

**ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DESARROLLO DE UNA PLANTA
DE PRODUCCIÓN DE ETANOL A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS
SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.**

**JOSÉ ALEJANDRO RODRÍGUEZ REDONDO
CÓDIGO 23582**

**UNIVERSIDAD ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
AREA DE INGENIERIA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2015**

**ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL DESARROLLO DE UNA PLANTA
DE PRODUCCIÓN DE ETANOL A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS
SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.**

**JOSÉ ALEJANDRO RODRÍGUEZ REDONDO
CÓDIGO 23582**

**Proyecto de grado, requisito para optar el título de:
INGENIERO MECÁNICO**

**Director:
Ing. Qco. M.Sc. MANUEL ALEJANDRO MAYORGA B.**

Codirectores:

**UNIVERSIDAD ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
AREA DE INGENIERIA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2015**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, 10 de mayo de 2015.

DEDICATORIA

La primera persona a quien puedo dedicar este trabajo es a Dios, quien me ha provisto de inteligencia y sabiduría para poder llevar a cabo mis estudios hasta este punto cúspide que hace parte de una etapa de mi vida. “Gracias Dios por permitir que mi vida cuente con tu compañía, guía y sabiduría para obtener este logro tan importante para mi vida y la de mi familia”.

A mi madre, María de Jesús Redondo por ser ese apoyo incondicional, esa motivación inagotable, por ser la persona que desde hace mucho tiempo ha inculcado las mejores cosas y detalles para formar en mí una persona honorable y profesional en todo lo que hace, gracias mamá.

AGRADECIMIENTOS

A Dios primeramente por permitir que este día y este trabajo de grado pudiera ser culminado con paciencia y dedicación.

Al ingeniero Alejandro Mayorga Betancourt por su guía, apoyo e instrucción oportuna como asesor de la tesis durante todo el proceso investigativo del proyecto.

A compañeros y amigos que apoyaron esta idea y me brindaron su apoyo en los momentos más oportunos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	21
1 ESTUDIO DE MERCADO	24
1.1 ESPECIFICACIONES DEL ETANOL EN COLOMBIA	24
1.2 PANORAMA INTERNACIONAL.....	26
1.3 PANORAMA NACIONAL.....	30
1.3.1 Demanda de combustible en la ciudad de Bogotá.....	32
1.3.2 Análisis de los precios de la gasolina y bioetanol en Colombia.	33
1.4 COMERCIALIZACION DEL BIOETANOL.....	35
1.4.1 Cadena de distribución de la gasolina.	35
1.4.2 Cadena de distribución del bioetanol.....	35
1.4.3 Comercialización del bioetanol producido en Bogotá.	36
1.5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO.....	37
2 EVALUACIÓN TECNICA DEL PROYECTO.....	38
2.1 TAMAÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCION.....	38
2.2 LOCALIZACION DEL PROYECTO.....	39
2.2.1 Macro localización del proyecto.....	39
2.2.2 Microlocalización del proyecto.....	42

2.3	MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL.....	45
2.3.1	Obtención de la materia prima principal (FORSU).....	48
2.3.1.1	Producción de residuos sólidos orgánicos a nivel residencial.....	48
2.3.1.2	Patrones de consumo y producción de residuos a partir de verduras hortalizas y frutas en la ciudad de Bogotá.	50
2.3.1.3	Producción de residuos sólidos orgánicos en plazas de mercado.....	58
2.3.1.4	Producción de residuos sólidos orgánicos a partir la poda de césped.....	61
2.3.1.5	Clasificación de los residuos.....	62
2.3.1.6	Propuesta para la metodología de recolección y preselección de los residuos para la producción de bioetanol.	63
2.3.1.7	Volumen de la FORSU obtenida en Bogotá.....	66
2.3.1.8	Conclusiones en la obtención de residuos orgánicos.	67
2.4	PROCESO DE FABRICACIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE FORSU.....	68
2.4.1	Plantas de producción de bioetanol a nivel mundial a partir de residuos orgánicos.	68
2.4.2	Tecnologías, procesos actualizados y comentarios generales en la producción de bioetanol.....	69
2.4.2.1	Bluefire Renewables Inc, Japón.....	71
2.4.2.2	Perseo, España.	72
2.4.2.3	Biogasol, Dinamarca.....	73
2.4.2.4	Ineos, Suiza.	74
2.4.2.5	Abengoa, España.	76

2.4.2.6 TMO Group, Reino Unido.	77
2.4.2.7 Enerkem, Canadá.	80
2.5 ANTECEDENTES SOBRE PROYECTOS E INVESTIGACIONES EN COLOMBIA.....	81
2.6 PROPUESTA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BIOETANOL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.....	84
2.6.1 Pre-tratamientos físicos.	86
2.6.1.1 Trituración mecánica.....	86
2.6.2 Hidrólisis.	89
2.6.2.1 Hidrólisis enzimática de residuos orgánicos.	89
2.6.3 Sacarificación y fermentación simultáneas.	91
2.6.4 Proceso de fermentación.	92
2.6.5 Destilación y deshidratación del vino.	94
2.6.6 Volúmenes aproximados de materia prima y producto terminado para el proyecto.	97
2.6.6.1 Escenario de producción básica.	97
2.6.6.2 Escenario de producción intermedia.	98
2.6.6.3 Escenario de alta producción.....	98
2.7 MATERIAS PRIMAS COMPLEMENTARIAS PARA EL PROYECTO.	99
2.7.1 Abastecimiento de agua para el proyecto.	99
2.7.1.1 Escenario de producción básica.	100

2.7.1.2 Escenario de producción intermedia.....	100
2.7.1.3 Escenario de alta producción.....	101
2.7.2 Enzimas para hidrólisis.....	101
2.7.3 Levaduras para el proceso de fermentación.....	102
2.8 RECURSO HUMANO PARA EL PROYECTO.....	103
2.9 LISTADO DE EQUIPOS.....	104
3 ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIERO DEL PROYECTO.....	107
3.1 ESTUDIO ECONOMICO.....	107
3.1.1 Detalles de la inversión del proyecto.....	107
3.1.1.1 Inversión en activos fijos, tangibles e intangibles.....	108
3.1.1.2 Cargos de depreciación.....	110
3.1.2 Costos del proyecto.....	111
3.1.2.1 Costos fijos.....	111
3.1.2.2 Costos variables.....	115
3.1.3 Costo total de la operación.....	116
3.1.4 Costo del galón de biocombustible producido.....	116
3.1.5 Ingresos estimados para el proyecto.....	117
3.1.5.1 Rentabilidad económica del proyecto.....	118
3.1.6 Capital de inversión para inicio de operación.....	118
3.2 ANALISIS FINANCIERO DEL PROYECTO.....	119

3.2.1 Flujo neto de efectivo (FNE).	120
3.2.2 Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).....	120
3.2.3 Valor presente neto (VPN).....	122
4 CONCLUSIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	129
ANEXOS.....	142

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1. Requisitos de calidad del etanol anhidro.....	25
Tabla 1.2. Reglamentación del bioetanol en Colombia.....	26
Tabla 1.3. Producción de etanol a nivel mundial.....	27
Tabla 1.4. Porcentaje de mezcla del etanol en el mundo.	29
Tabla 1.5. Plantas productoras de bioetanol en Colombia.....	31
Tabla 2.1. Método de factores ponderados aplicado.	42
Tabla 2.2. Método de factores ponderados aplicado a la microlocalización.	44
Tabla 2.3. Índice de refracción de jugos de fruta.	46
Tabla 2.4. Consumo de alimentos vs producción de residuos.....	49
Tabla 2.5. Producción de residuos en Bogotá, año 2011.	49
Tabla 2.6. Proyección en la producción de residuos orgánicos en Bogotá.....	50
Tabla 2.7. Porcentaje de consumo y desperdicio de las verduras.	51
Tabla 2.8. Porcentaje de consumo y desperdicio en almidones y azúcares.....	52
Tabla 2.9. Porcentaje de consumo y desperdicios en frutas.....	53
Tabla 2.10. Crecimiento poblacional en Bogotá.....	55
Tabla 2.11. Producción de residuos orgánicos en plazas de mercado distritales. .	59
Tabla 2.12. Producción de residuos orgánicos en plazas de mercado privadas. ..	60
Tabla 2.13. Producción de residuos a partir de la poda de césped.	61
Tabla 2.14. Clasificación de los residuos para su recolección.....	64

Tabla 2.15. Volumen de RSU mensual por usuario en Bogotá.....	66
Tabla 2.16. Plantas de producción de etanol en el mundo a base de material orgánico.	69
Tabla 2.17. Tecnologías y procesos de producción usados a nivel mundial.	70
Tabla 2.18. Personal de planta para el proyecto.....	103
Tabla 2.19. Listado de equipos áreas A y B.	104
Tabla 2.20. Listado de equipos área C.	105
Tabla 2.21. Listado de equipos área D.	106
Tabla 2.22. Listado de equipos área E.	106
Tabla 3.1. Activos fijos tangibles.....	108
Tabla 3.2. Porcentaje de inversión para el proceso principal.....	109
Tabla 3.3. Inversión en activos diferidos o intangibles.....	109
Tabla 3.4. Inversión en activos fijos y diferidos.....	110
Tabla 3.6. Valores de depreciación.....	110
Tabla 3.7. Costos indirectos del proyecto.....	111
Tabla 3.8. Gastos de operación para la producción.....	111
Tabla 3.9. Costo aproximado del servicio de electricidad.	112
Tabla 3.10. Costo aproximado del servicio de agua y alcantarillado.	113
Tabla 3.11. Gastos de nómina.	113
Tabla 3.12. Salarios asignados al personal de planta.....	114
Tabla 3.13. Costos aproximados de la materia prima de origen químico.	115

Tabla 3.14. Costo total de la operación.	116
Tabla 3.15. Precio por galón producido.	117
Tabla 3.16. Ingresos del proyecto a partir del precio promedio por galón.	117
Tabla 3.17. Ingresos del proyecto a partir del precio de marzo de 2015 por galón.	118
Tabla 3.18. Estructura del capital de inversión.	119
Tabla 3.19. Proyección de ingresos y egresos del proyecto.	121
Tabla 3.20. Calculo del FNE del proyecto.	124

LISTADO DE GRAFICAS

Gráfica 1.1. Producción y ventas de bioetanol en Colombia.....	30
Gráfica 1.2. Consumo de gasolinas en Bogotá.....	33
Gráfica 1.3. Precios de la gasolina, bioetanol y E8/E10.	34
Gráfica 2.1. Producción de residuos a partir de frutas de uso doméstico en Bogotá.	56
Gráfica 2.2. Producción de residuos a partir de verduras y hortalizas de uso doméstico en Bogotá.	57

LISTADO DE DIAGRAMAS

Diagrama 2.1. Diagrama de proceso para plantas de Bluefire con tecnología Arkenol	71
Diagrama 2.2. Diagrama de proceso para el proyecto Perseo.	73
Diagrama 2.3. Diagrama de proceso para el proyecto Biogasol.	74
Diagrama 2.4. Diagrama de proceso para el proyecto Ineos.	75
Diagrama 2.5. Diagrama de proceso para el proyecto Abengoa.	77
Diagrama 2.6. Ingeniería metabólica de la síntesis del etanol.	78
Diagrama 2.7. Diagrama de proceso para el proyecto TMO Group.	79
Diagrama 2.8. Diagrama de proceso para el proyecto Enerkem.	80
Diagrama 2.9. Diagrama de proceso del Proyecto.	85
Diagrama 2.10. Destilación y deshidratación del bioetanol.	96
Diagrama 3.1. Diagrama de flujo para la evaluación económica.	123

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1.1. Mapa de producción de bioetanol en Colombia.	32
Imagen 2.1. Macrolocalización del proyecto.	40
Imagen 2.2. Microlocalización del proyecto.	43
Imagen 2.3. Área detallada para la construcción.	45
Imagen 2.4. Grados Brix de frutas comunes.	47
Imagen 2.5. Camión compactador de doble compartimiento.	65
Imagen 2.6. Triturador de rodillo.	87
Imagen 2.7. Proceso de trituración de los residuos.	88
Imagen 2.8. Herramientas de trituración.	88

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1. Consumo de gasolinas en Bogotá.....	142
ANEXO 2. Precios de la gasolina, bioetanol y E8 o E10.....	143
ANEXO 3. Producción de residuos a partir de frutas.....	144
ANEXO 4. Producción de residuos a partir de verduras y hortalizas.....	145
ANEXO 5. P&ID del proceso de producción.....	147
ANEXO 6. Tabulación de la nómina.....	150
ANEXO 7. Resumen para el pago de la financiación del proyecto.....	151

GLOSARIO

➤ A

Aldehído

Compuestos orgánicos caracterizados por poseer el grupo funcional -CHO. Son denominados como los alcoholes correspondientes, cambiando su terminación -ol por -al. [Alcohol deshidrogenado]

➤ B

Biomasa

- a. Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.
- b. Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

➤ C

Celulosa

Biopolímero conformado exclusivamente por moléculas de β -glucosa. Homopolisacárido estructural en las plantas, ya que forma parte de los tejidos de sostén, siendo la biomolécula orgánica más abundante de la biomasa terrestre.

➤ E

Etanol rectificado

Alcohol etílico sometido a una rectificación química, con el fin de eliminar algunos residuos que pueden ser nocivos en su uso final. Tiene una pureza del 95.5% v/v.

Etanol anhidro

El etanol anhidro es un Alcohol Etílico que se caracteriza por tener muy bajo contenido de agua y ser compatible para mezclar con gasolinas en cualquier proporción para producir un combustible oxigenado con mejores características.

Enzimas

Son moléculas de naturaleza proteica y estructural que funcionan como catalizadores en las reacciones químicas bajo unas condiciones termodinámicas estables, normalmente la velocidad de la reacción química ocurre a una velocidad baja, por tal razón se utilizan nutrientes adicionales y cocteles de enzimas para mejorar su rendimiento, rapidez en la reacción y un mejor rendimiento en la descomposición de la materia orgánica.

➤ F

Fusel

Aceite de fusel, formado por alcoholes de orden superior (Alcoholes con más de dos átomos de carbono, propanol, butanol y alcohol amílico-, aldehídos y ésteres), el fusel es producido por la fermentación alcohólica, la cual produce 95% de alcohol y un 5% de aceite de fusel.

FORSU

Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Es la cantidad de residuos de origen orgánico que se encuentran incluidos dentro de la basura comúnmente producida a nivel urbano.

➤ G

Grados Brix

Es la escala utilizada para medir la cantidad aproximada de azúcares disueltos en una cantidad de líquido en zumos de fruta, vino y bebidas suaves.

➤ I

Índice de refracción

Método de medida usado para determinar la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo. Método utilizado para determinar los grados Brix de los zumos de frutas entre otros.

➤ **L**

Lignina

Sustancia que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen, la lignina constituye el 25% de la madera. Componente de la madera que proporciona rigidez a la pared celular.

Levadura

Es un hongo microscópico unicelular capaz de realizar la descomposición de diversos cuerpos orgánicos mediante el proceso de fermentación, para esta investigación estos cuerpos orgánicos son los azúcares o hidratos de carbono para obtener alcohol.

➤ **M**

Meladura

Jarabe previo para la fabricación del azúcar.

Miel B

Miel obtenida como subproducto de la elaboración del azúcar.

MSW

Municipal Solid Waste. Residuos sólidos municipales.

➤ **V**

Vinaza

Es un subproducto líquido obtenido de la destilación del mosto en la fermentación del etanol.

INTRODUCCION

El proyecto define el producto como bioetanol, obtenido a partir de la Fracción Orgánica De Residuos Sólidos Urbanos (FORSU).

Denominado también etanol lignocelulósico debido a su proveniencia de los azúcares contenidos en algunos productos vegetales, su fórmula química es C_2H_5OH , en Colombia el bioetanol es designado con el nombre de Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 5308, siendo un componente oxigenante de las gasolinas que mejora la eficiencia termodinámica del combustible reduciendo las emisiones contaminantes.

Este combustible es un alcohol etílico con un bajo contenido de agua, mezclado con desnaturalizantes (gasolina motor sin contenido de plomo) en una concentración mínima del 2% y máxima del 3%, con el objetivo de convertirlo en impotable para poder transportarlo con mayor seguridad a los centros de abasto de acuerdo con la Resolución 1565 de 2004 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial junto con el Ministerio de Minas y Energía.

Actualmente a nivel nacional se está prestando gran atención a la obtención de biocombustibles a base de biomasa, con el fin de dar un nuevo rumbo a las energías alternativas locales en busca de una solución eficiente y amigable con el medio ambiente, esto también impulsado por corrientes internacionales que se encuentran en una carrera contra reloj para dejar a un lado la dependencia del petróleo y reducir las emisiones contaminantes, responsables del calentamiento global y otras consecuencias ambientales críticas e irreversibles.

A nivel local, la ciudad de Bogotá presenta un alto índice de contaminación proveniente de los combustibles fósiles y el uso de combustibles alternativos como el etanol y el biodiesel aún se encuentran en desarrollo ya que los porcentajes de utilización aún son pequeños en comparación con Brasil, Estados Unidos y Europa. Además en la actualidad la ciudad afronta un problema en cuanto al manejo de basuras y procesos de reciclaje con baja eficiencia a pesar de los esfuerzos realizados por las últimas administraciones locales, lo que ha hecho que el relleno sanitario local sea el destino de toneladas de basura sin una clasificación eficiente las cuales pueden llegar a ser empleadas nuevamente en procesos que

brinden un beneficio adicional, reduciendo el volumen final de residuos que llegan al sitio de disposición final.

En los últimos años, Bogotá está renovando su sistema de recolección de basuras, aunque ha presentado algunos inconvenientes como se ha podido evidenciar en los diarios y noticieros nacionales y que han encendido las alarmas sobre la capacidad de almacenamiento del relleno sanitario local, lo que pone en una encrucijada a las autoridades ambientales locales para afrontar la problemática de las basuras en la ciudad.

En el año de 2007, se publicó un informe de evaluación sobre el relleno sanitario Doña Juana, el cual estaba enfocado hacia la producción de biogás en sitio. Este informe fue realizado por SCS ENGINEERS, quienes explican que basado en información suministrada por la UAESP, mencionan que el relleno tiene capacidad de cuarenta y siete millones de toneladas de basura, las cuales llegaría a cumplirse hasta el año 2016, pero vemos que la situación actual es muy distinta al tener problemas de administración de recursos y disposición de residuos en la ciudad.

Por otra parte en la actualidad España maneja un proyecto piloto para la producción de etanol a base de residuos sólidos urbanos de naturaleza orgánica y que son avalados por empresas automotrices locales, lo que permite unificar la problemática actual que atraviesa la ciudad y abre las puertas para realizar un proyecto que permita la fabricación de combustible y permita aliviar el problema de las basuras favoreciendo directamente a toda la comunidad local y aledañas, no obstante la información de este proyecto español, denominado Perseo abre las puertas a más de una docena de proyectos innovadores en la producción de biocombustibles a partir de FORSU en varios puntos del planeta.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pretende realizar un estudio técnico económico del proyecto con el fin de evaluar el impacto económico, social y técnico, aplicado a la producción de bioetanol de calidad, para ser usado en motores de combustión interna de uso constante en la ciudad de Bogotá.

OBJETIVOS

Este proyecto está encaminado a establecer la viabilidad y beneficios futuros para la ciudad en cuanto a mejoramiento en el manejo final de los residuos orgánicos y el avance tecnológico para la región al crear una planta de producción con tecnología de punta.

OBJETIVO GENERAL.

Realizar un estudio técnico económico para determinar las ventajas, desventajas, funcionalidad, productividad y eficiencia de la construcción de una planta de fabricación de etanol a base de residuos sólidos urbanos orgánicos [RSU], originados en la ciudad de Bogotá, proyectando una solución al problema local de contaminación por basuras y la creación de nuevas tecnologías que permitan generar un combustible más limpio, reduciendo las emisiones de gases contaminantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre la producción y caracterización de los desechos orgánicos en la ciudad de Bogotá, con el fin de establecer y clasificar la calidad de los residuos frente a la calidad y cantidad del combustible a producir, aplicando la normatividad legal y técnica vigente.
- Estudiar las condiciones de desarrollo del proyecto para todo el proceso desde la obtención de la materia prima, caracterización, transporte, proceso y entrega del combustible, teniendo en cuenta la ubicación de la planta de producción y el impacto social, ambiental y económico de la misma, con el fin de obtener las ventajas, desventajas, funcionalidad, productividad y eficiencia del proyecto.
- Elaborar un estudio técnico económico que permita conocer la magnitud del proyecto aplicado en la ciudad de Bogotá, generando una solución ambiental y tecnológica que beneficia a la comunidad local y que se puede desarrollar en otras zonas del país.

1 ESTUDIO DE MERCADO

Para el desarrollo de este estudio técnico económico se deben conocer los entornos de producción y consumo del bioetanol a nivel internacional, nacional y local, obteniendo una base informativa que permita visualizar las ventajas del desarrollo de este proyecto en la ciudad de Bogotá.

La producción y uso del bioetanol no es una nueva tecnología, se ha demostrado que su producción y aplicación como complemento y reemplazo de combustibles fósiles es beneficiosa en cuanto a costos y niveles de contaminación en las grandes ciudades [1]. Por tal razón, a nivel mundial en la última década la producción de este biocombustible ha sido un gran evento en el área de hidrocarburos por su rápida propagación en la producción y desarrollo de nuevas tecnologías que han puesto en alto el nombre de este alcohol que se presume será un excelente sustituto de la gasolina [2].

Algo que se debe resaltar en este estudio es que bajo el amparo de la Ley 693 de 2001 expedida por el Congreso De La República De Colombia, se establece el uso obligatorio de los alcoholes carburantes como elementos oxigenantes de las gasolinas, además se otorgan exenciones tributarias para el productor de alcohol carburante. Esto define al bioetanol como un combustible de uso masivo y constante en el mercado de hidrocarburos a nivel nacional.

Considerando lo anterior este estudio no está provisto de un análisis de la demanda preestablecido ya que la distribución de este producto esta legislada para tener una libre producción con un consumo constante dentro de la población.

1.1 ESPECIFICACIONES DEL ETANOL EN COLOMBIA

Conforme a la Resolución 1565, a su vez modificada por la Resolución 2200 del 29 de Diciembre de 2005 se establece la Tabla 6.1 dentro del documento original, con las especificaciones para el bioetanol antes de ser mezclado con la gasolina.

Esta resolución contiene las tablas de especificaciones técnicas que se deben cumplir para los productos como el bioetanol anhidro, el bioetanol desnaturalizado, la gasolina pura y con mezcla de bioetanol, así mismo para el combustible diésel puro y mezclado con el biodiesel. Este estudio se centra en las especificaciones del bioetanol anhidro sin ningún tipo de mezcla para su distribución, la Tabla 1.1

contiene los requisitos de calidad del etanol anhidro combustible utilizado como componente oxigenante de gasolinas.

La nación Colombiana, basándose en la experiencia y desarrollo de países líderes en la producción de bioetanol ha desarrollado una legislación acorde con las necesidades actuales en el territorio nacional como se muestra en la Tabla 1.2.

Mediante esta reglamentación se ha controlado la producción y distribución del combustible en el territorio nacional influyendo también en el cultivo y controlando el impacto social en la región del Valle del Cauca en donde se concentra esta industria. Las normas y resoluciones contenidas en la Tabla 1.2, han sido consultadas directamente en las páginas web del Ministerio de Minas y Energía además del Ministerio del Medio Ambiente.

Tabla 1.1. Requisitos de calidad del etanol anhidro.

TABLA 1A				
Característica	Unidad	Especificación		Métodos de prueba
		Fecha de Vigencia	de	
		Nov. 1 de 2005		
1	Color	--	Incoloro	Visual
2	Aspecto	--	[1]	Visual
3	Acidez total (como ácido acético), máximo	mg/l	56	56ASTM D 1613 o ABNT / NBR9866 o MB2606
		% masa	0,007	
4	Conductividad eléctrica, máxima	μS/m	500	500ASTM D 1125 o ASTM D 891 o ABNT / NBR5992 o MB1533
5	Densidad a 20°C, máximo	kg/m ³	791,5	791,5 ASTM D 4052 o [2] ABNT / NBR 10547 o MB2788
6	% de etanol, mínimo	%Vol.	99,5	99,5ASTM D 5501
7	% alcohólico a 20°C, mínimo	°INPM	99,2	99,5ABNT / NBR5992 o MB1533
8	Material no volátil a 105°C, máximo	mg/l	30	30ABNT / NBR 2123
9	Alcalinidad		Negativo	Negativo ABNT / NBR9866
[1] Limpio, claro, sin color y libre de impurezas y de materiales en suspensión y precipitados.				
[2] ABNT / NBR: Métodos de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas / Normas Brasileiras...				

Fuente Resolución 2000 del 29 de diciembre de 2005.

En la columna de unidades de la Tabla 1.1 se observa el término °INMP, el cual significa el porcentaje de alcohol en peso o el contenido de alcohol, es decir que a temperatura de 20°C existe un contenido de alcohol equivalente a 99.2% con un contenido de agua equivalente al 0.8%.

Mediante esta reglamentación se ha controlado la producción y distribución del combustible en el territorio nacional influyendo también en el cultivo y controlando el impacto social en la región del Valle del Cauca en donde se concentra esta industria. Las normas y resoluciones contenidas en la Tabla 1.2, han sido consultadas directamente en las páginas web del Ministerio de Minas y Energía además del Ministerio del Medio Ambiente.

Tabla 1.2. Reglamentación del bioetanol en Colombia.

Resoluciones / Decretos		Descripción
Leyes	Resoluciones 180687/03 y 181069/05	Reglamento técnico de los alcoholes carburantes y gasolinas oxigenadas.
	Resolución 2200 de 2005	Especificaciones de calidad del Etanol Anhidro Combustible.
	Resolución 1565 de 2004	Especificaciones calidad Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado.
	Resolución 1180 de 2006	Especificaciones de calidad de las gasolinas básicas y oxigenadas.
	Resolución 182142 de 2007	Registro de Productores e Importadores de Biodiesel.
	Resolución 182087 de 2007	Especificaciones del Biodiesel y de las mezclas Diesel-Biodiesel.
	Decretos 4299 de 2005, 1333 de 2007 y 1717 de 2008	Reglamentan a los agentes de la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo.
Normas Técnicas Colombianas	NTC-5308	Etanol anhidro combustible desnaturalizado para mezclar con gasolinas motor.
	NTC-5389	Etanol anhidro desnaturalizado y su mezcla con gasolina motor. Almacenamiento.
	NTC-5414	Etanol anhidro desnaturalizado. Transporte.

Fuente Ministerio de Minas y energía, Ministerio del Medio Ambiente.

1.2 PANORAMA INTERNACIONAL.

Ante un inminente desabastecimiento de petróleo a nivel mundial y la legislación ambiental vigente, algunas naciones dependientes del uso de combustibles fósiles han tenido que iniciar una carrera contra el tiempo para encontrar una fuente de energía eficiente y limpia que no frene su normal desarrollo rutinario de operación.

Esta carrera investigativa ha dado como resultado la explotación masiva de los azúcares para producir alcohol carburante. Sin embargo, esta tecnología no es nueva, ya que el primer vehículo con motor de combustión interna de Ford, más conocido como el modelo “T” funciono completamente con etanol obtenido del maíz. Entre los años 1920 y 1924 la *Standar Oil Company* comercializó una mezcla de E-25 principalmente en Baltimore, sin embargo los elevados precios del maíz y la dificultad de almacenamiento y transporte hundieron el proyecto. Posteriormente durante la década de los años 30, Henry Ford hizo una sociedad para construir la primera biorefinería en Atchison, Kansas para producir etanol a base de maíz que al ser mezclado con gasolina es conocido comercialmente como gasohol. Más tarde en la década de los años 40, la llegada de los precios bajos de comercialización del petróleo produjo un nuevo fracaso del proyecto eliminándolo del mercado hasta la actualidad.

Tabla 1.3. Producción de etanol a nivel mundial.

	No.	Nombre	Materia Prima	P. Etanol (Mgal/año)
AÑO 2013	1	Estados Unidos	Granos-Residuos lignocelulósicos	13.312
	2	Brasil	Caña de azúcar-Residuos lignocelulósicos	6.267
	3	Unión Europea	Remolacha-Cereal-Residuos lignocelulósicos	1.371
	4	China	Caña de azúcar	696
	5	India	Caña de azúcar	545
	6	Canadá	Granos	523
	7	Resto del mundo	Varios	727
AÑO 2012	1	América del Norte y Central	Granos / Caña de azúcar	13.768
	2	América del Sur	Caña de azúcar	5.800
	3	Brasil	Caña de azúcar- Residuos lignocelulósicos	5.577
	4	Unión Europea	Remolacha-Cereal-Residuos lignocelulósicos	1.371
	5	Asia	Caña de azúcar	952
	6	China	Caña de azúcar	555
	7	Canadá	Granos	449
	8	Australia	Caña de azúcar	71
	9	África	Caña de azúcar	42

Fuente Ministerio de Economía del Japón, Asociación de combustibles Renovables y Comisión Económica para América Latina [3,4,5].

Henry Ford es actualmente el responsable de que las investigaciones para encontrar un combustible alternativo hayan terminado en el desarrollo a gran escala en la actualidad del combustible creado y producido en 1908 en su carrera por desarrollar un vehículo automotor para la época.

En los últimos años se ha implementado el consumo de biocombustibles siendo el bioetanol uno de los más desarrollados a gran escala en el mundo **tal como se muestra en la Tabla 1.3**. A continuación se tiene el volumen de producción en millones de galones por año (Mgal/año) de los países más desarrollados en este tipo de tecnología de biocombustibles.

La Tabla 1.3 muestra los países más representativos en la producción de etanol y que hacen parte de un grupo de países más amplio y organizado por continentes de la siguiente manera: Asia, sus principales productores y consumidores de etanol en la actualidad son China, Tailandia, Indonesia, Japón, Arabia Saudita, y Pakistán. América, sus principales productores y consumidores son Estados Unidos, Brasil, Canadá, Costa Rica, Colombia, Perú, Paraguay y Uruguay. Los continentes de África y Europa con sus principales productores y consumidores como lo son Francia, Rusia, España Suecia, Alemania, Reino Unido, Italia y Sur África. Finalmente el listado lo completa Australia que hace parte del continente de Oceanía.

En el año de 2012 la producción de bioetanol en Asia va acompañada de la producción de bioetanol en China, esto, debido a que la producción en China es representativa en el continente respecto a otros productores como Japón, Vietnam e India quienes se encuentran desarrollando sus respectivas tecnologías.

La Tabla 1.4 está conformada por datos oficiales recopilados a partir del año 2006 hasta la actualidad sobre el uso del bioetanol en vehículos particulares y de transporte alrededor del mundo. En el año de 2006 el bioetanol no era tan conocido como combustible, pero ha sido la necesidad de encontrar nuevas fuentes de energía lo que ha propagado el desarrollo de nuevas tecnologías y uso de materias primas básicas para satisfacer la necesidades energéticas de cada región, siendo el bioetanol una de las tecnologías con un crecimiento acelerado en la última década, dando como resultado más de 35 países que han acogido este combustible y están en vía de desarrollo para autoabastecer su necesidad energética dependiente del petróleo. Sin embargo se prevé que el crecimiento en la producción de este combustible sea cada vez mayor a nivel mundial debido a los costos del petróleo y su inminente agotamiento.

Tabla 1.4. Porcentaje de mezcla del etanol en el mundo.

No.	Nombre	% Mezcla	Uso Legal	Referencias
1	Argentina	E5	Obligatorio	[6]
2	Australia	E10	Opcional	[7]
3	Austria	E10	Opcional	[8]
4	Brasil	E20-E25	Obligatorio	[9]
5	Bulgaria	E5	Obligatorio	[10]
6	Canadá	E5	Obligatorio	[11]
7	China	E10	Parcial	[12]
8	Costa Rica	E7	Obligatorio	[13]
9	Dinamarca	E5	Opcional	[14]
10	Eslovaquia	E6	--	[10]
11	España	E6	--	[10]
12	Estados Unidos	E10-E15	Parcial	[15]
13	Filipinas	E10	Obligatorio	[16]
14	Finlandia	E5-E10	Obligatorio	[17]
15	Francia	E5-E10	--	[18]
16	Alemania	E5-E10	Opcional	[19]
17	Holanda	E5-E10-E15	Opcional	[20]
18	Hungría	E6	--	[10]
19	India	E5	Obligatorio	[21]
20	Irlanda	E4	Obligatorio	[22]
21	Italia	E4	--	[10]
22	Jamaica	E10	Obligatorio	[23]
23	Malawi	E10	Obligatorio	[24]
24	México	E6	Obligatorio	[25]
25	Nueva Zelanda	E10	Opcional	[26]
26	Pakistán	E10	Opcional	[27]
27	Paraguay	E18-E24	Obligatorio	[28]
28	Perú	E8	Obligatorio	[29]
29	Polonia	E6	--	[10]
30	Portugal	E5	--	[10]
31	Reino Unido	E4	--	[10]
32	Rumania	E6	Obligatorio	[10]
33	República Checa	E4	--	[10]
34	Suecia	E5	Obligatorio	[10]
35	Tailandia	E10-E20	Obligatorio	[30]

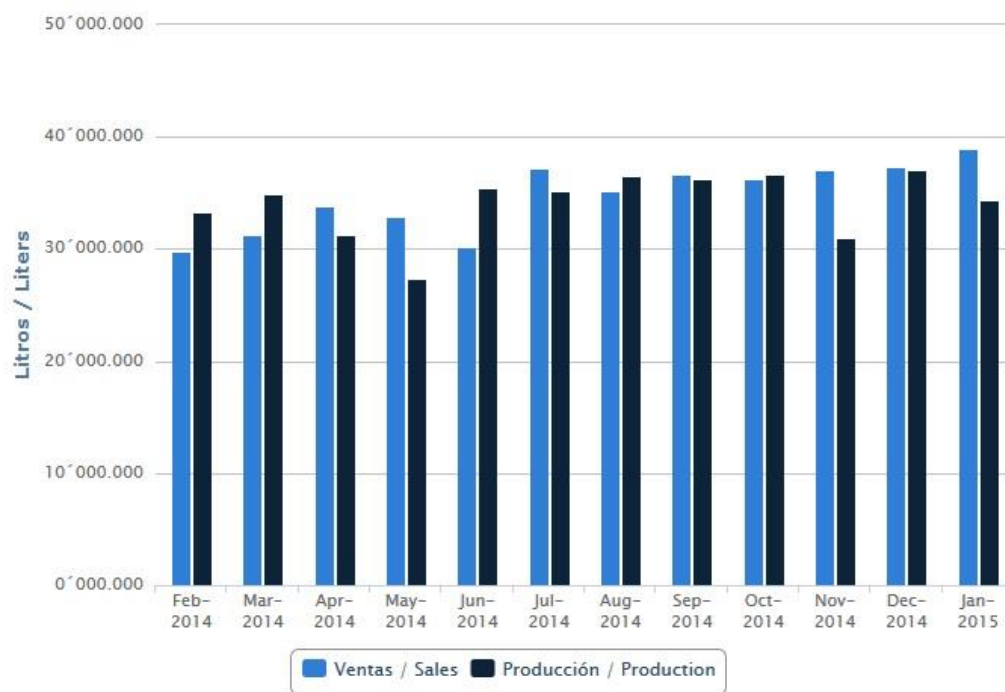
La producción de bioetanol a partir de la FORSU ha tenido un desarrollo más lento comparado con la obtención de bioetanol a base de caña de azúcar, siendo su tecnología más compleja debido al tratamiento de la materia prima con la ventaja de la no utilización de terrenos destinados a la producción de alimentos como lo

hace la industria de la caña de azúcar en la mayoría de los países mostrados en las Tablas 1.3 y 1.4.

1.3 PANORAMA NACIONAL.

La producción de etanol en Colombia está basada ciento por ciento en la caña de azúcar cultivada principalmente en los departamentos de Risaralda, Valle de Cauca, Cauca y Meta, su consumo está legislado con una mezcla a nivel nacional del 10% de bioetanol y 90% de gasolina de acuerdo con la Resolución 90932 del 31 de Octubre de 2013, más conocido como E10 de uso obligatorio en algunas centrales mayoristas del territorio nacional salvo los departamentos de Arauca y Norte de Santander que aún no utilizan bioetanol en su combustible [31].

Gráfica 1.1. Producción y ventas de bioetanol en Colombia.



Fuente Federación Nacional de Biocombustibles, Fedebiocombustibles [31].

La producción de bioetanol en Colombia está a cargo de seis plantas de procesamiento distribuidas en el país como lo muestra la Gráfica 1.1, capaces de

entregar 34'303.000 de litros de bioetanol en el último año como lo muestra la Imagen 1.1, estas plantas de producción son:

Tabla 1.5. Plantas productoras de bioetanol en Colombia.

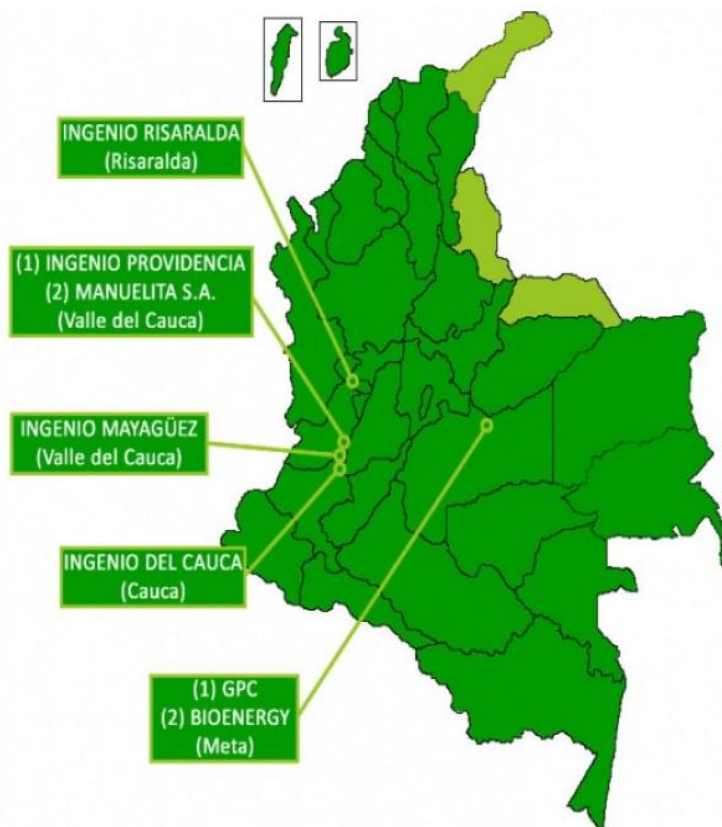
No.	Nombre	Materia Prima	P. D. Etanol (l/día)	Año	Ubicación
1	Ingenio Risaralda	Caña de Azúcar	100.000	2011	La Virginia - Risaralda
2	Ingenio Providencia	Caña de Azúcar	300.000	2011	Palmira - Valle de Cauca
3	Ingenio Manuelita	Caña de Azúcar	250.000	2011	Palmira - Valle de Cauca
4	Ingenio Mayagüez	Caña de Azúcar	250.000	2011	Candelaria - Valle de Cauca
5	Ingenio del Cauca	Caña de Azúcar	350.000	2011	Miranda - Cauca
6	GPC (Sumprocol)	Yuca amarga	25.000	2011	Cantaclaro - Puerto López - Meta
7	Bioenergy	Caña de Azúcar	480.000	2013	Puerto López - Meta
Total producción de diseño diaria			1.755.000	l	
Total producción total por mes			52.650.000	l	
* P.D. Etanol: Producción de diseño de etanol					

Fuente Bioenergy Industrial, Fedebioenergías [31,32].

