4	8,4	8,4	8,4	8,7	8,6	8,6	8,6	8,6
Nivel de Endeudamiento Total	49,5%	44,1%	37,7%	33,0%	28,5%	22,3%	18,5%	15,5%	12,9%	10,8%
Concentración Corto Plazo	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Ebitda / Gastos Financieros	483,6%	730,7%	1100,0%	1574,9%	2208,0%	2200,9%	3067,1%	4298,1%	6165,5%	9445,7%
Ebitda / Servicio de Deuda	483,6%	308,7%	433,5%	571,2%	723,9%	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Rentabilidad Operacional	10,4%	18,2%	24,4%	29,4%	33,5%	26,8%	30,5%	33,6%	36,4%	38,8%
Rentabilidad Neta	4,4%	9,4%	13,5%	16,7%	19,4%	15,3%	17,6%	19,6%	21,4%	22,8%
Rentabilidad Patrimonio	7,5%	15,3%	19,5%	22,6%	24,2%	18,9%	20,3%	21,0%	21,2%	21,0%
Rentabilidad del Activo	3,8%	8,6%	12,1%	15,1%	17,3%	13,8%	15,0%	15,7%	16,1%	16,2%

Fuente: Propia de los autores

El nivel de endeudamiento disminuye a medida que pasan los 10 años y se va cancelando la deuda, la rentabilidad operacional llega a un muy buen 38,8%, así como un 22.8% de Rentabilidad Neta. La Rentabilidad del Activo podría mejorar ya que se mantiene en un rango de 12/ a 17% pero, al año 10 disminuye a un 16.2%. En general se observa una muy buena estabilidad de la empresa e indicadores financieros rentables.

### **9.11 FLUJO DE CAJA Y RENTABILIDAD**

El resumen de los flujos de caja (Operación, Inversión, Financiación, y de caja descontado)

Tabla 29 - Flujo de Caja y Rentabilidad

Flujo de Caja y Rentabilidad	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Flujo de Caja Proyectado y rentabilidad. Cifras en Miles de Pesos										
Flujo de Operación		2.751.840.000	3.793.533.516	4.672.395.023	5.541.729.231	6.412.431.640	5.016.902.529	6.773.370.959	7.655.692.859	8.536.359.522
Flujo de Inversión	-14.000.000.000	-134.022.024	-76.603.685	-76.504.539	-76.522.087	-76.539.975	-110.158.211	-76.576.800	-76.595.750	-76.615.068
Flujo de Financiación		-569.059.328	-1.346.837.106	-1.293.608.291	-2.361.396.780	-2.725.838.639	-1.994.946.162	-1.715.154.364	-2.133.624.405	-2.553.256.745
Flujo de caja para evaluación	-14.000.000.000	2.617.817.976	3.716.929.831	4.595.890.495	5.465.207.144	6.335.891.664	4.906.744.319	6.696.794.159	7.578.997.109	8.459.744.455
Tasa de descuento Utilizada		18%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Flujo de caja descontado	-14.000.000.000	2.218.489.810	2.739.078.726	2.945.045.327	3.045.307.128	4.165.951.616	2.805.446.989	4.403.250.865	4.333.316.195	5.562.419.301

Fuente: Propia de los autores

## 9.12 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

A continuación se muestra la evaluación financiera de PTROE:



**Tabla 30 - Evaluación del Proyecto**

<b>Evaluación del Proyecto</b>	
<b>Tasa mínima de rendimiento</b>	18%
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	29,41%
<b>VAN (Valor actual neto)</b>	7.117.008.862
<b>PRI (Periodo de recuperación de la inversión)</b>	2,50
<b>Duración de la etapa improductiva del negocio ( fase de implementación)</b>	8 mes
<b>Nivel de endeudamiento inicial del negocio, teniendo en cuenta los recursos del fondo emprender. ( AFE/AT)</b>	50,00%
<b>Periodo en el cual se plantea la primera expansión del negocio ( Indique el mes )</b>	15 mes
<b>Periodo en el cual se plantea la segunda expansión del negocio</b>	16 mes

**Fuente: Propia de los autores**

Esta evaluación es muy buena, ya que muestra una TIR de 29,41% y un VAN de \$7 billones de pesos. Una prometedora etapa improductiva de solo 8 meses y una recuperación de la inversión de 2.50 años. Si las condiciones son las propicias, se puede realizar la primera expansión del negocio al año y medio y la segunda posible expansión al siguiente año y medio. En general sería un muy buen proyecto en que vale la pena invertir pero se resalta que al ser un proyecto de tal alta envergadura se recomienda a futuro, un análisis financiero que incluya mas variables.

## **9. IMPACTO**

### **9.1. IMPACTO SOCIAL**

Se verán varios frentes sociales, uno es el del reciclador informal ya que puede llegar a recibir ingresos por la labor que realiza en la actualidad, recibiendo dinero no solo del material que es reciclable sino de aquel orgánico que actualmente desechan. Se puede dar prioridad a las campañas de reciclaje y separación en casa, lo que generará conciencia en la sociedad de que somos responsables de los desechos generados.

### **9.2. IMPACTO AMBIENTAL**

En primer lugar el Relleno Sanitario Doña Juana tendrá un pequeño descanso después de tantos años de desgaste, los residuos de la capital pueden ser aprovechados en su gran mayoría, se obtendrán regalías que pueden ser usados con fines ecológicos, no existirán más botaderos ilegales de basura en ríos o esquinas, ya que se les pagará por cada tonelada traída. Bogotá será una ciudad más limpia y con menos residuos orgánicos sin tratar. Esto se puede ampliar para otras ciudades en Colombia.

### **9.3. IMPACTO ECONÓMICO**

Como se mencionó arriba, el distrito puede recibir regalías por la actividad de PTROE, en caso de que sea una entidad pública o mixta, puede recibir utilidades por la misma. Aquellas personas que viven del reciclaje mejorarán su estilo de vida al tener más ingresos, y los *stakeholders* verán su dinero siendo rentable.

### **9.4. IMPACTO TECNOLÓGICO**

Al generar este tipo de producto, las unidades investigativas de algunas universidades pueden desarrollar métodos más rápidos para el proceso

químico, lo que abarataría la producción. Incluyendo mejoras tecnológicas y de desarrollo que pueden ser patentadas y vendidas a otras empresas en el extranjero.

## 10. CONCLUSIONES

Las conclusiones de los objetivos planteados al inicio son:

- El presente estudio de pre-factibilidad da las bases para que PTROE de un paso adelante en su consolidación, ya que logra identificar un mercado actual y futuro propicio para su sostenimiento, una competencia a nivel interno nula, un mercado internacional en expansión, diferentes posibilidades para la exportación, diferentes posibilidades de producción y un análisis financiero con un escenario medio que abre camino para que el sacar bioetanol de Residuos Orgánicos de Bogotá D.C. sea una realidad. De igual forma se recomienda un análisis más profundo por ser un proyecto de tan alta envergadura.
- Actualmente en Colombia se producen 400.000 litros de bioetanol al año lo que significa que se produce gasolina E8 (8% de etanol en la mezcla y 92% de gasolina), pero la resolución N° 90932 exige que la mezcla mínima sea E10 (10% de etanol y 90% de gasolina), existiendo un déficit del 2% o 100.000 litros anuales. La normatividad a nivel mundial dice que los motores de vehículos pueden soportar un biocombustible de hasta E85. Colombia, mediante el decreto N° 1135 abre las puertas para que las marcas automotrices reconocidas que importan vehículos lo hagan cumpliendo este parámetro, se espera que para el 2016 el 100% de los vehículos soporten el nivel máximo lo cual significa que Colombia poco a poco aumentaría a ese % en la mezcla y tendría que producir 4.250.000 litros anuales, lo que le daría a PTROE un mercado seguro.

En Bogotá actualmente se producen 6.500 toneladas diarias de RSU y en Colombia se estima que son 28.000 ton/día, que sería la materia prima de biomasa para la producción de bioetanol.

- Colombia ha venido legislando adecuadamente y adaptando las normas internacionales a nuestras leyes para el correcto desarrollo de esta industria, hoy por hoy cuenta con 6 resoluciones, 2 decretos, 2 leyes y 1

CONPES. Que buscan otorgar todas las herramientas necesarias a los empresarios, Se puede observar un sistema que poco a poco busca actualizar el porcentaje mínimo de mezcla hasta llegar al máximo permitido.

La normativa para la producción de etanol a base de residuos orgánicos aún no está desarrollada (ni se encuentra con miras cercanas a desarrollar), por lo que PTROE se debería atener a la normativa actual mientras esto es regulado.