En la Tabla 1.5, se puede observar más detalladamente el nivel de producción de cada planta resaltando el valor territorial que posee la región vallecaucana en el país. De las anteriores plantas de producción es el grupo GPC con su compañía SUMPROCOL, el único que produce bioetanol a base de yuca amarga, los demás producen el bioetanol directamente de la caña de azúcar.

De acuerdo con las ventas registradas hasta el mes de mayo de 2014 y los volúmenes de producción de la Tabla 1.5 se concluye que en la actualidad las plantas de producción de bioetanol en el país están produciendo al 52% de su capacidad total, lo que indica que en un futuro próximo las áreas de cultivo sean extendidas para potencializar el volumen y comercialización del bioetanol en el país, ya sea para consumo interno o fortalecer las exportaciones del mismo.

Imagen 1.1. Mapa de producción de bioetanol en Colombia.



Fuente Fedebiocombustibles [31].

1.3.1 Demanda de combustible en la ciudad de Bogotá. De acuerdo con el observatorio ambiental de Bogotá, existen 1'812.783 vehículos con motor a gasolina transitando por la ciudad [33], y 379.826 motocicletas [34], siendo estos los consumidores directos del bioetanol con mezcla E10 distribuido actualmente en las estaciones de servicio de Bogotá. Los vehículos con motor a gasolina están clasificados de la siguiente manera, 73.838 son de servicio público, 1'726.002 son vehículos particulares y 12.943 son de uso oficial.

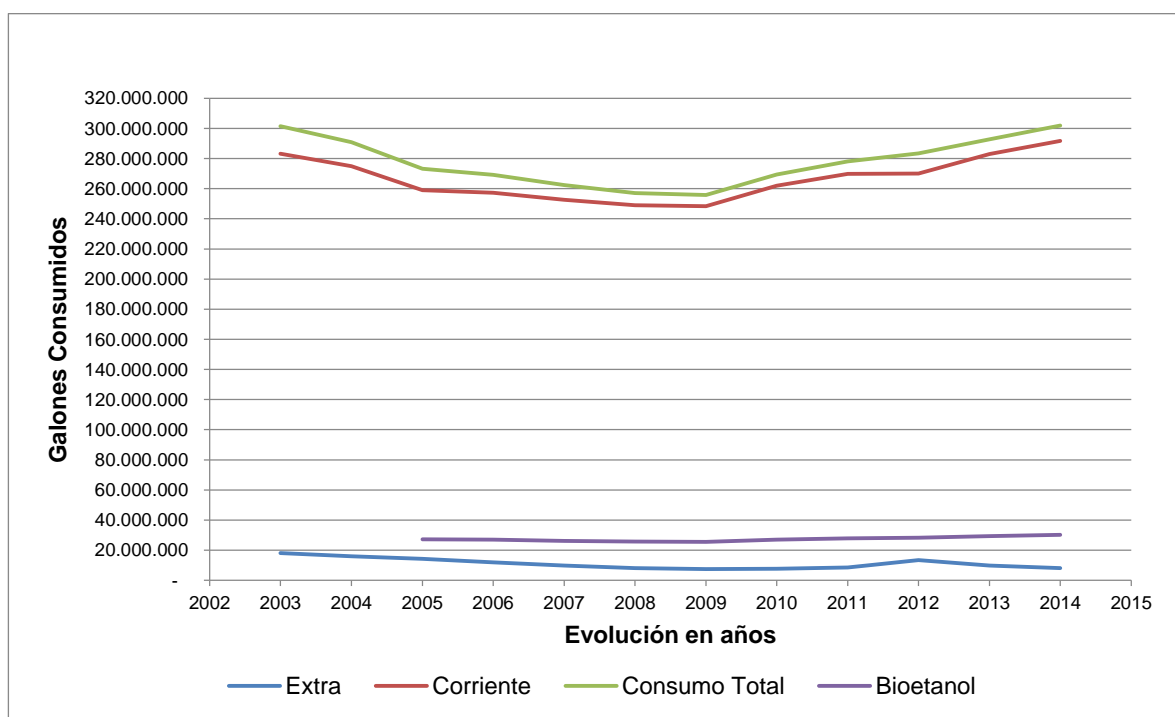
Hasta el año 2013 Bogotá cuenta con 440 estaciones de servicio certificadas por el Ministerio de Minas y Energía encargadas de la venta de combustibles en la ciudad [35].

La demanda de gasolina en Bogotá tuvo un decrecimiento entre los años de 2006 y 2010 teniendo una recuperación en los últimos tres años a pesar de la inconformidad de los consumidores frente al precio. La Gráfica 1.2 permite ver más claramente la evolución del consumo de gasolinas en la ciudad de Bogotá a

partir de año 2002 y el consumo de bioetanol en las gasolinas a partir del año 2005 hasta el año 2013 donde se refleja un aumento gradual a partir del año 2012.

El consumo de bioetanol en la capital se analiza a partir del año 2005 con una mezcla de E8 hasta el mes de octubre de 2013, en los meses de noviembre y diciembre de 2013 se implementa la mezcla de E10. Bogotá ha consumido hasta el año de 2014, 30'196.086 galones de etanol, siendo esta una meta inicial para cumplir en la producción del nuevo proyecto a base de FORSU. Para obtener más detalles sobre la tabulación realizada para la obtención de la Gráfica 1.2 Ver Anexo 1.

Gráfica 1.2. Consumo de gasolinas en Bogotá.



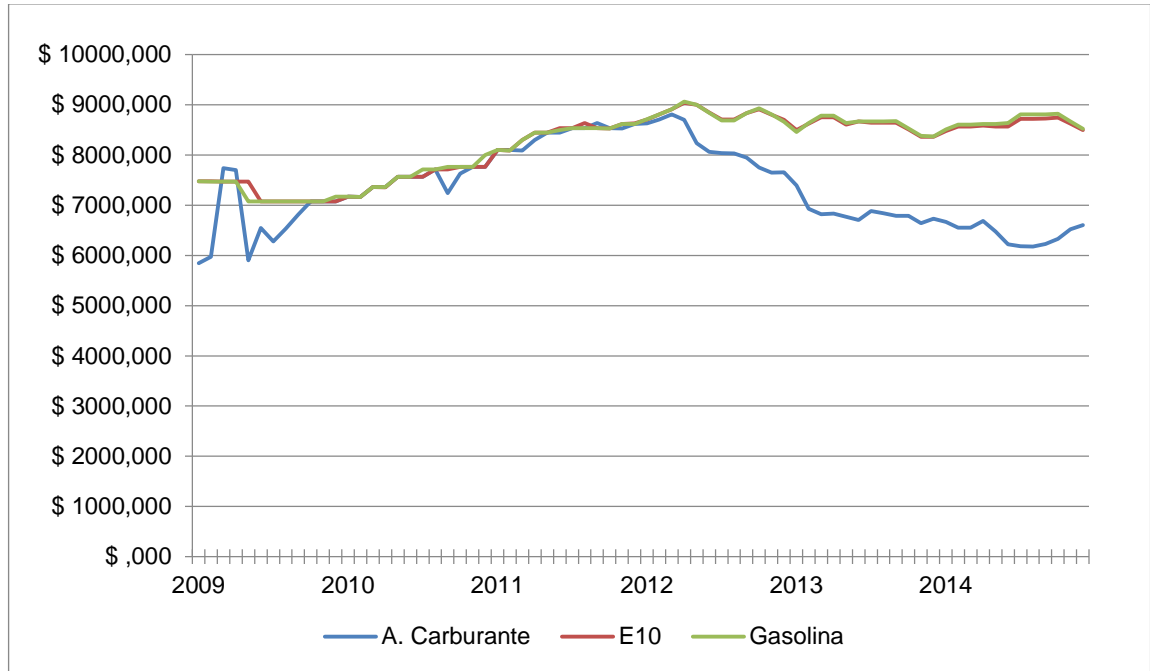
Fuente Fedebiocombustibles [36].

1.3.2 Análisis de los precios de la gasolina y bioetanol en Colombia. Mediante la Federación Nacional de Biocombustibles se obtiene el historial de evolución de los precios de la gasolina, la mezcla de gasolina y bioetanol (E8 y E10), y el precio del bioetanol puro. Esta información será expuesta en la Gráfica 1.3.

Mediante la Federación Nacional de Biocombustibles se obtiene el historial de evolución de los precios de la gasolina, la mezcla de gasolina y bioetanol (E8 y

E10), y el precio del bioetanol puro. Esta información será expuesta en la siguiente gráfica a partir del año 2009.

Gráfica 1.3. Precios de la gasolina, bioetanol y E8/E10.



Fuente Fedebiocombustibles [37].

De la Gráfica 1.3 se concluye que el precio de la gasolina y la mezcla de gasolina y bioetanol E8 y E10 han sido equitativos en los últimos 5 años, mientras que el precio del alcohol carburante o bioetanol ha disminuido a partir del año 2012, dando a entender que los procesos de fabricación pueden ser más efectivos con un bajo costo a largo plazo, lo que se puede asumir como el sucesor de la gasolina en Colombia por sus costos y rendimiento en los motores de combustión interna. Para obtener más detalles sobre la tabulación realizada para la obtención de la Gráfica 1.3 Ver Anexo 2.

Hasta el cierre del año 2014 el precio de la mezcla de gasolina hasta el mes de junio se sitúa en \$8525,2, el precio de la mezcla E10 se sitúa en \$8495,22 y finalmente el precio del bioetanol se sitúa en \$6604,47, [38] que es el ingreso al productor de bioetanol determinado por el gobierno colombiano luego de un proceso de descenso gradual en su precio en los últimos dos años.

1.4 COMERCIALIZACION DEL BIOETANOL.

Como primera medida se debe conocer el sistema de comercialización actual de la gasolina, la mezcla de gasolina-etanol y el transporte del bioetanol a la ciudad.

1.4.1 Cadena de distribución de la gasolina. Esta cadena inicia con el productor principal que es ECOPETROL S.A. y continúa con los distribuidores mayoristas en la ciudad de Bogotá, los cuales son:

- Chevron Petroleum Company.
- Exxonmobil De Colombia S.A.
- Petrobras Colombia Combustibles S.A
- Petroleos Del Milenio C.I. S.A.S. – Petromil.
- Organización Terpel S.A.
- Biomax S.A.*
- Brio.*

*Aunque su abastecimiento principal es en la planta Mansilla en Facatativá es una de las marcas de las estaciones de servicio presentes en la ciudad de Bogotá.

Los distribuidores mayoristas adquieren la gasolina en las plantas de Puente Aranda en Bogotá y Mansilla en Facatativá, para luego distribuirla en los distribuidores minoristas que principalmente son estaciones de servicio dentro del perímetro urbano seguido de los grandes consumidores de combustible [39].

1.4.2 Cadena de distribución del bioetanol. La distribución del bioetanol inicia con los principales productores que son las siguientes biorefinerías:

- Ingenio Risaralda.
- Ingenio Providencia.
- Ingenio Manuelita.
- Ingenio Mayagüez.
- Ingenio del Cauca.
- GPC Sumprocol.
- Bioenergy.

Los distribuidores mayoristas presentes en Bogotá y descritos en el numeral anterior adquieren el bioetanol directamente de las biorefinerías, el cual es transportado por tierra hasta las estaciones de abastecimiento en Bogotá y Facatativá donde se mezcla con la gasolina valiéndose de las instalaciones de las estaciones de Puente Aranda y Mansilla por parte de cada distribuidor mayorista.

No obstante el procedimiento del a mezcla no está ciento por ciento constatado para todos los distribuidores mayoristas, es mediante la Resolución 90932 del 31 de Octubre de 2013 expedida por el Ministerio de Minas y Energía, que se determina distribuir gasolina extra y corriente mezclada con 10% de bioetanol en algunas de las plantas de abastecimiento como Biomax, Brio, Exxonmobil, Chevron y Terpel en Mansilla Facatativá, Chevron, Exxonmobil y Petrobras en Puente Aranda Bogotá [40].

1.4.3 Comercialización del bioetanol producido en Bogotá. Considerando la información de los numerales 1.4.1 y 1.4.2 la comercialización del bioetanol proveniente de la FORSU, se plantea el siguiente proceso de comercialización:

- Vender la producción a uno o varios distribuidores mayoristas de acuerdo con el volumen obtenido diariamente en la planta de producción.
- Entregar el bioetanol en la planta de producción listo para ser transportado a las plantas de abastecimiento mayorista.
- Entregar el bioetanol desnaturalizado (deshidratado) de acuerdo con la legislación colombiana de biocombustibles.

1.5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO

- En Colombia la demanda de bioetanol es constante y con tendencia de creciente de acuerdo con la legislación Colombiana, aplicada al aumento gradual en el porcentaje de mezcla del bioetanol con las gasolinas. Lo anterior dirigido e influenciado indirectamente por la proyección tecnológica mundial de los biocombustibles.
- En cuanto a la oferta, Colombia cuenta con siete productores de bioetanol ubicados en los departamentos del Valle del Cauca y en el Meta, situación que genera un sobre costo por el transporte del combustible hacia el centro del país. El tipo de oferta que se presenta para este producto en el mercado es la oligopólica, debido a que actualmente la producción está controlada por siete productores, sin embargo, hay dos aspectos importantes que no son controlados por los actuales productores los cuales son los precios, que están legislados por el gobierno nacional y la materia prima, ya que en Bogotá se pretende usar una materia prima no considerada útil hasta el día de hoy.
- El precio del bioetanol en Colombia está determinado por el gobierno colombiano mediante la Resolución 90815 del 31 de julio de 2014 como lo indica el numeral 3.4 del presente capítulo.
- Ubicando la planta de producción en la ciudad de Bogotá, con una proyección de crecimiento que abarque la totalidad de la FORSU producida en Bogotá se pretende abastecer en una cantidad importante el suministro de combustible en toda la ciudad, vendiéndolo a los distribuidores mayoristas presentes en la zona. Y quienes encuentran un producto de fácil comercialización ya que está dentro del casco urbano que se pretende abarcar.

2 EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

En este capítulo del proyecto se va a estudiar la viabilidad de la planta de producción de bioetanol a partir de la determinación del tamaño, la ubicación y la capacidad de producción de combustible con la materia prima producida en la ciudad de Bogotá, proyectando una solución ambiental y técnica conveniente para la sociedad de la región.

2.1 TAMAÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCION.

Revisando la producción de las plantas de bioetanol a base de FORSU en el mundo, una meta base de referencia para el volumen de producción del proyecto es igualar o superar el procesamiento anual de 25.000 toneladas de residuos para la producción de 1.5 millones de litros de bioetanol para abastecimiento de la ciudad. Esta meta base es considerada a partir de la metodología de producción usada la cual se considera más viable para aplicarla en la ciudad de Bogotá considerando el impacto ambiental. La meta base de producción es obtenida del proyecto W2B de Abengoa en España, no obstante esta meta no es determinante para el volumen de producción del proyecto en desarrollo, esta meta es usada de manera teórica para dar indicios sobre el potencial productivo del proyecto.

Para la operación de la planta de producción se proyecta tener una operación las 24 horas del día durante todo el año implementado tres turnos de personal que garanticen la continuidad en el proceso. Se pretende tener un impacto a nivel social con la creación de empleos para profesionales en investigación, administración y control de operaciones para procesos de producción de biocombustibles que contribuya a disminuir la dependencia del petróleo en Colombia.

En cuanto a la extensión territorial del proyecto se toma como referencia el volumen de producción del Ingenio Mayagüez el cual llega a 24'105.699 gal/año y un área aproximada de 34381,76 m², seguido a esto se evalúan los tres escenarios de producción contenidos en los numerales 2.6.6.1, 2.6.6.2 y 2.6.6.3 obteniendo las siguientes áreas aproximadas del terreno para la construcción del proyecto.

- Escenario de producción básica: 331,34 m²
- Escenario de producción intermedia: 113.878,412 m²

- Escenario de alta producción: 167468,157 m²

Se debe tener en cuenta que estas áreas son aproximadas debido a que no se ha realizado aun una ingeniería detallada que permita determinar de manera más precisa el espacio requerido para todos los equipos de cada área de proceso.

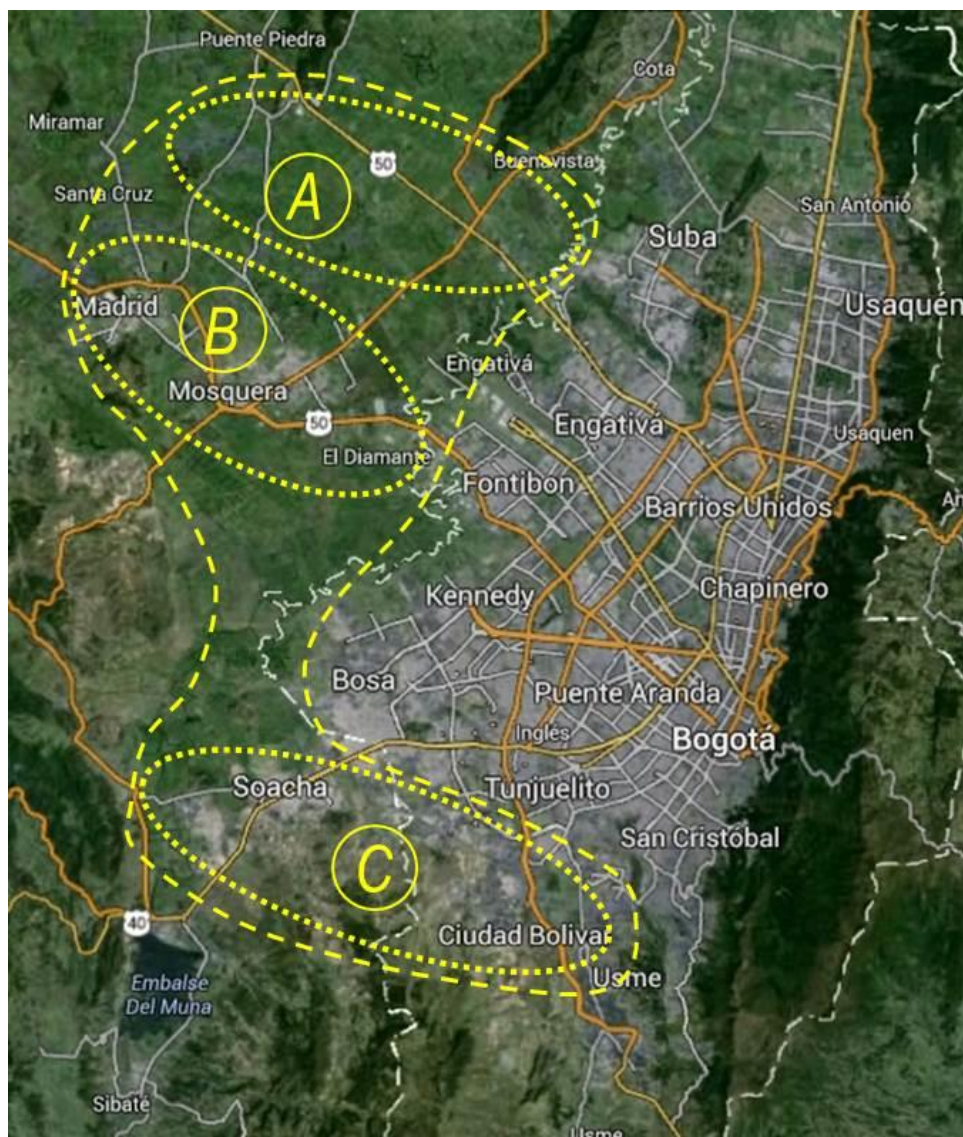
2.2 LOCALIZACION DEL PROYECTO.

Se requiere seleccionar una zona adecuada para la construcción de una planta de producción de bioetanol a base de residuos orgánicos domiciliarios en la ciudad de Bogotá. La primera etapa de la macrolocalización del proyecto se establece en la región periférica de la ciudad de Bogotá involucrando los municipios de Cota, Soacha, Mosquera y la localidad de Usme como lo muestra la Imagen 2.1 [41].

2.2.1 Macro localización del proyecto. La región donde se ubica la ciudad de Bogotá cuenta con un clima húmedo y una temperatura promedio anual de 15°C, provista de vías de comunicación limitadas tanto en su casco urbano como en la periferia de la ciudad. Posee un amplio recurso humano importante para el desarrollo de proyectos vanguardistas en la región.

En esta primera fase se consideran tres regiones periféricas como lo muestra la Imagen 2.1, de las cuales, se tienen en cuenta tres aspectos fundamentales para la selección del área de ubicación de la planta de producción de biocombustibles usando el método de factores ponderados.

Imagen 2.1. Macrolocalización del proyecto.



- Descripción general de las regiones seleccionadas:

Región A: Región ubicada en el noroccidente de la ciudad, comprende áreas limítrofes de los municipios de Cota y Tenjo, con importantes vías de acceso desde Bogotá como la calle 80, variante Mosquera-Siberia y variante Cota-Siberia. En los últimos cinco años la zona ha tenido un rápido crecimiento en la construcción de parques empresariales y plantas de producción.

Región B: Región ubicada en el occidente de la ciudad, comprende los municipios de Mosquera y Madrid, con vías de acceso importantes desde Bogotá como la

calle 13, la variante Siberia-Mosquera y con un mayor recorrido desde el sur de la ciudad está la variante Mondoñedo-Mosquera. Su crecimiento poblacional e industrial se ha acrecentado en los últimos diez años predominando la ocupación de vivienda familiar en el sector.

Región C: Región ubicada en el sur y sur-occidente de la ciudad, comprende el municipio de Soacha, la localidad de Ciudad Bolívar y la localidad de Usme. Las principales vías de acceso a esta zona son la variante Mosquera-Mondoñedo, autopista Sur, avenida Boyacá y la avenida ciudad de Cali. Esta región es una zona con un alto nivel de construcción industrial por más de diez años sin embargo la zona cercana al relleno sanitario es una zona despejada debido al nivel de contaminación y problemas que se han presentado en la construcción y ampliación del relleno sanitario.

- Factores de localización considerados (FL):

Los factores serán evaluados en una escala del 1 al 5, siendo 1 el factor menos relevante y 5 el más relevante.

I. (5) Distancia recorrida para el acopio de materia prima en la ciudad, considerando la ubicación del relleno sanitario y la posible ampliación de rutas de recolección.

II. (3) Capacidad de la zona para el crecimiento de la planta de producción.

III. Distanciamiento de otras plantas de producción que puedan generar riesgo.

- Coeficiente de ponderación (CP): Siendo 1 la calificación mínima y 5 la máxima, distribuida de acuerdo a la importancia de los coeficientes en la ubicación estratégica de la planta de producción:

I. 5

II. 3

III. 4

- Escala de evaluación: A continuación se muestra la escala de puntaje de evaluación que se aplica a cada uno de los factores de localización de esta primera fase de selección, estos puntajes están orientados al proceso y operación general de la planta.

- 0-2: Condiciones insuficientes.
- 3-4: Condiciones mínimas sostenibles.
- 5-6: Condiciones aceptables.
- 7-8: Condiciones óptimas.
- 9-10: Condiciones excelentes.

Tabla 2.1. Método de factores ponderados aplicado.

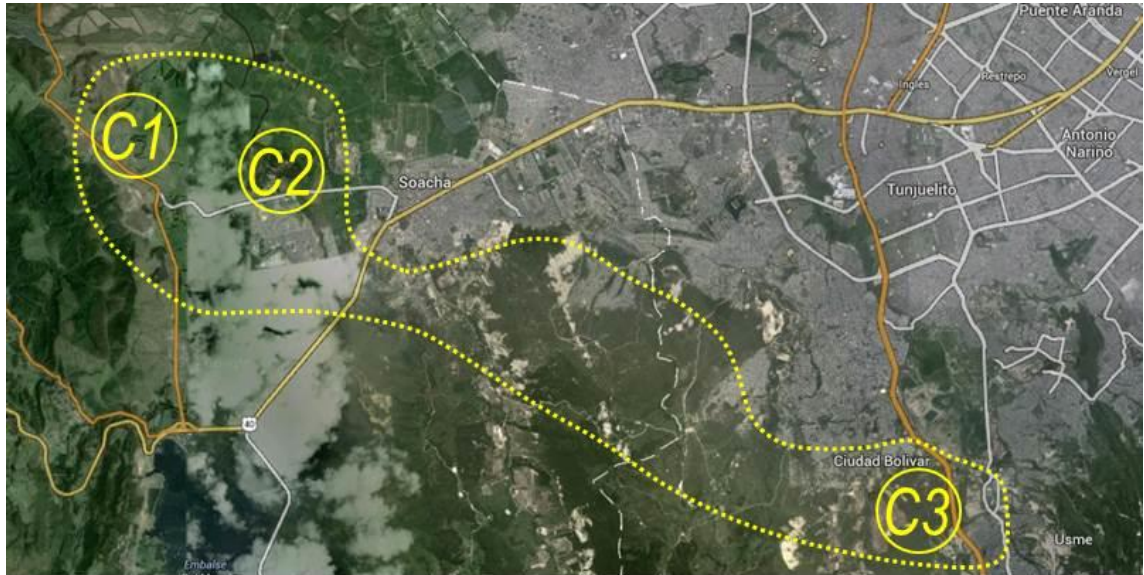
FL	CP	PUNTAJE NO PONDERADO			PUNTAJE PONDERADO		
		A	B	C	A	B	C
I	5	4	5	9	20	25	45
II	3	8	6	8	24	18	24
III	4	7	6	8	28	24	32
Puntaje Total					72	67	101

La región seleccionada en esta evaluación es la C, ubicada en el sur de la capital, seleccionada principalmente por las ventajas del transporte de la materia prima hasta el sitio de producción, como es indicado en la Tabla 2.1.

Aunque las otras dos regiones han sido consideradas por muchas empresas que no han tenido otra opción más que mudar sus instalaciones desde el interior de la ciudad a las periferias debido al Plan de Ordenamiento Territorial, la zona sur se considera un foco importante de construcciones industriales con la ventaja principal de la cercanía con el predio del relleno sanitario, generando una economía futura en las rutas de traslado de la materia prima.

2.2.2 Microlocalización del proyecto. Con la zona sur de la ciudad seleccionada, se fijan tres puntos específicos para la ubicación final de la planta de producción [42].

Imagen 2.2. Microlocalización del proyecto.



Para realizar la microlocalización del proyecto se aplica el método de factores ponderados para seleccionar la zona más adecuada en el que pueda ser construida la biorefinería como se muestra en la Imagen 2.2. Este método es aplicado de la siguiente manera:

- Factores de localización considerados: (FL)

I: Vías de acceso y transporte de materias primas.

II: Servicios Industriales, (Agua, energía, alcantarillado y telecomunicaciones).

III: Mano de obra, (Suministro y transporte).

IV: Seguridad del área.

V: Acceso a materias primas especiales.

VI: Impacto ambiental.

VII: Valor aproximado del terreno. (Apreciación de acuerdo con la zona demarcada).

- Coeficiente de ponderación (CP): Siendo 1 la calificación mínima y 10 la máxima, distribuida de acuerdo a la importancia de los coeficientes en la ubicación estratégica de la planta de producción:

I: 5

II: 7

III: 9
 IV: 4
 V: 8
 VI: 9
 VII: 8

- Escala de evaluación: De 1 a 10, siendo 1 la mínima calificación y 10 la máxima asignada, distribuidas de la siguiente manera.

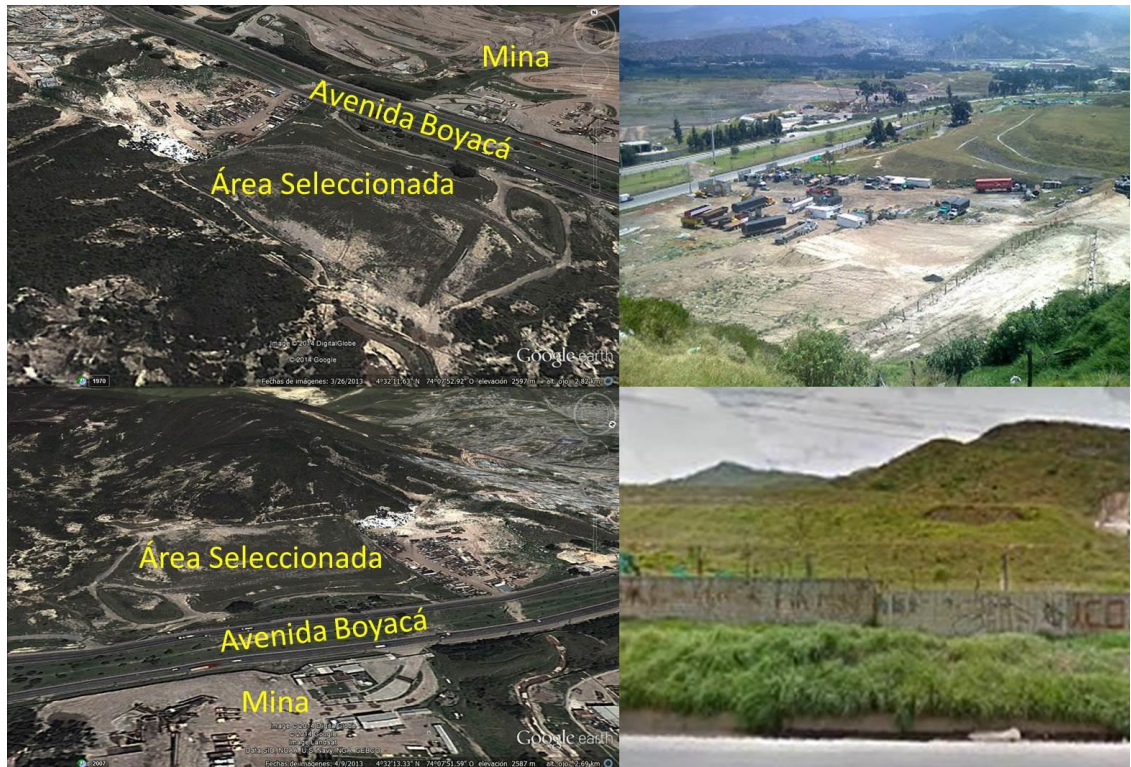
0-2: Condiciones insuficientes.
 3-4: Condiciones mínimas sostenibles.
 5-6: Condiciones aceptables.
 7-8: Condiciones óptimas.
 9-10: Condiciones excelentes.

Tabla 2.2. Método de factores ponderados aplicado a la microlocalización.

FL	CP	PUNTAJE NO PONDERADO			PUNTAJE PONDERADO		
		D	E	F	D	E	F
I	5	5	4	8	25	20	40
II	7	7	7	7	49	49	49
III	9	6	6	7	54	54	63
IV	4	6	5	4	24	20	16
V	8	8	6	8	64	48	64
VI	-9	9	8	8	-81	-72	-72
VII	8	8	7	6	64	56	48
Puntaje Total					199	175	208

De acuerdo con el método de factores ponderados la zona más adecuada para la ubicación y construcción de la planta de producción de bioetanol en la ciudad de Bogotá es la zona F, ubicada en la localidad de Tunjuelito tal como se muestra en la Tabla 2.2. Algunas imágenes de la zona escogida se muestran a continuación en la Imagen 2.3 verificando el estado y uso del terreno en condiciones actuales.

Imagen 2.3. Área detallada para la construcción.



2.3 MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL.

La materia prima principal seleccionada para este proyecto es la FORSU, la cual en la ciudad de Bogotá está compuesta por los siguientes productos orgánicos:

- Residuos de frutas.
- Residuos de verduras.
- Residuos de legumbres.
- Residuos de comida preparada. (Recurso opcional de acuerdo con las pruebas de laboratorio).

Un estudio mostrado en la Tabla 2.3, permite tener una tabla de clasificación para medir los contenidos de azúcar en algunos productos, esta tabla contiene la escala de grados Brix (°Bx) que permite medir el grado de concentración de sacarosa contenida en las frutas y vegetales, esta escala tiene los siguientes valores preestablecidos para realizar el análisis en los alimentos.

Tabla 2.3. Índice de refracción de jugos de fruta.

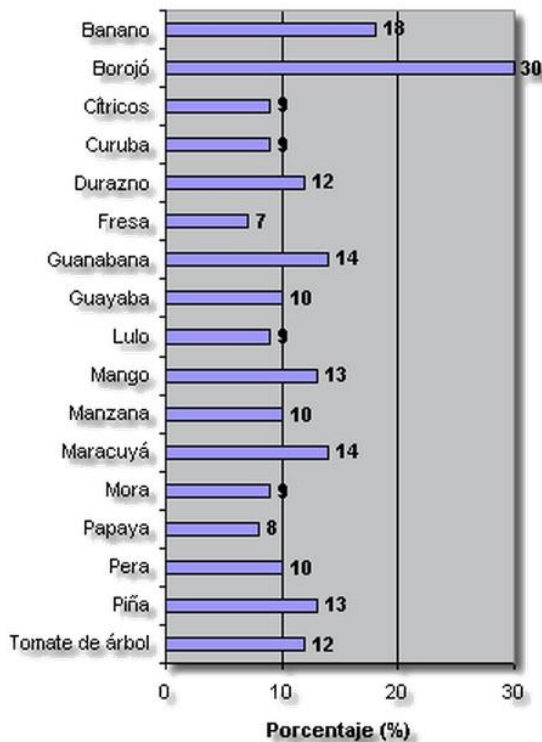
FRUTAS	BAJO	MEDIO	ALTO	EXCELENTE	VEGETALES	BAJO	MEDIO	ALTO	EXCELENTE
Manzana	6	10	14	18	Espárrago	2	4	6	8
Aguacate	4	6	8	10	Remolacha	6	8	10	12
Banano	8	10	12	14	Pimienta campana	4	6	8	12
Arándanos	8	12	14	18	Brócoli	6	8	10	12
Melón	8	12	14	18	Cole	6	8	10	12
Casaba	8	10	12	14	Zanahoria	4	6	12	18
Cerezas	6	8	14	16	Coliflor	4	6	8	10
Coco	8	10	12	14	Apio	4	6	10	12
Uvas	8	12	16	20	Tallos de maíz	4	8	14	20
Pomelo	6	10	14	18	Maíz tierno	6	10	18	24
Naranja enana	8	10	12	14	Frijol caupí	4	6	10	12
Limón	4	6	8	12	Pepinos	4	6	8	12
Lima	4	6	10	12	Endivias	4	6	8	10
Mango	4	6	10	14	Arvejas	8	10	12	14
Naranja	6	10	16	20	Escarola	4	6	8	10
Papaya	6	10	18	22	Guisantes forrajeros	4	6	10	12
Melocotón	6	10	14	18	Ajo curado	28	32	36	40
Pera	6	10	12	14	Judías verdes	4	6	8	10
Piña	12	14	20	22	Pimientos picantes	4	6	8	10
Uva pasa	60	70	75	80	Cole	8	10	12	16
Frambuesas	6	8	12	14	Nabo	6	8	10	12
Fresa	6	8	12	14	Lechuga	4	6	8	10
Tomate	4	6	8	12	Cebollas	4	6	8	10
Sandía	8	12	14	16	Perejil	4	6	8	10
GRAMINEAS					Cacahuetes	4	6	8	10
Alfalfa	4	8	16	22	Patatas	3	5	7	8
Granos	6	10	14	18	Patatas dulces	6	8	10	14
Sorgo	6	10	22	30	Lechuga romana	4	6	8	10
					Ahuyama	6	8	12	14
					Maíz dulce	6	10	18	24

Fuente Dr. Carey Reams. (2014, Mayo) High Brix Gardens [43].

De acuerdo con la información contenida en la Tabla 2.3, se resalta el siguiente contenido: “Dentro de una especie dada de planta, el cultivo con el índice de refracción más alto tendrá un mayor contenido de azúcar, un mayor contenido de minerales, mayor contenido de proteínas y una mayor gravedad o densidad específica. Esto se suma a una cata más dulce, mayor contenido nutritivo en los alimentos de minerales con bajo contenido de nitrato y bajo contenido de agua, el punto de congelación más bajo, y mejores atributos de almacenamiento”.

Con la anterior información y considerando las condiciones de producción de la región, la Universidad Nacional realizó un estudio con pulpas de frutas de varias procedencias el cual arroja los siguientes valores:

Imagen 2.4. Grados Brix de frutas comunes.



Fuente Dirección Nacional de Innovación Académica [44].

De acuerdo con la Imagen 2.4, se concluye que el promedio de sacarosa encontrada en la pulpa de fruta es de 12.17%.

En cuanto a los residuos de comida preparada, se ha revisado un experimento realizado en la Universidad de Castilla en convenio con la Escuela de Administración de Negocios (EAN) en donde se mezclan residuos vegetales con restos de comida preparada, encontrando que es posible obtener etanol de la mezcla de residuos de frutas, vegetales y comida preparada en un lapso de tiempo de tres semanas aproximadamente con un rendimiento de etanol que va desde 16.736 hasta 286.626 partículas por millón debido a las diferentes condiciones del experimento [45].

Partiendo de este experimento se confirma la importancia de que los pre-tratamientos de la materia prima mejoren el rendimiento para la obtención de bioetanol para hacer un rápido procesamiento junto con un rendimiento alto de producción de combustible.

2.3.1 Obtención de la materia prima principal (FORSU). La materia prima, denominada FORSU en la ciudad de Bogotá, está compuesta de residuos de comida preparada, frutas, vegetales y papel entre otros. Un proyecto ejemplo para esta investigación es el proyecto PERSEO en el cual, estos residuos son una fuente muy importante de polisacáridos de origen celulósico y hemicelulósico con un alto contenido de ligninas [46].

Bogotá a través de los años ha tenido un crecimiento poblacional indiscriminado el cual ha generado un problema de manejo de residuos a partir de su recolección hasta su disposición final. En la ciudad se han detectado tres fuentes importantes de residuos potencialmente útiles para el proceso de fabricación de etanol de segunda generación, estas tres fuentes son: Residuos generados a nivel residencial, plazas de mercado y residuos de la poda de césped.

2.3.1.1 Producción de residuos sólidos orgánicos a nivel residencial. La producción de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) en la ciudad de Bogotá depende directamente de los patrones alimenticios de los habitantes de la ciudad, quienes actualmente poseen una importante diversidad de opciones gastronómicas originadas por el aumento de la población que ha migrado a la ciudad desde diferentes regiones del país modificando la cultura gastronómica del centro del país.

La Tabla 4.4 muestra una tabulación sobre el consumo de alimentos en la ciudad que a su vez está relacionado con la producción de residuos sólidos urbanos (RSU) para el año de 2011 [47].

Los datos poblacionales [48] corresponden al año de 2011 y los datos de consumo de alimentos corresponden al año de 2012, sin embargo la información de esta última publicación ha tenido alrededor de uno o más años de investigación, permitiendo que sean datos homogéneos para el cálculo presentado en las Tablas 2.4 y 2.5.

Tabla 2.4. Consumo de alimentos vs producción de residuos.

Consumo de alimentos hab. / día		1,087 kg	
LOCALIDAD	POBLACION	A (kg)	
1	Usaquén	474.773	516078,25
2	Chapinero	133.778	145416,69
3	Santa Fe	109.993	119562,39
4	San Cristóbal	409.799	445451,51
5	Usme	382.876	416186,21
6	Tunjuelito	201.843	219403,34
7	Bosa	583.056	633781,87
8	Kennedy	1.019.949	1108684,56
9	Fontibón	345.909	376003,08
10	Engativá	843.722	917125,81
11	Suba	1.069.114	1162126,92
12	Barrios Unidos	233.781	254119,95
13	Teusaquillo	146.583	159335,72
14	Los Mártires	97.926	106445,56
15	Antonio Nariño	108.307	117729,71
16	Puente Aranda	258.441	280925,37
17	Candelaria	24.144	26244,53
18	R. Uribe Uribe	377.615	410467,51
19	Ciudad Bolívar	639.937	695611,52
20	Sumapaz	6.258	6802,45
Totales		7.467.804	8117502,95 kg 8117,502952 t
A. Consumo de alimentos (hab/día) (kg)			

Fuente Secretaría Distrital de Planeación.