- Desde el punto de vista ambiental es mucho más rentable aprovechar los FORSU en la producción de bioetanol que en la disposición final en un relleno sanitario, actualmente el estado le paga a las empresas de recolección de aseo \$12.461/ tonelada de RSU, más el costo de los rellenos sanitarios. Con la producción de bioetanol a base de esto, el distrito recibiría ganancias por la compra de esta materia prima o utilidades en caso de ser accionista.
- Desde el punto de vista social se generaría empleo, se invertiría en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, se generaría una cultura de aprovechamiento de residuos y se reducirían los residuos que llegan hasta el relleno sanitario de Doña Juana.
- El análisis financiero fue hecho en un escenario medio, en donde se tomaría un contrato de solo el 20% del total de los residuos orgánicos de Bogotá, se tendría el 50% de aportes por los socios y 50% deuda y el total de litros producidos se vendería al distribuidor mayorista. Esto asumiendo que el precio del litro de etanol incrementará con la inflación y el índice de precios. Todo esto basándose en los supuestos que arrojó el análisis de pre-factibilidad. Si se cumplieran estos supuestos se lograría a 10 años una TIR de 29.41% y un VAN de 7 billones de pesos, una tasa de improductividad de 8 meses, y una posible expansión del negocio al año y medio después de dar utilidades. Como el lector podrá observar existen muchas variables que han de ser consideradas si se desea un análisis financiero más profundo, por lo que se recomienda

una revisión financiera que abarque variables más amplias y escenarios más cambiarios.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Fondo Fiduciario España y FAO para Latinoamérica. (2010). *bionergía para el desarrollo sostenible: Políticas Públicas sobre Biocombustibles y su relación con la seguridad alimentaria en Colombia*. Bogotá D.C. - se puede acceder al informe completo en [http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2010/bioenergia\\_colombia.pdf](http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2010/bioenergia_colombia.pdf): Editorial propia de la FAO.
- Alcaldía de Bogotá. (s.f.). *Programa Basuras Cero*.
- Asotaxistas. (12 de 09 de 2010). *Asociación de taxistas de Bogotá*. Recuperado el 02 de 07 de 2013, de <http://www.asotaxistas.com/pico-y-placa-para-taxis.html>
- Bioflama. (18 de 01 de 2013). preguntas frecuentes del bioetanol y las chimeneas. Málaga, España: se puede encontrar virtual en <http://www.bioflama.com/es/content/9-faq>.
- Blog Alcaldía de Bogotá. (2011). *PROYECTO DE ACUERDO 113 DE 2011*. Bogotá:  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41936>.
- Bogotá Humana. (2012). *Separación de basuras en Bogotá D.C*. Bogotá D.C., se puede encontrar de forma virtual en : [www.bogotahumana.gov.co](http://www.bogotahumana.gov.co): Editorial propia de la Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Cámara de Comercio de Bogotá y el Distrito Capital. (30/10/2013). *Vivir en Bogotá, Transporte, Taxis eléctricos*. Bogotá D.C.: Editorial Propia del distrito.
- Cobb, L. (1 de Febrero de 2007). *The Quaker Economist* . Recuperado el 13 de Agosto de 2013, de <http://tqe.quaker.org/2007/TQE155-EN-WorldEnergy-1.html>
- Comite Automotor Colombiano. (09 de 01 de 2014). Las ventas de vehículos nuevos cayeron 7% en 2013, segun econometría. *El Tiempo*, pág. Sección Motor.
- CONPES SOCIAL. (2007). *Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PSAN)*. Bogotá D.C. - se puede encontrar via virtual en: <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=xWTd1oDPg8E%3d&tabid=343>: editorial propia del Departamento Nacional de Planeación.
- Departamento Técnico Confecampo. (01 de 04 de 2008). Confederación Empresarial del Campo de Colombia. *ALCOHOL CARBURANTE: SITUACIÓN ACTUAL Y PERPECTIVAS*. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Universidad del Rosario.
- (2011). *Diálogo de Políticas sobre desarrollo institucional e innovación en biocombustibles en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.
- El espectador. (Juio, 2013). *Crean empresa de transformación de residuos orgánicos en Bogotá*. <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/crean-empresa-de-transformacion-de-residuos-organicos-b-articulo-434615>.
- Energías Renovables. (26 Enero 2014). Madrid: <http://www.energias-renovables.com/articulo/abengoa-comienza-a-producir-bioetanol-a-partir-20130401>.