Tabla 2.5. Producción de residuos en Bogotá, año 2011.

Descripción		Día	Mes	Año
Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	100 %	6.289 t	188.670 t	2264040 t
Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD)	83.8 %	5.270 t	158.105 t	1897266 t
% de Residuos Orgánicos a partir de los RSD	68 %	3.584 t	107.512 t	1290141 t
Producción promedio de residuos orgánicos por habitante		0,480 kg	14,397 kg	172,76 kg

Fuente Secretaria de Planeación [47].

La Tabla 2.5 muestra la totalidad de RSU producidos en la ciudad durante el periodo del año 2011, Los RSU siendo el 100% de los residuos producidos en la ciudad de Bogotá carecen de cualquier tipo de clasificación y separación por lo

tanto se componen de material orgánico e inorgánico en cualquier presentación conocida.

Continuando con la Tabla 2.5 se encuentran los RSD que representan el 83.8% de los RSU y que en la actualidad se ha implementado sobre estos un débil y casi ineficiente método de clasificación de residuos orgánicos e inorgánicos en las fuentes de producción como los son las casas de familia y sitios comerciales que se ve seriamente afectado al ser recolectados en los mismos contenedores que llevan los residuos al relleno sanitario local, por lo tanto la composición de los RSD aun contiene material orgánico e inorgánico. Finalmente la parte orgánica de los RSD equivale al 68% según el estudio pero debe considerarse que por la fuentes de producción estos residuos aun contienen material como cartón, papel, textiles e incluso restos de comida preparada.

Se realiza una proyección en la producción de residuos orgánicos para analizar la tendencia creciente en la producción de los mismos hasta el año 2014 como se muestra a continuación en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Proyección en la producción de residuos orgánicos en Bogotá.

Año	2011 (t)	2012 (t)	2013 (t)	2014 (t)
Población	7.467.804	7.571.345	7.674.366	7.776.845
Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	2.264.040	2.295.431	2.326.664	2.357.733
Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD)	1.897.266	1.905.208	1.931.131	1.956.918
% de Residuos Orgánicos a partir de los RSD	1.290.141	1.295.541	1.313.169	1.330.705

Para el año de 2014 se producen aproximadamente 1'330.705 toneladas de residuos orgánicos en la ciudad, sin embargo como se ha mencionado en los comentarios de la Tabla 2.5 esta cantidad de residuos aún contiene papel, cartón, restos de comida preparada entre otros, residuos que durante el proceso de obtención de etanol dificultarían la etapa química del mismo. Considerando lo anterior, a continuación se realiza un análisis sobre el consumo y desperdicio generado a partir de las frutas, verduras y hortalizas de consumo masivo conociendo un volumen aproximado de producción de residuos orgánicos.

2.3.1.2 Patrones de consumo y producción de residuos a partir de verduras hortalizas y frutas en la ciudad de Bogotá. La riqueza natural del país genera una gran diversidad de cultivos y productos que componen la canasta familiar, permitiendo que la población bogotana sea abastecida de una amplia variedad

de alimentos y productos vegetales ricos en azúcares, base fundamental para la realización de esta investigación en la producción de alcohol carburante.

Tabla 2.7. Porcentaje de consumo y desperdicio de las verduras.

No.	NOMBRE	DESCRIPCION	(%) UTIL	(%) DESPERDICIO
1	Pimiento rojo o dulce	Sin semillas	85	15
2	Zanahoria	Pulpa sin cáscara	85	15
3	Auyama	Pulpa sin semilla	65	35
4	Tallos o col	Hojas sin venas	60	40
5	Guascas	Hojas sin venas	35	65
6	Espinaca	Hojas sin venas	60	40
7	Berro	Hojas	90	10
8	Acelgas	Tallo y hojas	87,5	12,5
9	Tomate	Pulpa sin semilla	80	20
10	Repollo	Hojas verdes sin venas	85	15
11	Pepino cohombro	Fruto son cáscara	75	25
12	Lechuga común	Hojas internas	55	45
13	Hongos	Frescos	100	0
14	Lechuga romana	Hojas internas	55	45
15	Pepino de rellenar	Fruto sin semilla	90	10
16	Cardos	Tallos	85	15
17	Aceitunas	Encurtido	100	0
18	Rábano rojo	Tubérculo con cáscara	90	10
19	Ruibarbo	Tallos	65	35
20	Nacuna	Cogollo tierno	90	10
21	Brócoli	Tallos tiernos y flores	40	60
22	Berenjena	Fruto sin cáscara	75	25
23	Apio	Tallos sin hojas	50	50
24	Calabaza	Fruto sin cáscara	90	10
25	Alcaparras	Encurtido	100	0
26	Repollo - hojas blancas	Hojas tiernas	70	30
27	Colinabo	Tubérculo sin cáscara	60	40
28	Coliflor	Flor	80	20
29	Pimiento verde	Fruto sin semilla	80	20
30	Nabo	Tubérculo sin cáscara	80	20
31	Habichuela	Vaina y semillas con cáscara	90	10
32	Repollitas de bruselas	Hojas tiernas	80	20
33	Alcachofas	Parte blanda de las escamas	30	70
34	Guatilla	Fruto sin cáscara	65	35
35	Guisantes	Vaina y semillas tiernas	95	5
36	Remolacha	Raíz sin cáscara	80	20
37	Palmito	Tallo tierno	95	5
38	Ibias	Tubérculo con cáscara	95	5
39	Cubios	Tubérculo con cáscara	95	5
40	Chuguas oullucos	Tubérculo con cáscara	95	5
41	Balú o chachafruto	Semilla tierna	100	0
42	Cebolla puerro	Tallo sin hojas	95	5
43	Maíz tierno	Grano entero	60	40

Fuente ICBF [49].

Un estudio realizado por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y publicado en el año de 1992 da a conocer el porcentaje de aprovechamiento y desperdicio generado a partir de algunas frutas y verduras que se producen y consumen a nivel nacional como se muestra en las Tablas 2.7, 2.8 y 2.9, con esta

información se procede a realizar un cálculo aproximado de la cantidad de residuos orgánicos que se producen en Bogotá diariamente y anualmente.

Tabla 2.8. Porcentaje de consumo y desperdicio en almidones y azúcares.

No.	NOMBRE	DESCRIPCION	(%) UTIL	(%) DESPERDICIO
1	Arracacha amarilla	Cabeza sin cáscara	80	20
2	Arracacha amarilla	Raíces sin cáscara	85	15
3	Arracacha blanca	Raíces sin cáscara	85	15
4	Arracacha morada	Cabeza sin cáscara	80	20
5	Arracacha morada	Raíces sin cáscara	85	15
6	Batata	Tubérculo sin cáscara	80	20
7	Bore o malangay	Tubérculo sin cáscara	80	20
8	Ñame	Tubérculo sin cáscara	85	15
9	Papa común	Tubérculo sin cáscara	80	20
10	Papa común	Tubérculo con cáscara	100	0
11	Papa criolla	Tubérculo con cáscara	100	0
12	Yuca blanca	--	80	20
13	Plátano colí o guineo verde	Pulpa	60	40
14	Plátano dominico verde	Pulpa	60	40
15	Plátano espermado maduro	Pulpa	60	40
16	Plátano hartón verde	Pulpa	65	35
17	Plátano hartón maduro	Pulpa	60	40
18	Plátano maritú maduro	Pulpa	60	40
19	Plátano popocho verde	Pulpa	60	40
MISCELANEA				
20	Ajo	Pulpa del diente	95	5
21	Cebolla común	Hojas	45	55
22	Cebolla común	Tallo	40	60
23	Cebolla cabezona	Huevo	95	5
24	Cilantro	Hojas tiernas	90	10
25	Perejil	Hojas y tallos tiernos	90	10

Fuente ICBF [49].

Tabla 2.9. Porcentaje de consumo y desperdicios en frutas.

No.	NOMBRE	DESCRIPCION	(%) UTIL	(%) DESPERDICIO
1	Guayaba blanca	Cáscara y pulpa sin semillas	75	25
2	Guayaba rosada	Cáscara y pulpa sin semillas	75	25
3	Marañón o merey	Pulpa sin almendra	90	10
4	Mango	Pulpa sin cáscara ni semilla	60	40
5	Papaya	Pulpa sin semillas	70	30
6	Curuba	Pulpa y jugo sin semillas	50	50
7	Papayuela	Pulpa sin semillas	45	55
8	Umuy	Almendra	100	0
9	Fresas	Fruta entera	95	5
10	Naranja	Pulpa sin semillas	60	40
11	Naranja	Jugo sin semillas	35	65
12	Lima	Pulpa sin semillas	40	60
13	Manga	Pulpa sin cáscara ni semilla	50	50
14	Toronja	Pulpa sin semillas	60	40
15	Anón	Pulpa sin semillas	40	60
16	Chupas	Pulpa	70	30
17	Cachipay o chontaduro	Pulpa cocida	70	30
18	Maracuyá	Pulpa sin semillas	50	50
19	Uchuvas	--	90	10
20	Mamey	Pulpa sin semillas	65	35
21	Mandarina	Pulpa y jugo	70	30
22	Tomate de árbol	Pulpa sin semillas ni cáscaras	60	40
23	Zapote	Pulpa sin semillas	30	70
24	Durazno amarillo	Pulpa con cáscara	85	15
25	Banano pacífico	Pulpa madura	65	35
26	Melón común	Pulpa sin semilla	50	50
27	Agua de coco	Líquido contenido en el fruto	100	0
28	Sandía o patilla	Pulpa sin semilla	40	60
29	Melón pequeño	Pulpa sin semilla	60	40
30	Moras	Pulpa sin semilla	90	10
31	Mora de castilla	Pulpa sin semilla	90	10
32	Lulo	Jugo sin semillas	60	40
33	Limón	Jugo sin semillas	50	50
34	Breva madura	Pulpa con semillas y cáscara	100	0
35	Nueces	Castaña de pará	--	--
36	Tuna	Pulpa sin semillas	40	60
37	Uva blanca	Pulpa sin semillas ni cáscaras	90	10
38	Pera	Pulpa sin semillas ni cáscaras	85	15
39	Breva verde	Pulpa con semillas y cáscara	100	0
40	Higo	Pulpa sin semillas	50	50
41	Cidra	Cáscara sin pulpa ni semillas	30	70
42	Pithaya roja	Pulpa sin semillas	55	45
43	Níspero del Japón	Pulpa sin semillas	65	35
44	Uva negra	Pulpa sin semillas ni cáscaras	90	10
45	Madroño	Pulpa sin semillas	15	85
46	Badea	Jugo sin semillas	20	80
47	Granada	Pulpa con semillas	30	70
48	Durazno blanco	Pulpa sin semillas	90	10
49	Ciruela de tierra fría	Pulpa sin semillas	95	5
50	Granadilla	Jugo sin semillas	30	70
51	Caino morado	Pulpa sin semillas	65	35
52	Feijoa	Pulpa con semillas	100	0
53	Guamas	Envoltura de las semillas	10	90
54	Guanábana	Pulpa sin semillas	70	30
55	Piña	Pulpa sin corazón	55	45
56	Icaco	Pulpa sin semillas	20	80
57	Pithaya amarilla	Pulpa sin semillas	55	45
58	Champa	Pulpa	60	40

59	Manzana	Pulpa sin semillas	85	15
60	Pomarosa	Pulpa sin semillas	65	35
61	Chirimoya	Pulpa sin semillas	55	45
62	Mamoncillo	Pulpa sin semillas	35	65
63	Ciruela común	Pulpa sin semillas ni cáscaras	20	80
64	Banano común	Pulpa madura	70	30
65	Níspero	Pulpa sin semillas	65	35
66	Cereza	Pulpa sin semillas ni cáscaras	50	50
67	Borojó	Pulpa	60	40
68	Banano manzano	Pulpa madura	80	20
69	Banano bocadillo	Pulpa madura	80	20
70	Arbol del pan	Pulpa cocida	55	45
71	Chigua	Almendra	100	0
72	Aguacate	Pulpa sin semilla	60	40
73	Coco	Pulpa madura	45	55
74	Táparo	Pulpa	60	40
75	Tamarindo	Pulpa concentrada	45	55

Fuente ICBF [49].

Debido a la fecha de elaboración del informe se debe considerar que la base de datos no contenga la totalidad de los productos existentes en el comercio local, sin embargo es la base de datos más específica y detallada que existe actualmente para ser usada en esta investigación.

A partir del Plan Maestro de Abastecimiento y Seguridad Alimentaria para Bogotá (PMASAB) se puede estimar el porcentaje de consumo de frutas per cápita/día por estratos obteniendo los siguientes valores [47]:

- Estratos 1-2: 53.1 g/día
- Estratos 3-4: 118 g/día
- Estratos 5-6: 150.8 g/día

El mismo informe del PMASAB, entrega un resultado para el consumo per cápita en gramos por persona para las de frutas con el siguiente valor:

- Consumo de frutas: 90.8 g*hab./día.

De igual manera el consumo de hortalizas y verduras per cápita/día por estratos poseen las siguientes cifras:

- Estratos 1-2: 64.3 g/día.
- Estratos 3-4: 97.6 g/día.
- Estratos 5-6: 86 g/día.

Finalmente se tiene un consumo per cápita en gramos por persona para las hortalizas y verduras con el siguiente valor:

- Consumo de hortalizas y verduras: 79.9 g*hab./día.

Un dato determinante en la producción de residuos orgánicos en los domicilios bogotanos es el aumento de la población por lo tanto se han registrado estas fechas iniciando en el año de 2002 y finalizando en el año de 2014 como se muestra a continuación en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10. Crecimiento poblacional en Bogotá.

AÑO	POBLACION
2002	6'520.473
2003	6'627.568
2004	6'734.041
2005	6'736.212
2006	6'776.009
2007	6'778.691
2008	7'155.052
2009	7'259.597
2010	7'363.782
2011	7'467.804
2012	7'571.345
2013	7'674.366
2014	7'776.845

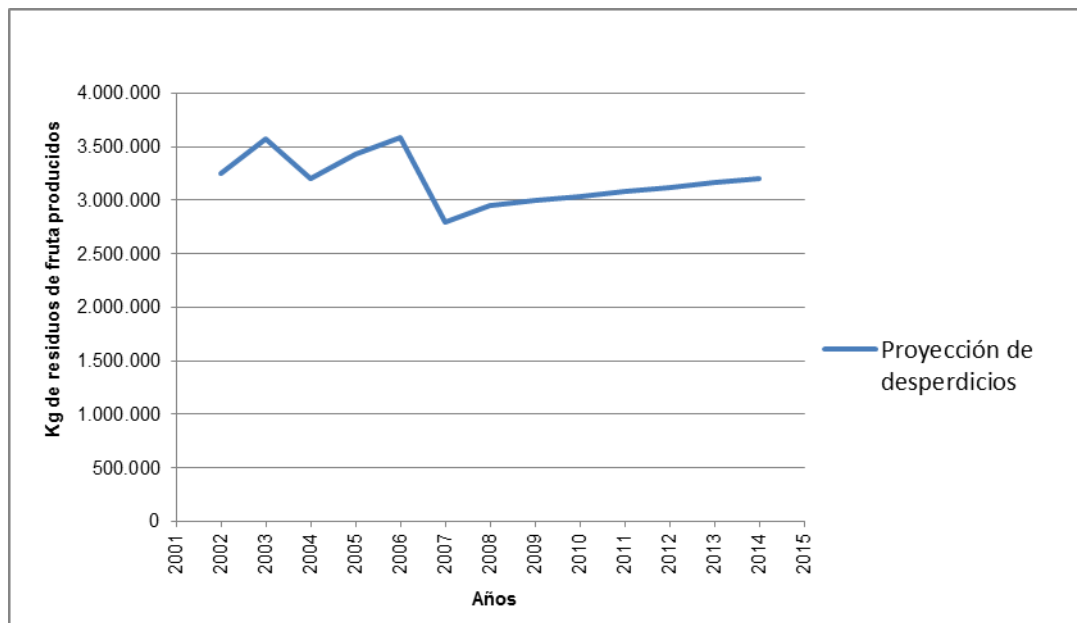
Fuente DANE, Secretaría Distrital de Planeación [48].

La información poblacional ha sido obtenida desde la base de datos del DANE y algunas publicaciones de la Secretaría Distrital de Planeación [48] donde se analiza el desarrollo y crecimiento de la ciudad por localidades.

A partir de la base de datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), se consulta la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) dentro de la cual se revisa cada ítem perteneciente a las materias primas para conocer el volumen aproximado del consumo de frutas y verduras en la ciudad de Bogotá desde el año 2002 hasta el año 2007. La información consultada en el banco de datos del DANE solo contiene datos específicos para Bogotá dentro del rango de los años mencionados anteriormente sin tener una actualización que permita conocer de manera más específica los volúmenes de consumo de alimentos en la ciudad.

Con la información obtenida de la base de datos del DANE y con el propósito de conocer y de analizar la producción de residuos, se realiza una proyección en el consumo de cada producto (DANE), relacionándolo con el porcentaje de desperdicio generado (ICBF) y la población bogotana a partir del año 2008 hasta el año 2014 respectivamente tal y como se muestra en las Gráficas 2.1 y 2.2.

Gráfica 2.1. Producción de residuos a partir de frutas de uso doméstico en Bogotá.

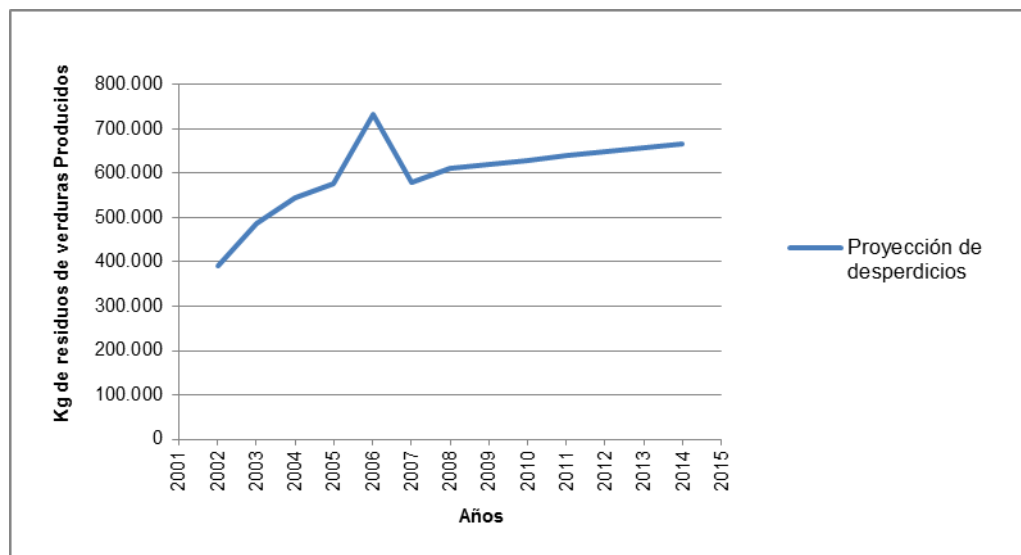


En promedio entre los años de 2008 al 2014 hubo un aumento en la producción de residuos a partir de frutas del 1.37% de acuerdo con el aumento en la población, finalizando el año de 2014 con 3'206.273 kilogramos.

En la Gráfica 2.1 se pueden analizar los siguientes aspectos: Primero, para obtener la producción de residuos entre los años de 2002 hasta el 2007 se compara la información obtenida de la base de datos del ICBF la cual contiene los porcentajes de desperdicio y aprovechamiento de cada producto con los datos poblacionales y cantidades comercializadas de cada producto obtenidas de la base de datos del DANE. Segundo, a partir del año 2008 solamente se cuenta con la información poblacional junto con el porcentaje de desperdicio y aprovechamiento, para lo cual es necesario calcular una proyección de residuos producidos usando la información disponible para obtener el volumen de productos comercializados y finalmente la cantidad de residuos producidos como lo muestra la Gráfica 2.1 a partir del año 2008 hasta el 2014.

Tercero, la proyección de producción de residuos entre los años 2002 y 2008 tiene un aumento y caída bastante notoria, esto como resultado de una posible variación en la producción determinada a su vez por condiciones climáticas y de calidad de cada producto desencadenando posibles variaciones en sus precios finales que inciden en el consumo final de cada producto. A partir de 2008, se observa una curva ascendente constante, esto como resultado del cálculo de la proyección realizada a partir de dos datos primarios como el porcentaje de desperdicio y la población creciente bogotana, donde se involucra finalmente los datos de producción de residuos a partir del año 2007 hacia atrás, teniendo como resultado final las cantidades aproximadas de residuos producidos a partir de frutas para la Gráfica 2.1. El análisis de estos tres aspectos aplica para las Gráficas 2.1 y 2.2.

Gráfica 2.2. Producción de residuos a partir de verduras y hortalizas de uso doméstico en Bogotá.



En promedio entre los años de 2008 al 2014 hubo un aumento en la producción de residuos a partir de verduras y hortalizas del 1.37% finalizando el año de 2014 con 665.541 kilogramos.

La Gráfica 2.2 al igual que la Gráfica 4.1 presenta un cambio notorio la producción de residuos desde el año 2002 hasta el 2008, es a partir del año 2008 en donde la producción de residuos es más estable debido al cálculo realizado.

La estimación de la producción se realiza usando la proporción de la población entre el año 2007 y 2008 calculando el aumento en la producción de residuos proporcionalmente al aumento en el número de pobladores de la ciudad. Posteriormente este cálculo se aplica a cada año hasta llegar al año 2014, por tal razón la curva de la gráfica tiene una tendencia creciente constante dejando a un lado las variaciones en el consumo por precios y condiciones de producción que si son visibles entre los años 2002 al 2007. Para analizar más detalladamente la información de las Gráficas 2.1 y 2.2 ver Anexo 3 y Anexo 4 respectivamente.

En cuanto al Anexo 3, las columnas “A” respectivamente muestran el porcentaje de la población consumidora de frutas y verduras de acuerdo con la publicación realizada por el Ministerio del Medio Ambiente en colaboración con las Naciones Unidas para Colombia [50]. Mediante la base de datos del DANE, denominada Clasificación Central de Productos (CPC) [51] se obtiene la información contenida en la columnas “B” para el Anexo 3, donde se muestra la cantidad de verduras y frutas consumidas entre los años 2002 hasta el año 2007, presentando una marcada falta de información de la totalidad de los productos en comparación con las Tablas 2.4, 2.5 y 2.6, permitiendo observar que Bogotá tiene una falencia en cuanto al conocimiento del abastecimiento alimentario que requieren los habitantes de la ciudad.

Finalmente hasta el año de 2014 tiene un volumen de producción de residuos provenientes de frutas y verduras aproximado de 3'871.814 kilogramos (3871,81 toneladas) disponibles para la producción de alcohol carburante.

2.3.1.3 Producción de residuos sólidos orgánicos en plazas de mercado. Actualmente en la ciudad de Bogotá operan 39 plazas de mercado, siendo 20 plazas de mercado privadas y 19 plazas de mercado propiedad del distrito. El informe base de este resumen fue elaborado en el año de 2009 basado en un trabajo investigativo realizado en el año de 2007 por el Instituto para la Economía Social (IPES) [52].

Tabla 2.11. Producción de residuos orgánicos en plazas de mercado distritales.

No.	NOMBRE	A (kg)	B (kg)	C		D	
				%	kg	%	kg
1	Doce de Octubre	17.404	208.848	86,86 %	15.118	85,47	12.921
2	El Carmen	2.697	32.364	92,41 %	2.492	92,73	2.311
3	Ferías	29.443,30	353.320	75,59 %	22.256	80,53	17.923
4	Fontibón	21.848	262.176	66,80 %	14.594	60,37	8.810
5	Galán	14.630,40	175.565	75,21 %	11.004	78,12	8.596
6	Kennedy	14.025,90	168.311	73,36 %	10.290	80,29	8.262
7	La Concordia	927	11.124	57,15 %	530	94,15	499
8	Las Cruces	8.584	103.008	82,84 %	7.111	88,87	6.320
9	La Perseverancia	7.580	90.960	67,22 %	5.095	75,33	3.838
10	Quirigüa	13.332,70	159.992	86,66 %	11.554	93,70	10.827
11	Restrepo	70.524	846.288	65,41 %	46.128	66,12	30.498
12	Samper Mendoza	20.143	241.716	75,99 %	15.306	7,30	1.117
13	San Benito	162,8	1.954	92,26 %	150	100,00	150
14	San Carlos	4.286,40	51.437	89,54 %	3.838	58,81	2.257
15	Santander	11.484	137.808	83,64 %	9.605	82,21	7.896
16	Siete de Agosto	28.397,60	340.771	83,37 %	23.676	79,74	18.880
17	Veinte de Julio	29.824,80	357.898	94,79 %	28.271	99,51	28.133
18	Boyacá	1.240	14.880	0,00 %	0	--	0
19	Lucero	2.590	31.080	0,00 %	0	--	0
Promedio total de residuos de hortalizas y frutas/mes							169.238 kg
							169,24 t
Total residuos producidos mensualmente							299.125 kg
							299,12 t
% hortalizas y frutas / cantidad total de residuos							56,58 %
<p>A. Producción mensual promedio de residuos.</p> <p>B. Promedio anual de producción de residuos.</p> <p>C. Porcentaje y promedio mensual de producción de residuos orgánicos.</p> <p>D. Porcentaje mensual de producción de residuos de hortalizas y frutas.</p>							

Fuente IPES, UAESP.

Este informe de la UAESP realizado en el año de 2010 da un gran salto en la organización, control y manejo de los residuos producidos en las plazas de mercado detallando cada establecimiento y clasificando el tipo de residuo generado tal y como se muestra en la columna C y D de las Tablas 2.11 y 2.12.

Tabla 2.12. Producción de residuos orgánicos en plazas de mercado privadas.

No.	NOMBRE	A (kg)	B (kg)	C (kg)	D (%)
1	Rincón	44.000	4.000	48.000	2.263
2	La Gaitana	97.000	8.818	105.818	4.989
3	Codabas	279.000	25.364	304.364	14.351
4	San Cristóbal Norte	127.000	11.545	138.545	6.532
5	Usaquén	132.000	12.000	144.000	6.790
6	Palenque	96.000	8.727	104.727	4.938
7	Santa Librada	98.000	8.909	106.909	5.041
8	Alfonso López	101.000	9.182	110.182	5.195
9	La Aurora	136.000	12.364	148.364	6.995
10	Paloquemao	2.383,000	216,636	2.600	123
11	La Macarena	358.000	32.545	390.545	18.414
12	San Francisco	128.000	11.636	139.636	6.584
13	Ismael Perdomo	65.000	5.909	70.909	3.343
14	Rumichaca	66.000	6.000	72.000	3.395
15	Tunjuelito	13.000	1.182	14.182	669
16	Corabastos	12.576,000	1.143	13.719	647
17	Las Flores	1.936,000	176	2.112	100
18	Barrio Inglés	0	0	0	0
19	La Candelaria	0	0	0	0
20	La Placita	1.022,000	92,909	1.115	53
Promedio total de residuos de frutas y verduras/mes					90.421 kg 90,421 t
% hortalizas y frutas / cantidad total de residuos					56,58 %
A. Producción mensual de residuos, enero-noviembre. B. Producción mensual promedio de residuos. C. Producción anual promedio de residuos. D. Porcentaje mensual de producción de residuos de hortalizas y frutas.					

Fuente IPES, UAESP.

El informe muestra un cuadro específico de clasificación de residuos para cada plaza de mercado donde tres cuadros separan los datos de residuos generados a partir de frutas y hortalizas, residuos de flores y plantas y finalmente los restos de comida preparada, estos tres cuadros se encuentran dentro de un cuadro general de residuos orgánicos aprovechables facilitando la tabulación de los volúmenes de residuos orgánicos a partir de frutas y verduras.

2.3.1.4 Producción de residuos sólidos orgánicos a partir la poda de césped. Aunque el material lignocelulósico del césped también puede ser usado como materia prima para la producción de bioetanol, para este caso, será información que permita dejar abierta otra opción de materia prima para la producción de bioetanol, debido a que la composición del césped no se acomoda totalmente a los procesos a los cuales son sometidos los residuos domésticos y de plazas de mercado.

Bogotá posee en promedio un área urbana de 307,36 km² y suburbana de 170,45 km², para un total de 477.81 km² de los cuales el 4.7% corresponde al área total con césped, es decir 22.6 km². Estas áreas producen un promedio de 0.104 kg de césped por metro cuadrado, realizando podas una vez al mes [52].

Tabla 2.13. Producción de residuos a partir de la poda de césped.

Producción Promedio de césped / m ²			0,104 kg
No.	LOCALIDAD	AREA (m ²)	A (kg)
1	Usaquén	2.505.354 m ²	260556,816
2	Chapinero	351.843 m ²	36591,672
3	Santa Fe	128.093 m ²	13321,672
4	San Cristóbal	1.444.760 m ²	150255,04
5	Usme	959.519 m ²	99789,976
6	Tunjuelito	192.484 m ²	20018,336
7	Bosa	319.801 m ²	33259,304
8	Kennedy	1.596.057 m ²	165989,928
9	Fontibón	1.939.695 m ²	201728,28
10	Engativá	3.060.821 m ²	318325,384
11	Suba	3.948.912 m ²	410686,848
12	Barrios Unidos	980.889 m ²	102012,456
13	Teusaquillo	1.601.717 m ²	166578,568
14	Los Mártires	138.117 m ²	14364,168
15	Antonio Nariño	413.152 m ²	42967,808
16	Puente Aranda	772.350 m ²	80324,4
17	Candelaria	52.945 m ²	5506,28
18	R. Uribe Uribe	1.167.575 m ²	121427,8
19	Ciudad Bolívar	1.046.745 m ²	108861,48
20	Sumapaz	-- m ²	--
TOTAL		22.620.829 m²	2.352.566 kg
		22,62 Km²	2.352,57 t
A. Producción promedio mensual de césped por localidades.			

Fuente IPES, UAESP.

2.3.1.5 Clasificación de los residuos. Revisando varios métodos de clasificación de residuos [53], a continuación se establece un parámetro de clasificación de residuos para uso residencial considerando que es la fuente principal de los residuos útiles en la producción de alcohol carburante para la ciudad de Bogotá.

a. Residuos no peligrosos:

- Aprovechable: Cartón, papel, vidrio, plástico, residuos metálicos, textiles, madera, cuero, empaques compuestos.
- No aprovechable: Papeles y o empaques sanitarios, papeles encerados, plastificados, metalizados, material de barrido, colillas de cigarrillo, materiales de empaque contaminado.
- Orgánicos biodegradables: Residuos de comida, cortes y podas de materiales vegetales, hojarasca.

b. Residuos peligrosos: A nivel doméstico.

- Pilas, aparatos eléctricos y electrónicos, lámparas fluorescentes.
- Productos químicos como aerosoles, solventes, pinturas, plaguicidas, fertilizantes, aceites, lubricantes usados, baterías de autos.
- Medicamentos vencidos.
- Residuos biológicos: Cadáveres de animales, elementos contaminados con bacterias, agujas de jeringas, cuchillas de afeitar entre otros residuos similares producidos por humanos.

c. Residuos especiales:

- Escombros, llantas usadas, colchones, muebles, estantes, electrodomésticos.

La anterior información es la clasificación que actualmente está vigente para la recolección de residuos, sin embargo esta norma no se cumple en la totalidad ya que falta una mejor gestión para el aprovechamiento de todos los residuos recolectados.

2.3.1.6 Propuesta para la metodología de recolección y preselección de los residuos para la producción de bioetanol. Con base en el numeral anterior, a continuación se presenta una clasificación de los residuos dirigida al proceso de recolección para la parte residencial de la ciudad:

Los únicos residuos que tienen como destino final los rellenos sanitarios en la ciudad son los identificados con el color rojo, todos los demás residuos deben tener un segundo uso o disposición final de acuerdo con normas de control para que no atenten contra el medio ambiente.

Esta clasificación también aplica para la producción de residuos a nivel industrial y comercial, aplicando específicamente a los productos base y los residuos de peligrosidad baja media o alta y su respectivo manejo, transporte y disposición final.

La recolección de los residuos orgánicos, requiere de una reorganización general en cuanto a la clasificación y proceso de recolección, por tal motivo se ha elaborado la Tabla 2.13 con un nuevo plan que permita tener un mejor aprovechamiento de los mismos.

- Rutas y horarios de recolección

En cuanto a las rutas establecidas por los actuales contratistas, estas rutas deben continuar en vigencia. En cuanto a los horarios de recolección y teniendo en cuenta las condiciones del tráfico dentro de la ciudad se debe considerar la opción de realizar recolecciones en horario nocturno para evitar congestiones vehiculares.

- Vehículos de transporte de los residuos orgánicos a la planta de producción.

Para el transporte de residuos domésticos, al proponer un nuevo sistema de clasificación y almacenamiento de los residuos en la fuente, las rutas de recolección deben variar para facilitar el proceso de reutilización, esto también debe influir en la utilización de rutas exclusivas de materiales específicos dejando a un lado la mezcla de diferentes tipo de residuos en un mismo vehículo.

Tabla 2.14. Clasificación de los residuos para su recolección.

Descripción	T.R	Almacenamiento	Frecuencia de recolección
Cartón	No peligroso	Bolsas o paquetes amarrados en centro de acopio por barrio y o localidad.	Una vez en la semana.
Papel			
Empaques compuestos (tetra pack)			
Plásticos			
Madera		Bolsas o paquetes amarrados en centro de acopio por barrio y o localidad.	Una vez al mes.
Residuos metálicos			
Cuero			
Textiles			
Vidrio			
Papeles y empaques sanitarios	No peligroso	Bolsas cerradas y marcadas.	Tres veces por semana.
Papeles encerados, plastificados y metalizados			
Cerámicas			
Huesos			
Material de barrido			
Colillas de cigarrillo			
Materiales de empaque contaminado			
Residuos de comida	No peligroso	Bolsas cerradas y marcadas.	Tres veces por semana.
Residuos de vegetales y o frutas			
Residuos de poda y materiales vegetales			
Pilas, aparatos eléctricos y electrónicos, lámparas fluorescentes.	Peligroso	Centros de acopio por barrio y o localidad.	Permanente.
Productos químicos			
Medicamentos vencidos		Bolsas cerradas y marcadas.	Tres veces a la semana.
Residuos con riesgo biológico (Hospitalario)			Permanente, servicio especial.
Residuos con riesgo biológico (Cadáveres de animales)			
Residuos domésticos con riesgo biológico	Peligroso	Bolsas cerradas y marcadas.	Tres veces por semana.
Escombros	No peligroso	Centros de acopio por barrio y o localidad.	Una vez al mes, transporte especial.
Llantas			
Colchones			
Muebles, estantes, electrodomésticos	No Peligroso	Centros de acopio por barrio y o localidad.	Una vez al mes, transporte especial.
Residuos para la producción de etanol de segunda generación			
Residuos que van directamente a los rellenos sanitarios			
Residuos con disposición final especial			
Residuos reutilizables			
Tipo de residuo	T.R.		

Los residuos domésticos se deben recolectar en dos tipos de residuos tres veces a la semana, estos residuos son los marcados en la Tabla 2.14, con el color verde y rojo. El propósito final de esta ruta de recolección de residuos es usar un camión con un compactador doble como lo muestra la Imagen 2.5 permitiendo transportar los residuos orgánicos sin tener una contaminación cruzada con los residuos que van a ser eliminados en el relleno sanitario.

Imagen 2.5. Camión compactador de doble compartimiento.



Fuente Direct Industry.

Estos camiones de origen alemán [54], son una combinación de tecnología y transporte práctico para residuos producidos en una ciudad con una cantidad considerable de productos desechados debido al consumo masivo e indiscriminado.

- Transporte de residuos con disposición final especial.

Estos residuos pueden ser transportados en vehículos con una sofisticación mínima y el apoyo de un sistema de carga que permita la recolección de cantidades considerables de los mismos. Estos residuos se deben clasificar para ordenar su disposición final de acuerdo con las disposiciones ambientales de la ciudad.

- Residuos reutilizables.

Todos los residuos reutilizables se deben destinar a un almacenamiento común en una localidad o barrio mediante la acción de cada usuario productor de los mismos, con el propósito de acumular una cantidad considerable que pueda ser transportada a las respectivas plantas que den un nuevo uso a estos materiales. Bogotá es una ciudad con un alcance muy corto en cuanto a tecnología de

reciclaje y reutilización de residuos, es necesario crear plantas especializadas en el manejo proceso y reutilización de residuos que a nivel mundial son ciento por ciento reutilizables.

Al organizar la recolección de un producto que permita la fabricación de un combustible, es necesario reestructurar todo el sistema de reciclaje de la ciudad, que finalmente será muy favorable al tener como objetivo social el desarrollo de la ciudad y un mejor medio ambiente para todos los habitantes.

2.3.1.7 Volumen de la FORSU obtenida en Bogotá. Conociendo un valor aproximado de la cantidad de residuos orgánicos disponibles en la ciudad de Bogotá para la fabricación de bioetanol, el paso a seguir es calcular o estimar el volumen de los residuos para así determinar un tamaño de los equipos y el tamaño de la planta de producción en el área destinada para su construcción.

Un estudio publicado en el año 2008 sobre el análisis de la producción de residuos sólidos en la ciudad de Bogotá determinó tres aspectos fundamentales para analizar el establecimiento de tarifas de recolección de basuras en todo el territorio nacional pero detallando las principales ciudades colombianas, estos tres aspectos son el volumen, la densidad y el peso de los residuos. De estos tres aspectos el más útil para el desarrollo de esta investigación es el volumen aproximado de los residuos producidos por cada usuario mensualmente en la capital colombiana contenidos en la Tabla 2.15.

Tabla 2.15. Volumen de RSU mensual por usuario en Bogotá.

Estratos	1	2	3	4	5	6	Comercio	Promedio
m³	0,1012	0,1442	0,1511	0,1994	0,2357	0,2917	0,1477	0,1816

La información de la Tabla 2.14 tiene sus bases investigativas que se remontan hasta el año 2003 donde tuvo inicio la recolección de la información de las principales ciudades colombianas de manos de las empresas encargadas de la recolección de las basuras con el fin de establecer una medida coherente para el establecimiento de las tarifas en los diferentes territorios del país [55].

Con la información contenida en la Tabla 2.6 tenemos que mensualmente se producen 196.477 toneladas de RSU entre 7'776.845 habitantes para el año de 2014, es decir, 0.025 toneladas de residuos por cada habitante o 25.26 kilos aproximadamente en un mes, para el año de 2014.

Continuando con el análisis en el año 2014 se estima una producción mensual de 110.892 toneladas de residuos orgánicos a partir de los RSU provenientes de 7'776.845 de habitantes, es decir, 14.26 kg de residuos orgánicos por habitante mensualmente, no obstante en esta estimación de los residuos en su contenido coexisten materiales como el papel, cartón y restos de comida preparada entre otros.