- Entrevista realizada a Jorge Bendeck, presidente de la Federación de Biocombustibles. (s.f.). *Entrevista realizada a Jorge Bendeck, presidente de la Federación de Biocombustibles*.
- fedebiocombustibles Cifras Informativas. (s.f.). [fedebiocombustibles.com/files/Cifras%20Informativas](http://fedebiocombustibles.com/files/Cifras%20Informativas).
- Fedebiocombustibles. (diciembre 11 de 2013). *Boletín Fedebiocombustibles*. Bogotá: Fedebiocombustibles.
- Federacion Nacional de Distristribuidores de Combustibles y Energeticos. (s.f.). *Pagina web*.
- Informe Cepal-Chile. (marzo, 2011.). *Diálogo de Políticas sobre desarrollo institucional e innovación en biocombustibles en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Cepal.
- Informe Ciemat. (Mayo 2012). *UTILIZACIÓN DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE RSU PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN*. Madrid, España: [http://www.madrimasd.org/informacionidi/agenda/foros-mimasd/2012/programa/energia/documentos/pdf/07-Jose\\_Miguel\\_Oliva\\_CIEMAT.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/agenda/foros-mimasd/2012/programa/energia/documentos/pdf/07-Jose_Miguel_Oliva_CIEMAT.pdf).
- Machado, A. (2002). *De la estructura agraria al sistema agroindustrial*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional.
- Martelo, M. J. (2006). *Optimización de la Cadena de Valor del Bio-etanol a partir de la Caña de azúcar y la Yuca*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- McDonald, B. (2012). How Many Years Of Oil Do We Have Left To Run Our Industrial Civilization, Keeping In Mind That Oil Is A Resource And Has An Economical End? *Forbes*, <http://www.forbes.com/sites/quora/2012/07/09/how-many-years-of-oil-do-we-have-left-to-run-our-industrial-civilization-keeping-in-mind-that-oil-is-a-resource-and-has-an-economical-end/>.
- Ministerio de Minas y Energia. (Octubre de 2013). *Resolucion 90932, de 2013*. MME.
- Ministerio de Minas y Energías. (1953). *Código de Petroleos*. Bogotá: Gobierno Nacional.
- Ministerio de Minas y Energías. (JUNIO 17 DE 2003). *RESOLUCION No. 18 0687*. Bogotá D.C.: Colombia .
- Ministerio de Minas y Energías, Banco Internamericano de Desarrollo, ECOFYS, Icontec. (2011). *ESTRATEGIAS DE ENERGÍA SOSTENIBLE Y BIOCOMBUSTIBLES - Estudio para la Estructuración de un Programa de Aseguramiento de Calidad (QA/QC) de los Biocombustibles* . Bogotá D.C.: Icontec Internacional.
- MONTERO, A. S. (2009). *1er. Seminario de Energías Alternativas*. Bogotá D.C.: FEDERACION NACIONAL DE BIOCOMBUSTIBLES DE COLOMBIA.
- Observatorio Ambiental de Bogotá. (s.f.). Bogotá: pagina web.
- Observatorio Ambiental de Bogotá D.C. (2013). *Indicadores de Movilidad Sostenible a 2013*. Bogotá D.C.: Administración Pública Distrital.
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura*. Roma - <http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf>: FAO.



- (2010). *Pretratamiento de biomasa celulósica para la obtención de etanol en el marco de una biorrefinería*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- PROYECTO PERSEO. (2012). Madrid, España: IMECAL, FORD-ESPAÑA, CIEMAT.
- Renewable Fuels Association (RFA). (2012). *World Fuel Ethanol Production*. Renewable Fuels Association (RFA).
- Revista Dinero. (4/25/2008). *Seguridad Alimentaria y Biocombustibles*. Bogotá D.C.: se puede encontrar vía virtual en <http://www.dinero.com/Imprimir.aspx?idItem=61346>.
- RUNT. (s.f.). página web.
- Solano, A. R. (2012). *Política agraria y postración del campesinado en Colombia*. Bogotá D.C.: ECOE.
- Steer Davies & Gleave y Centro Nacional de Consultoría. (2012). *ENCUESTA MOVILIDAD DE BOGOTÁ 2011*. Bogotá D.C. - se puede encontrar de forma virtual el [http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx\\_archivos/ideofolio/anexo-tnico---sdm-entrega-resultados-de-la-encuesta-movilidad-de-bogot-2011\\_5018.pdf](http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/ideofolio/anexo-tnico---sdm-entrega-resultados-de-la-encuesta-movilidad-de-bogot-2011_5018.pdf): Editoria Propia del Distrito.
- UAESP. (s.f.).
- United Nations. (13 de 06 de 2006). *7 Billion People: 7 Billion Actions*. Recuperado el 01 de 08 de 2013, de <http://7billionactions.org>
- United Nations Office on Drugs and Crime. (2012). *Informe de Monitoreo de Cultivos de Coca en Colombia*. Bogotá D.C.: Editorial propia de las Naciones Unidas.
- Universidad de Santiago de Compostela. (2013). Madrid, España: <http://www.usc.es/congresos/xiirem/pdf/86.pdf>.
- Universidad Nacional de Colombia. (2007). *Reconozcamos nuestro ambiente*. Bogotá D.C. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2007225/lecciones/capitulo2/29-reconozcamos6.htm>: Propia de la Universidad.
- UPME. (2012). *Biocombustibles en Colombia - Guía a 2012*. Bogotá D.C. - se puede encontrar vía virtual en [http://www.upme.gov.co/Docs/Biocombustibles\\_Colombia.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Biocombustibles_Colombia.pdf): editorial propia de la UPME.

## 12. ANEXOS

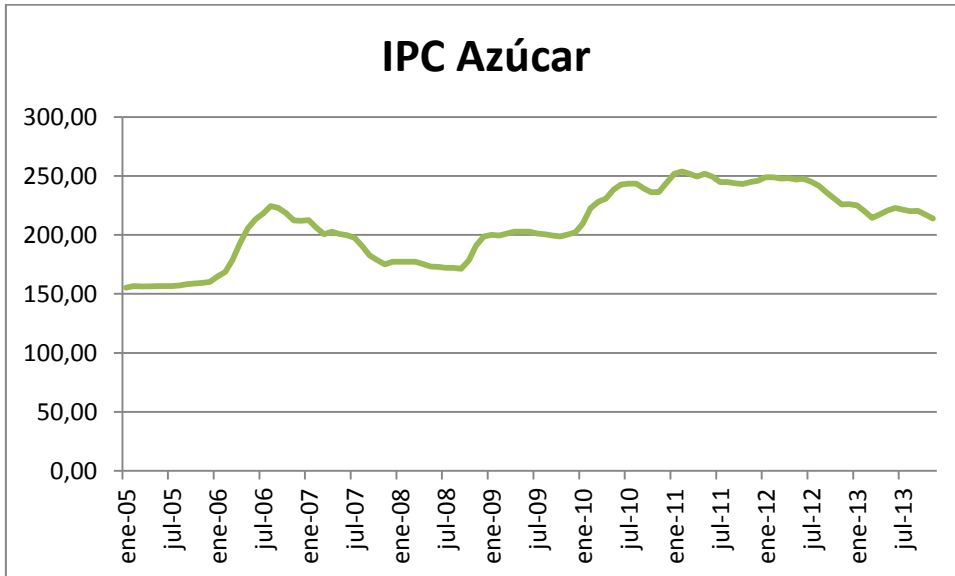
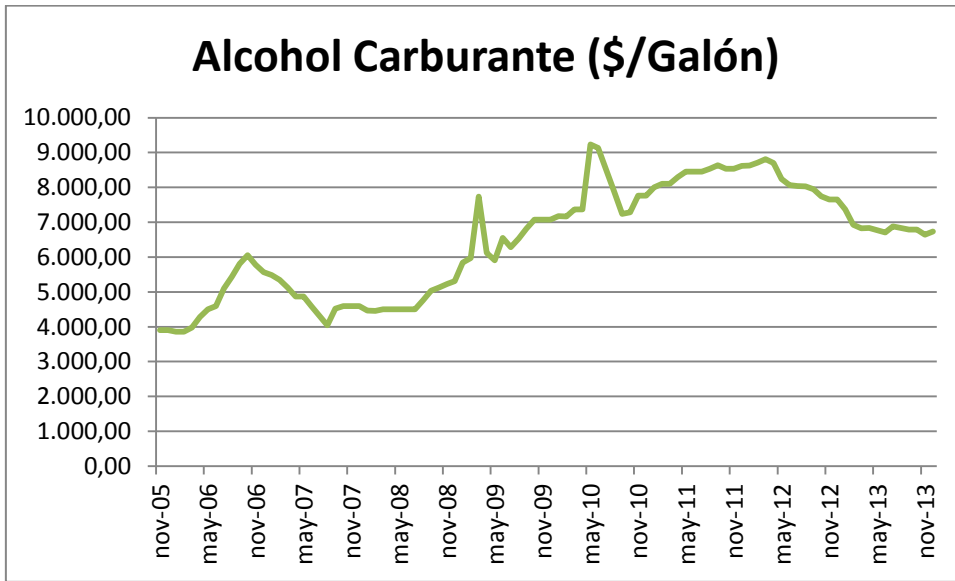
### ANEXO I