La Tabla 2.15 indica que un habitante bogotano produce mensualmente 0.18 m³ de residuos aproximadamente, sin embargo, este volumen incluye todo tipo de residuos como vidrio, metal, papel, cartón, plásticos y otros residuos orgánicos. Para tener un volumen acertado frente a la producción de residuos a partir de frutas y verduras se toman los porcentajes de composición de los residuos contenidos en la Tabla 2.5 que aplicados al volumen de residuos, se tiene que 0.18 m³ equivalen al 100% de los residuos, de los cuales el 83.8% corresponden a los RSD que a su vez están compuestos por el 68% correspondiente a los residuos orgánicos materia prima para este proyecto. Finalmente se obtienen 0.10 m³ (100 litros) de residuos orgánicos por usuario en un mes para ser procesados en la obtención de bioetanol [55]. Lo anterior equivale a tener un volumen anual de residuos orgánicos de 1.2 m³ (120 l) por cada usuario en la ciudad de Bogotá.

2.3.1.8 Conclusiones en la obtención de residuos orgánicos.

- Las proyecciones realizadas sobre la producción de residuos orgánicos en la ciudad dan como resultado una totalidad de 3871.81 toneladas, siendo 3206.27 toneladas aportadas por frutas y 665.541 toneladas aportadas por las verduras y hortalizas aproximadamente equivalente al 0.3% de los residuos orgánicos de la ciudad de Bogotá de acuerdo con la información de la Tabla 3.6 para el año 2014.
- Es necesario actualizar las bases de datos existentes con el fin de complementar y conocer más claramente las tendencias en la producción de residuos basados en los volúmenes de comercialización de cada producto en la ciudad de Bogotá. Estas bases de datos involucran dos grandes entidades estatales como lo son el DANE y el ICBF de las cuales se ha obtenido la base informática para los calcular la proyección en esta investigación.
- Aun llegando a datos específicos de comercialización y porcentajes de residuos y aprovechamiento de cada producto orgánico, no se podría determinar una cantidad exacta de residuos debido a que no se analizan los hábitos

nutricionales de cada poblador y la comercialización de dichos productos dependen de condiciones climáticas durante la producción, precios de comercialización y hábitos del consumidor en diferentes épocas de año.

2.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE FORSU.

Las tecnologías de punta para la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar poseen gran prestigio por su rendimiento en el volumen de combustible obtenido, no obstante estas tecnologías están acompañadas de nuevos desarrollos a nivel mundial proyectando un nuevo reto en la obtención de biocombustibles sin el uso de productos básicos de la canasta familiar ni grandes extensiones de tierra óptimas para la producción de alimentos, estas nuevas alternativas son las FORSU (Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos), siendo una materia prima no costada al proyecto y de fácil adquisición para la producción de biocombustibles principalmente el bioetanol seguido de metanol y gas metano.

Cada fabricante posee una técnica y tecnología de procesamiento aplicada distinta, lo que ha permitido obtener un diagrama de proceso que muestra los métodos más representativos en la obtención del bioetanol a partir de FORSU.

2.4.1 Plantas de producción de bioetanol a nivel mundial a partir de residuos orgánicos. A nivel mundial se clasificaron las siguientes plantas de producción de bioetanol con material orgánico proveniente de residuos agrícolas y FORSU.

La Tabla 2.16 muestra siete plantas de producción con sus respectivas sedes en diferentes partes del mundo, estas plantas son las más representativas a nivel internacional por las tecnologías desarrolladas y el tipo de residuos empleados para la producción de bioetanol.

De acuerdo con la Tabla 2.16 y el enfoque de este estudio, las principales plantas de producción que usan FORSU como materia prima son las plantas de Imecal, Ineos, Abengoa y Enerkem, las demás plantas aunque utilizan residuos orgánicos se centran más en la obtención de los mismos a partir de los residuos de cosechas como el maíz y el cultivo de paja.

Tabla 2.16. Plantas de producción de etanol en el mundo a base de material orgánico.

No.	COMPañÍA	UBICACIÓN	C.P	V.P	I.O	M.P.
1	BLUEFIRE RENEWABLES	Izumi Japón	40 kg/h	21.150 gal/año	2002	Residuos de madera
		Fulton, Mississippi, Estados Unidos	400 T.res/año	19 Mgal/año	2011	Residuos lignocelulósicos de cosechas
2	IMECAL	L'Alcúdia, Valencia España	100 T.res/día 3600 T.res/año	16000 l/día 1.536 Mgal/año	2006	FORSU
3	BIOGASOL	Aakirkeby, Bornholm, Dinamarca	23.8 T.res/año	5.2 m-l/año 1.387 Mgal/año	2009	Residuos lignocelulósicos de cosechas
4	INEOS*	Florida, Estados Unidos	100.000 T.res/año	8 Mgal/año	2012	Residuos lignocelulósicos de cosechas, madera, FORSU.
5	ABENGOA	Babilafuente, Salamanca España. W2B	25.000 T.res/año	1.5 ml/año	2013	Residuos sólidos urbanos
		Hugoton, Kansas, Estados Unidos	350.000 T.res/año	25 Mgal/año	2013	Residuos lignocelulósicos de cosechas
		Biomass York, Nebraska, Estados Unidos	--	0.02 Mgal/año	2007	Residuos lignocelulósicos de cosechas, follaje maíz
6	TMO GOUP	Dunsfold en Surrey, Reino Unido	--	--	2008	Residuos sólidos municipales
7	ENERKEM ALBERTA BIOFUELS	Edmonton, Alberta, Canadá	100.000 T.res/año	10 Mgal/año	2014	Residuos sólidos municipales
* Existe un proyecto de Ineos en el Reino Unido pero aún no se ha confirmado su construcción.						
C.P Capacidad de producción. V.P Volumen de producción I.O Inicio de operación M.P Materia prima utilizada.						

Fuente varios [56,57,58,59,60,61,62,63,64,65].

2.4.2 Tecnologías, procesos actualizados y comentarios generales en la producción de bioetanol. Para el desarrollo de esta investigación fue necesario investigar sobre material bibliográfico paralelo e independiente de cada proyecto, esta información paralela va relacionada directamente con los procesos principales de la producción y esta resumida en la Tabla 2.17. Lo anterior es debido a que las tecnologías usadas están aún en desarrollo y protegidas por patentes que limitan la investigación.

Tabla 2.17. Tecnologías y procesos de producción usados a nivel mundial.

PLANTAS PRODUCTORAS DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS ORGANICOS				
No.	COMPAÑÍA	NOMBRE / UBICACIÓN	TECNOLOGIA	PROCESO DE PRODUCCION
1	BLUEFIRE RENEWABLES	a. Izumi, Japón	ARKENOL	1. Trituración mecánica, peletización de los residuos de (a)madera, (b) residuos agrícolas.
		b. Fulton, Mississippi, Estados Unidos		2. Hidrólisis ácida concentrada usando ácido sulfúrico H2SO4.
2	IMECAL	PERSEO. L'Alcúdia, Valencia España	IMECAL / CIEMAT Colaboran: Novozymes Fermentis	3. Filtración, separación de sólidos.
				4. Separación de ácidos y azúcares, mediante la unidad de separación cromatográfica.
				5. Obtención del alcohol, proceso de fermentación mediante reactor fluidizado.
				6. Deshidratación del alcohol y purificación del alcohol.
				1. Secado de la FORSU y posterior trituración mecánica.*
3	BIOGASOL Fase 1	BioGasol, Ballerup, Denmark Aakirkeby, Bornholm, Denmark	BioGasol colaboran: Aalborg University (AAU), Agrotech	2. Prehidrólisis ácida. (Temperatura, tiempo y ácido).
				2. Hidrólisis enzimática - Sarrificación y fermentación simultáneas (SFC).
				3. Destilación del alcohol.
				4. Proceso de separación de lignina.
				5. Deshidratación del alcohol.
3	BIOGASOL Fase 2	Aakirkeby, Bornholm, Denmark	BioGasol Colaboran: Siemens, Alfa Laval, Grundfos, Østkraft Aalborg University (AAU), Washington	1. Pretratamiento de la materia prima. [Oxidación húmeda]
				2. Filtrado, separación de sólidos y líquidos.
				3. Fermentación C5 de los líquidos de la fase dos del proceso.
3	BIOGASOL Fase 3	Boardman, Oregon, USA	Pacific Ethanol Inc. Biogasol Washington State University, BSEL	4. Hidrólisis enzimática de los sólidos de la fase 2, posterior fermentación C6.
				5. Destilación del alcohol proveniente de las fases 3 y 4 del proceso.
4	INEOS	Florida, Estados Unidos	INEOS BIO	6. Producción de biogas.
				1. Secado de la materia prima y trituración de la misma. *
				2. Gasificación de los residuos.
				3. Filtración del gas de síntesis, recuperación del calor del gas para generación de potencia.
				4. Fermentación del gas de síntesis por medio biológico.
				5. Filtración del gas de síntesis, destilación y deshidratación.
5	ABENGOA	Babilafuente, Salamanca España**	Abengoa W2B (Waste to Biofuels) Colabora: CIEMAT	6. Generación de energía eléctrica.
				1. Pretratamiento de la materia prima, trituración.
				2. Hidrólisis enzimática.
		Hugoton, Kansas, Estados Unidos	Abengoa W2B (Waste to Biofuels) Colabora: CIEMAT	3. Recuperación de las enzimas.
				4. Fermentación.
				5. Destilación.
Biomass York, Nebraska, Estados Unidos	Abengoa W2B (Waste to Biofuels) Colabora: CIEMAT	6. Recuperación de las vinazas		
		1. Pretratamiento de la materia prima, trituración.		
		2. Hidrólisis enzimática.		
6	TMO GROUP	Dunsfold en Surrey, Reino Unido	TMO GROUP Empresas de USA.	3. Recuperación de las enzimas.
				4. Fermentación.
7	ENERKEM ALBERTA BIOFUELS	Edmonton, Alberta, Canadá	ENERKEM	5. Destilación.
				1. Pretratamiento de la materia prima, preselección y trituración. *
				2. Gasificación y filtrado.
				3. Fermentación.
				4. Destilación y purificación.

* Antes de la primera fase se lleva a cabo una separación de residuos como plásticos, metales y vidrios.

** No se especifica claramente el tipo de pretratamiento, sin embargo, por el tipo de residuos usados se asumen los procesos de trituración e hidrólisis.

*** En Babilafuente, Salamanca España, existen dos plantas para el procesamiento de biomasa y residuos sólidos urbanos por separado.

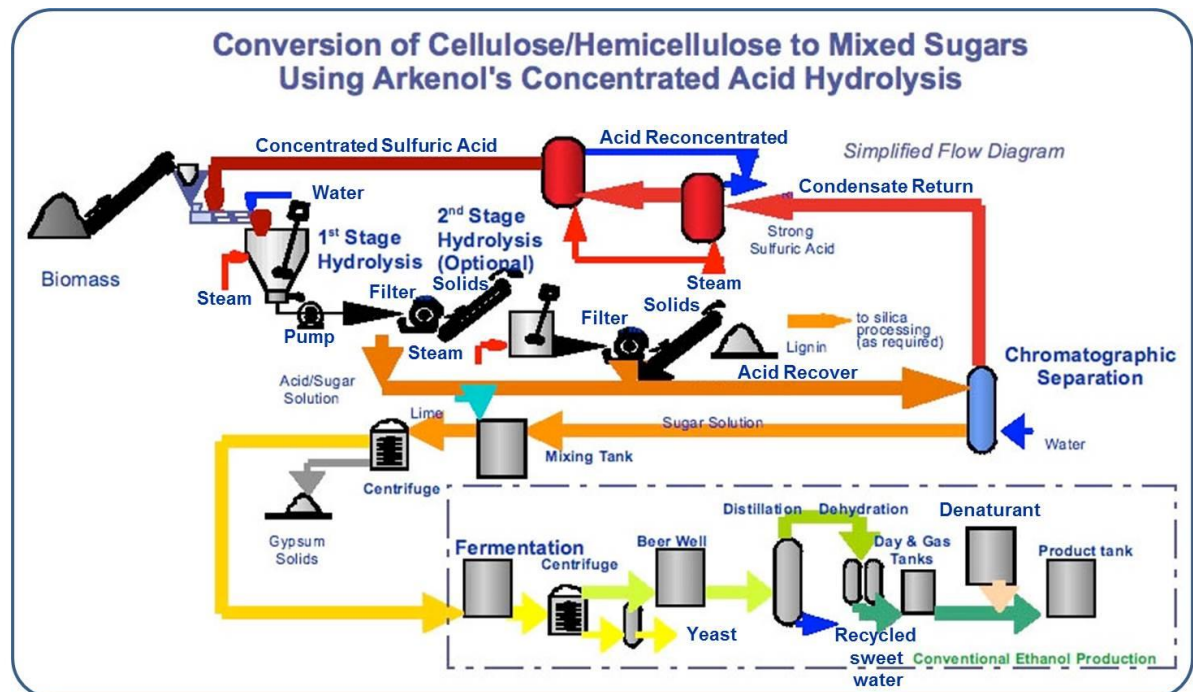
Fuente varios [56,57,66,67,58,68,59].

2.4.2.1 Bluefire Renewables Inc, Japón. En la planta de Izumi Japón se desarrolla tecnología de proceso para ser escalada a un nivel industrial en otros países como Norteamérica. No obstante la planta de producción en Japón es propiedad de la firma JCG Corporation, quien también opera plantas en los Estados Unidos usando la tecnología Arkenol en sus procesos desde el 2006, siendo Arkenol el proveedor principal de la tecnología usada. Esta alianza ha buscado el desarrollo de más proyectos de este tipo en el sudeste de Asia, sin embargo no se tienen registros contundentes alrededor de estas nuevas plantas [69].

Para este proyecto en Japón, Bluefire Renewables Inc. es una firma norteamericana que interviene financieramente adquiriendo tecnologías para sus proyectos en Estados Unidos y reforzando la parte investigativa en la planta matriz.

A continuación se tiene el Diagrama 2.1 el cual muestra el proceso de obtención de bioetanol usando la tecnología de Arkenol.

Diagrama 2.1. Diagrama de proceso para plantas de Bluefire con tecnología Arkenol .



Fuente Bluefire Renewables [67].

- Producto: Bioetanol 99.5%.
- Obtención de azúcar: Hidrólisis ácida concentrada usando ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 18%, a temperaturas que oscilan entre los 35°C-65°C.
- Separación de ácidos: Unidad de separación cromatográfica, usando bolas de plástico fabricadas de un catión o resina aniónica para reciclar el contenido de ácido del hidrolizado. Temperatura promedio 28°C, recuperación del 97% del ácido introducido al proceso.
- Obtención de alcohol: Fermentación mediante reactor fluidizado con medios inmovilizados. Levaduras usadas, "*Zymomonas mobilis*" y "*Saccharomyces cerevisiae*". Volumen de etanol obtenido, 4%.
- Destilación de alcohol: Capacidad de destilación de 100 l/día de etanol al 95.5% en el año 2004 [56].

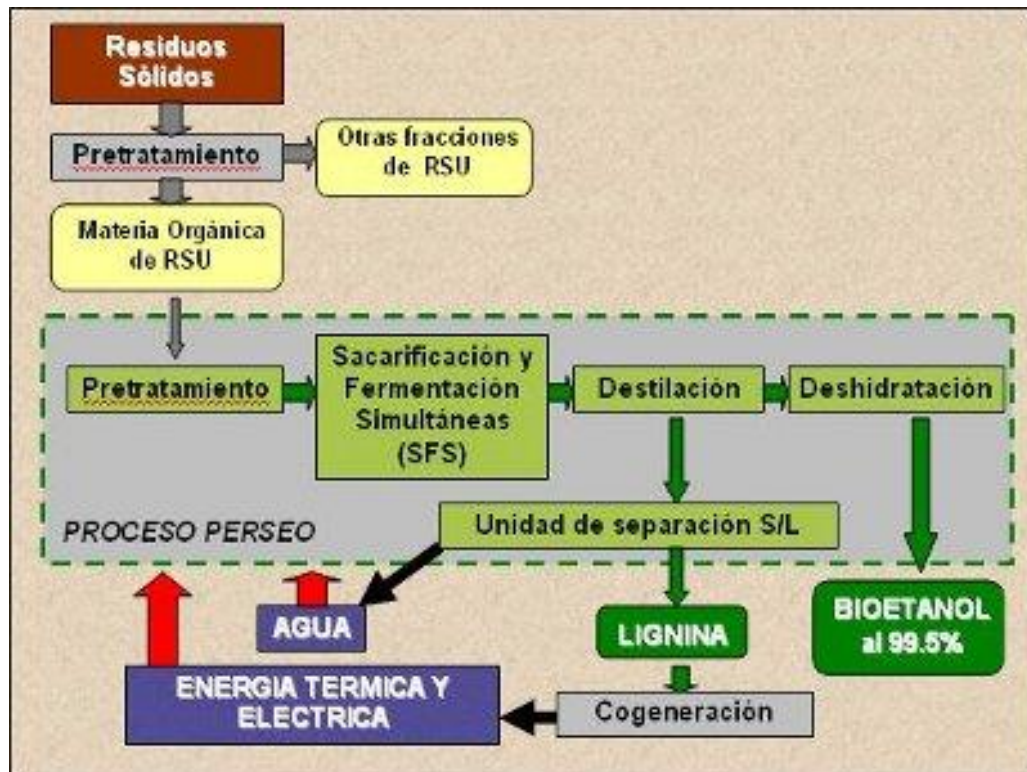
2.4.2.2 Perseo, España. El proyecto Perseo trabaja conjuntamente con las firmas CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) e IMECAL (Empresa dedicada a las áreas de obra civil, refinería y petroquímica, transporte refrigeración, automotriz y cerámica), siendo la primera la encargada de las investigaciones de laboratorio, la determinación de las etapas del proceso junto con las condiciones óptimas de operación a una escala de laboratorio y la segunda la encargada de la infraestructura del proyecto en la fase de planta de demostración. La validación del combustible en el inicio del proyecto fue realizada por Ford España y los vehículos usados eran denominados *Flex Fuel Vehicle* o vehículos de combustible flexible, en español.

- Obtención del azúcar y alcohol: esto ocurre mediante el proceso de hidrólisis enzimática seguido del proceso de sacarificación y fermentación simultánea usando celulasas comerciales y *Saccharomyces cerevisiae*, obteniendo un sustrato con 10%-20% de concentración con una temperatura promedio durante el proceso entre 32-35°C [68].

Durante el proceso hay una etapa de filtración en donde la fracción líquida pasa directamente a ser fermentada, mientras que la parte sólida es sometida al proceso de hidrólisis enzimática y la posterior sacarificación y fermentación simultánea como se muestra en el Diagrama 2.2.

El proyecto Perseo tiene dentro de sus colaboradores a la compañía Novozymes, quien es una de las firmas más importante en la producción de suministros para los procesos químicos del proyecto como lo son las enzimas y levaduras.

Diagrama 2.2. Diagrama de proceso para el proyecto Perseo.



Fuente Imecal, Perseo [70].

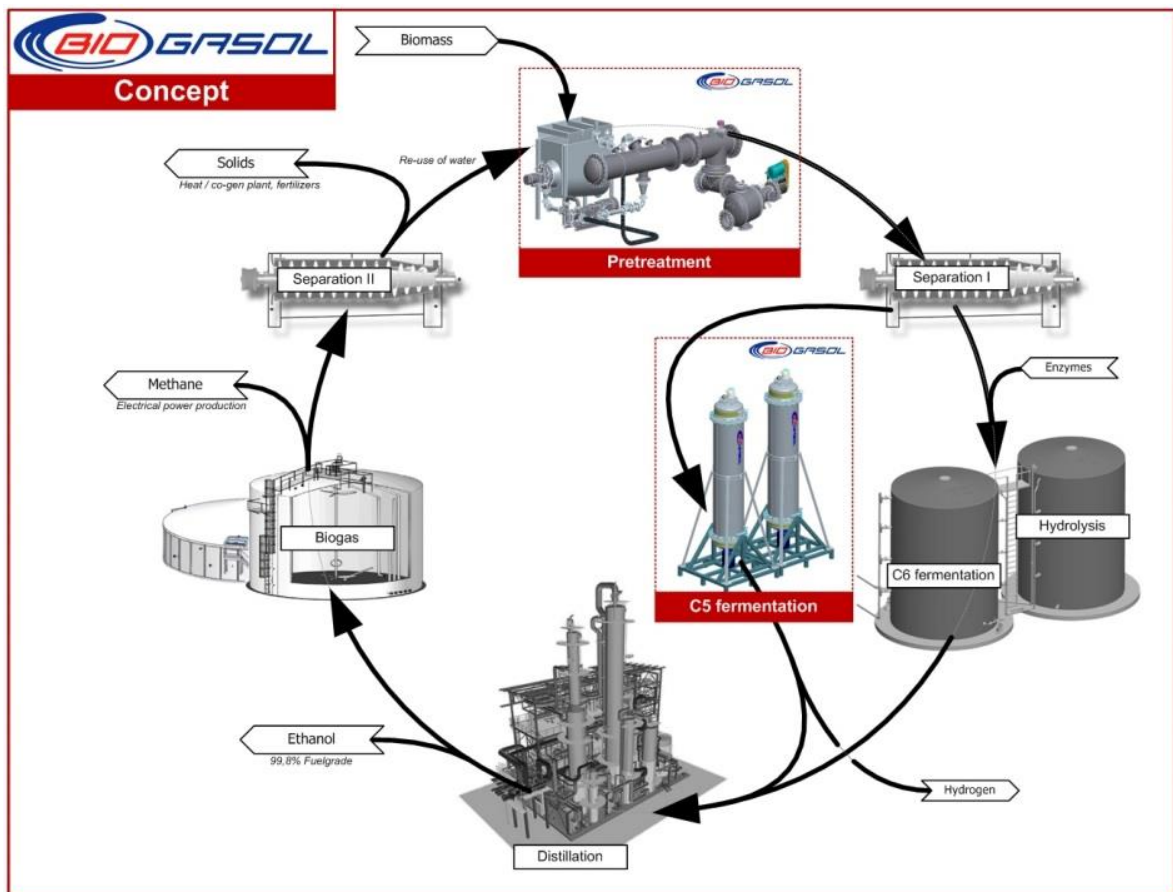
2.4.2.3 Biogasol, Dinamarca. El proyecto de Biogasol inicio como una extensión de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU) hasta que en 2010 fue comprada por Fjord Capital Partners. Esta firma mezcla la biotecnología con la ingeniería permitiéndole desarrollar proyectos integrales a nivel de biocombustibles, tanto así, que actualmente intervienen de una manera importante en la producción de biocombustibles en los Estados Unidos de la mano con accionistas Norteamericanos, con un número considerable de plantas piloto en territorio americano [71].

Biogasol ha conformado una tecnología que le permite producir etanol con una pureza del 99.8% y a su vez con los residuos de este primer proceso produce biogás para la posterior producción de metano el cual es útil en la generación de energía [72].

- Pre-tratamiento de la materia prima: Peletización de los residuos seguido de hidrólisis enzimática, mediante un sistema de alimentación continua y presurizada a un bio-reactor que se encarga de homogenizar todo el material residual [73].

El proceso realizado por Biogasol se centra en los procesos de fermentación de azúcares C5 y C6, que son los que se encuentran en la fracción celulósica (C6) y hemicelulósica (C5), como lo muestra el Diagrama 2.3.

Diagrama 2.3. Diagrama de proceso para el proyecto Biogasol.



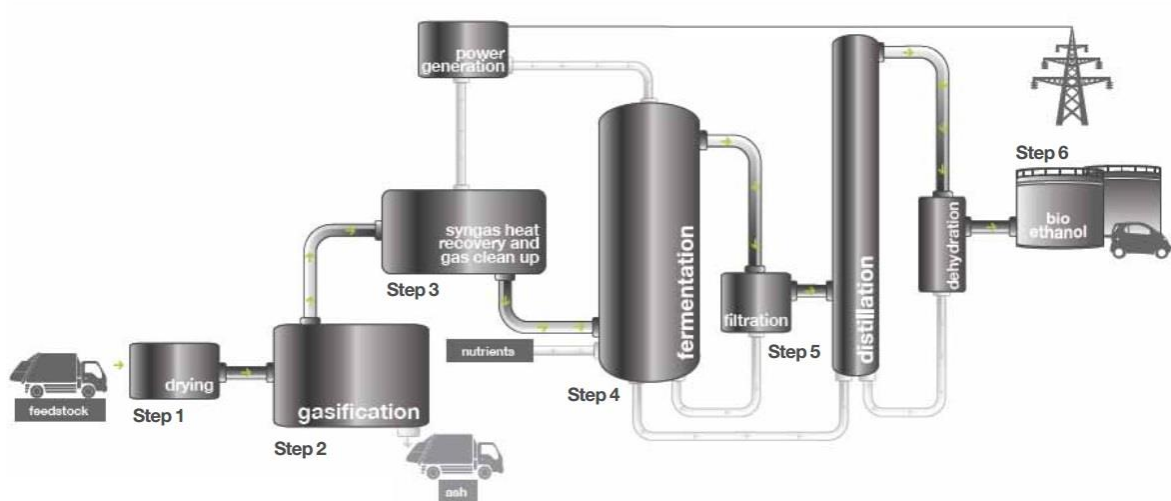
Fuente Biogasol, Enabling a biofuel future [73].

2.4.2.4 Ineos, Suiza. A diferencia de los anteriores proyectos INEOS utiliza un proceso de producción alternativo para la producción de bioetanol a base de residuos sólidos municipales o en su traducción al inglés MSW, este proceso de producción

se denomina gasificación termoquímica, la cual consiste en la combustión de todos los residuos en una cámara hermética hasta obtener gas de síntesis el cual es el principal producto del cual se deriva el bioetanol. Durante el proceso de gasificación, son el monóxido de carbono (CO) e hidrógeno y los encargados químicamente de la obtención del bioetanol.

Esta tecnología permite también tener una cogeneración de energía eléctrica usando parte del gas de síntesis dando un alto rendimiento energético al obtener dos energías útiles partiendo de residuos sólidos municipales como se muestra en el Diagrama 2.4 [74].

Diagrama 2.4. Diagrama de proceso para el proyecto Ineos.



Fuente Ineos, The Word for Chemicals [74].

El proceso de gasificación es muy flexible ya que permite la conversión de todos los tipos de biomasa incluyendo los residuos sólidos municipales en un tiempo menor de procesamiento. Este tipo de plantas son de pequeña escala pero de un rendimiento importante en la producción de biocombustibles.

El proyecto ha realizado un estudio sobre la composición de la materia prima usada en la gasificación, dado en porcentaje por peso de la misma:

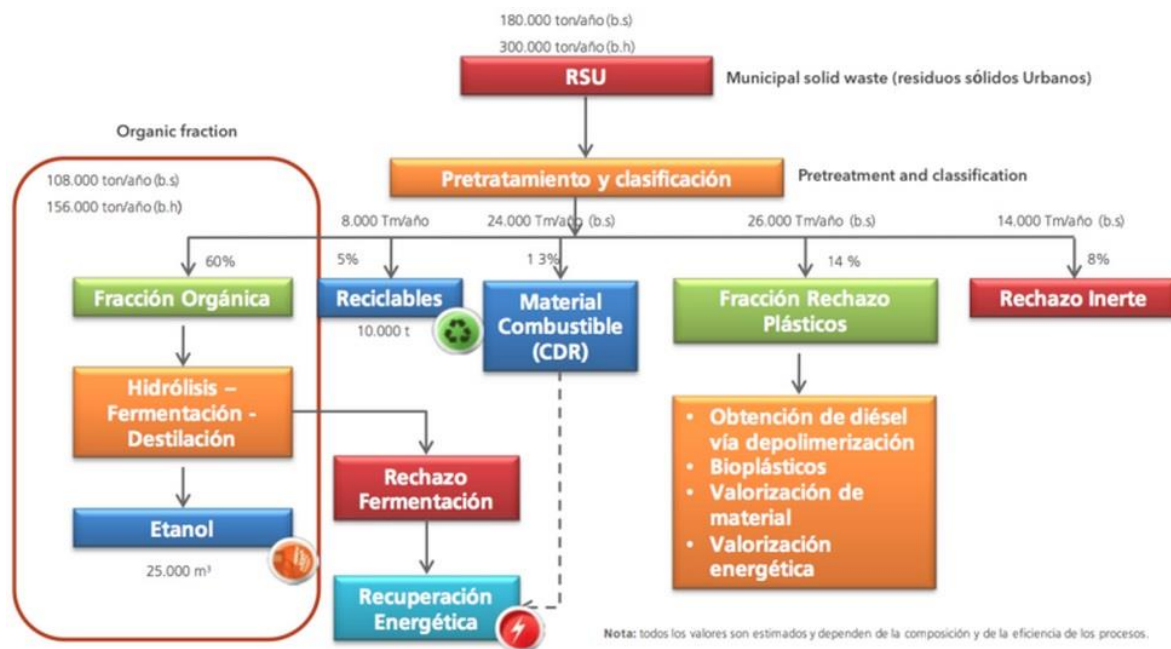
- Celulosa: 40-60%
- Hemicelulosa: 10-45%
- Lignina: 15-30%
- Ceniza: 2-5%

La lignina, en los demás procesos de producción de bioetanol a partir de material orgánico es un factor inhibidor en la producción de alcohol, mientras que en el proceso de la gasificación esta lignina pasa a ser parte activa en la producción de gas de síntesis para la posterior fermentación y obtención del bioetanol [74].

2.4.2.5 Abengoa, España. La firma Abengoa tiene gran cantidad de proyectos a nivel internacional con una cobertura presente en Estados Unidos, Europa y Brasil, siendo su producción en Europa se concentra en el uso de biomasa obtenida de los residuos de cosechas y en los residuos sólidos urbanos, en USA, la producción se concentra en el uso de materia prima como el maíz y la biomasa obtenida de los residuos de cosechas y la paja, finalmente en Brasil la producción se concentra en la caña de azúcar. La Tabla 2.16, resalta tres proyectos importantes de esta firma los cuales están ubicados en los estados de Nebraska y Kansas en Estados Unidos y Babilafuente en España los cuales usan material lignocelulósico para la obtención del biocombustible, siendo el proyecto de Babilafuente el único desarrollado para procesar RSU con una nueva tecnología propia de la firma denominada W2B (Waste to Biofuel).

Esta investigación se centra en el proyecto paralelo desarrollado en Babilafuente España W2B, el cual tiene una proyección del año 2013 de procesar 25.000 toneladas de residuos para obtener 1.5 millones de galones de bioetanol en el año mediante el proceso mostrado en el Diagrama 2.5 [61,75]. En el año de 2012 el proyecto Abengoa publica una información estadística en la cual afirma que una mezcla de E85 reduce en un 70% las emisiones de gases de efecto invernadero por cada kilómetro recorrido, además afirma que una mezcla mínima equivalente a E5 reduce las emisiones en un 3% por kilómetro recorrido.

Diagrama 2.5. Diagrama de proceso para el proyecto Abengoa.

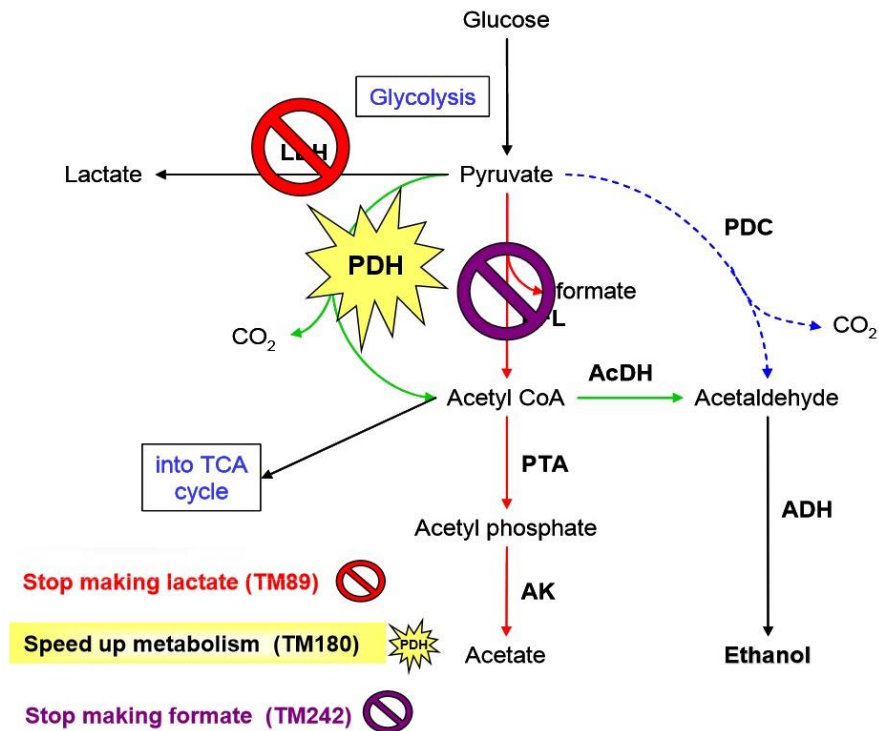


Fuente Abengoa, soluciones tecnológicas innovadoras para el desarrollo sostenible [76].

2.4.2.6 TMO Group, Reino Unido. Desde sus inicios en el año 2008, TMO Renewables Limited se ha posicionado de manera reconocida en el Reino Unido en el procesamiento de residuos como residuos de jardinería, paja de trigo, granos y residuos sólidos municipales, esto con el propósito de perfeccionar sus patentes e ingresar a competir en el mercado estadounidense el cual se ha tornado en un foco importante para la producción de biocombustibles [77]. Su tecnología se centra en el descubrimiento y producción de una bacteria de compost que puede llegar a funcionar de manera efectiva con un alto rendimiento en la producción de bioetanol, esta bacteria es denominada “Geobacillus, bacteria-célula que individualmente tiene una la habilidad innata para alimentarse y crecer a partir de una amplia gama de sustratos de carbohidratos”.

La tecnología TMO, manipula el metabolismo de la bacteria inhibiendo la producción de ácido láctico para estimular la producción de ácidos orgánicos resaltando la capacidad de producir etanol tal y como lo muestra la Diagrama 2.6 y 2.7. En la manipulación de esta bacteria surgieron algunas bacterias intermedias con buenos resultados en el rendimiento de la obtención de bioetanol hasta llegar a la cepa TM242 [78].

Diagrama 2.6. Ingeniería metabólica de la síntesis del etanol.

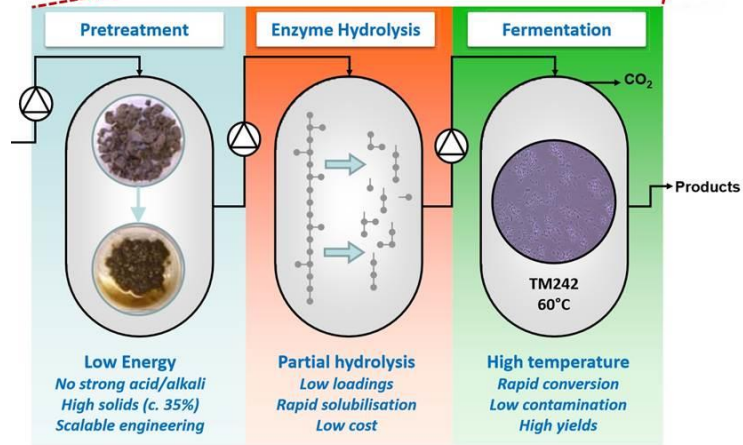
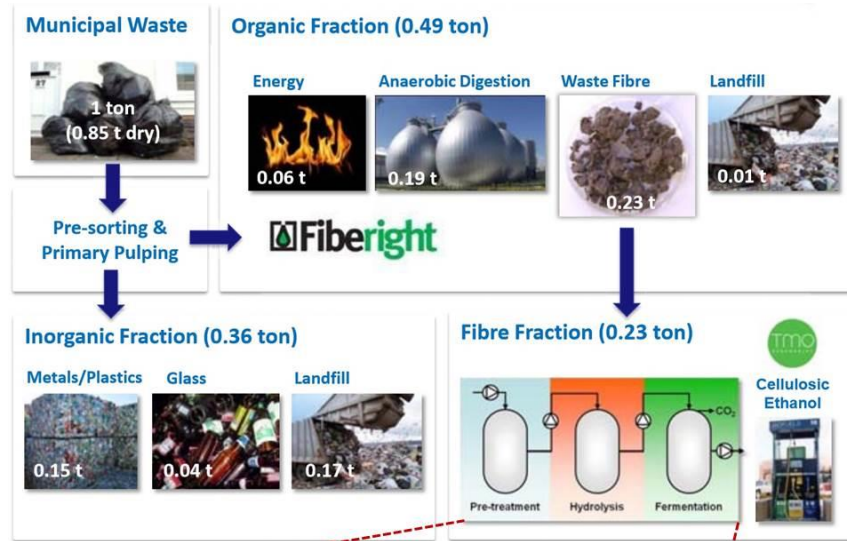


Fuente TMO Group [79].

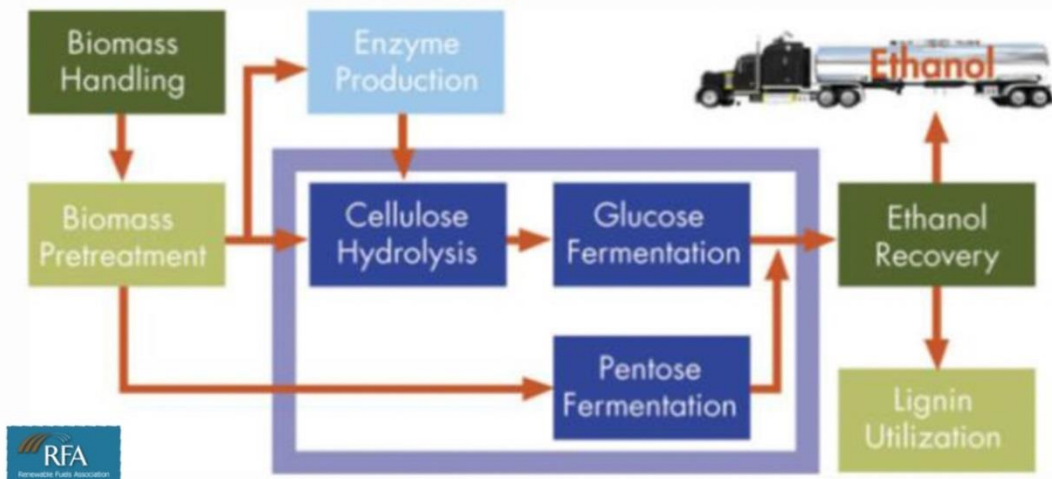
La bacteria crece y se reproduce en un cultivo continuo de seis meses aproximadamente, siendo de fácil manipulación genética para mejorar sus propiedades y ser utilizada en el proceso bajo una temperatura promedio de 60°C para producir un volumen de etanol por encima del 10% hasta un 80% teórico máximo, antes del proceso de destilación [79].

Los residuos orgánicos obtenidos son sometidos a una digestión anaeróbica antes de realizar la hidrólisis enzimática, mediante la cual se obtienen 0.23 toneladas de fibra orgánica apta para la obtención del etanol a partir de 1 tonelada de residuos que ha ingresado al proceso.

Diagrama 2.7. Diagrama de proceso para el proyecto TMO Group.