<i>Nombre</i>	<i>Entidad</i>	<i>Alcance</i>	<i>Productos</i>
Ley 693 de 2001	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y otras disp.	Componentes oxigenados tales como Alcohol carburante y Combustibles oxigenados
Decreto 3862 de 2005	Presidencia de la República	Se reglamenta la Ley 693 de 2001	Alcohol carburante y Combustibles oxigenados
Decreto 1135 de 2009	Presidencia de la República	Por el cual se modifica el Decreto 2629 de 2007, en relación con el uso de alcoholes carburantes en el país y con las medidas aplicables a los vehículos automotores que utilicen gasolinas para su funcionamiento.	Combustibles oxigenados
Resolución 180687 de 2003	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se expide la regulación técnica prevista en la Ley 693 de 2001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados.	Alcohol carburante y Combustibles oxigenados
Resolución 1565 de 2004	Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna.	Etanol anhidro combustible desnaturalizado (Alcohol carburante) antes de mezclar con las gasolinas motor
Resolución 181069 de 2005	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se modifica la Resolución 180687 del 17 de junio de 2003 y se establecen otras disposiciones para señalar los nuevos elementos sobre los cuales se desarrollará el programa de oxigenación de combustibles en el país y se crea el registro de productores de alcohol carburante. Igualmente se modifican varias definiciones y varios artículos de la Resolución 180687 con el fin de garantizar la calidad del producto y el cumplimiento de los procedimientos aplicables a cada uno de los agentes de la cadena de producción y distribución de alcohol carburante y las gasolinas oxigenadas, así como implementar mecanismos de control para el ejercicio de estas actividades.	Alcohol carburante y Combustibles oxigenados
Resolución 181761 de 2005	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se modifica la Resolución 180687 del 17 de junio de 2003 para fijar una nueva fecha para la entrada en vigencia del programa de oxigenación de combustibles en la ciudad de Bogotá D.C. y su área metropolitana.	Alcohol carburante y Combustibles oxigenados
Resolución 2200 de 2005	Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1565 del 27 de diciembre de 2004.	Alcohol carburante y Combustibles oxigenados

Resolución 1180 de 2006	Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifican parcialmente las Resoluciones 1565 del 27 de diciembre de 2004 y 1289 del 7 de septiembre de 2005.	1. Gasolina básica (corriente y extra) 2. Gasolina oxigenada (corriente y extra) con etanol anhidro combustible para uso como combustible en motores de encendido de chispa
Resolución 180671 de 2007	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se adicionan las Resoluciones 180687 del 17 de junio de 2003 y 181088 del 23 de agosto de 2005 y se establecen otras disposiciones para la entrada del programa de oxigenación de gasolinas en Santander, sur del Cesar y norte de Boyacá, se hace necesario definir los fletes de transporte entre las plantas destiladoras de alcohol carburante ubicadas en el suroccidente del país y el eje cafetero, y las Plantas de Abastecimiento Mayorista en las cuales se realizará la mezcla, además del régimen de distribución aplicable a las ciudades que se abastezcan de las mismas, es decir la libertad vigilada y la regulada según corresponda.	Alcohol carburante y Combustibles oxigenados
Resolución 182108 de 2008	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se deroga la Resolución 181627 del 26 de septiembre de 2008 debido a que se aplaza la entrada del programa de oxigenación de gasolinas para los departamentos de Tolima, Huila, Antioquia, Chocó, Córdoba, Sucre, Atlántico, Magdalena y Bolívar, hasta que exista oferta nacional del alcohol carburante.	Alcohol carburante y Combustibles oxigenados
Resolución 180147 de 2009	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se adicionan las Resoluciones 180687 de 2003 y 181088 de 2005 para la entrada del programa de oxigenación de combustibles en Huila y Tolima mediante la definición de los fletes de transporte entre las plantas destiladoras de alcohol carburante ubicadas en el sur-occidente del país y el eje cafetero y las plantas de abastecimiento mayorista en las cuales se realizará la mezcla, además del régimen de distribución aplicable a las ciudades que se abastezcan de las mismas.	Alcohol carburante y Combustibles oxigenados
Resolución 180819 de 2009	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se adicionan las Resoluciones 180687 de 2003 y 181088 de 2005 en relación con la entrada del programa de oxigenación de combustibles en Antioquia y Chocó y la definición de los fletes de transporte entre las plantas destiladoras de alcohol carburante ubicadas en el sur-occidente del país y el Eje Cafetero, y las plantas de abastecimiento mayorista en las cuales se realizará la mezcla que todavía no tengan sus respectivas tarifas definidas, además del régimen de distribución aplicable a las ciudades que se abastezcan de las mismas.	Alcohol carburante y Combustibles oxigenados

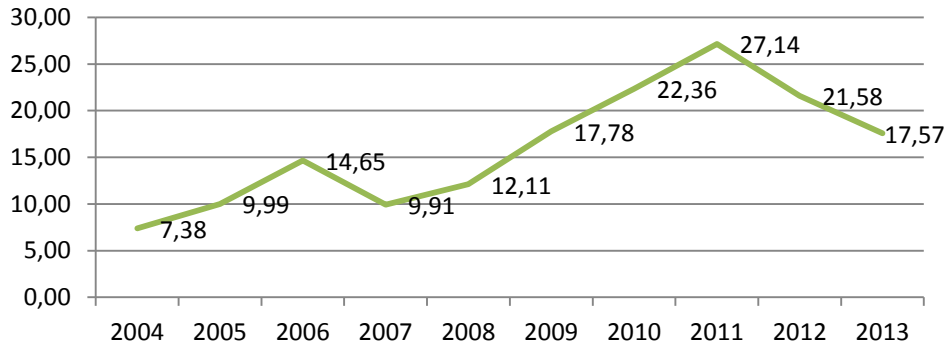
Resolución 182368 de 2009	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se modifican las Resoluciones 180687 de 2003 y 181088 de 2005, en relación con el programa de oxigenación de combustibles en el país en el sentido de señalar que a partir del 1º de enero de 2010, las gasolinas que se distribuyan en las plantas ubicadas en Bogotá, el centro del país, los llanos orientales, sur y occidente del país, Bucaramanga, Santander y sur del Cesar deben reducir el contenido de alcohol carburante a 8% de mezcla. Así mismo, la resolución establece que a partir del 1º de febrero de 2010 se debe iniciar de nuevo con la mezcla de 8% de alcohol carburante con las gasolinas en Huila, Tolima, Caquetá y Putumayo y que a partir del 1º de abril de 2010, se debe iniciar con igual porcentaje de mezcla en toda la costa atlántica.	Alcohol carburante y Combustibles oxigenados
Resolución 182275 de 2010	Ministerio de Minas y Energía	Determinó que las gasolinas que se distribuyan en el país durante diciembre de 2010 no contendrán mezclas de alcohol carburante, dado el fuerte invierno que se venía presentando.	Gasolinas Básicas y Oxigenadas
Resolución 182531 de 2010	Ministerio de Minas y Energía	Restableció el programa de oxigenación de gasolinas con una mezcla E8 para el occidente, el eje cafetero, Antioquia, Chocó, Huila, Tolima, Putumayo, Caquetá y Amazonas, y mantuvo la suspensión en la costa atlántica, los Santanderes y el centro e interior del país.	Gasolinas Básicas y Oxigenadas
Resolución 180083 de 2011	Ministerio de Minas y Energía	Levanta la restricción de mezcla E8 a partir de febrero de 2010 en La Guajira, Atlántico, Bolívar, Cesar, Magdalena, Córdoba, Sucre y San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Cundinamarca, Boyacá, Meta, Guaviare, Casanare, Vichada y Guainía, para iniciar nuevamente la mezcla de 8% de alcohol carburante con las gasolinas y mantenerla suspendida por limitaciones de oferta en Santander y Norte de Santander.	Gasolinas Básicas y Oxigenadas
Resolución 180238 de 2011	Ministerio de Minas y Energía	Levanta la restricción de mezcla E8 a partir de marzo de 2010 en Santander para iniciar nuevamente la mezcla de 8% de alcohol carburante con las gasolinas y mantenerla suspendida por competitividad en los precios frente al país vecino en Norte de Santander.	Gasolinas Básicas y Oxigenadas
Resolución 181048 de 2011	Ministerio de Minas y Energía	Aumenta de E8 a E10 la mezcla de alcohol carburante con las gasolinas en el sur y el occidente del país a partir del 1º de julio de 2011.	Gasolinas Oxigenadas
Decreto 1609 de 2002	Presidencia de la República	Reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.	Mercancías peligrosas

ANEXO II

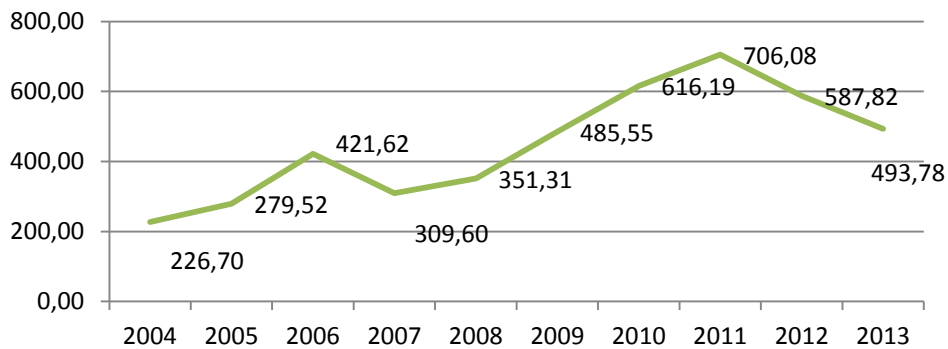


ANEXO III

**PROMEDIO MENSUAL AZÚCAR  
CRUDO PRIMERA POSICIÓN - NUEVA  
YORK (fob) - US\$cents/lb**



**PROMEDIO MENSUAL AZÚCAR  
BLANCO PRIMERA POSICIÓN -  
LONDRES (fob) - US\$/ton**



Fuente: Comercializadora Internacional de Azúcares y Mieles S.A. (Ciamsa).