PRODUCTION OF ETHANOL FROM CELLULOSIC BIOMASS

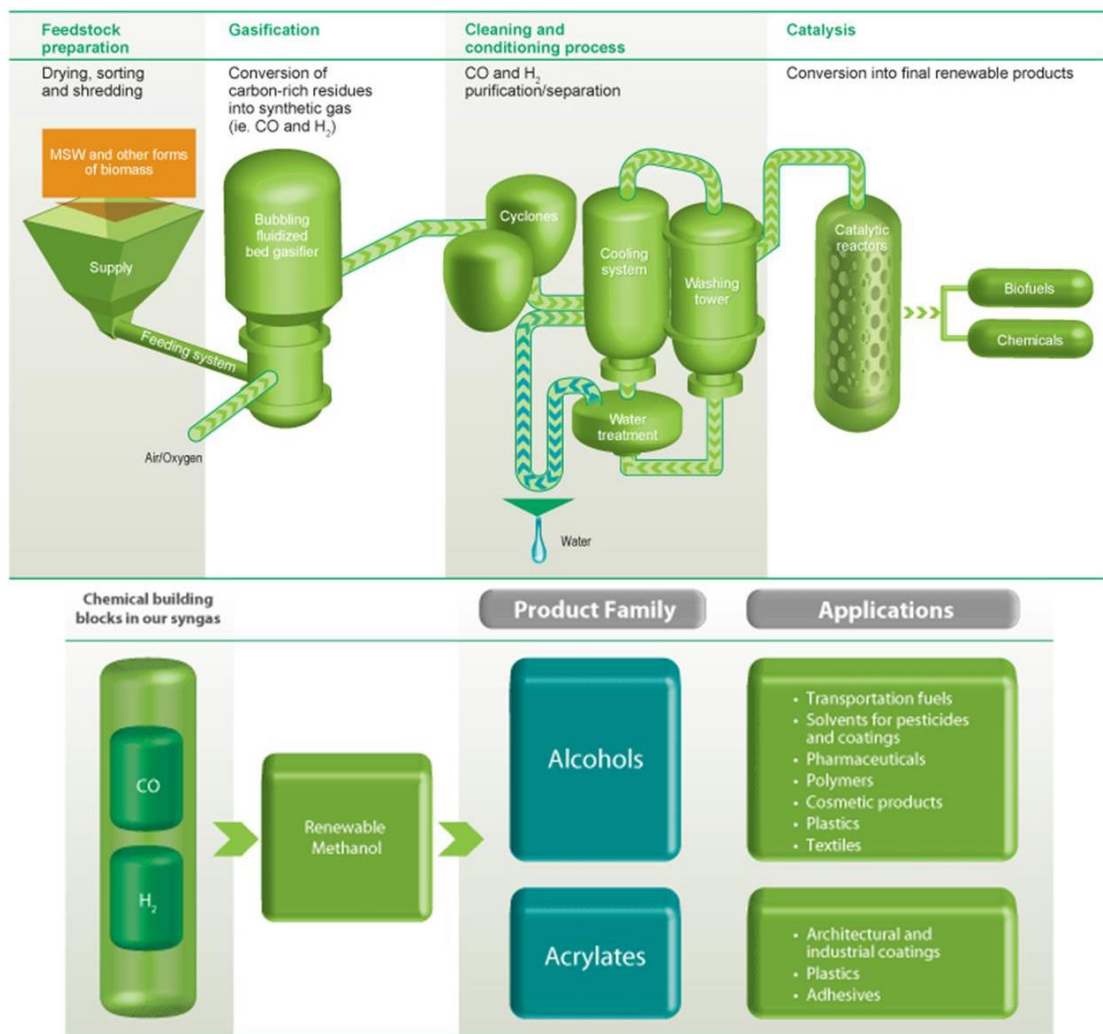


Fuente TMO Group [80].

2.4.2.7 Enerkem, Canadá. El proyecto Enerkem, Alberta Biofuels inicia operaciones el 4 de junio de 2014 con una expectativa de producción de al menos 10 millones de galones en el año, garantizando el procesamiento de un porcentaje estimado de residuos municipales estimado entre el 60 y el 90%.

La tecnología de gasificación le ha permitido al proyecto posicionarse de una manera importante con tres proyectos en Canadá como lo son Westbury (Quebec), Edmonton (Alberta), Varennes (Quebec) y un proyecto en Estados Unidos, Pontotoc (Mississippi), además cuenta con un centro de investigación y desarrollo en Canadá ubicado en Sherbrooke (Quebec).

Diagrama 2.8. Diagrama de proceso para el proyecto Enerkem.



Fuente Cellulosic ethanol, Disruptive technology [65,81]

La tecnología usada por Enerkem está basada en el proceso de gasificación de los residuos sólidos urbanos, la cual consta de cuatro pasos siendo una de las tecnologías más simplificadas en el procesamiento de este tipo de residuos para la obtención de biocombustibles como lo indica el Diagrama 2.8 [82]. El principal producto de los residuos sólidos urbanos es el gas de síntesis o “syngas” que es un combustible gaseoso proveniente de materias ricas en carbono sometidas a un proceso químico a elevadas temperaturas. Este gas de síntesis es un producto químico básico para varios procesos petroquímicos y de refinación obteniendo productos secundarios como en etanol, ácido acrílico, n-propanol y n-butanol [83].

2.5 ANTECEDENTES SOBRE PROYECTOS E INVESTIGACIONES EN COLOMBIA.

En este numeral y para esta investigación, solo se tendrán en cuenta los proyectos e investigaciones que estén directamente relacionadas con la obtención de alcohol a partir de residuos orgánicos como RSU y FORSU además de los cultivos de rechazo entre otros a nivel nacional, dejando a un lado las producciones en masa vigentes en Colombia como lo son la caña de azúcar en la obtención de bioetanol.

1982: Los intentos por producir etanol en Colombia se dieron al final de la década de los setenta pero fue en la década de los ochenta donde se materializó el proyecto la producción de etanol a partir de productos orgánicos.

1987: El 25 de julio fue realizada la instalación de la planta de alcoholes del Urabá, una planta productora de etanol a base de banano de rechazo de la zona bananera local. Esta planta conto con el apoyo del Centro Internacional de Investigaciones y el Desarrollo (CIID) de Canadá el cual donó el equipo para el proceso [84], además, el departamento de Antioquia patrocino el costo del montaje y los bananeros patrocinaron los terrenos para la fábrica en el corregimiento de Currulao en Turbo, la planta tenía una proyección en su capacidad de producción de 270.000 toneladas de banano de rechazo para producir 55.000 litros de alcohol diariamente para ser vendidos a la Fábrica de Licores de Antioquia, finalmente esta planta fue cerrada y sus instalaciones saqueadas [85].

Por otra parte un trabajo de grado de la Escuela de Administración de la Universidad EAFIT indica que el proyecto fue realizado en el año de 1982 basado principalmente en hidrólisis del material molido [86], con una capacidad de producción de 6 toneladas/día de banano de rechazo y 1000 litros diarios de

etanol, sin embargo fue cerrada por dificultades en su funcionamiento técnicas de proceso un año después de abierta.

Nuevamente en el año de 1990 se intentó construir una nueva planta de producción con una proyección de producción de alcohol de 5000 litros/día y 10000 litros/día, pero nunca se realizaron los estudios finales de dicho proyecto. De igual forma en el año 2000 se intentó restaurar la planta de Currulao sin obtener una evaluación económica que diera avance al proyecto [86].

2004: La sede de Manizales de la Universidad Nacional elabora un estudio sobre la conversión del almidón y la celulosa de los residuos de la plaza de mercado en azúcares reductores mediante el uso de glucoamilasa y celulasas comerciales [87], para finalmente obtener bioetanol y biogás resaltando el uso y beneficio de la hidrólisis enzimática. De la plaza de mercado se extraen residuos de frutas y verduras que no pueden ser comercializados a causa de daños en el transporte o su alto estado de madurez.

2006: En este año la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín publica un estudio sobre la producción de bioetanol a partir de la cáscara de banano y el almidón de la yuca mediante hidrólisis ácida, obteniendo un rendimiento de azúcares equivalente a 20 g/l de la cáscara de banano y un rendimiento de almidón equivalente a 170 g/l a partir de la yuca en un periodo de cinco horas aproximadamente. Finalmente la producción de etanol fue menor a 0.1 g/l [88].

2009: La Universidad San Buenaventura de Cali mediante la revista tecnológica Guillermo de Ockhan publica una investigación sobre la obtención de bioetanol usando un proceso de hidrólisis y fermentación simultánea del residuo de mango común sometido a un proceso de secado de 72 horas aproximadamente [89]. Este proceso simultáneo consiste en que dentro del mismo reactor se desarrollan los dos procesos de hidrólisis y fermentación donde la levadura junto con la enzima celulolítica reduce la acumulación de azúcares en el reactor incrementando la tasa de hidrólisis y por ende el rendimiento con respecto a la fermentación e hidrólisis por separado.

2010: El centro Nacional de Investigaciones de Café mediante dos de sus investigadores se realiza un estudio para darle un valor agregado a los residuos obtenidos en el proceso de producción del café, más específicamente al mucílago de la semilla el cual hace parte de la pulpa que envuelve el grano, estas pruebas permitieron ver un rendimiento de 1 l a 1.5 l de alcohol a partir de 100 kg de mucílago del café mediante el uso de hidrólisis alcalina, ácida y enzimática [90].

2010: Una publicación de la Universidad del Tolima entrega una investigación enfocada en los pre-tratamientos de los residuos y los tipos de microorganismos usados en los procesos de hidrólisis. Aunque no se realizaron experimentos la investigación permite la flexibilidad de microorganismos y procesos aplicables con una alta viabilidad de uso para alcanzar un alto rendimiento en la obtención de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos [91].

2011: Dentro de la Universidad de Antioquia se llevó a cabo una investigación sobre la obtención de etanol y gas a partir del banano de rechazo, obteniendo un rendimiento equivalente a 0.065 litros de etanol a partir de 1 kilogramo de banano verde usando un proceso de hidrólisis con enzimas endógenos (96 horas aproximadamente) para posteriormente realizar un proceso de fermentación usando el microorganismo *Saccharomyces cerevisiae* (48 horas aproximadamente) [84]. Una conclusión importante de esta investigación, y que es un punto importante de investigación y ajuste es que la concentración de azúcares de los residuos (°Bx) no es proporcional al volumen de alcohol obtenido al final del proceso, por lo tanto es necesario realizar ajustes a los microorganismos usados en toda la secuencia de fabricación del alcohol.

2011: Un trabajo de grado realizado en la Universidad EAFIT, muestra varios usos pertinentes para el banano de rechazo tipo *cavendishs* [85]. Este proceso al igual que el de la universidad de Antioquia fue evaluado con hidrólisis enzimática considerando sus costos y rendimiento final de alcohol.

2011: La revista de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA) publica en su revista Actualidad y Divulgación Científica, una investigación sobre la conversión de los residuos de poda en bioetanol usando hidrólisis enzimática y ácida, esta investigación fue realizada por la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco resaltando el rendimiento de glucosa obtenido mediante la hidrólisis ácida [92].

2011: Mediante la revista de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia publica un estudio sobre la producción de bioetanol a partir de harina de yuca mediante un proceso de hidrólisis enzimática y fermentación simultáneas. En este estudio se obtuvo una concentración de etanol de 14.6% v/v y una productividad de 2.5 g/l.h durante 48 horas de proceso [93].

2011: La Revista Educación en Ingeniería publica en el año de 2010 una investigación realizada por en la Universidad de Cartagena sobre la producción de bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de naranja y piña, el proceso también se desarrolló mediante un

proceso de hidrólisis ácida con ácido sulfúrico al 5%, una temperatura de 125° y una presión de 15 psi. Finalmente los resultados obtenidos en esta investigación arrojaron un contenido de etanol a partir de las cascaras de naranja de 8.4 mg/g y con las cascaras de piña de 1.0 mg/g [94].

2011: El ingeniero químico Juan Pablo Mariscal de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales presenta una tesis para obtener el título de magister en ingeniería química, donde muestra las condiciones del proceso de fermentación y las posibles variables que se pueden adecuar para mejorar el rendimiento del proceso en aras de obtener un volumen más alto de etanol en condiciones favorables a nivel industrial y económico usando nuevas cepas de hongos y modificando las especies comerciales [95].

2012: La ingeniera química Nancy Johana Montoya realiza un análisis para estudiar la viabilidad del proceso de obtención de bioetanol a partir de FORSU producidos en España [96]. Esta investigación se centra en el uso del proceso de hidrólisis ácida y fermentación para la obtención de bioetanol. Este proyecto es resultado de una alianza entre la Universidad de Castilla en España y la Escuela de Administración de Negocios (EAN) de Colombia.

2.6 PROPUESTA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BIOETANOL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

A partir de la información contenida en el numeral 2.4 concerniente a las plantas de producción y tecnologías de punta a nivel mundial y desarrollos investigativos a nivel local, se pretende establecer de manera conceptual un proceso acorde con las condiciones climáticas y calidad del producto para el abastecimiento de bioetanol en el casco urbano de la ciudad de Bogotá, dando origen a una planta piloto en la ciudad de Bogotá con la capacidad de expansión para el procesamiento de al menos el 80% de la producción total de los residuos obtenidos de los hogares y establecimientos públicos.

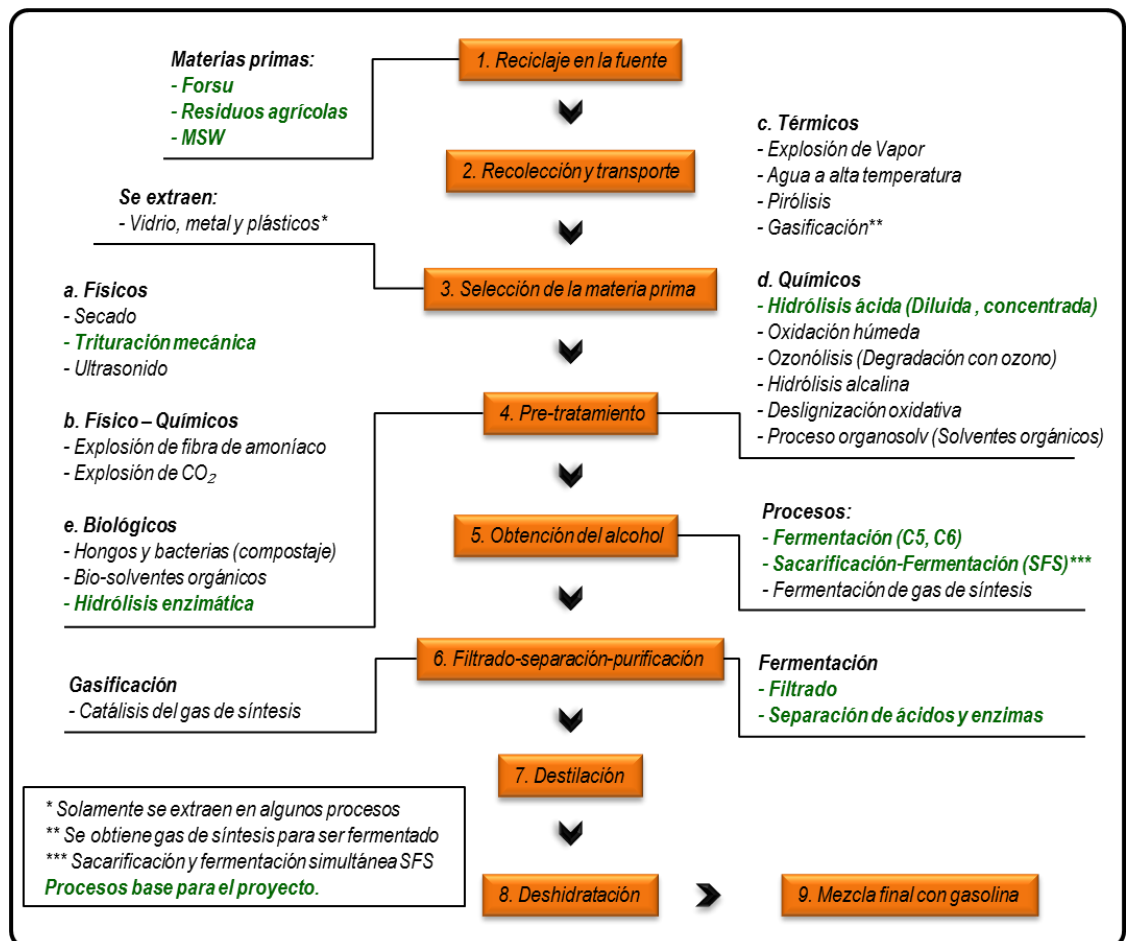
El Diagrama 2.9 muestra el diagrama general de proceso, que ha sido elaborado con información base de la Tabla 2.16, en donde se reflejan los principales proyectos y procesos de pre-tratamiento en la producción de bioetanol a partir de FORSU. Estos proyectos no son los únicos que se encuentran en funcionamiento en la actualidad, pero su tecnología aplicada contiene características que se pueden acondicionar para las condiciones de trabajo de la ciudad obteniendo finalmente un proceso químico acorde con las necesidades locales. Dentro de esta

investigación solo se tendrán en cuenta los procesos que apliquen directamente para el proyecto en la ciudad de Bogotá.

Las materias primas representativas en la actualidad a nivel mundial en la producción de bioetanol y que no representan uso de tierra ni el uso de productos de la canasta familiar son los siguientes:

- Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos FORSU, como su nombre lo indica es la composición orgánica de los MSW (*Municipal solid waste*), principalmente usada en procesos de hidrólisis ácida y enzimática para la obtención de bioetanol además de compostajes y bio-digestores [97].

Diagrama 2.9. Diagrama de proceso del Proyecto.



- Residuos agrícolas, estos residuos son obtenidos principalmente de los residuos de cosechas como el trigo, la cebada, el maíz, la caña de azúcar entre otros cultivos. Este tipo de residuos son más usados en la región europea y norteamericana.
- Residuos sólidos municipales con sus siglas en inglés MSW, es el conjunto de residuos obtenidos de las ciudades pero sin una clasificación específica que separe los residuos. En algunas plantas de producción son extraídos los metales y el vidrio de los MSW para ser sometidos a un proceso denominado gasificación del cual se obtiene metanol y posteriormente etanol [98].

2.6.1 Pre-tratamientos físicos. Los pre-tratamientos físicos se realizan para disminuir el tamaño y la cristalinidad de la materia aumentando la porosidad de los materiales y facilitando el proceso de hidrólisis al aumentar la capacidad de producción de azúcares, evita la degradación de hidratos de carbono, evita la formación de productos inhibidores del proceso, mejora costos de los procesos químicos posteriores [99,100,101].

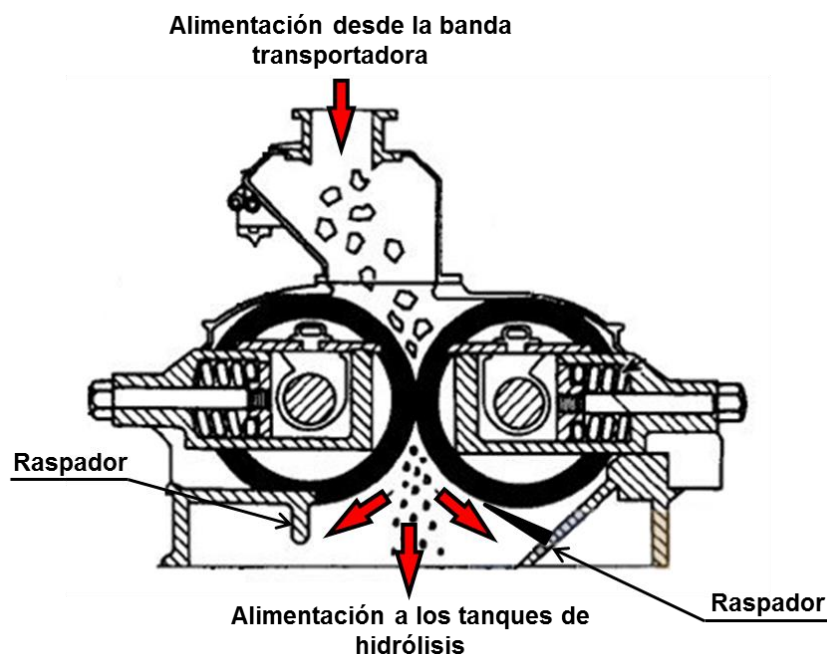
El ingreso de la materia prima a la planta de producción no tendrá un proceso de secado ya que esto elevaría el costo en el consumo energético y aumentaría el costo de operación de la planta.

De acuerdo con el Diagrama 2.9 se resaltan los siguientes procesos:

2.6.1.1 Trituración mecánica. Se debe realizar una molienda fina de los residuos dejando finalmente un producto con un diámetro aproximado de 10mm o menor para facilitar su proceso químico dentro de los tanques de hidrólisis [100].

En algunos procedimientos se realiza un secado de la materia prima, sin embargo esto genera un costo adicional elevado considerando las condiciones climáticas de la ciudad, bajas temperaturas y lluvias frecuentes, por lo tanto es más recomendable realizar un proceso de trituración óptimo para que la materia prima sea lo más fina posible al ser mezclada con el agua y los sustratos requeridos para los procesos químicos, adicional a esto se pretende que con un proceso de trituración efectivo se puedan omitir los procesos de explosión de vapor y altas temperaturas para la descomposición de las estructuras de los materiales orgánicos, procesos que requieren un mayor consumo de energía.

Imagen 2.6. Triturador de rodillo.



La propuesta de este proyecto es usar molinos de rodillo o trituradores de rodillo como lo muestra las Imágenes 2.6 y 2.7 considerando la concentración de agua que poseen los residuos, evitando así acumulación y obstrucción del material orgánico a través del mecanismo del molino, además, tomando los rodillos como herramientas, existen dos opciones para el triturado, es decir, un juego de herramientas con estrías y o con cuchillas que permitan tener un alto rendimiento en el proceso combinando rapidez y tamaño final del residuo como se muestra en la Imagen 2.8 [102,103].

Una segunda opción en los equipos de trituración es tener dos etapas de trituración manteniendo el suministro de los residuos a los tanques de hidrólisis para evitar derrames de agua en las bandas transportadoras como se muestra en la Imagen 2.7 además de proporcionar un tamaño más adecuado para el proceso de hidrólisis. Este equipo también debe estar provisto de rociadores de agua a presión que eviten la acumulación de residuos en los rodillos y en la estructura del molino.

Imagen 2.7. Proceso de trituración de los residuos.

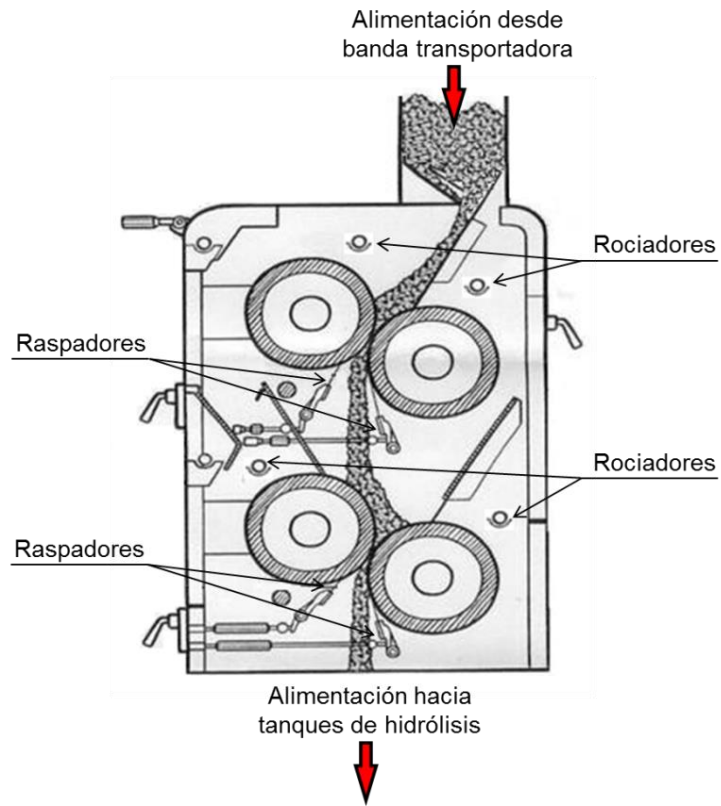
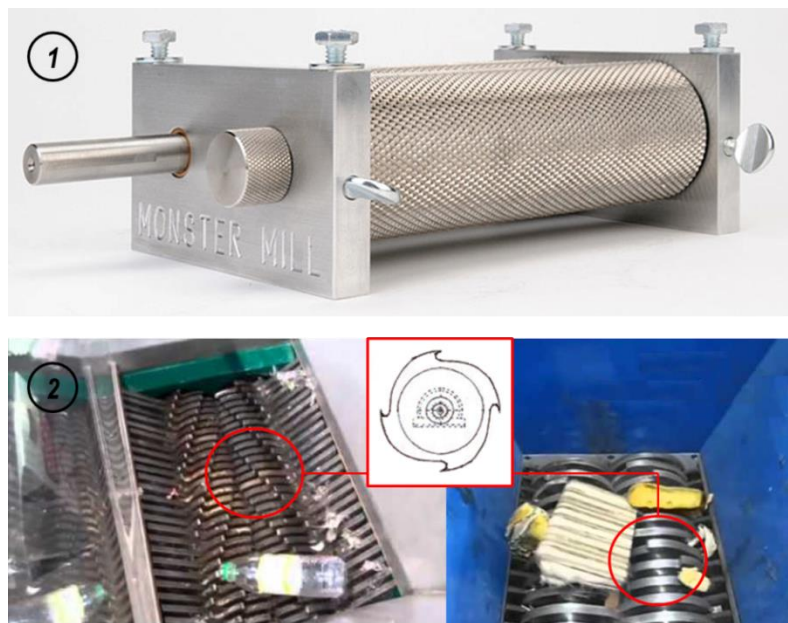


Imagen 2.8. Herramientas de trituración.



Observando la Imagen 2.8 el tipo de cilindro No. 1 permite un arrastre del material orgánico gracias a su superficie estriada al mismo tiempo que desintegra el material por aplastamiento. El cilindro No. 2 usa un disco similar al de una sierra que desintegra el material de manera rápida y facilitando la evacuación hacia la banda transportadora, este tipo de disco permite tener una variación en el tamaño final de los residuos al cambiar el espesor de cada disco, haciendo que los residuos sean más pequeños de acuerdo con la especificación técnica final del proceso.

De acuerdo con las especificaciones y características técnicas encontradas en las páginas web de los fabricantes colombianos específicamente Group Gercons Colombia, se requiere un diseño similar al actual pero con una modificación para adaptarlo al tamaño y potencia requerido para el proyecto, convirtiendo los molinos en máquinas adecuadas para atender el volumen de residuos acorde con el tamaño de la planta de producción.

Después del proceso de trituración, debajo de las bandas transportadoras se deben instalar bandejas que recolecten el agua producida por el material orgánico transportado para ser almacenada y posteriormente bombeada a los tanques de hidrólisis evitando desperdicios contaminantes.

2.6.2 Hidrólisis. Reacción química entre una molécula de determinado material (material orgánico lignocelulósico) y una molécula de agua, desencadenando la división de las moléculas por la adición de la molécula de agua. Un fragmento de la molécula primaria recibe un ion de hidrógeno (H^+) mientras que la otra parte recibe un hidroxilo (OH^-). Este proceso también consiste en hidrolizar los polímeros para lograr soluciones de azúcar de monómero [104,105].

2.6.2.1 Hidrólisis enzimática de residuos orgánicos. Proceso para convertir la celulosa en glucosa mediante el uso de catalizadores que son enzimas celulóticas, bajo condiciones controladas de temperatura y presión obteniendo azúcares reductores que incluyen glucosa. En ocasiones el proceso es precedido por un pre-tratamiento con ácido sulfúrico diluido respecto al tipo de materia prima utilizada, pero considerando el tipo de materia prima se va a omitir este paso en el proceso de obtención de bioetanol. Tres aspectos fundamentales en el desarrollo de la hidrólisis enzimática aplicada a residuos orgánicos son: (a) la temperatura, que de acuerdo con varias investigaciones estas se encuentran dentro del rango de 45° - 50° C haciendo que el proceso sea más económico comparado con la hidrólisis ácida [100]. (b) el pH (potencial de hidrogenación) de la reacción, el cual

se encuentra dentro del rango de 4-5 es decir, es una disolución ácida [99]. (c) calidad y concentración del sustrato.

Las tres principales clases de enzimas celulósicas que fueron descubiertas e investigadas y que al día de hoy son la base de los experimentos y mejoras a nivel biológico y químico de las mismas, son [106,107]:

- Endoglucanasas, actúan débilmente sobre una cadena de glucosas solubles e insolubles.
- Exoglucanasas, incluyen glucohidrolasas que preferentemente liberan celubiosa (glucosa más baja) al final de la cadena de celulosa.
- B–glucosidades, liberan D–glucosa de celubiosas más bajas y celo dextrosas solubles.

Ventajas:

- a. Bajo nivel de corrosión.
- b. Baja toxicidad del hidrolizado.
- c. Alto rendimiento de azúcares a bajas temperaturas.
- d. Mejoramiento biológico y químico que aumenta el rendimiento del proceso ante los efectos de la lignina presente en la materia prima [107].
- e. Bajo coste del proceso, menores temperaturas y presiones de proceso, menor consumo energético.

Desventajas:

- a. El rendimiento de azúcares depende del tipo de enzima utilizada y o modificada.
- b. Ocasionalmente el proceso de hidrólisis es inhibido por el contenido de lignina del material orgánico.
- c. Costo del catalizador, considerando una manipulación biológica o química del mismo para aumentar los niveles de rendimiento en los residuos orgánicos.

Para el año 2007 se caracterizó el uso de dos tipos de hongos en la producción de celulasas dirigidas a la producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos, estos hongos son *Trichoderma reesei* con un alto rendimiento en la producción y comercialización de celulasas, seguido de *Aspergillus niger* [99].

Para dar inicio al proceso de hidrólisis, los residuos orgánicos obtenidos en la ciudad de Bogotá deben ser sometidos a un proceso de cromatografía líquida de alta resolución, con el fin de establecer los niveles de celulosa, hemicelulosa, lignocelulosa y glucosa, a partir de esta información se puede establecer el tipo de enzima adecuada para realizar un proceso de hidrólisis con un rendimiento adecuado de azúcares [92]. Las concentraciones de hemicelulosa y lignocelulosa pueden afectar la velocidad y el rendimiento del proceso de hidrólisis, esta inhibición del proceso puede controlarse mediante la proporción del volumen de enzimas aplicado a una determinada cantidad de sustrato, no obstante es necesario estudiar la composición de la materia orgánica para aplicar la enzima adecuada sin generar sobrecostos por el volumen necesario para el desarrollo del proceso [99].

El proceso de hidrólisis inicia luego de la trituración del material orgánico y su respectivo depósito en los tanques, estos equipos están provistos de un agitador con forma de tornillo sin fin con orientación vertical y un sistema de calentamiento mediante vapor con serpentines perimetrales internos dentro del tanque para permitir una elevación de la temperatura uniforme dentro del contenido del tanque.

Otra manera de mejorar el proceso de hidrólisis es el uso de tensoactivos en la reacción para neutralizar la acción de la lignocelulosa sobre las enzimas mejorando la acción enzimática sobre el sustrato. Algunos tensoactivos comerciales son *Tween 20* y *80* (Polietoxilatos de sorbitán) y polietilenglicol el cual ha presentado una mejora entre el 42% y 78% en el proceso de la hidrólisis en un tiempo de 16 horas. De la misma manera como mejora el proceso de la hidrólisis, los tensoactivos deben ser regulados estrictamente para evitar que su concentración afecte el desarrollo de la fermentación [99].

El tiempo de residencia del sustrato en el proceso de hidrólisis puede llegar a 144 horas aproximadamente seis días, periodo en el cual los azúcares obtenidos pueden ser foco de contaminación que inhiba el rendimiento del sustrato. Para finalizar el proceso de hidrólisis es conveniente recuperar las enzimas aplicadas para estabilizar los costos dentro del proceso para la obtención del bioetanol, este proceso se puede realizar por la inmovilización de las enzimas por un medio magnético evitando al mismo tiempo que la lignina quede junto con las enzimas recuperadas [99].

2.6.3 Sacarificación y fermentación simultáneas. Es un proceso alternativo a la hidrólisis enzimática y la fermentación que permite unificar estas dos etapas en una misma permitiendo reducir los costos del proceso de producción del bioetanol.

Un requisito para que la fermentación y sacarificación tengan compatibilidad es que tengan una concentración óptima de sustrato, temperatura y valor de pH homogéneos evitando así la baja en el rendimiento final del alcohol [108]. En el desarrollo de este proceso se usa una menor cantidad de enzimas y los azúcares que se van obteniendo en por la descomposición de la hemicelulosa son consumidos por los microorganismos fermentativos incluidos en el sustrato. Una falencia de este proceso es la puesta a punto de las temperaturas de acción de las enzimas y las levaduras ya que las primeras actúan a temperaturas promedio de 45-50°C mientras que las levaduras actúan a temperaturas de 35-35°C, caso específico para el cual se hace necesario aplicar o modificar las levaduras usadas para que actúen a una temperaturas más elevada y que esté acorde con las temperaturas manejadas por la hidrólisis [99].

Adicional a este proceso de sacarificación y fermentación simultáneas se encuentran dos procesos más, denominados sacarificación y fermentación no isoterma simultánea y sacarificación y cofermentación simultánea. El primer proceso usa dos reactores simultáneos para la hidrólisis y la fermentación, usando una temperatura más baja para la hidrólisis pero modificando la especificación de las enzimas para mantener el rendimiento del proceso, no obstante se observa un mejoramiento en tiempo del proceso y el rendimiento del alcohol además de la reducción en el volumen de enzimas usadas en el proceso pero las pruebas realizadas con maíz presentaron una baja en el rendimiento de alcohol final. El segundo proceso consiste en el procesamiento de los azúcares C5 Y C6 usando dos reactores que almacenen las pentosas (C5) y las hexosas (C6) donde las hexosas se convierten en etanol directamente y las pentosas se fermentan en otro reactor usando microorganismos diferentes, este proceso para el año de 2007 se estaba probando en las instalaciones del Departamento de Energía en los Estados Unidos para el procesamiento de maíz con unos rendimientos de etanol que oscilan entre el 91.9% y 92.8% [99].

2.6.4 Proceso de fermentación. El proceso inicia luego del filtrado y recuperación de las enzimas usadas en el proceso de hidrólisis para luego ser almacenado en un reactor o tanque considerando las siguientes características para el desarrollo del proceso, (a) temperatura, el promedio adecuado para el desarrollo del proceso está entre 30° y 35°C para el uso de, (b) el pH de la reacción debe manejar un promedio de ajuste para la reacción el cual se encuentra entre 4 y 5 [99]. Paralelamente se debe hacer una activación de las levaduras durante un periodo de 12 horas aproximadamente para ser aplicadas al sustrato e iniciar el proceso de fermentación [109].

Los valores promedio de temperatura y pH de la reacción en la reacción van de la mano con el tipo de hongo a utilizar en el proceso, esto debido a que no todos los hongos son activados a la misma temperatura y si la temperatura supera el rango la actividad de los hongos, la eficiencia se va a ver restada de manera considerable en la obtención del alcohol. Algunos de los hongos más usados en procesos de fermentación son los siguientes: *Saccharomyces cerevisiae*, *Trichoderma viride* [110], *K. marxianus* [109], estos hongos se encuentran dentro de las levaduras termotolerantes, es decir que se activan y reaccionan a una temperatura más elevada que la estándar conocida en el proceso de la fermentación.

Dentro del proceso de obtención de bioetanol a partir de residuos orgánicos municipales se incluyen tres opciones de levaduras considerando que las condiciones de desarrollo del proceso aún son desconocidas ya que no se han elaborado pruebas que estén enfocadas a un proyecto a gran escala desafortunadamente. La levadura que mejores rendimientos ha mostrado en diferentes experimentos es la *Saccharomyces cerevisiae*, en cuanto a la producción de alcohol como la resistencia a los tóxicos generados en la reacción [111].

El proceso de la fermentación debe estar continuamente monitoreado para evitar alteraciones en la temperatura, la reacción de las levaduras, el índice de producción volumétrica del etanol y el rendimiento del etanol, con el fin de identificar y neutralizar los productos inhibidores dentro del proceso de obtención del etanol. Otra de las maneras para reducir la aparición de productos tóxicos que inhiben el proceso de la fermentación es realizar un proceso de destoxificación justo antes de dar inicio a la fermentación, este proceso consiste en la neutralización de algunos compuestos obtenidos durante el periodo de hidrólisis de la materia orgánica y que pueden generar un bajo rendimiento de alcohol durante la fermentación. La destoxificación se puede realizar de varias maneras usando métodos independientes como la aplicación de zeolitas, evaporación, reacción de Fenton, neutralización y dilución; sin embargo, la selección y uso de estos métodos resulta de un análisis y pruebas realizadas en laboratorio de las condiciones en las que se puede dar el proceso de fermentación a partir de residuos orgánicos de frutas y verduras obtenidos de la ciudad de Bogotá a pesar de comprobar que el uso de la destoxificación favorece el rendimiento del alcohol obtenido con un ahorro significativo de agua acompañado también de una producción de efluentes disminuida [109,101].

Finalmente el proceso de fermentación finaliza con un filtrado del vino obtenido para eliminar partículas sólidas que han prevalecido durante las dos primeras etapas de la producción de bioetanol.

2.6.5 Destilación y deshidratación del vino. A nivel nacional se han realizado modelos digitales basados en investigaciones que permiten tener una concepción cercana al desarrollo del proyecto con el proceso más adecuado a usar en la planta proyectada para la ciudad de Bogotá [112].

Algunos sistemas de destilación vigentes usados en los procesos de producción de alcohol son los de destilación multietapa, continua, a contracorriente, sistema de contacto de vapor-líquido, siendo este último el más común y usado [113].

Como el proceso de destilación por sí solo no entrega el alcohol lo suficientemente deshidratado para su respectiva mezcla con la gasolina, se debe usar también un proceso de deshidratación vinculado al proceso de destilación para obtener un producto de pureza de 99.95%.

Algunos procesos usados para el desarrollo de la destilación y la deshidratación del bioetanol son los siguientes [114]:

- Destilación salina
- Destilación al vacío
- Destilación azeotrópica
- Destilación extractiva
- Pervaporación
- Tamices moleculares
- Procesos híbridos

El proceso inicia al cargar la torre destiladora principal “A” en donde se separa la mayor parte del alcohol contenido en la mezcla mediante el uso de vapor directo ascendente en medio de un conjunto de bandejas perforadas, dentro de la torre el mayor grado de temperatura se presenta en la parte inferior y se reduce gradualmente a medida que asciende [113].