## ANEXO IV

Continente	Millones de galones		
	2010	2011	2012
América del Norte y Central	13.721	14.401	13768,1
América del Sur	7.122	5.772	5811,1
Brasil	6.922	5.573	5577,3
Europa	1.209	1.168	1139,1
Asia	786	890	952
China	542	555	555
Canadá	357	462	449
Australia	66	87	71
África	44	38	42
Oceanía	66	0	0





## LICENCIA DE USO – AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

Actuando en nombre propio identificado (s) de la siguiente forma:

Nombre Completo Maria Yodaly Sierra Rubio

Tipo de documento de identidad: C.C.  T.I.  C.E.  Número: 10 189 16718

Nombre Completo Jaime Andrés Díaz

Tipo de documento de identidad: C.C.  T.I.  C.E.  Número: 80 210.021

Nombre Completo \_\_\_\_\_

Tipo de documento de identidad: C.C.  T.I.  C.E.  Número: \_\_\_\_\_

Nombre Completo \_\_\_\_\_

Tipo de documento de identidad: C.C.  T.I.  C.E.  Número: \_\_\_\_\_

El (Los) suscrito(s) en calidad de autor (es) del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado, documento de investigación, denominado:

Estudio de Prefactibilidad : Planta de Transformación de Residuos Orgánicos en Bioetanol.

Dejo (dejamos) constancia que la obra contiene información confidencial, secreta o similar: SI  NO   
(Si marqué (marcamos) SI, en un documento adjunto explicaremos tal condición, para que la Universidad EAN mantenga restricción de acceso sobre la obra).

Por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Universidad EAN, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad EAN y a los usuarios de bases de datos y sitios webs con los cuales la Institución tenga convenio, a ejercer las siguientes atribuciones sobre la obra anteriormente mencionada:

- A. Conservación de los ejemplares en la Biblioteca de la Universidad EAN.
- B. Comunicación pública de la obra por cualquier medio, incluyendo Internet
- C. Reproducción bajo cualquier formato que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro
- D. Que los ejemplares sean consultados en medio electrónico
- E. Inclusión en bases de datos o redes o sitios web con los cuales la Universidad EAN tenga convenio con las mismas facultades y limitaciones que se expresan en este documento
- F. Distribución y consulta de la obra a las entidades con las cuales la Universidad EAN tenga convenio

Con el debido respeto de los derechos patrimoniales y morales de la obra, la presente licencia se otorga a título gratuito, de conformidad con la normatividad vigente en la materia y teniendo en cuenta que la Universidad EAN busca difundir y promover la formación académica, la enseñanza y el espíritu investigativo y emprendedor.

Manifiesto (manifestamos) que la obra objeto de la presente autorización es original, el (los) suscritos es (son) el (los) autor (es) exclusivo (s), fue producto de mi (nuestro) ingenio y esfuerzo personal y la realizó (zamos) sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y tengo (tenemos) la titularidad sobre la misma. En vista de lo expuesto, asumo (asumimos) la total responsabilidad sobre la elaboración, presentación y contenidos de la obra, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Universidad EAN por estos aspectos.

En constancia suscribimos el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C.,

NOMBRE COMPLETO: Jaime Andres Diaz  
FIRMA: Jaime Diaz  
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 80210.021  
FACULTAD: posgrados  
PROGRAMA ACADÉMICO: Negocios y Finanzas Int

NOMBRE COMPLETO: Maria Yodaly Sierra Rubio  
FIRMA: M. Sierra  
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 1018416718  
FACULTAD: postgrados  
PROGRAMA ACADÉMICO: finanzas y negocios Intern.

NOMBRE COMPLETO: \_\_\_\_\_  
FIRMA: \_\_\_\_\_  
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: \_\_\_\_\_  
FACULTAD: \_\_\_\_\_  
PROGRAMA ACADÉMICO: \_\_\_\_\_

NOMBRE COMPLETO: \_\_\_\_\_  
FIRMA: \_\_\_\_\_  
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: \_\_\_\_\_  
FACULTAD: \_\_\_\_\_  
PROGRAMA ACADÉMICO: \_\_\_\_\_

Fecha de firma: \_\_\_\_\_