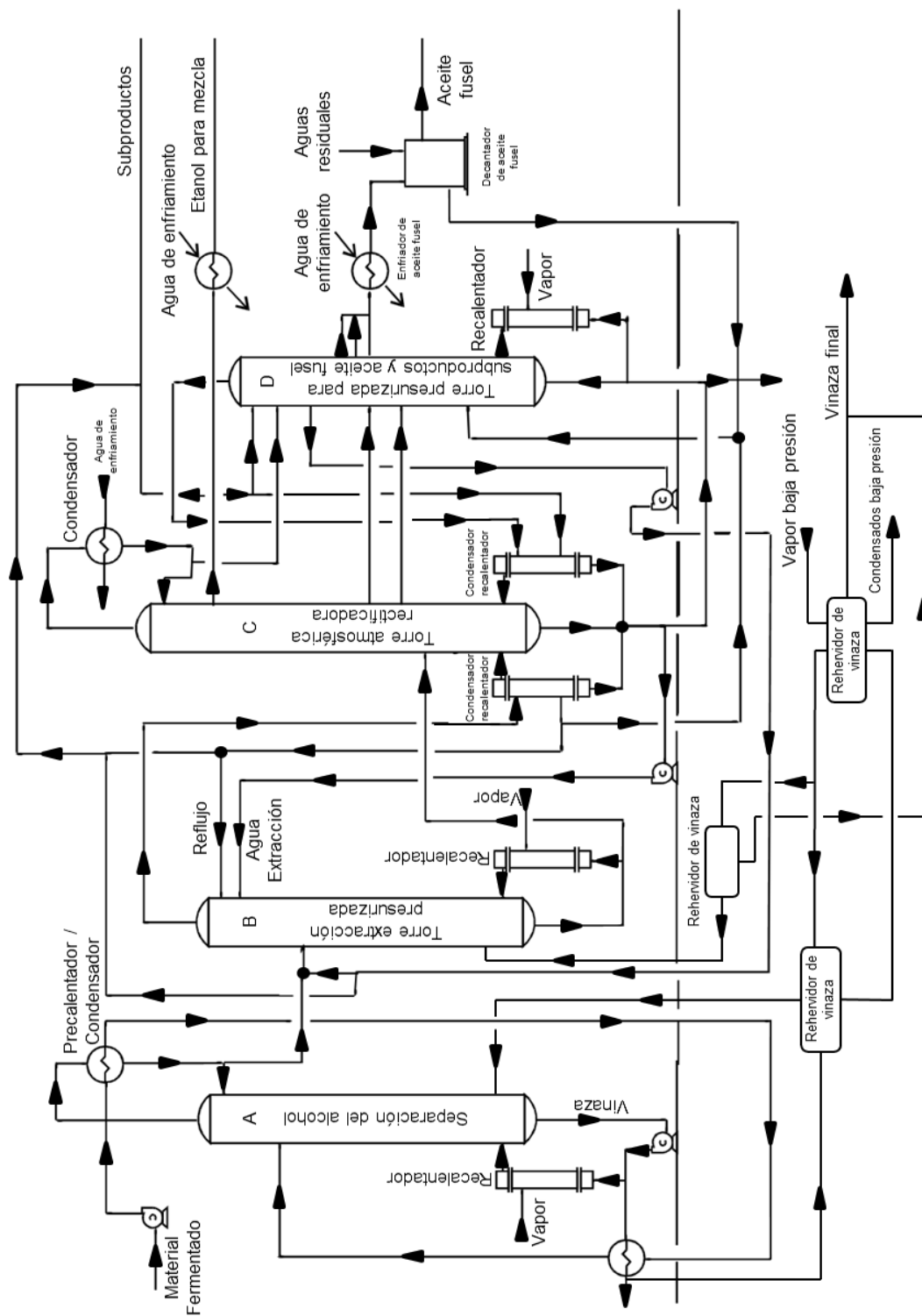
El primer alcohol extraído pasa por un pre-calentador y condensador el cual permite realizar también un reflujo a la torre “A” y alimentar con el producto principal la torre rectificadora “B” denominada también torre de extracción presurizada, en esta segunda torre el vapor de agua mezclado con etanol pasa a un condensador y recalentador donde se elimina agua y se inyecta el etanol a la

torre rectificadora atmosférica “C”. De igual manera el alcohol obtenido de la parte inferior de la torre “B” es conducido directamente a la torre “C” [113]. El desarrollo del proceso en la torre “C” se proyecta que corresponda a la deshidratación del etanol donde se pueden aplicar procesos como la extracción, tecnologías de membrana, adsorción o un proceso híbrido de destilación azeotrópica y extractiva para obtener finalmente el bioetanol de 99.95% de pureza para ser mezclado [115].

La torre presurizada de aceites fusel concentrados “D” es la última en el proceso de la destilación y deshidratación, esta torre es alimentada desde la torre “C” en su parte media y desde su parte baja, es decir, recoge los residuos de la destilación para obtener finalmente aguas residuales, aceites fusel y una pequeña parte que es retornada para ser rectificada en la torre “C” [115].

Paralelo al proceso descrito se encuentran los evaporadores de vinaza “G” los cuales recogen este compuesto desde el inicio del proceso en la columna destiladora principal “A” y realizan una recirculación de alcohol y agua aun útiles en las columnas “A”, “B”, “C” y “D” para finalmente entregar vinazas para procesos posteriores de reciclaje [112,116,117]. El proceso gráficamente se puede observar en el Diagrama 2.10.

Diagrama 2.10. Destilación y deshidratación del bioetanol.



2.6.6 Volúmenes aproximados de materia prima y producto terminado para el proyecto. Con base en la información contenida en la Tabla 2.16, **el dato base de producción para realizar una comparación con la cantidad de residuos en Bogotá es el suministrado por** el proyecto *Waste to Biofuel* (W2B) de Abengoa en Salamanca España, con la capacidad de procesar y producir los siguientes volúmenes:

- 25.000 t de residuos → 1'500.000 galones de bioetanol en el año.

De este primer dato se deduce:

- 2.084 t de residuos aprox. → 125.000 galones de bioetanol en el mes.
- 69.46 t de residuos aprox. → 4167 galones de bioetanol diariamente.

Dentro del análisis del proyecto se evalúan tres escenarios de producción basados en la clase y composición de los residuos producidos en Bogotá, es decir, en el primer escenario se pueden procesar los residuos orgánicos vegetales domésticos y comerciales, en el segundo escenario se puede procesar la fracción orgánica de los RSD, y finalmente se proyecta un tercer escenario donde se pretende incluir y procesar un 85% de los RSD producidos en la ciudad exceptuando los metales y algunos plásticos. Lo anterior está basado en la información de la Tabla 2.5. Estos tres escenarios tendrán una producción de bioetanol baja, intermedia y alta de acuerdo con la infraestructura proyectada y ejecutada del proyecto para el volumen de procesamiento.

Básicamente se evalúan las cantidades de residuos producidas por el proyecto W2B con las cantidades de residuos proyectadas en los tres escenarios de producción para hallar un volumen aproximado de bioetanol.

2.6.6.1 Escenario de producción básica. Retomando los datos propios del proyecto, Bogotá actualmente produce 3871.81 t de residuos orgánicos provenientes de frutas, verduras y hortalizas usadas a nivel doméstico y comercial aptas para la producción de bioetanol, entonces, si se realiza una comparación con los volúmenes de recolección y producción de bioetanol del proyecto W2B de Abengoa, se tienen los siguientes volúmenes para la planta de producción local:

- 3871.81 t de residuos orgánicos aprox. → 232.308 galones de bioetanol al año.
- 322.65 t de residuos orgánicos aprox. → 19.358 galones de bioetanol al mes.
- 10.75 t de residuos orgánicos aprox. → 645 galones de bioetanol día.

La cantidad de residuos de este primer escenario corresponde únicamente a los residuos obtenidos de las frutas y verduras consumidas en los hogares bogotanos y que hacen parte del 68% de los RSD, además, para este escenario no se incluyeron los residuos de las plazas de mercado con el fin de mostrar el potencial de obtención de residuos a partir de los hogares bogotanos.

2.6.6.2 Escenario de producción intermedia. Para este escenario de producción se proyecta el procesamiento de la totalidad de la fracción orgánica de los RSD que corresponde al 68% de los residuos, esto equivale aproximadamente a 1'330.705 t anuales de acuerdo con la información de la Tabla 2.6. Los residuos considerados para este escenario suman los residuos de vegetales, frutas, papel, cartón y restos de comida preparada con los siguientes valores aproximados de acopio y producción:

- 1'330.705 t de residuos orgánicos aprox. → 79'842.300 gal de bioetanol al año.
- 110.892 t de residuos orgánicos aprox. → 6'653.525 gal de bioetanol al mes.
- 3696 t de residuos orgánicos aprox. → 221.784 gal de bioetanol día.

2.6.6.3 Escenario de alta producción. En este último escenario se proyecta procesar 1'956.918 t de RSD los cuales están compuestos de material vegetal, papel, cartón, restos de comida preparada, textiles y algunos plásticos. Para este escenario ya se estarían igualando las condiciones operacionales en cuanto a caracterización de los residuos como lo tiene actualmente el proyecto W2B de Abengoa. A continuación se tienen los valores aproximados de acopio y producción para este escenario:

- 1'956.918 t de residuos orgánicos aprox. → 117'415.080 gal de bioetanol al año.
- 163.076 t de residuos orgánicos aprox. → 9'784.590 gal de bioetanol al mes.
- 5436 t de residuos orgánicos aprox. → 326.153 gal de bioetanol día.

Es de alta consideración que para cada escenario de producción se deben considerar características químicas diferentes para materias primas como enzimas, levaduras y nutrientes adicionales, que como ya se ha mencionado en otros apartes de este proyecto debe tener un proceso paralelo investigativo para ajustarlas a las condiciones ambientales de la ciudad.

2.7 MATERIAS PRIMAS COMPLEMENTARIAS PARA EL PROYECTO.

Con los avances alcanzados a nivel investigativo en Colombia y la tecnología de punta en el mundo, se proyecta iniciar el proyecto usando materia prima de alto rendimiento con el fin de posicionar el proyecto como influencia a nivel regional con un impacto tecnológico y social significativo.

Es de considerar que la información sobre las materias primas complementarias para la producción de etanol es limitada por las diferentes patentes que se han establecido se ha realizado una investigación minuciosa para poder tener una noción de los procesos industriales que se están llevando a cabo a nivel mundial.

2.7.1 Abastecimiento de agua para el proyecto. Para obtener un valor estimado de la cantidad de agua necesaria para el desarrollo del proyecto se realiza un paralelismo con el proceso de fabricación de la cerveza a nivel industrial, encontrando una planta de procesamiento de origen mexicano llamada *Cuahtémoc Moctezuma*, la cual en su informe de sustentabilidad del año 2011 y 2013 resalta la gestión promovida para cumplir con una meta estándar a nivel mundial sobre la cantidad de agua usada en la fabricación de la cerveza, esta meta ha hecho que la planta use 3.6 l de agua para la fabricación de 1 l de cerveza, esta meta también ha sido impulsada también por la marca Holandesa Heineken con operación en México [118].

Además se revisaron otros informes de sustentabilidad de marcas cerveceras representativas y presentes en Sur América, entre las cuales se encuentran las siguientes plantas productoras que registran los siguientes volúmenes de agua en litros por cada litro de cerveza producido:

Bavaria, Colombia (2013): Como meta para el 2016 registra, 3.06 l [119].

Heineken, España (2013): Como meta para el 2016 registra 3.09 l [120].

Corona, México (2011):3.84 l [121].

Quilmes, Argentina (2012): 3.18 l [122].

Las metas y registros más bajos en cuanto al consumo de agua para la producción de cerveza es la propuesta por el grupo SABMiller con operación en Colombia y la marca Heineken con operación en España hasta el momento, ya que en un lapso de seis meses los desarrollos de las casas matriz de cada marca pueden registrar nuevos datos acordes con los avances en las materias primas y en el ahorro de agua.

Retomando el proyecto en Bogotá es viable tomar como referencia el valor más bajo en el consumo de agua y tomar el volumen de 3 l para producir 1 l de etanol, estos tres litros, claro está serán evaluados para el arranque de la planta ya que el bioetanol producido tiene un contenido de agua menor a 0.3% y el agua necesaria para el proceso debe ser reciclada, tratada y reingresada al proceso dando un manejo ambiental casi perfecto en su utilización dentro del proceso de fabricación de bioetanol.

Relacionando esta información de consumo de agua con el volumen de producción de residuos en la ciudad de Bogotá se tiene la siguiente deducción:

2.7.1.1 Escenario de producción básica. La información de los volúmenes de residuos está basada en el contenido del numeral 2.3.1.7.

Volumen de residuos / usuario año: 120 l (0.12 m³)
Volumen de agua requerido / 1l de alcohol: 3.0 l
Volumen total de residuos / Bogotá año: 0.12 m³ x 7'776.845 hab. = 933.221 m³
(933'221.400 l)
Volumen total de agua / año: 2799'664.200 l (2'799.664 m³)

Volumen total de la mezcla residuos agua / año: 3'732.885 m³ (3732'885.000 l)
Volumen total de la mezcla residuos agua / mes: 311.073 m³ (311'073.380 l)
Volumen total de la mezcla residuos agua / día: 10.369 m³ (10'369.126 l)

2.7.1.2 Escenario de producción intermedia. La información de los volúmenes de residuos está basada en el contenido del numeral 2.3.1.7.

Volumen de residuos / usuario año: 150 l (0.15 m³)
Volumen de agua requerido / 1l de alcohol: 3.0 l
Volumen total de residuos / Bogotá año: 0.15 m³ x 7'776.845 hab.= 1'166.527 m³
(1166'526.750 l)

Volumen total de agua / año: 3499'580.250 l (3'499.580 m³)

Volumen total de la mezcla residuos agua / año: 4'666.107 m³ (4666'107.000 l)
Volumen total de la mezcla residuos agua / mes: 388.842 m³ (388'842.250 l)
Volumen total de la mezcla residuos agua / día: 12.961 m³ (12'961.408 l)

2.7.1.3 Escenario de alta producción. La información de los volúmenes de residuos está basada en el contenido del numeral 2.3.1.7.

Volumen de residuos / usuario año: 180 l (0.18 m³)

Volumen de agua requerido / 1l de alcohol: 3.0 l

Volumen total de residuos / Bogotá año: 0.18 m³ x 7'776.845 hab.= 1'399.832 m³ (1399'832.100 l)

Volumen total de agua / año: 4199'496.300 l (4'199.496 m³)

Volumen total de la mezcla residuos agua / año: 5'599.328 m³ (5599'328.400 l)

Volumen total de la mezcla residuos agua / mes: 466.610 m³ (466'610.700 l)

Volumen total de la mezcla residuos agua / día: 15.553 m³ (15'553.690 l)

2.7.2 Enzimas para hidrólisis. La multinacional *Novozymes* para el año de 2012 colocó en el mercado una nueva fórmula para las enzimas comerciales la cual consiste en un coctel de enzimas que permite el procesamiento de MSW con un rendimiento favorable a nivel financiero y productivo [123].

Novozymes afirma que 50 kg de su coctel de enzimas es capaz de procesar 1 tonelada de MSW, esto permitiría tener un valor aproximado de la cantidad de materia prima de enzimas para el proyecto en el año de acuerdo con el volumen de acopio de residuos en los tres escenarios de producción [124].

- Escenario de producción básica:

3871.81 t de residuos orgánicos aprox. → 193.6 t de enzimas.

- Escenario de producción intermedia:

1'330.705 t de residuos orgánicos aprox. → 66.535 t de enzimas.

- Escenario de alta producción:

1'956.918 t de residuos orgánicos aprox. → 97.846 t de enzimas.

Es decir, el peso equivalente de enzimas equivale al 5% de los residuos totales procesados por la planta de producción.

2.7.3 Levaduras para el proceso de fermentación. La levadura más usada y con mejores resultados en la producción de alcohol es la *Saccharomyces cerevisiae* usada principalmente en la producción de pan, cerveza y vino pero actualmente juega un papel importante en la producción de bioetanol.

El uso de levaduras convencionales para el proceso de fermentación también debe tener una modificación para mejorar su rendimiento y supervivencia a las altas concentraciones de alcohol dentro del reactor.

La firma austriaca *Lallemand* se especializa en la producción de levaduras encaminadas específicamente a la fermentación de etanol usando nutrientes adicionales para mejorar la reproducción, mayores concentraciones de alcohol, mayor consumo de azúcares, mayor resistencia a temperaturas y concentraciones de alcohol, procesos fermentativos más rápidos y altos volúmenes de alcohol al final de proceso [125].

Algunos de los productos o nutrientes usados por esta firma están compuestos por enzimas, nitrógeno inorgánico, nitrógeno orgánico, y minerales que permiten un adecuado crecimiento y reproducción de las levaduras. Otros nutrientes adicionales permiten tener un mejor rendimiento en el consumo de azúcares, mejoran el tiempo del proceso de fermentación, disminuyen los azúcares residuales al final del proceso fermentativo y se obtiene un volumen de alcohol más alto que en los procesos convencionales de fermentación, estos están compuestos principalmente por enzimas y minerales. Finalmente otro nutriente que refuerza el proceso de fermentación es aquel que las bacterias contaminantes que inhiben el proceso de fermentación y neutralizan la actividad de las levaduras [126].

Un producto producido por la marca *Lallemand* usado por productores cerveceros a nivel artesanal e industrial en Argentina es la levadura *Nottingham* usada también en la producción de la cerveza del tipo de alta y baja fermentación que en promedio se puede llegar a usar 11 g para fermentar 23 l de cerveza [127], lo que permite tener un valor estimado de materia prima para los tres escenarios de producción a partir del volumen de agua y residuos obtenidos anualmente.

- Escenario de producción básica: 1613.11 t.
- Escenario de producción intermedia: 2231.61 t.
- Escenario de alta producción: 2677.93 t.

2.8 RECURSO HUMANO PARA EL PROYECTO

Considerando que la planta de producción va a operar las 24 horas del día durante todo el año se hace necesario un capital humano calificado durante los tres turnos establecidos conformado de la siguiente manera la Tabla 2.18:

Tabla 2.18. Personal de planta para el proyecto.

	Cargo	Area Mecánica	No. Personas	Area Química	No. Personas
1	Gerencia General		1		
2	Departamento de producción				
	Gerente de proyecto	Ingeniero mecánico	1	Ingeniero químico	1
	Jefes de producción	Ingeniero mecánico (2), Ingeniero civil (1)	3	Ingeniero químico	3
	Auxiliares	Ingeniero mecánico	6	Ingeniero químico	6
	Desarrolladores	I. mecánicos, técnicos, estudiantes.	9	I. químicos, técnicos, estudiantes.	9
	Almacén	Jefe de almacén	3	Jefe de almacén	3
		Auxiliares	6		
3	Departamento de calidad	Ingeniero industrial	2		
	Jefes de área	Ingeniero industrial HSEQ	3		
	Auxiliares I. industrial	HSEQ	9		
4	Departamento de mantenimiento	Ingeniero mecánico	2	Ingeniero Químico	1
	Operarios	Técnicos mecánicos	5	Técnicos químicos	5
5	Departamento administrativo	Gte. Administrativo	1		
	Jefes de área	Vendedores	2		
		Jefe recursos humanos	2		
		Contador	2		
		Administrador de empresas	1		
	Auxiliares	Auxiliares R. humanos	4		
		Contadores auxiliares	3		
		Administradores de empresas auxiliares	3		
		Auxiliares contables	3		
6	Departamento de servicios generales	Jefe de servicios generales	1		
	Auxiliares	Servicios generales	5		
		Mensajería	2		
		Conductores	5		
TOTAL PERSONAL DE PLANTA			107		

2.9 LISTADO DE EQUIPOS.

En el desarrollo de la investigación se hizo un análisis sobre los equipos usados dentro del proceso permitiendo consolidar el siguiente listado de equipos con los que se busca tener una dimensión más clara del proceso de producción que se proyecta para la ciudad de Bogotá. Para tener una mayor claridad sobre las áreas de producción y los equipos que conforman cada área es necesario revisar el Anexo 5.

Tabla 2.19. Listado de equipos áreas A y B.

A. RECEPCION DE MATERIA PRIMA Y ALISTAMIENTO		
1	AT-01	Tanque (recolección de bolsas)
B. PRE-TRATAMIENTO		
2	BT-01	Tanque para abastecimiento de agua
3	BBC-01	Bomba centrífuga con backup (Suministro a molinos)
4	BBC-02	Bomba centrífuga con backup (Suministro a tanque de hidrólisis)
5	BBC-03	Bomba centrífuga con backup (Suministro a tanque de cultivo de enzimas)
6	BT-02	Tanque para el cultivo de enzimas
7	BAT-01	Agitador de tornillo
8	BBC-04	Bomba centrífuga con backup (Suministro tanque de hidrólisis)
9	BT-03	Tanque para el proceso de hidrólisis
10	BAT-02	Agitador de tornillo
11	BBC-05	Bomba centrífuga con backup (Suministro a filtros)
12	BBC-06	Bomba centrífuga con backup (Suministro a fermentación)
13	BF-01	Filtro (Separación de enzimas)
14	BT-04	Tanque para la recuperación de enzimas
15	BBC-06	Bomba centrífuga con backup (Suministro a tanque de cultivo de enzimas)

Este listado de equipos no especifica las cantidades de los equipos ya que se deben analizar los diferentes volúmenes de producto y pérdidas durante el proceso, no obstante son estos los equipos que intervienen directamente dentro del proceso de producción de bioetanol visto desde cada área de trabajo que componen el proceso completo de fabricación.

El dimensionamiento de los equipos y el área de ubicación es otra tarea que corresponde a una ingeniería detallada la cual permite realizar cálculos de volúmenes más exactos, caudales y potencias requeridas en cada equipo, además de los espacios destinados para la construcción, montaje y mantenimiento

de los mismos. Para esta aplicación el listado de equipos se ha realizado con bases en proyectos nacionales e internacionales con un acceso restringido únicamente para lectores interesados en las investigaciones de energías renovables.

Tabla 2.20. Listado de equipos área C.

C. FERMENTACION		
16	CT-01	Tanque para abastecimiento de agua
17	CBC-01	Bomba centrífuga con backup (Suministro a tanque de antiespumante)
18	CBC-02	Bomba centrífuga con backup (Suministro a tanque de levaduras)
19	CBC-03	Bomba centrífuga con backup (Suministro a tanque de fermentación)
20	CT-02	Tanque para producción de levaduras
21	CAT-01	Agitador de tornillo
22	CBC-04	Bomba centrífuga con backup (Suministro a tanque de activación)
23	CT-03	Tanque de activacion de levaduras
24	CAT-02	Agitador de tornillo
25	CBC-05	Bomba centrífuga con backup (Suministro a tanque de fermentación)
26	CT-04	Tanque de antiespumante
27	CAT-03	Agitador de tornillo
28	CBC-06	Bomba centrífuga con backup (Suministro a tanque de fermentación)
29	CT-05	Tanque de fermentación
30	CAT-05	Agitador de tornillo
31	CF-01	Filtro para mezcla fermentada
32	CBC-07	Bomba centrífuga(Suministro a tanque de destilación)

Tabla 2.21. Listado de equipos área D.

D. DESTILACIÓN		
33	DT-01	Torre principal de destilación
34	DT-02	Tanque de agua (suministro de agua a intercambiadores de calor)
35	DBC-01	Bomba centrífuga(Suministro a intercambiadores de calor)
36	DIC-01	Condensador
37	DT-01	Torre de separación de alcohol
38	DTR-01	Torre de extracción presurizada
39	DTR-02	Torres atmosférica rectificadora
40	DTR-03	Torre presurizada para subproductos
41	DR-01	Recalentador o calderín
42	DR-02	Rehervidor de vinaza
43	DD-01	Decantador de aceite fusel
44	DI-01	Intercambiador de Calor
45	DBC-01	Bomba centrífuga (Recolección de vinazas)
46	DCR-01	Condensador y recalentador

Tabla 2.22. Listado de equipos área E.

E. ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION		
47	ET-01	Tanque alcohol hidratado
48	ET-02	Tanque alcohol rectificado
49	EBC-01	Bomba centrífuga con back up (Suministro a carrotanques)
50	EBC-02	Bomba centrífuga con back up (Suministro a carrotanques)

3 ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIERO DEL PROYECTO

Considerando el avance y la construcción de las plantas productoras de bioetanol en el Valle del Cauca principalmente, se proyecta realizar un análisis de la viabilidad para la construcción de la planta productora de bioetanol que permita tener un abastecimiento directo para la ciudad de Bogotá.

Uno de los factores a favor en materia económica es la ubicación del proyecto justamente al lado del relleno sanitario. Esta ubicación favorece el proyecto al ahorrar inversión en transporte hacia otro sitio y permite tener un impacto social favorable sobre la población en la zona de ubicación.

3.1 ESTUDIO ECONOMICO

En este capítulo del desarrollo del proyecto, se van a analizar los valores de inversión para la construcción y puesta en marcha del proyecto, el costo operacional de la planta incluyendo el personal y los gastos de distribución del producto dentro de la ciudad.

Sin embargo, los datos plasmados en este informe han sido elaborados mediante una comparación con proyectos similares a nivel nacional los cuales por condiciones de protección de información no es posible referenciarlos de acuerdo a la norma que rige este informe. No obstante la información obtenida se acomoda de forma muy cercana a las condiciones de operación de la planta de producción de este proyecto permitiendo tener datos casi homogéneos para el análisis general.

Para este proyecto se proyecta que la materia prima no tenga ningún costo, es decir, que el Distrito acepte realizar el transporte como se realiza actualmente hacia el relleno sanitario sin generar un costo para el proyecto teniendo en cuenta el beneficio del proyecto para la ciudad.

3.1.1 Detalles de la inversión del proyecto. Para este numeral se tiene en cuenta las erogaciones de dinero generadas por los bienes físicos e inversiones en logística y posicionamiento de marca.

3.1.1.1 Inversión en activos fijos, tangibles e intangibles. El capital inicial del proyecto está destinado para adquirir los bienes o activos fijos para la puesta en marcha de la planta, estos activos fijos son tangibles e intangibles, mostrando en primera medida los activos fijos tangibles que se encuentran registrados en la Tabla 3.1 con un valor estimado con cifras aproximadas para el año 2015.

Tabla 3.1. Activos fijos tangibles.

	No.	Inversión en Activos Fijos	Unidades	Valor un.	Valor total
Tangibles	1	Adquisición del lote en la zona sur de Bogotá	1	\$ 15.000.000.000,00	\$ 15.000.000.000,00
	2	Construcción obra civil de la planta	1	\$ 150.000.000.000,00	\$ 150.000.000.000,00
	3	Maquinaria, equipos y herramientas	N.A.	\$ 280.000.000.000,00	\$ 280.000.000.000,00
	4	Vehículos de transporte	5	\$ 1.750.000.000,00	\$ 1.750.000.000,00
	5	Montacargas	5	\$ 1.500.000.000,00	\$ 1.500.000.000,00
	6	Equipos de computo	N.A.	\$ 200.000.000,00	\$ 200.000.000,00
	7	Mobiliario de oficina	N.A.	\$ 50.000.000,00	\$ 50.000.000,00
		Total inversión inicial aproximada		\$ 448.500.000.000,00	\$ 448.500.000.000,00

La Tabla 3.1 incluye los activos fijos necesarios para la producción contenidos en el numeral 3 de la tabla, de acuerdo con la información contenida en las Tablas 3.19, 3.20, 3.21 y 3.22, los demás activos fijos corresponden a los activos de oficinas y ventas para la planta de producción.

Los valores monetarios registrados en la Tabla 3.1 provienen de la comparación y evaluación de la inversión realizada en tres proyectos de ingeniería construidos en Colombia con inversión extranjera y que son reconocidos a nivel internacional. Por lo tanto es de aclarar que los valores no son iguales y que se ha realizado un trabajo investigativo y comparativo que se acomode a la condiciones y tamaño de la planta de producción perteneciente a esta investigación. Los proyectos evaluados no pueden ser divulgados en esta investigación por protección de información perteneciente a un cliente específico quien no autoriza su publicación.

En la Tabla 3.2 se muestra más específicamente el destino de la inversión dentro del proceso principal de producción al cual hace referencia el numeral 3 de la Tabla 3.1, permitiendo establecer una escala jerárquica de importancia de cada proceso dentro de la producción en general.

Tabla 3.2. Porcentaje de inversión para el proceso principal.

Proceso	% Inversión	Valor Total
Recepción de materia prima	5	\$ 22.425.000.000,00
Trituración de los residuos	10	\$ 44.850.000.000,00
Hidrólisis	35	\$ 156.975.000.000,00
Fermentación	20	\$ 89.700.000.000,00
Destilación y deshidratación	15	\$ 67.275.000.000,00
Almacenamiento y distribución	5	\$ 22.425.000.000,00
Tratamiento de aguas residuales y residuos	10	\$ 44.850.000.000,00
Valor de la inversión área de proceso		\$ 448.500.000.000,00

En cuanto a los activos intangibles correspondiente al valor de la marca, desarrollos realizados o propiedad de la empresa de acuerdo con su crecimiento aún en esta etapa son difíciles de calcular, por lo tanto son valores que quedan indeterminados para esta investigación. No obstante, dentro de los activos diferidos también se consideran todas las inversiones por planeación y organización, diseño o ingeniería del proyecto y administración del proyecto antes de la puesta en marcha para las pruebas de producción como se puede observar en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Inversión en activos diferidos o intangibles.

Inversión en Activos Fijos	Inversión inicial	% Evaluación	Valor total
Planeación y organización del proyecto	\$ 448.500.000.000,00	3	\$ 13.455.000.000,00
Ingeniería del proyecto	\$ 280.000.000.000,00	3,5	\$ 9.800.000.000,00
Administración del proyecto	\$ 448.500.000.000,00	0,5	\$ 2.242.500.000,00
Supervisión del proyecto	\$ 448.500.000.000,00	1,5	\$ 6.727.500.000,00
Total inversión activos diferidos			\$ 32.225.000.000,00

Ya que los activos diferidos no son visibles tienen un valor agregado importante dentro del desarrollo del proyecto, son las inversiones que dan base al proyecto y establecen parámetros en el direccionamiento del mismo. Como se muestra en la Tabla 3.3, los valores iniciales para analizar los activos intangibles se parte del valor de la inversión inicial del proyecto que es el valor más elevado y el valor de inversión para la parte de maquinaria, equipos y herramientas. En la columna del porcentaje de evaluación se consigna el porcentaje a invertir de acuerdo con los valores de inversión inicial contenidos en la segunda columna de la tabla.

Un valor estimado para la inversión inicial del proyecto se puede analizar a continuación en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Inversión en activos fijos y diferidos.

Total activos fijos	\$ 448.500.000.000,00
Total activos diferidos	\$ 32.225.000.000,00
Subtotal	\$ 480.725.000.000,00
Imprevistos 5%	\$ 24.036.250.000,00
Total inversión activos	\$ 504.761.250.000,00

3.1.1.2 Cargos de depreciación. De acuerdo con los datos contenidos en el PUC (Plan Único de Cuentas) y los valores de depreciación vigentes, se aplican al proyecto como se muestra en la Tabla 3.5, dichos valores de depreciación posteriormente serán evaluados junto con los gastos de operación y costos indirectos.

Tabla 3.5. Valores de depreciación.

Activo adquirido	Vida útil (años)	Costo del activo	D. Anual
Obra civil de la planta	20	\$ 150.000.000.000,00	\$ 7.500.000.000,00
Maquinaria, equipos y herramientas	10	\$ 280.000.000.000,00	\$ 28.000.000.000,00
Flota de camiones	5	\$ 3.250.000.000,00	\$ 650.000.000,00
Equipos de cómputo y servidores	3	\$ 200.000.000,00	\$ 66.666.666,67
Mobiliario de oficina	10	\$ 50.000.000,00	\$ 5.000.000,00
Valor total de la depreciación		\$ 433.500.000.000,00	\$ 36.221.666.666,67

Depreciación de los bienes

	2015	2016	2017	2018	2019
1	\$ 7.500.000.000,00	\$ 7.500.000.000,00	\$ 7.500.000.000,00	\$ 7.500.000.000,00	\$ 7.500.000.000,00
2	\$ 28.000.000.000,00	\$ 28.000.000.000,00	\$ 28.000.000.000,00	\$ 28.000.000.000,00	\$ 28.000.000.000,00
3	\$ 650.000.000,00	\$ 650.000.000,00	\$ 650.000.000,00	\$ 650.000.000,00	\$ 650.000.000,00
4	\$ 66.666.666,67	\$ 66.666.666,67	\$ 66.666.666,67	\$ -	\$ -
5	\$ 5.000.000,00	\$ 5.000.000,00	\$ 5.000.000,00	\$ 5.000.000,00	\$ 5.000.000,00
6	\$ 3.222.500.000,00	\$ 3.222.500.000,00	\$ 3.222.500.000,00	\$ 3.222.500.000,00	\$ 3.222.500.000,00
	\$ 39.444.166.666,67	\$ 39.444.166.666,67	\$ 39.444.166.666,67	\$ 39.377.500.000,00	\$ 39.377.500.000,00

2020	VS
\$ 7.500.000.000,00	\$ 45.000.000.000,00
\$ 28.000.000.000,00	\$ 168.000.000.000,00
\$ 650.000.000,00	\$ 3.900.000.000,00
\$ -	\$ 200.000.000,00
\$ 5.000.000,00	\$ 30.000.000,00
\$ 3.222.500.000,00	\$ 19.335.000.000,00
\$ 39.377.500.000,00	\$ 236.465.000.000,00

La segunda parte de la Tabla 3.6 contiene los valores de depreciación proyectados a cinco años con el fin de obtener el valor de salvamento para el proyecto (VS).

3.1.2 Costos del proyecto. Para calcular los costos de operación del proyecto se analizan los costos fijos y variables para llevar a cabo todo el proceso de obtención del alcohol deshidratado listo para ser mezclado con la gasolina durante el año 2015.

3.1.2.1 Costos fijos. Para este punto se evalúan los costos indirectos los cuales están enfocados a las erogaciones de dinero por los servicios, mantenimientos y depreciaciones que no tienen relación directa con la parte de producción del biocombustible, también se evalúan los gastos de operación como las depreciaciones, nóminas y servicios que se relacionan directamente con el proceso operativo de la producción, tal y como se muestra en las Tablas 3.6 y 3.7.

Tabla 3.6. Costos indirectos del proyecto.

Detalle	C. Anual	C. Mensual
Servicio de agua potable (oficinas administrativas únicamente)	\$ 4.869.354,00	\$ 405.779,50
Servicio de energía eléctrica oficinas (5% del consumo total)	\$ 1.032.665.651,50	\$ 86.055.470,96
Mantenimiento general de la planta de producción	\$ 3.500.000.000,00	\$ 291.666.666,67
Mantenimiento general del área administrativa	\$ 500.000.000,00	\$ 41.666.666,67
Depreciación de la obra civil de la planta	\$ 7.500.000.000,00	\$ 625.000.000,00
Depreciación de equipos, máquinas y herramientas	\$ 28.000.000.000,00	\$ 2.333.333.333,33
Depreciación de la flota de transporte y carga	\$ 650.000.000,00	\$ 54.166.666,67
Total costos indirectos	\$ 41.187.535.005,50	\$ 3.432.294.583,79

Tabla 3.7. Gastos de operación para la producción.

Detalle	C. Anual	C. Mensual
Nómina del personal administrativo	\$ 2.289.367.356,00	\$ 190.780.613,00
Nómina del personal de producción	\$ 3.086.499.360,00	\$ 257.208.280,00
Servicios de comunicaciones (telefonía móvil, fija e internet)	\$ 60.000.000,00	\$ 5.000.000,00
Servicio de energía eléctrica planta de producción (95%)	\$ 19.620.647.378,50	\$ 1.635.053.948,21
Depreciación de equipos de cómputo y servidores	\$ 66.666.666,67	\$ 5.555.555,56
Depreciación de muebles de oficina	\$ 5.000.000,00	\$ 416.666,67
Total gastos de operación	\$ 25.128.180.761,17	\$ 2.094.015.063,43

La justificación de las cifras consignadas en las Tablas 3.6 y 3.7 se encuentra a continuación explicando el origen de los valores usados para el área de producción o abastecimiento de las oficinas administrativas del proyecto.

- Consumo de energía eléctrica: Para calcular el consumo energético de la planta se ha distribuido el consumo por zonas de operación que describen mejor el uso de la energía eléctrica, basados en los consumos de energía de algunas plantas de producción colombianas del mismo producto, tal y como se muestra en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Costo aproximado del servicio de electricidad.

Proceso	kW / año	Total anual
Recepción de materia prima	4.000.000	\$ 1.839.938.800,00
Trituración de los residuos	3.000.000	\$ 1.379.954.100,00
Hidrólisis	2.500.000	\$ 1.149.961.750,00
Fermentación	2.500.000	\$ 1.149.961.750,00
Destilación y deshidratación	700.000	\$ 321.989.290,00
Almacenamiento, distribución y sist. auxiliares	31.500.000	\$ 14.489.518.050,00
Tratamiento de aguas residuales y residuos	700.000	\$ 321.989.290,00
Costo total aproximado energía eléctrica		\$ 20.653.313.030,00

- Consumo de agua potable: En cuanto al suministro de agua para el proceso, se pretende realizar la construcción de piscinas que se provean de manera natural por las precipitaciones durante el periodo de construcción del proyecto para que al iniciar las operaciones se tenga un suministro hídrico natural y limpio que corresponda a los volúmenes indicados en el numeral 3.4.1 de esta investigación. Por lo tanto el consumo de agua potable para la planta de producción será evaluado de acuerdo con el número de empleados y el consumo promedio per cápita por persona en el sector público de la ciudad de Bogotá únicamente para el área de oficinas administrativas y laboratorios, la operación de la planta debe estar sustentada en aguas recolectadas y tratadas de manera técnica para que sea adecuada dentro del proceso de producción.

Tabla 3.9. Costo aproximado del servicio de agua y alcantarillado.

No. Empleados	m³/usuario mes	m³/año	Costo m³	Costo bimensual	Costo anual	total mensual	total anual
100	0,5	50	\$ 3.575,37	\$ 357.537,00	\$ 2.145.222,00	\$ 811.559,00	\$ 4.869.354,00
Servicio de alcantarillado							
100	1	100	2270,11	\$ 454.022,00	\$ 2.724.132,00		

- Costos de mantenimiento de la planta, viáticos y mantenimiento de vehículos: Para este gasto se calcula una inversión anual de \$ 4000.000.000 para el mantenimiento de máquinas, equipos, herramientas, mantenimiento y viáticos de la flota de transporte de la planta de producción con un porcentaje del 87.5% el otro 12.5% será empleado en el mantenimiento y soporte de los insumos de las oficinas administrativas.
- Gastos de administración o nómina: La inversión que se debe realizar para el personal que labora en la planta se puede ver con mayor detalle en el Anexo 5, esta inversión también es conocida como gasto de administración y que para la planta de producción de bioetanol tiene el siguiente valor anual mostrado en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Gastos de nómina.

Total empleados	107
Nomina personal administrativo	\$ 124.000.000,00
Aportes parafiscales	\$ 66.780.613,00
Subtotal	\$ 190.780.613,00
Nomina personal de producción	\$ 163.500.000,00
Aportes parafiscales	\$ 93.708.280,00
Subtotal	\$ 257.208.280,00
Total nómina mensual	\$ 447.988.893,00
nomina anual	\$ 5.375.866.716,00

La Tabla 3.11 muestra una distribución de cargos y salarios destinados para dichos cargos tanto en la parte administrativa como en la parte operativa de la planta.

Tabla 3.11. Salarios asignados al personal de planta.

	Cargo	Area Mecánica	Salario (c/u)	Area Química	Salario (c/u)
1	Gerencia General		\$ 20.000.000,00		
2	Departamento de producción				
	Gerente de proyecto	Ingeniero mecánico	\$ 12.000.000,00	Ingeniero químico	\$ 12.000.000,00
	Jefes de producción	Ingeniero mecánico (2), Ingeniero civil (1)	\$ 8.000.000,00	Ingeniero químico	\$ 8.000.000,00
	Auxiliares	Ingeniero mecánico	\$ 4.000.000,00	Ingeniero químico	\$ 4.000.000,00
	Desarrolladores	I. mecánicos, técnicos, estudiantes.	\$ 2.000.000,00	I. químicos, técnicos, estudiantes.	\$ 2.000.000,00
	Almacén	Jefe de almacén	\$ 2.500.000,00	Jefe de almacén	\$ 2.500.000,00
		Auxiliares	\$ 1.500.000,00		
3	Departamento de calidad	Ingeniero industrial	\$ 4.000.000,00		
	Jefes de área	Ingeniero industrial HSEQ	\$ 2.000.000,00		
	Auxiliares I. industrial	HSEQ	\$ 1.500.000,00		
4	Departamento de mantenimiento	Ingeniero mecánico	\$ 4.000.000,00	Ingeniero Químico	\$ 4.000.000,00
	Operarios	Técnicos mecánicos	\$ 2.000.000,00	Técnicos químicos	\$ 2.000.000,00
5	Departamento administrativo	Gte. Administrativo	\$ 4.000.000,00		
	Jefes de área	Vendedores			
		Jefe recursos humanos	\$ 2.000.000,00		
		Contador	\$ 3.000.000,00		
		Administrador de empresas	\$ 3.000.000,00		
	Auxiliares	Auxiliares R. humanos	\$ 1.500.000,00		
		Contadores auxiliares	\$ 1.500.000,00		
		Administradores de empresas auxiliares	\$ 1.500.000,00		
		Auxiliares contables	\$ 1.200.000,00		
6	Departamento de servicios generales	Jefe de servicios generales	\$ 2.000.000,00		
	Auxiliares	Servicios generales	\$ 1.200.000,00		
		Mensajería	\$ 1.200.000,00		
		Conductores	\$ 2.000.000,00		

El formato de los gastos de nómina se pueden observar más detalladamente en el Anexo 6.

3.1.2.2 Costos variables. Los costos variables evaluados para la planta de bioetanol son únicamente los generados por los insumos químicos que se prevé inicialmente sean importados para luego tener dominio de la patente hasta que se haga un desarrollo local que permita cultivarlos y mantenerlos dentro de la misma planta de producción.

- Materia prima de origen químico: En primera medida se realiza una evaluación sobre el costo aproximado de la materia prima de origen químico considerando que dicha materia prima no es producida en el país y la puesta en marcha del proyecto debe contar con que sea comprada en el exterior dando espera al desarrollo local o compra de patentes para reducir el costo de adquisición y transporte hasta la planta de producción.

Se contacta a varios laboratorios y empresas relacionadas con el sector químico en Colombia, sin embargo no se recibió respuesta alguna sobre el abastecimiento y o importación del complejo enzimático y de nutrientes necesarios para la producción de bioetanol. Finalmente se pueden identificar los precios de estos productos producidos y distribuidos en Europa para el año de 2013 y 2014 a los cuales se les adicionan los costos de transporte y costos legales para el ingreso al país, ajustando los valores consultados a las cantidades de materia prima y volúmenes de producción del proyecto en desarrollo en la ciudad de Bogotá.

La materia prima base del proyecto que es la FORSU, como se ha explicado en el capítulo tres, se pretende obtener sin ningún costo, es decir, suministrada por la ciudad en contribución para obtener un beneficio de la misma que abastezca energéticamente la ciudad con un volumen considerable de combustible ecológico.

Tabla 3.12. Costos aproximados de la materia prima de origen químico.

Complejo enzimático	\$ 44.000.000.000,00
Levaduras	\$ 1.000.000.000,00
Nutrientes	\$ 3.000.000,00
Total materia prima	\$ 45.003.000.000,00

Como se han evaluado tres escenarios de producción en el proyecto para la parte de evaluación de costos solamente se evalúa el escenario de producción intermedia dejando el primer escenario como un volumen de prueba y el tercer escenario como una proyección al futuro de la planta de producción. Además, con este escenario de producción se van a evaluar los costos de adquisición de la materia prima asumiendo que todo el suministro sea importado del exterior, claro

está que inicialmente el proyecto puede iniciar comprando la patente del material químico y reproducirlo en Colombia mientras el desarrollo químico se acomoda a las condiciones ambientales y de la composición de los desperdicios locales pero es necesario tener un valor un poco más elevado en cuanto a la compra del material para evaluar el proyecto con un rango más crítico de inversión anual como se puede observar en la Tabla 3.12.

3.1.3 Costo total de la operación. Toda la operación de producción para el biocombustible proyectada para un año se encuentra en la Tabla 3.13 donde reúne todos los costos y gastos previstos para esta investigación y posible proyecto de desarrollo en la ciudad.

Tabla 3.13. Costo total de la operación.

Materia prima	\$ 45.003.000.000,00
Consumo de agua potable	\$ 4.869.354,00
Consumo de energía eléctrica	\$ 20.653.313.030,00
Servicios de comunicaciones (telefonía móvil, fija e internet)	\$ 60.000.000,00
Gastos de nómina	\$ 5.375.866.716,00
Mantenimiento y viáticos área producción	\$ 3.500.000.000,00
Mantenimiento área administrativa	\$ 500.000.000,00
Depreciación	\$ 36.221.666.666,67
Vigilancia privada	\$ 144.000.000,00
Costo total de operación	\$ 111.462.715.766,67

De la tabla anterior se puede obtener un costo operacional mensual de \$9.263.559.647,22 aproximadamente que cubre la totalidad de gastos necesarios para una operación constante al ciento por ciento.

3.1.4 Costo del galón de biocombustible producido. El precio de producción de cada galón de combustible elaborado en el proyecto es un punto crítico debido a que este precio determina en gran manera el porcentaje de rentabilidad del proyecto para una planta piloto y una posible expansión para un cubrimiento mayor en cuanto al procesamiento y el volumen de combustible entregado al consumidor en la ciudad.

Tabla 3.14. Precio por galón producido.

Costos totales de la operación de la planta	\$ 111.462.715.766,67
Capacidad proyectada de producción (gal)	79.842.300 gal
Precio por galón de combustible producido	\$ 1.396,04

El precio por galón producido promete una gran proyección de la planta atendiendo que el precio promedio fijado de acuerdo al historial de precios obtenido de la base de datos de Fedebiocombustibles.

3.1.5 Ingresos estimados para el proyecto. Los ingresos del proyecto están basados principalmente en el precio que se establezca a nivel nacional para el etanol de acuerdo con la legislación del Ministerio de Minas y Energía como se muestra en la Gráfica 2.3 del estudio de mercado del proyecto.

Para el mes de marzo del presente año el precio del bioetanol en Colombia es de \$6690.52, teniendo su mayor precio registrado para este año de \$7073.37 para el mes de febrero. El año 2014 cerró con un precio de \$6604,47, estos precios pertenecen a la base de datos de Fedebiocombustibles y el valor divulgado es el pagado al productor del biocombustible a nivel nacional, además, con la información de los precios del combustible a partir del año 2009 el promedio del precio del bioetanol hasta el cierre del año 2014 es de \$7345,90, es decir, 700 pesos por encima del valor actual para el mes de marzo.

Los ingresos para el proyecto se evalúan con dos precios, el primer precio es el valor de venta para el mes de marzo y el segundo precio es el promedio aplicados a los tres escenarios para analizar los ingresos para el proyecto anualmente tal y como se muestra en las Tablas 3.15 y 3.16.

Tabla 3.15. Ingresos del proyecto a partir del precio promedio por galón.

	Producción Anual (gal)	Ingresos Anuales	IVA	Ingresos Mensuales	IVA
A	323.299	\$ 2.374.922.124,10	\$ 379.987.539,86	\$ 197.910.177,01	\$ 31.665.628,32
B	79.842.300	\$ 586.513.551.570,00	\$ 93.842.168.251,20	\$ 48.876.129.297,50	\$ 7.820.180.687,60
C	117.415.080	\$ 862.519.436.172,00	\$ 138.003.109.787,52	\$ 71.876.619.681,00	\$ 11.500.259.148,96

Tabla 3.16. Ingresos del proyecto a partir del precio de marzo de 2015 por galón.

	Producción Anual (gal)	Ingresos Anuales	IVA	Ingresos Mensuales	IVA
A	323.299	\$ 2.163.038.425,48	\$ 346.086.148,08	\$ 180.253.202,12	\$ 28.840.512,34
B	79.842.300	\$ 534.186.504.996,00	\$ 85.469.840.799,36	\$ 44.515.542.083,00	\$ 7.122.486.733,28
C	117.415.080	\$ 785.567.941.041,60	\$ 125.690.870.566,66	\$ 65.463.995.086,80	\$ 10.474.239.213,89

La primera columna de las Tablas 3.16 y 3.17 hace referencia a los tres escenarios de producción evaluados, es decir, el escenario de producción básica está identificado por la letra A, el escenario de producción intermedia está identificado por la letra B y finalmente el escenario de alta producción se encuentra identificado con la letra C.

3.1.5.1 Rentabilidad económica del proyecto. Reconsiderando los tres escenarios de producción y los avances ya conocidos en cuanto a los rendimientos de los insumos químicos para el desarrollo del proceso, el escenario de producción básica está en capacidad de funcionar como planta piloto para pruebas ya que su rendimiento económico solo equivale al 1% aproximadamente del flujo de producción y económico que puede alcanzar el nivel medio de la producción.

Los valores contenidos en la Tabla 3.15 permiten analizar un valor por galón más real frente a la actualidad creciente del mercado, obteniendo a la vez una rentabilidad aproximada del 79.13% en el escenario de producción intermedia. Esta rentabilidad puede tener una tendencia creciente considerando el aumento poblacional en la ciudad y por ende el aumento en la producción de residuos.

3.1.6 Capital de inversión para inicio de operación. Para la construcción del proyecto se necesita una inversión de \$ 504.761.250.000,00 de acuerdo con la Tabla 5.4, de la misma manera para tener un margen de operación que permita tener clientes que paguen el producto mensual o bimestralmente se prevé tener capital para sostener la operación durante seis meses, es decir, se requiere tener un capital de operación de \$ 9.288.559.647,22 para un total de inversión en cuanto a construcción y operación de seis meses de \$ 523.338.369.294,44. De acuerdo con las dimensiones de la planta y las proyecciones de producción de la misma es casi imposible llevar a cabo este proyecto con financiaciones e inversionistas convencionales para lo cual es necesario tener un patrocinio de varias firmas o empresas del sector y con un potencial económico consolidado y capaz de invertir.

El 50% de la inversión se proyecta tener en efectivo y el otro 50% financiado a un periodo de 5 años aproximadamente con entidades bancarias estatales haciendo efectivos los diferentes beneficios ofrecidos por el gobierno colombiano para la producción de biocombustibles.

Con la información financiera calculada en cuanto a ingresos del proyecto y con una distribución del producto asegurada por la legislación de biocombustibles del gobierno colombiano y basados en el escenario de producción intermedia, el proyecto mensualmente tendría la capacidad de sostener sus gastos operacionales y la deuda adquirida para los efectos de planeamiento y construcción de la planta de producción.

Tabla 3.17. Estructura del capital de inversión.

Aporte social (50%)	\$ 261.669.184.647,22
Monto financiado (50%)	\$ 261.669.184.647,22
Tasa de interés anual (%)	28,92
Tasa de interés mensual (%)	2,41
Tiempo de financiación (años)	5

Las responsabilidades mensuales del proyecto son equivalentes a \$9.288.559.647,22. El resumen del pago de la deuda se puede observar en la Tabla 5.17 y en el Anexo 7 con un mayor nivel de detalle de los costos, tasa de interés y el tiempo de permanencia de la deuda.

3.2 ANALISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

Para adelantar el análisis financiero del proyecto es necesario tener una proyección de al menos 5 años en cuanto a las erogaciones de dinero por operación y prestamos además de los posibles ingresos sobre las ventas del bioetanol en la ciudad de Bogotá.

A continuación se realiza la proyección de gastos operativos por año, los egresos por pago de créditos y la proyección de ingresos hasta el año 2021 considerando un crecimiento general del 1.37% desde el aumento poblacional pasando por la producción de residuos y aplicado también a la evolución del precio del combustible a nivel local. Esta es una evaluación ideal del proceso, no obstante se debe tener en cuenta que la trayectoria de los precios del combustible no han sido constantes en cuanto crecimiento o decrecimiento pero la producción de residuos

si va ligada al aumento poblacional en la capital lo que garantiza una fuente creciente en la materia prima principal para la producción de combustible durante mucho tiempo. El porcentaje de crecimiento fue tomado a partir del análisis de la Tabla 2.10 y las Gráficas 2.1 y 2.2 que muestran el crecimiento poblacional y los volúmenes de producción de residuos orgánicos a través de la última década aproximadamente.

La Tabla 3.18 presenta la comparación de egresos e ingresos desde el presente año hasta el año 2021 presentando los tres escenarios de producción planteados anteriormente e identificados de la siguiente manera en la tabla, con la letra A se indica el escenario de producción básica, con la letra B se indica el escenario de producción intermedia y finalmente con la letra C se indica el escenario de alta producción del proyecto.

Un detalle que no se considera en la Tabla 3.18 es que nos incluye el valor del IVA por el 16% considerando que es un impuesto sumado al valor de venta del combustible y que es el cliente el quien asume su costo en el momento de la compra.

3.2.1 Flujo neto de efectivo (FNE). Ya conocemos los flujos de dinero del proyecto a nivel general, no obstante para continuar con el análisis es necesario desglosarlos de una manera más concreta para dar claridad al siguiente punto que es el cálculo del valor presente neto en donde es necesario tener claro los orígenes de los valores divulgados para evitar una mala interpretación de la información.

El cálculo del flujo neto de efectivo se ve reflejado en la Tabla 3.19 donde se muestra las utilidades y erogaciones más detalladas reforzando los contenidos en la información previa dentro capítulo cinco.

3.2.2 Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR). Esta tasa es la mínima cantidad de rendimiento que el proyecto debe recibir por asumir el riesgo de inversión realizado para esta planta de producción. Para este estudio la TMAR debe ser mixta ya que existen dos fuentes de capital para la inversión inicial del proyecto.

Tabla 3.18. Proyección de ingresos y egresos del proyecto.

% de operación	Planeación	(C+G) 2015	(C+G) 2016	(C+G) 2017	(C+G) 2018	(C+G) 2019	(C+G) 2020	(C+G) 2021
A	0.3	\$ 334,388,147.30	\$ 338,969,264.92	\$ 343,613,143.85	\$ 348,320,643.92	\$ 353,092,636.74	\$ 357,930,005.86	\$ 362,833,646.94
B	100	\$ 111,462,715,766.67	\$ 112,989,754,972.67	\$ 114,537,714,615.80	\$ 116,106,881,306.04	\$ 117,697,645,579.93	\$ 119,310,001,954.37	\$ 120,944,548,981.15
C	147	\$ 163,850,192,177.01	\$ 166,094,939,809.83	\$ 168,370,440,485.23	\$ 170,677,115,519.87	\$ 173,015,392,002.49	\$ 175,385,702,872.93	\$ 177,788,487,002.29
		Financiación 2015	Financiación 2016	Financiación 2017	Financiación 2018	Financiación 2019	Financiación 2020	Financiación 2021
A	0.3	\$ 1,362,027,356.47	\$ 317,810,308.21	\$ 272,405,471.29	\$ 227,000,634.37	\$ 181,595,797.45	\$ -	\$ -
B	100	\$ 454,009,118,822.16	\$ 105,936,789,404.43	\$ 90,801,823,764.43	\$ 75,666,878,124.44	\$ 60,531,932,484.44	\$ -	\$ -
C	147	\$ 667,393,404,668.58	\$ 177,975,421,115.30	\$ 133,478,680,933.71	\$ 111,230,310,842.93	\$ 88,981,940,752.13	\$ -	\$ -
		Total egresos 2015	Total egresos 2016	Total egresos 2017	Total egresos 2018	Total egresos 2019	Total egresos 2020	Total egresos 2021
A	0.3	\$ 697,603,292.43	\$ 656,779,573.13	\$ 616,018,615.14	\$ 575,321,278.29	\$ 534,688,434.19	\$ 357,930,005.86	\$ 362,833,646.94
B	100	\$ 232,534,430,811.09	\$ 218,926,524,377.10	\$ 205,339,538,380.23	\$ 191,773,759,430.48	\$ 178,229,478,064.37	\$ 119,310,001,954.37	\$ 120,944,548,981.15
C	147	\$ 341,825,613,292.30	\$ 321,821,990,834.34	\$ 301,849,121,418.94	\$ 281,907,426,362.80	\$ 261,997,332,754.62	\$ 175,385,702,872.93	\$ 177,788,487,002.29
		Ingresos 2015	Ingresos 2016	Ingresos 2017	Ingresos 2018	Ingresos 2019	Ingresos 2020	Ingresos 2021
A	0.3	\$ 1,759,540,654.71	\$ 1,783,646,361.68	\$ 1,808,082,316.83	\$ 1,832,853,044.58	\$ 1,857,963,131.29	\$ 1,883,417,226.18	\$ 1,909,220,042.18
B	100	\$ 586,513,551,570.00	\$ 594,548,787,226.51	\$ 602,694,705,611.51	\$ 610,951,014,888.39	\$ 619,321,043,761.95	\$ 627,805,742,061.49	\$ 636,406,690,727.73
C	147	\$ 862,174,920,807.90	\$ 873,986,717,222.97	\$ 885,960,335,248.92	\$ 898,097,991,841.83	\$ 910,401,934,330.07	\$ 922,874,440,830.39	\$ 935,517,820,669.77

$$\text{TMAR mixta} = \frac{\text{Financiación}}{\text{Inversión inicial}} (\text{tasa interés}) + \frac{\text{Capital social}}{\text{Inversión inicial}} (\text{rentabilidad})$$

El valor de la TMAR obtenido es:

$$\text{TMAR} = 1.08$$

3.2.3 Valor presente neto (VPN). El valor presente neto es el valor monetario resultado de restar el acumulado de los flujos de dinero a la inversión realizada inicialmente al proyecto, es decir, anualmente se tiene una erogación de dinero a causa de los costos y los gastos, estas erogaciones anuales son restadas del valor de inversión realizado inicialmente en el proyecto.

Ecuación 1. Valor presente neto.

$$\text{VPN} = -P + \frac{\text{FNE1}}{(1+i)^1} + \frac{\text{FNE2}}{(1+i)^2} + \frac{\text{FNE3}}{(1+i)^3} + \frac{\text{FNE4}}{(1+i)^4} + \frac{\text{FNE4} + \text{VS}}{(1+i)^5}$$

Donde tenemos que:

P: Valor de la inversión inicial.

FNE: Flujo neto de efectivo anual. El número al lado derecho corresponde al año.

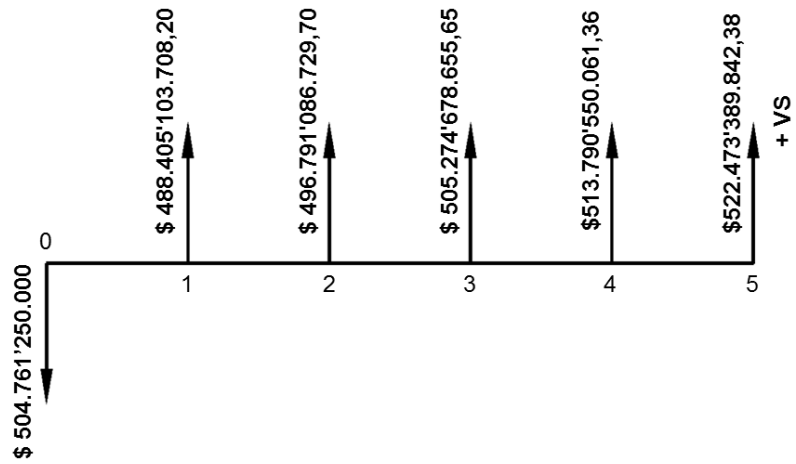
i: Tasa de interés o de crecimiento del dinero.

La tasa de interés fijo corresponde al mismo valor dado a la TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento).

Para este caso se elabora un cálculo considerando el financiamiento y la inflación usando también valores de la TMAR y el valor de salvamento (VS) para el proyecto.

$$\text{VPN} = \$ 320.280'092.297,52$$

Diagrama 3.1. Diagrama de flujo para la evaluación económica.



El Diagrama 3.1 representa el flujo de dinero para la evaluación económica donde además se va a tener en cuenta la inflación y la financiación del 50% de la inversión inicial del proyecto.

Tabla 3.19. Calculo del FNE del proyecto.

Detalle	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ingresos	\$ 586.513.551.570,00	\$ 594.548.787.226,51	\$ 602.694.105.611,51	\$ 610.951.014.858,39	\$ 619.321.043.761,95	\$ 627.805.742.061,49
Costos de producción	\$ (25.128.180.761,17)	\$ (25.472.436.837,59)	\$ (25.821.409.222,27)	\$ (26.175.162.528,61)	\$ (26.533.762.255,26)	\$ (26.897.274.798,15)
Utilidad bruta	\$ 561.385.372.823,83	\$ 569.076.352.404,91	\$ 576.872.698.406,24	\$ 584.775.854.347,78	\$ 592.787.283.525,69	\$ 600.908.469.283,34
Gastos administrativos	\$ (41.331.535.005,50)	\$ (41.897.777.035,08)	\$ (42.471.776.580,46)	\$ (43.063.639.919,61)	\$ (43.643.474.786,51)	\$ (44.241.390.391,08)
Financiación	\$ (65.417.296.161,81)	\$ (65.417.296.161,81)	\$ (65.417.296.161,81)	\$ (65.417.296.161,81)	\$ (65.417.296.161,81)	\$ (65.417.296.161,81)
Utilidad Neta	\$ 454.636.541.656,53	\$ 461.761.279.208,03	\$ 468.983.625.663,98	\$ 476.304.918.266,36	\$ 483.726.512.577,38	\$ 491.249.782.730,45
Depreciación	\$ 39.444.166.666,67	\$ 39.444.166.666,67	\$ 39.444.166.666,67	\$ 39.377.500.000,00	\$ 39.377.500.000,00	\$ 39.377.500.000,00
Utilidad sin interés ni impuestos	\$ 494.080.708.323,20	\$ 501.205.445.874,70	\$ 508.427.792.330,65	\$ 515.682.418.266,36	\$ 523.104.012.577,38	\$ 530.627.282.730,45
Intereses financiación	\$ (5.675.604.615,00)	\$ (4.414.359.145,00)	\$ (3.153.113.675,00)	\$ (1.891.868.205,00)	\$ (630.622.735,00)	\$ -
Utilidad o flujo neto eléctrico	\$ 488.405.103.708,20	\$ 496.791.086.729,70	\$ 505.274.678.655,65	\$ 513.790.550.061,36	\$ 522.473.389.842,38	\$ 530.627.282.730,45

Fuente el autor

4 CONCLUSIONES

➤ VENTAJAS DEL PROYECTO

- Máximo aprovechamiento de la FORSU, RSD y RSU producidos en la ciudad de Bogotá para la producción de bioetanol y posterior mezcla con gasolina para abastecimiento único de la ciudad.
- Reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero del 6% con la mezcla vigente de E10, hasta tanto el gobierno colombiano permita el aumento en el porcentaje de mezcla.
- Desarrollo de tecnologías de punta e implementación de métodos de reciclaje más eficientes que pueden posicionar al país y la ciudad a nivel de Sur América como pioneros en el desarrollo de proyectos sostenibles.
- Creación de grupos de investigación especializados en el desarrollo de los procesos químicos y de la ingeniería del proyecto asegurando bases más específicas y soportadas científicamente y técnicamente para la construcción de una planta de esta magnitud.
- Creación de oportunidades de empleo para gerentes de proyecto, ingenieros, técnicos, auxiliares y estudiantes con un alto nivel de calidad a nivel profesional.

➤ DESVENTAJAS DEL PROYECTO

- La fase inicial del proyecto depende del desarrollo a nivel químico de las enzimas y levaduras para estabilizar adecuadamente el proceso de producción, de no ser así, el proyecto requiere la compra de dicho material en el exterior y los permisos respectivos para iniciar un cultivo controlado en la ciudad que permita tener un abastecimiento constante para el proceso lo cual implica el pago de las patentes a los fabricantes en el exterior.
- El tiempo de ejecución para la etapa de investigación que falta dentro del proyecto en cuanto a diseño de equipos y planta física además del desarrollo químico de las materias primas complementarias.

- La zona de ubicación del proyecto debe contar con una seguridad adecuada considerando los antecedentes de la zona y teniendo en cuenta el producto a procesar dentro de las instalaciones de la misma además de su distribución a los sitios de mezcla ubicados en Puente Aranda.
- La consecución de uno o varios inversionistas con la capacidad económica para financiar la fase inicial del proyecto y posicionarlo hasta el alcance de su punto de equilibrio financiero.
- La productividad del proyecto se basa en la Gráfica 1.2 donde se observa claramente la demanda del combustible en la ciudad equivalente a 30'196.086 galones para el año de 2014, obteniendo las siguientes consideraciones:
 - Escenario de producción básica: 232.308 gal/año. Esta producción equivale al 0.77% de la demanda actual, lo que indica que esta etapa de desarrollo del proyecto solo permite demostrar la eficiencia a escala industrial.
 - Escenario de producción intermedia: 79'842.300 gal/año. Esta producción equivale al 264% de la demanda actual, permitiendo tener un aumento considerable en el porcentaje de mezcla del combustible y una tasa porcentual mayor en la reducción de emisiones mediante el uso de tecnologías en uso vigente alrededor del mundo.
 - Escenario de alta producción: 117'415.080 gal/año. Esta producción equivale al 388% de la demanda actual, teniendo un escenario muy importante a nivel productivo respecto a la demanda actual pero el cual requiere un desarrollo a nivel químico e industrial muy exigente.
 - Los anteriores datos permiten concluir que la productividad del proyecto puede tener un alto impacto en el suministro de combustible en la ciudad con la implementación y construcción de una planta que alcance los valores del escenario de producción intermedia eliminando la dependencia de los productores de bioetanol a base de caña de azúcar.
- Retomando la proyección del uso de la FORSU, RSD y RSU producidos en la ciudad de Bogotá para la producción de bioetanol se presentan a continuación

los porcentajes de residuos que se dejarían de incluir en el relleno sanitario anualmente generando un alto impacto a nivel ambiental y de productividad de la planta. El 100% de los residuos equivale a 7'776.845 toneladas de residuos para el año de 2014 aproximadamente.

- Escenario de producción básica: 3871.81 t de residuos. Esta cantidad de residuos equivale al 0.05% de la totalidad de residuos que dejarían de hacer parte del relleno sanitario.
- Escenario de producción intermedia: 1'330.705 t de residuos. Este escenario por su parte equivale al 17.1% de la totalidad de los residuos que dejarían de hacer parte en el relleno sanitario.
- Escenario de alta producción: 1'956.918 t de residuos. Finalmente este escenario equivale al 25.1% de los residuos de la ciudad con un optima disposición final.
- Con base en el numeral 2.4.2.5 de esta investigación, la mezcla aprobada por el gobierno de E10 está reduciendo las emisiones de gases en un 6% anual aproximadamente, comprobando que el aumento del porcentaje de mezcla debe ser inmediato para ver cambios notorios en las emisiones de gases en la ciudad.

Un artículo del periódico el espectador del 3 de noviembre de 2010 basado en información de la Secretaría de Medioambiente afirma que Bogotá produce anualmente 10'873.331 toneladas de CO₂ correspondientes a cuatro focos de producción los cuales son: Agricultura, rellenos sanitarios, actividades con procesos de combustión (energía) y actividades sin procesos de combustión. El sector que más emisiones presenta es el de energía con el 72.46% de las emisiones de las cuales el 60.15% corresponden al sector de transporte terrestre que equivale a más de 4'000.000 de toneladas al año.

Lo anterior permite concluir la funcionalidad del proyecto para la ciudad con un aporte en la reducción de emisiones equivalente al 10% o más si se aprueba el aumento en la mezcla de combustible.

- La eficiencia del proyecto depende en primera medida de mantener la operación constante las 24 horas del día permitiendo intervalos en las

diferentes áreas de producción para labores de limpieza y mantenimiento al mismo tiempo que se avanza en las etapas de producción del lote en proceso. Otro factor del proceso que permite evaluar la eficiencia del proyecto es el consumo de materias primas complementarias en encaminado a mejorar el rendimiento del alcohol obtenido usando la menor o igual cantidad de enzimas y levaduras además del tiempo del proceso a partir del ingreso de los residuos al proceso de trituración hasta que se entrega el bioetanol deshidratado.

Las cantidades de materia prima de origen químico enunciadas en el numeral 2.7 generan rendimientos más altos en comparación con los datos concluyentes de las investigaciones realizadas en Colombia, planteando una eficiencia teórica óptima para la implementación del proyecto.

- A nivel económico el beneficio es bastante cuantioso al proyectar una rentabilidad equivalente al 79.13%, la cual puede impulsar nuevos proyectos de investigación y hasta la financiación de una nueva planta en otra ciudad principal del país que presente el mismo problema con la disposición final de las basuras.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] (2014, Agosto) Biofuels Association Of Australia. [Online]. <http://www.biofuelsassociation.com.au/ethanol-around-the-world>
- [2] US Department Of Energy. Energy Efficiency & Renewable Energy. (2014, Agosto) Alternative Fuels Data Center. [Online]. http://www.afdc.energy.gov/fuels/ethanol_fuel_basics.html
- [3] METI. Dr. Christoph Berg, F.O. Licht. (2013) Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan. [Online]. <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g30819b40j.pdf>
- [4] Renewable Fuels Association. (2013, 2014) Ethanol RFA. [Online]. <http://ethanolrfa.org/pages/World-Fuel-Ethanol-Production>
- [5] Comisión Económica para América Latina. (2011, Noviembre) CEPAL. [Online]. <http://cepal.deepwebaccess.com/cepal/result-list/fullRecord:biocombustibles+2010/viewId:biblioteca-cepal/>
- [6] Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Secretaría de Energía. (2014, Junio) INFOLEG. [Online]. <http://www.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/215000-219999/218395/norma.htm>
- [7] Biofuels Association of Australia. (2014, Junio) BAA. [Online]. <http://www.biofuelsassociation.com.au/ethanol-in-australia>
- [8] AGRANA. (2014, Junio) Agrana Group. [Online]. http://www.agrana.com/fileadmin/inhalte/agrana_group/downloads/AGRANA_Bioethanol_Nachhaltigkeit_E_WEB.pdf
- [9] Diario el País de Brasil. (2014, Junio) Economía el país. [Online]. http://economia.elpais.com/economia/2013/01/31/agencias/1359591983_590373.html
- [10] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2011, Octubre) Dirección de Hidrocarburos, Comisión Nacional de Energía. [Online]. https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0CEwQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.osinerg.gob.pe%2Fnewweb%2Fuploads%2FPublico%2FSeminario%2520ARIAE%2FSesion%2520VI%25200-%2520Regulacion%2520de%2520Biocombustibles%2FAvedillo_

biocombustib

- [11] Periódico de la caña. (2014, Junio) Jornal Cana. [Online]. <http://www.jornalcana.com.br/canada-produzira-mais-etanol-nos-proximos-anos/>
- [12] Street Wise Reports. (2014, Junio) The Energy Report. [Online]. <http://www.theenergyreport.com/pub/na/fight-chinas-smog-with-ethanol-says-chen-lin>
- [13] Secretaría Nacional de Energía en Centroamérica. (2012, Septiembre) Central America Data. [Online]. http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Industria_se_prepara_para_mayor_demanda_de_etanol
- [14] (2010, Noviembre) PR Newswire. [Online]. <http://www.prnewswire.com/news-releases/statoil-ahora-mezcla-etanol-celulosico-de-inbicon-para-los-conductores-daneses-106705263.html>
- [15] United States Environmental Protection Agency. (2013, Agosto) EPA. [Online]. <http://www.epa.gov/otaq/regs/fuels/additive/e15/>
- [16] Phoenix Petroleum Philippines, INC. (2013, Abril) Phoenix Fuel Life. [Online]. <http://www.phoenixfuels.ph/for-consumers/e10-and-the-biofuels-act/>
- [17] E10 Bensiini. (2011, Enero) [Online]. http://www.e10bensiini.fi/en/news/press_releases/new_95_e10_petrol_introduced_in_finland.html
- [18] Ministerio de la Ecología, Del Desarrollo Sostenible y de la Energía. (2012, Noviembre) [Online]. http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=article&id_article=13229
- [19] (2010, Diciembre) Green Car Congress. Energía, Tecnologías y Políticas de Movilidad Sostenible. [Online]. <http://www.greencarcongress.com/2010/12/e10de-20101230.html#more>
- [20] Bioethanol for Sustainable Transport. (2008, Mayo) [Online]. <http://www.best-europe.org/Pages/ContentPage.aspx?id=547>
- [21] (2012, Noviembre) The Economic Times, Oil And Gas. [Online]. http://articles.economictimes.indiatimes.com/2012-11-23/news/35300815_1_cent-ethanol-crore-litres-ebp-programme

- [22] (2010, Julio) UNICA, Sugar Industry Association. [Online]. <http://english.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode=>
- [23] (2009, Abril) Petrojam Limited. [Online]. <http://www.petrojam.com/press-centre/news/04-2009/energy-security-launch-e10>
- [24] Donald Mitchell, *Biofuels in Africa. Opportunities, Prospects, and Challenges*, Primera Edición ed. Washington, DC, Estados Unidos: The World Bank, 2011.
- [25] (2013, Septiembre) CNN Expansión. [Online]. <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2013/09/19/mexico-conduce-sobrio-en-etanol>
- [26] (2008, Agosto) Redorbit. [Online]. http://www.redorbit.com/news/business/1519393/gull_new_zealand_launches_new_91_octane_biofuel/
- [27] (2006, Agosto) http://www.psopk.com/media/news_detail.php?nid=126. [Online]. http://www.psopk.com/media/news_detail.php?nid=126
- [28] Guillermo Souto. (2008, Agosto) Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. [Online]. <http://repiica.iica.int/docs/B0719E/B0719E.pdf>
- [29] (2009, Octubre) Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). [Online]. <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.osinerg.gob.pe%2Fnewweb%2Fuploads%2FPublico%2FSeminario%2520ARIAE%2FSesion%2520VI%2520-%2520Regulacion%2520de%2520Biocombustibles%2FPresentacion%2520ARIA>
- [30] BNDES y CGEE, "Energía para el Desarrollo Sostenible," *Bioetanol de Caña de Azúcar*, vol. 1, no. 1, p. 43, Noviembre 2008.
- [31] Federación Nacional de Biocombustibles. (2014, Mayo) FEDEBIOCOMBUSTIBLES. [Online]. [http://www.fedebiocombustibles.com/v3/estadistica-mostrar_info-titulo-Alcohol_Carburante_\(Etanol\).htm](http://www.fedebiocombustibles.com/v3/estadistica-mostrar_info-titulo-Alcohol_Carburante_(Etanol).htm)
- [32] Bioenergy Industrial. (2013) Fedebiocombustibles. [Online]. <http://www.bioenergy.com.co/Espanol/Documents/Documentos%20Home/Inf>

[orme%20Bioenergy%202013.pdf](#)

- [33] Observatorio Ambiental de Bogotá. (2013, Diciembre) Bogota.gov.co. [Online]. <http://oab.ambientebogota.gov.co/index.shtml?s=l&id=315>
- [34] Observatorio Ambiental de Bogotá. (2013, Diciembre) Bogota.gov.co. [Online]. <http://oab.ambientebogota.gov.co/index.shtml?s=l&id=269&v=l>
- [35] Sistema de Información De Combustibles Líquidos. (2013, Julio) SICOM. [Online]. http://www.sicom.gov.co/apc-aa-files/495052435f5052454445465f30303139/LISTADO_DE_ESTACIONES_DE_SERVICIO_CERTIFICADAS_JULIO_31_DE_2013.pdf
- [36] Unidad de Planeación Minero Energética. (2014, Junio) Consumos mensuales de gasolinas en Bogotá. Información vía e-mail de la Subdirección de Demanda.
- [37] Federación Nacional de Biocombustibles. (2014, Junio) FEDEBIOCOMBUSTIBLES. [Online]. [http://www.fedebiocombustibles.com/v3/estadistica-precios-titulo-Alcohol_Carburante_\(Etanol\).htm](http://www.fedebiocombustibles.com/v3/estadistica-precios-titulo-Alcohol_Carburante_(Etanol).htm)
- [38] (2014, Julio) Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia. [Online]. http://www.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario_externo_normatividad/f orm_consultar_normas_hidrocarburos.jsp?parametro=3162&site=17
- [39] Ministerio de Minas y Energía. (2014, Julio) Dirección De Hidrocarburos. [Online]. http://www.sicom.gov.co/apc-aa-files/495052435f5052454445465f30303139/AGENTES_DE_LA_CADENA_J ULIO_31_DE_2014.pdf
- [40] (2013, Octubre) Ministerio de Minas y Energía. [Online]. http://www.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario_externo_normatividad/f orm_consultar_normas.jsp?parametro=3047&site=18
- [41] Juan José Miranda Miranda, *Gestión de Proyectos. Identificación, Formulación, Evaluación Financiera, Económica, Social, Ambiental*, Quinta Edición ed., Editora Guadalupe, Ed. Bogotá D.C, Colombia: MM Editores, 2005.
- [42] Erossa, *Proyectos De Inversión en Ingeniería. Su metodología*, Primera ed., Grupo Noriega Editores, Ed. México D.F, México: Limusa S.A, 2004, vol. 1.

- [43] Dr. Carey Reams. (2014, Mayo) High Brix Gardens. [Online]. <http://www.highbrixgardens.com/component/search/?searchword=refractive%20index%20of&searchphrase=all&Itemid=21>
- [44] Guillermo Camacho Olarte. (2014, Mayo) Universidad Nacional de Colombia. Direccion Nacional de Innovación Académica. [Online]. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p2.htm#3>
- [45] Nancy Johana Montoya Gómez, Análisis de la Viabilidad de Obtención de Bioetanol a partir de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU), 2012, Trabajo de tesis de grado para la obtención del título como Especialista en Gestión de Residuos y Recuperación de Suelos Contaminados.
- [46] IMECAL. (2012, Marzo) Perseo bioethanol. [Online]. http://www.imecal.com/perseo/perseo_proyecto.html
- [47] Alcaldía Mayor de Bogotá, "Consumo de alimentos y producción de residuos sólidos orgánicos en el uso residencial urbano de Bogotá D.C.," Secretaría Distrital de Planeación, Bogotá D.C., Boletín No. 41, 2012.
- [48] Secretaría Distrital de Planeación, "Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos año 2011," Alcaldía Local De Usaquén, Bogotá D.C. , Monografía 21, 2011.
- [49] Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), *Tabla de Composición de Alimentos Colombianos*, Sexta edición ed. Bogotá D.C, Colombia: División de Comunicaciones ICBF, 1992.
- [50] Ministerio de Salud y Protección Social - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, *Perfil Nacional de Consumo de Frutas y Verduras*. Bogotá D.C, Colombia, 2013.
- [51] Departamento Administrativo Nacional de Estadística. DANE. (2014, Octubre) Sitio web del DANE. [Online]. <http://formularios.dane.gov.co/encuestas/eam/seleccion.htm?x=38&y=21>
- [52] UAESP, "Programa para la gestión de residuos sólidos orgánicos para la ciudad de Bogotá, D.C. ," Unidad Administrativa Especial De Servicios Públicos, Bogotá D.C. , Estadísticas Versión 2, 2010.
- [53] Instituto Colombiano De Normas Técnicas (ICONTEC). (2009, Mayo) Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente..

Documento.

- [54] FAUN. (2014, Mar.) Direct Industry. El salón on line de la industria.. [Online]. <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/faun-umwelttechnik-gmbh-co-kg/faun-overview-rcv/62121-412003.html#open>
- [55] Geovanis Arrieta Bernate, Fase I-II. Dimensión de Categorización, 2008, Analisis de la producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- [56] (2009, Junio) BLUEFIRE RENEWABLES. Biorefinería Izumi Japón. [Online]. http://bfreinc.com/docs/IZUMI_Status_2004_for_BlueFire_051606.pdf
- [57] (2013, Octubre) BLUEFIRE RENEWABLES. Biorefinería Fulton. [Online]. <http://bfreinc.com/2013/10/bluefire-renewables-adds-new-revenue-source-to-fulton-facility/>
- [58] Caterina Coll. IMECAL Rafael Castañeda. (2012, Marzo) Egética. Expoenergética. Ferias de las Energías.. [Online]. http://www.imecal.com/pdfs/Presentacion_EGETICA_ES.pdf; <http://www.imecal.com/perseo/>
- [59] BIOGASOL. (2009, Marzo) BORNBIOFUEL. [Online]. http://demoplants.bioenergy2020.eu/img/files/related_publications/366/366_2_009-03-09-120901_related_publications.pdf
- [60] (2012, Agosto) INEOS, THE WORD FOR CHEMICALS. [Online]. <http://www.ineos.com/businesses/ineos-bio/news/commissioning-under-way-at-florida-cellulosic-ethanol-plant/>
- [61] (2013, Abril) ABENGOA BIOENERGY, Proyecto Babilafuente. [Online]. http://www.abengoa.com/web/es/noticias_y_publicaciones/noticias/historico/2013/04_abril/abg_20130318_2.html
- [62] (2011) ABENGOA BIOENERGY. Proyecto Hugoton. [Online]. http://www.abengoabioenergy.com/web/es/2g_hugoton_project/
- [63] (2009, Octubre) ABENGOA BIOENERGY. Proyecto York. [Online]. <http://passthrough.fw-notify.net/download/260971/http://www.crao.org/workshops/LCA%20October%202009/Session%205/1-2%20Adams,%20Kevin.pdf>

- [64] (2012, Agosto) TMO GROUP. [Online]. <http://www.tmo-group.com/new-issue-aaa-prices-multi-tranche-deal/>
- [65] (2014, Junio) ENERKEM. Waste Become Biofuels. [Online]. <http://www.enerkem.com/en/facilities/plants/edmonton-alberta-canada.html>
- [66] Inc. Bluefire Renewables. (2010, Diciembre) New Earth Capital Group. [Online]. <http://bfreinc.com/wp-content/uploads/2010/12/New-Earth-Capital-Research-Report.pdf>
- [67] (2011) Bluefire Renewables Inc.. [Online]. <http://bfreinc.com/our-technology/>
- [68] José Miguel Oliva. Unidad de Biocarburantes. División de Energías Renovables. (2012, Mayo) Comunidad de Madrid. Un lugar para la ciencia y la tecnología. [Online]. http://www.madrimasd.org/informacionidi/agenda/foros-mimasd/2012/programa/energia/documentos/pdf/07-Jose_Miguel_Oliva_CIEMAT.pdf
- [69] (2006, Junio) JCG Corporation. [Online]. http://www.jgc.com/en/04_media/01_news/2006/release/20060620.html
- [70] (2012, Marzo) Perseo Bioethanol. [Online]. http://www.imecal.com/perseo/perseo_planta.html
- [71] Biogasol. Niels Langvad. (2009, Noviembre) Biogasol ApS. [Online]. http://www.cowi.dk/menu/events/eventsarchive/Documents/COWI%20temadag%20om%20biofuels/BioGasol_PresentationCOWI_27.11.2009.pdf
- [72] (2008, Diciembre) BioGasol ApS. BioGasols demonstration facility at Aakirkeby, Bornholm, Denmark. [Online]. http://demoplants.bioenergy2020.eu/img/files/related_publications/306/306_2009-02-21-185849_related_publications.pdf
- [73] Biogasol. Rune Skovgaard Skovgaard--Petersen Petersen. (2010, Octubre) BioGasol ApS. [Online]. http://ec.europa.eu/energy/renewables/events/doc/2010_10_13/6_demo_rune_skovgaard_petersen_1.pdf
- [74] (2012, Abril) Ineos Bio. Process Description Brochure. [Online]. http://www.ineos.com/Global/Bio/Technology/Ineos%20US%20Bio%20Process%20Description%20Brochure_April%202012.pdf

- [75] (2014, Julio) Abengoa Bioenergía. Prensa. [Online]. http://www.abengoabioenergy.com/web/es/prensa/noticias/historico/2014/bio_20140630.html?q=W2B
- [76] (2013, Junio) Green Car Congress. Energy, Technologies, Issues and Policies for Sustainable Mobility. [Online]. <http://www.greencarcongress.com/2013/06/abengoa-20130630.html>
- [77] (2009, Septiembre) Biomass Magazine. [Online]. <http://biomassmagazine.com/articles/3098/uk%27s-first-cellulosic-ethanol-plant-completes-first-year-of-operation/>
- [78] (2009, Septiembre) New Energy And Fuel. News and views for making and saving money in new energy and fuel. [Online]. <http://newenergyandfuel.com/http://newenergyandfuel.com/2009/09/23/up-rating-corn-ethanol-production/>
- [79] Steven M. Martin, R&D Director. (2012, Marzo) TMO Renewables Limited. [Online]. <http://bathsciencecafe.org/wp-content/uploads/2012/03/SteveMartinTMO12March2012.pdf>
- [80] Hamish Curran, Chief Executive. (2009) TMO Renewables Limited. [Online]. http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0CGcQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.3bnexus.com%2Findex.php%3F%2Ffiles%26a%3Ddownload%26type%3Dpresentation%26cid%3D8085&ei=9k4GVLuUF8aqqgTekoK4Dw&usq=AFQjCNG8ibmUnX8ok04NUdMKo9_4FeW1XA&bv
- [81] ENERKEM. (2013) [Online]. <http://www.enerkem.com/en/technology-platform/process.html>
- [82] ENERKEM. (2014, junio) Wastes Become Biofuels. [Online]. <http://www.enerkem.com/en/technology-platform/process.html>
- [83] (2010) Biofuel. The fuel of the Future. [Online]. <http://biofuel.org.uk/what-is-syngas.html>
- [84] Héctor A. Arenas, Alexander Mejía y Carlos A. Peláez Carlos A. Guevara, "Obtención de Etanol y Biogás a Partir de Banano de Rechazo," *Revista de la Facultad de Ingeniería*, vol. 23, pp. 19-30, Noviembre 2011.
- [85] Clara Isabel Vélez Rincón. (2002, Diciembre) <http://www.elcolombiano.com>. [Online]. http://www.elcolombiano.com/historico/el_viejo_sueno_de_producir_alcohol-

[MVEC AO 4204468](#)

- [86] "Transformación del banano en Urabá: Experiencias pasadas, iniciativas presentes y nuevas.," Universidad EAFIT, Escuela de Administración, Medellín, Trabajo de grado 2011.
- [87] Óscar Julián Sánchez Toro, Julián Andrés Ramírez Arango, Luis Eduardo Alzate Ramírez Carlos Ariel Cardona Alzate, "Biodegradación de Residuos Orgánicos de Plazas de Mercado," *Revista Colombiana de Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia*, vol. 6, no. 2, pp. 78-89, Diciembre 2004.
- [88] Victoria Isabel Medina de Pérez, Angela Adriana Ruiz Colorado Jhon F. Mosalve G, "Producción de Etanol a Partir de la Cáscara de Banano y de Almidón de Yuca," *Revista de la Facultad de Minas DYNA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, vol. 73, no. 150, pp. 21-27, Noviembre 2006.
- [89] Diana Carolina Albán, Natalia Murcia, Raúl Cuervo, Jorge Durán Luis Fernando Mejía, "Hidrólisis y Fermentación Alcohólica Simultánea (HFS) del Residuo Agroindustrial del Mango Común (*Mangifera indica* L) Utilizando Levaduras *Saccharomyces cerevisiae* spp y cepa recombinante RH 218," *Revista Científica Guillermo de Ockhan*, vol. 7, no. 2, pp. 51-64, Julio-Diciembre 2009.
- [90] Nelson Rodríguez Valencia, "Producción de Etanol a Partir de los Subproductos del Café," *Avances Técnicos Cenicafé*, vol. 393, Marzo 2010.
- [91] A. M. Sánchez Riaño, A. I. Gutiérrez Morales, and J. A. y Rivera Barrero, C. A Muñoz Hernández, "Producción de Bioetanol a Partir de Subproductos Agroindustriales Lignocelulósicos," *Revista Tumbaga*, vol. 5, no. 1, pp. 61-91, Octubre 2010.
- [92] Julio Quintana, Jairo Pérez, Harold Young LeslyTejeda, "Obtención de Etanol a Partir de Residuos de Poda, Mediante Hidrólisis Ácida e Hidrólisis Enzimática," *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 14, no. 1, pp. 111-116, Junio 2011.
- [93] Mariana Cardona Betancourt, Carlos Mejía Gómez, Alejandro Acosta Cárdenas Hader Castaño Peláez, "Producción de Etanol a Partir de Harina de Yuca en Un sistema de Hidrólisis Enzimática y Fermentación," *Revista de la Facultad de Minas DYNA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, vol. 78, no. 169, pp. 158-166, Octubre 2011.

- [94] Candelara Tejada, Angel Villabona, Mario R. Alvear, Carlos R. Castillo, Daniela L. Henao, Wilfredo Marimón, Natali Madariaga, Arnulfo Tarón Lesly P. Tejada, "Producción de Bioetanol a Partir de la Fermentación Alcohólica de Jarabes Glucosados Derivados de Cáscaras de Naranja y Piña," *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 5, no. 20, pp. 120-125, Mayo 2010.
- [95] Juan Pablo Mariscal Moreno, Evaluación y Selección de Microorganismos para la Producción de Etanol a Nivel Industrial, 2011, Tesis para obtener el título de mágister en ingeniería química. Grupo de investigación en procesos químicos, catalíticos y biotecnológicos. universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Sede Manizales.
- [96] Nancy Johana Montoya Gómez, Análisis de la Viabilidad de Obtención de Bioetanol a partir de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU), 2012, Trabajo de tesis de grado para la obtencion del título como Especialista en Gestión de Residuos y Recuperación de Suelos Contaminados.
- [97] Universidad de Salamanca, *Medio Ambiente, Calidad Ambiental*, Primera ed. Salamanca, España: Ediciones Universidad de Salamanca, 2002.
- [98] U.S. Environmental Protection Agency. (2014, Febrero) <http://www.epa.gov>. [Online]. <http://www.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/>
- [99] Keikhosro Karimi Mohammad J. Taherzadeh, "Enzyme-Based Hydrolysis Processes For Ethanol From Lignocellulosic Materials," *BioResources. College Of Natural Resources*, vol. 2, no. 4, pp. 707-738, 2007.
- [100] Jiayang Cheng Ye Sun, "Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production," Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University. , Raleigh , Artículo 1, 2001.
- [101] Charles E. Wymen, "Use of lignocellulosic biomass to produce ethano," *Era Solar* , vol. 56, no. 1, pp. 17-19, Enero 1993.
- [102] Group Gercons Colombia. (2014, Diciembre) <http://www.gerconscolombia.com/>. [Online]. <http://www.gerconscolombia.com/index.php/galeria-videos/video/molino-triturador-de-residuos-solidos-gercons-colombia>
- [103] Monster Brewing Hardware. (2014, Diciembre) <http://www.monsterbrewinghardware.com/>. [Online]. <http://www.monsterbrewinghardware.com/index.html>

- [104] Muriel Gargaud, Ed., *Encyclopedia Of Astrobiology*, 1st ed. Francia, Floriac: Springer, 2011, vol. 1.
- [105] Om V. Singh Anuj K. Chandel, *Weedy lignocellulosic feedstock and microbial metabolic engineering: advancing the generation of 'Biofuel'*, 2010, Extraído de la base de datos de <http://www.springer.com/>.
- [106] Eduardo Pérez Cisneros, *Estudio y Análisis de Tecnología para la Producción de Bioetanol y Biodiesel*, 2005, Universidad Autónoma Metropolitana de México. Licenciatura.
- [107] José Miguel Oliva Domínguez, *Efecto de los Productos de Degradación Originados en la Explosión de Vapor de Biomasa De Chopo Sobre Kluyveromyces Marxianus*, 2003, Universidad Complutense De Madrid. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Microbiología.
- [108] Erenio González Suárez, Meilyn González Cortes, Mary Lopretti, Eulogio Castro Galiano Leyanis Mesa Garriga. (2008, Junio) *La producción de etanol a partir de residuos lignocelulósicos. Estado del arte. Base de datos SINAB de la Universidad Nacional de COlombia.*
- [109] José Miguel Oliva Domínguez, *Efecto de los Productos de Degradación en la Explosión por Vapor de Biomasa de Chopo sobre Kluyveroyces Marxianus*, 2003, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Biológicas, Memoria presentada para optar al grado de doctor.
- [110] Rosa C. Bermúdez Savón, Elaine Valiño Cabrera, José Lucas Pérez Pardo Daisy Ravelo Ron, "Fermentación del Bagazo de Caña de Azúcar en un Bioreactor a Escala de Laboratorio," *Tecnología Química*, vol. XXII, no. 2, pp. 32-40, Mayo, Agosto 2002.
- [111] María Elia Tomás Pejó, *Bioetanol de Paja de Trigo: Estrategias de Integración de las Etapas del Proceso*, 2010, Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Microbiología III.
- [112] Nilson Marriaga, "Indicadores de Desempeño de la Destilación de Bioetanol," *DYNA, Ingeniería e Industria*, vol. 76, no. 159, pp. 85-92, Febrero 2009.
- [113] P.W. Madson, G.D. Moon Jr R. Katzen. (2012) KATZEN International, Inc. [Online].
<http://www.katzen.com/ethanol101/Fundamentals%20of%20Distillation.pdf> /
<http://www.chemeng.queensu.ca/courses/CHEE332/files/distillation.pdf>

- [114] Herlendy Lozada Salgado Jimmy Andrés López Jiménez, Obtención de Etanol Anhidro a Partir de un Proceso de Destilación con Adición de Electrolitos, 2005, Proyecyo final para optar al título de ingeniero químico. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Departamento de Ingeniería Química. Manizales Caldas.
- [115] Ricardo Miguel Pedraza Berenguer, Deshidratación de Etanol Mediante Destilación Azeotrópica con Hidrocarburos Componentes de la Gasolina. Estudio de la Viabilidad del Proceso a Escala Semi-Planta Piloto, 2012, Tesis Doctoral. Universidad de Alicante, Instituto Universitario de Ingeniería de Procesos Químicos. Memoria presentada para optar al grado de doctor en ingeniería química.
- [116] CENICAÑA. (2014, Mayo) Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. [Online]. http://www.cenicana.org/pop_up/fabrica/diagrama_etanol.php
- [117] BNDES y CGEE, "Energía para el Desarrollo Sostenible," *Bioetanol de Caña de Azúcar*, vol. Primera edición, no. 01, pp. 79-83, Noviembre 2008.
- [118] Cuauhtémoc Moctezuma. (2013) Cervecería Mexicana. [Online]. <http://www.cuamoc.com/files/ReporteSustentabilidad2013.pdf>
- [119] SABMiller. (2013) Cervecería Sudafricana, Colombia. [Online]. http://www.sabmiller.com/docs/default-source/investor-documents/reports/2013/sustainability/bavaria_informe-de-desarrollo-sostenible-2013.pdf?sfvrsn=14
- [120] Heineken. (2013) Cervecería Holandesa, España. [Online]. <http://informesostenibilidad2013.heinekenespana.es/proteccion-de-las-fuentes-de-agua/acciones-y-resultados-2013/que-dijimos-y-que-hemos-hecho>
- [121] Grupo Modelo. (2011) Cerveza Corona, Mexico. [Online]. <http://www.latibex.com/act/esp/resulta/2012/Informe%20de%20sustentabilidad.pdf>
- [122] Quilmes. (2012) Cervecería Argentina, Informe de sustentabilidad. [Online]. <http://quilmes-cmq.s3.amazonaws.com/static/doc/Reporte%20de%20Gesti%C3%B3n%20Sustentable%20Cervecer%C3%ADa%20y%20Malter%C3%ADa%20Quilmes%202011-2012.pdf>
- [123] NOVOZYMES. (2015) Novozymes Solutions. [Online].

<http://www.novozymes.com/en/solutions/bioenergy/cellulosic-ethanol/cellulosic-extraction/Pages/default.aspx>

- [124] NOVOZYMES. (2012) Novozymes, Rethick Tomorrow. [Online].
http://www.novozymes.com/en/pages/results.aspx?k=Cellic3_FAQ
- [125] LALLEMAND. (2013, Junio) Biofuels & Distilled Spirits. [Online].
[http://www.lallemmand.com/our-business/fuel-ethanol/](http://www.lallemmand.com/our-business/fuel-ethanol;);
<http://www.lallemmand.com/our-business/brewing>
- [126] LALLEMAND. (2013, Junio) Yeast Nutrients. [Online].
<http://www.lallemmandbds.com/fuel-ethanol/yeast-nutrients/>
- [127] CIBART. (2013, Junio) Centro Integral De Bebidas Artesanales. [Online].
http://www.todocerbeza.com.ar/informe_levaduras.htm / www.cibart.com.ar
- [128] Wikipedia. [Online]. http://es.wikipedia.org/wiki/Matriz_de_Leopold
- [129] ESMAP, "Review of Policy Framework for Increased Reliance on Renewable Energy in Colombia. In press (en inglés)," 2007.
- [130] CPWR, "The Center to Protect Workers Rights," 2003.
- [131] SIAC. (2014, Nov.) SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA. [Online].
<https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=830&conID=1282>
- [132] MINSA, "R.M. N° 510-2005/MINSA, Manual de Salud Ocupacional," 2005.
- [133] CNE, "Guía para Evaluación Ambiental de Energías Renovables No Convencionales - Proyectos Eólicos," Santiago de Chile, 2006.
- [134] NWCC, "National Wind Coordinating Committee," EE.UU, 2001.
- [135] MEM, "Ministerio de Energía y Minas," 2007.
- [136] Gamesa. (2010) Gamesa. [Online].
<http://www.gamesacorp.com/es/gamesa/energia-eolica/funcionamiento-parque-eolico.html>

ANEXOS

Anexo No. 1												
Consumo de gasolinas en Bogotá												
Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
gall/año	301.473.367	290.848.606	273.207.565	269.143.203	262.382.108	257.148.418	255.894.433	269.499.756	278.186.536	283.393.265	292.747.578	301.960.864
Consumo de gasolina corriente en Bogotá												
Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
gall/año	283.311.933	274.878.986	259.008.079	257.302.402	252.573.329	248.968.065	248.398.050	261.892.942	269.755.895	269.988.128	283.045.897	291.707.859
Consumo de gasolina extra en Bogotá												
Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
gall/año	18.161.434	15.969.620	14.199.486	11.840.801	9.808.779	8.180.353	7.496.383	7.606.814	8.430.641	13.405.137	9.701.681	8.202.404
Consumo de bioetanol en Bogotá												
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
gall/año	27.320.757	26.914.320	26.238.211	25.714.842	25.589.443	26.949.976	27.818.654	28.339.327	29.274.758	30.196.086		

Anexo No. 2

Año	Fecha	Precio Alcohol Carburante	Precio E8 / E10	Precio Gasolina	Año	Fecha	Precio Alcohol Carburante	Precio E8 / E10	Precio Gasolina
2009	Ene	5844,69	7476,68	7474,8	2012	Ene	8628,41	8707,4	8712,7
	Feb	5971,98	7474,8	7473,5		Feb	8707,4	8811,68	8811,69
	Mar	7737,65	7473,5	7473,49		Mar	8811,68	8911,68	8911,68
	Abr	7698,39	7473,49	7473,49		Abr	8704,66	9040,41	9062,84
	May	5903,37	7473,49	7073,51		May	8237,82	9002,92	9002,92
	Jun	6547,27	7073,51	7073,49		Jun	8066,03	8847,68	8838,72
	Jul	6281,49	7073,49	7073,51		Jul	8038,82	8708,3	8689,75
	Ago	6531,41	7073,51	7073,51		Ago	8030,2	8707,6	8689,76
	Sep	6816,58	7073,51	7073,51		Sep	7949,81	8834,22	8834,26
	Oct	7073,5	7073,51	7073,51		Oct	7749,11	8910	8934,08
	Nov	7073,5	7073,51	7073,51		Nov	7650,94	8803	8807,86
	Dic	7073,5	7073,51	7173,5		Dic	7655,96	8701,4	8661,02
2010	Ene	7173,5	7173,5	7173,5	2013	Ene	7396,65	8494,75	8460,35
	Feb	7166,62	7166,62	7166,63		Feb	6931,39	8624,47	8640,5
	Mar	7365,79	7365,79	7365,79		Mar	6823,89	8751,09	8787,21
	Abr	7365,79	7356,79	7365,79		Abr	6834,29	8751,92	8787,21
	May	7565,79	7565,79	7565,79		May	6768,05	8607,6	8636,1
	Jun	7565,79	7565,8	7565,79		Jun	6703,64	8668,45	8668,45
	Jul	7565,79	7565,78	7715,79		Jul	6883,04	8646,57	8668,45
	Ago	7715,78	7715,79	7715,78		Ago	6839,83	8646,56	8672,2
	Sep	7242,13	7715,78	7765,78		Sep	6791,87	8646,56	8676,37
	Oct	7629,66	7765,78	7765,77		Oct	6790,37	8509,57	8528,37
	Nov	7765,79	7765,77	7765,79		Nov	6644,86	8365,48	8382,09
	Dic	7765,79	7765,79	7999,19		Dic	6733,08	8361,16	8372,25
2011	Ene	8099,18	8099,18	8099,19	2014	Ene	6670,44	8480,25	8511,56
	Feb	8099,18	8089,51	8089,65		Feb	6554	8565,6	8608
	Mar	8089,51	8299,52	8299,67		Mar	6553,99	8565,63	8608,01
	Abr	8299,52	8449,52	8449,66		Abr	6689,32	8586,34	8618,71
	May	8449,52	8449,52	8449,67		May	6476,69	8569,57	8618,71
	Jun	8449,52	8535,54	8499,66		Jun	6224,59	8569,26	8640,72
	Jul	8535,54	8535,54	8535,03		Jul	6185,19	8722,68	8809,05
	Ago	8535,54	8635,54	8535,69		Ago	6175,55	8722,69	8809,9
	Sep	8635,54	8535,54	8535,55		Sep	6226,01	8726,75	8809,9
	Oct	8535,54	8532,19	8532,2		Oct	6330,47	8748,14	8824,04
	Nov	8532,19	8621,77	8621,78		Nov	6518,77	8623,71	8672,34
	Dic	8621,77	8628,41	8621,78		Dic	6604,47	8495,22	8525,2

ANEXO No. 3															
Año		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Población		6.520.473	6.627.568	6.734.041	6.736.212	6.776.009	6.778.691	7.155.052	7.259.597	7.363.782	7.467.804	7.571.345	7.674.366	7.776.845	
No.	Descripción	A	B (kg)												
1	Banano	20%	4.683	12.570	16.656	14.970	27.040	30.313	31.996	32.464	32.929	33.395	33.858	34.318	34.777
			1.639	4.400	5.830	5.240	9.464	10.610	11.199	11.362	11.525	11.688	11.850	12.011	12.172
2	Guayaba	17%	3.742.729	4.400.560	3.850.758	4.613.237	5.258.940	4.781.339	5.046.805	5.120.545	5.194.032	5.267.404	5.340.436	5.413.102	5.485.385
			935.682	1.100.140	962.690	1.153.309	1.314.735	1.195.335	1.261.701	1.280.136	1.298.508	1.316.851	1.335.109	1.353.275	1.371.346
3	Mora	15%	1.842.189	1.336.358	1.528.518	1.645.785	2.067.775	871.780	920.182	933.627	947.026	960.404	973.720	986.969	1.000.149
			184.219	133.636	152.852	164.579	206.778	87.178	92.018	93.363	94.703	96.040	97.372	98.697	100.015
4	Tomate de árbol	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Mango	11%	421.058	370.203	309.377	258.216	560.954	230.461	243.256	246.811	250.353	253.889	257.410	260.912	264.396
			168.423	148.081	123.751	103.286	224.382	92.184	97.303	98.724	100.141	101.556	102.964	104.365	105.758
6	Manzana	11%	20.838	22.205	15.850	19.733	19.858	9.246	9.759	9.902	10.044	10.186	10.327	10.468	10.607
			3.126	3.331	2.378	2.960	2.979	1.387	1.464	1.485	1.507	1.528	1.549	1.570	1.591
7	Papaya	10%	192.863	207.519	384.575	421.328	304.478	216.578	228.603	231.943	235.272	238.595	241.903	245.195	248.469
			57.859	62.256	115.373	126.398	91.343	64.973	68.581	69.583	70.581	71.579	72.571	73.558	74.541
8	Mandarina	8%	0	0	0	19.615	17.513	20.771	21.924	22.245	22.564	22.883	23.200	23.515	23.830
			0	0	0	5.885	5.254	6.231	6.577	6.673	6.769	6.865	6.960	7.055	7.149
9	Piña	8%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	Lulo	7%	237.875	296.199	183.644	250.276	323.546	229.815	242.575	246.119	249.651	253.178	256.688	260.181	263.655
			95.150	118.480	73.458	100.110	129.418	91.926	97.030	98.448	99.860	101.271	102.675	104.072	105.462
11	Limón	7%	114.627	138.575	122.951	88.375	105.905	63.321	66.837	67.813	68.786	69.758	70.725	71.688	72.645
			57.314	69.288	61.476	44.188	52.953	31.661	33.418	33.907	34.393	34.879	35.363	35.844	36.322
12	Naranja	7%	71.390	259.494	621.102	510.320	430.710	263.359	277.981	282.043	286.090	290.132	294.154	298.157	302.138
			28.556	103.798	248.441	204.128	172.284	105.344	111.192	112.817	114.436	116.053	117.662	119.263	120.855
13	Maracuyá	7%	514.846	695.774	607.860	811.832	1.045.050	519.690	548.544	556.559	564.546	572.521	580.459	588.357	596.214
			257.423	347.887	303.930	405.916	522.525	259.845	274.272	278.279	282.273	286.261	290.230	294.179	298.107
14	Fresas	6%	1.134.844	1.054.126	1.049.496	1.114.010	1.417.261	389.062	410.663	416.664	422.643	428.614	434.556	440.469	446.351
			56.742	52.706	52.475	55.701	70.863	19.453	20.533	20.833	21.132	21.431	21.728	22.023	22.318
15	Curuba	6%	76.320	60.923	40.398	42.008	48.100	40.927	43.199	43.831	44.460	45.088	45.713	46.335	46.953
			38.160	30.462	20.199	21.004	24.050	20.464	21.600	21.915	22.230	22.544	22.856	23.167	23.477
16	Aguacate	6%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	Uva	2%	833.426	592.328	758.071	733.653	613.919	530.439	559.890	568.070	576.223	584.363	592.465	600.526	608.545
			83.343	59.233	75.807	73.365	61.392	53.044	55.989	56.807	57.622	58.436	59.246	60.053	60.855
18	Melón	2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	Granadilla	2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	Sandía	2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ANEXO No. 3															
Año		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Población		6.520.473	6.627.568	6.734.041	6.736.212	6.776.009	6.778.691	7.155.052	7.259.597	7.363.782	7.467.804	7.571.345	7.674.366	7.776.845	
No.	Descripción	A	B (kg)												
21	Durazno	1%	98.817	158.595	207.809	177.792	66.969	96.175	101.515	102.998	104.476	105.952	107.421	108.883	110.337
			14.823	23.789	31.171	26.669	10.045	14.426	15.227	15.450	15.671	15.893	16.113	16.332	16.550
22	Guanábana	1%	1.287.652	839.066	856.103	930.513	1.140.915	180.323	190.335	193.116	195.887	198.654	201.409	204.149	206.875
			386.296	251.720	256.831	279.154	342.275	54.097	57.100	57.935	58.766	59.596	60.423	61.245	62.063
23	Ciruela	1%	83.743	53.156	62.422	118.596	86.262	119.158	125.774	127.612	129.443	131.271	133.092	134.902	136.704
			58.620	37.209	43.695	83.017	60.383	83.411	88.042	89.328	90.610	91.890	93.164	94.432	95.693
24	Papayuela	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	Uchuv a	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Coco	1%	1.346.355	1.714.057	1.056.054	870.148	320.723	885.742	934.919	948.580	962.193	975.785	989.315	1.002.776	1.016.166
			740.495	942.731	580.830	478.581	176.398	487.158	514.206	521.719	529.206	536.682	544.123	551.527	558.892
27	Pera	1%	932	1.009	1.101	1.302	861	1.150	1.214	1.232	1.249	1.267	1.284	1.302	1.319
			140	151	165	195	129	173	182	185	187	190	193	195	198
28	Kiw i	0,40%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	Zapote	0,30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	Bananito	0,30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	Mamoncillo	0,30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Boroj ó	0,30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Lima	0,20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	Mangostino	0,20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	Cereza	0,10%	166.952	173.514	189.222	182.425	209.727	231.703	244.567	248.141	251.702	255.258	258.797	262.318	265.821
			83.476	86.757	94.611	91.213	104.864	115.852	122.284	124.070	125.851	127.629	129.398	131.159	132.910
36	Chontaduro	0,10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	Feijoa	0,10%	0	70.812	53.622	62.087	59.375	49.197	51.928	52.687	53.443	54.198	54.950	55.697	56.441
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL RESIDUOS AÑO (kg)		3.251.485	3.576.053	3.205.960	3.424.897	3.582.513	2.794.750	2.949.918	2.993.020	3.035.974	3.078.860	3.121.549	3.164.023	3.206.273	
A. Porcentaje de la población consumidora de frutas diariamente.															
B. Consumo de fruta, registro en kg por año.															

ANEXO No. 4															
Año		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Población		6.520.473	6.627.568	6.734.041	6.736.212	6.776.009	6.778.691	7.155.052	7.259.597	7.363.782	7.467.804	7.571.345	7.674.366	7.776.845	
No.	Descripción	A	B (kg)												
1	Tomate	53,8%	1.720.357	2.050.037	2.298.387	2.521.272	3.286.997	2.481.649	2.619.433	2.657.707	2.695.848	2.733.930	2.771.836	2.809.552	2.847.069
			344.071	410.007	459.677	504.254	657.399	496.330	523.887	531.541	539.170	546.786	554.367	561.910	569.414
2	Zanahoria	47,2%	116.631	114.782	162.691	126.871	125.047	163.982	173.086	175.616	178.136	180.652	183.157	185.649	188.128
			17.495	17.217	24.404	19.031	18.757	24.597	25.963	26.342	26.720	27.098	27.474	27.847	28.219
3	Arveja verde	39,2%	302.569	305.615	176.930	133.801	137.349	224.918	237.406	240.875	244.331	247.783	251.218	254.637	258.037
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Cebolla Bulbo	33,6%	172.904	379.472	481.418	308.759	349.813	344.273	363.387	368.697	373.988	379.271	384.530	389.762	394.967
			8.645	18.974	24.071	15.438	17.491	17.214	18.169	18.435	18.699	18.964	19.226	19.488	19.748
5	Cebolla larga	29,1%	229.830	339.615	361.432	382.934	401.792	465.432	491.273	498.452	505.605	512.747	519.856	526.930	533.966
			11.492	16.981	18.072	19.147	20.090	23.272	24.564	24.923	25.280	25.637	25.993	26.346	26.698
6	Habichuela	26,4%	10.077	8.566	6.205	5.244	5.327	4.108	4.336	4.399	4.463	4.526	4.588	4.651	4.713
			1.008	857	621	524	533	411	434	440	446	453	459	465	471
7	Lechuga	9,0%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	Espinaca	6,4%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	Pepino cohombro	5,2%	40.068	87.026	72.646	68.415	70.800	73.185	77.248	78.377	79.502	80.625	81.743	82.855	83.961
			10.017	21.757	18.162	17.104	17.700	18.296	19.312	19.594	19.875	20.156	20.436	20.714	20.990
10	Repollo	4,3%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	Remolacha	3,4%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	Ahuyama	3,3%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	Cebolla puerro	2,8%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	Acelga	1,6%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	Apio	1,3%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	Pepino de guiso	1,2%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	Brócoli	0,9%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	Coliflor	0,7%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	Calabacín	0,6%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	Calabaza	0,5%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	Pepino agua	0,3%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	Rábano	0,3%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	Col china	0,3%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL RESIDUOS AÑO (kg)			392.727	485.792	545.006	575.498	731.969	580.119	612.328	621.275	630.191	639.094	647.955	656.771	665.541
A. Porcentaje de la población consumidora de verduras diariamente.															
B. Consumo de verduras, registro en kg por año.															

ANEXO 5

ANEXO 5

ANEXO 5

ANEXO 6

BIOETANOL DE BOGOTÁ
Combustible Ecológico
NIT: XXXXXXXX-X

NOMINA DE EMPLEADOS

PERIODO DE PAGO

NOMBRE DEL EMPLEADO	SUELDO BASICO	DIAS LIQUIDADOS	DEVENGADO				TOTAL DEVENGADO	DEDUCCIONES					TOTAL DEDUCCIONES	NETO PAGADO	RECIBI CONFORME (FIRMA Y C.C.)
			BASICO	AUXILIO DE TRANSPORTE	HORAS EXTRAS	COMISIONES		SALUD	PENSION	FONDO DE SOLIDARIDAD	RETENCION EN LA FUENTE	OTRAS DEDUCCIONES			
Jefe de producción (IM*2)	\$ 12.000.000	30	\$ 12.000.000	\$ 0			\$ 12.000.000	\$ 480.000	\$ 480.000	\$ 240.000			\$ 1.200.000	\$ 10.800.000	
Jefe de producción (IM*1)	\$ 6.000.000	30	\$ 6.000.000	\$ 0	\$ 1.200.000		\$ 7.200.000	\$ 288.000	\$ 288.000	\$ 60.000			\$ 636.000	\$ 6.564.000	
Jefe de producción (IM*2)	\$ 12.000.000	30	\$ 12.000.000	\$ 0			\$ 12.000.000	\$ 480.000	\$ 480.000	\$ 240.000			\$ 1.200.000	\$ 10.800.000	
Jefe de producción (IM*1)	\$ 6.000.000	30	\$ 6.000.000	\$ 0	\$ 1.200.000		\$ 7.200.000	\$ 288.000	\$ 288.000	\$ 60.000			\$ 636.000	\$ 6.564.000	
Auxiliares de producción (IM*4)	\$ 16.000.000	30	\$ 16.000.000	\$ 0			\$ 16.000.000	\$ 640.000	\$ 640.000	\$ 320.000			\$ 1.600.000	\$ 14.400.000	
Auxiliares de producción (IM*2)	\$ 8.000.000	30	\$ 8.000.000	\$ 0	\$ 1.600.000		\$ 9.600.000	\$ 384.000	\$ 384.000	\$ 96.000			\$ 864.000	\$ 8.736.000	
Auxiliares de producción (IQ*4)	\$ 16.000.000	30	\$ 16.000.000	\$ 0			\$ 16.000.000	\$ 640.000	\$ 640.000	\$ 320.000			\$ 1.600.000	\$ 14.400.000	
Auxiliares de producción (IQ*2)	\$ 8.000.000	30	\$ 8.000.000	\$ 0	\$ 1.600.000		\$ 9.600.000	\$ 384.000	\$ 384.000	\$ 96.000			\$ 864.000	\$ 8.736.000	
Jefe de almacén (M*2)	\$ 5.000.000	30	\$ 5.000.000	\$ 0			\$ 5.000.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 50.000			\$ 450.000	\$ 4.550.000	
Jefe de almacén (M*1)	\$ 2.500.000	30	\$ 2.500.000	\$ 0	\$ 500.000		\$ 3.000.000	\$ 120.000	\$ 120.000	\$ 25.000			\$ 265.000	\$ 2.735.000	
Jefe de almacén (Q*2)	\$ 5.000.000	30	\$ 5.000.000	\$ 0			\$ 5.000.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 50.000			\$ 450.000	\$ 4.550.000	
Jefe de almacén (Q*1)	\$ 2.500.000	30	\$ 2.500.000	\$ 0	\$ 500.000		\$ 3.000.000	\$ 120.000	\$ 120.000	\$ 25.000			\$ 265.000	\$ 2.735.000	
Auxiliares almacen (*4)	\$ 6.000.000	30	\$ 6.000.000	\$ 0			\$ 6.000.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 60.000			\$ 540.000	\$ 5.460.000	
Auxiliares almacen (*2)	\$ 3.000.000	30	\$ 3.000.000	\$ 0	\$ 600.000		\$ 3.600.000	\$ 144.000	\$ 144.000	\$ 30.000			\$ 318.000	\$ 3.282.000	
Seguridad industrial HSEQ (*2)	\$ 4.000.000	30	\$ 4.000.000	\$ 0			\$ 4.000.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 40.000			\$ 360.000	\$ 3.640.000	
Seguridad industrial HSEQ (*1)	\$ 2.000.000	30	\$ 2.000.000	\$ 0	\$ 400.000		\$ 2.400.000	\$ 96.000	\$ 96.000	\$ 20.000			\$ 212.000	\$ 2.188.000	
Auxiliares de l. Industrial (*6)	\$ 9.000.000	30	\$ 9.000.000	\$ 0			\$ 9.000.000	\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 144.000			\$ 864.000	\$ 8.136.000	
Auxiliares de l. Industrial (*3)	\$ 4.500.000	30	\$ 4.500.000	\$ 0	\$ 900.000		\$ 5.400.000	\$ 216.000	\$ 216.000	\$ 45.000			\$ 477.000	\$ 4.923.000	
Mantenimiento (*2)	\$ 8.000.000	30	\$ 8.000.000	\$ 0			\$ 8.000.000	\$ 320.000	\$ 320.000	\$ 96.000			\$ 736.000	\$ 7.264.000	
Técnicos mantenimiento (*5)	\$ 10.000.000	30	\$ 10.000.000	\$ 0			\$ 10.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 200.000			\$ 1.000.000	\$ 9.000.000	
Conductores (*5)	\$ 10.000.000	30	\$ 10.000.000	\$ 0	\$ 2.000.000		\$ 12.000.000	\$ 480.000	\$ 480.000	\$ 200.000			\$ 1.160.000	\$ 10.840.000	
TOTALES	\$ 163.500.000		\$ 163.500.000	\$ 0	\$ 10.500.000	\$ 0	\$ 174.000.000	\$ 6.960.000	\$ 6.960.000	\$ 2.513.000	\$ 0	\$ 0	\$ 16.433.000	\$ 157.567.000	

Neto pagado \$ 157.567.000 SON: Ciento Cincuenta y Siete Millones Quinientos Sesenta y Siete Mil Pesos M/Cte

Comprobante de Pago Nº: _____

Cheques Nº _____

Elaborador Por: _____ Revisado Por: _____ Aprobado Por: _____

Aportes Parafiscales	Valor	Otras Apropiações	Valor
Salud	\$ 14.790.000	Cesantia	\$ 14.500.000
Riesgos Profesionales	\$ 908.280	Int. S/Cesantia	\$ 1.740.000
Fondo de Pensiones	\$ 20.880.000	Prima de Servicios	\$ 14.500.000
ICBF	\$ 5.220.000	Vacaciones	\$ 7.250.000
SENA	\$ 3.480.000	Esap	\$ 1.740.000
Subsidio Familiar	\$ 6.960.000	Escuelas industriales	\$ 1.740.000
Subtotal	\$ 52.238.280	Subtotal	\$ 41.470.000
Total Apropiações \$ 93.708.280			

ANEXO 7					
Año	Mes	Saldo	Cuota fija mensual	Intereses	Total pagado
2015	ene	\$ 261.669.184.647,22	\$ 4.361.153.077,45	\$ 6.306.227.350,00	\$ 10.667.380.427,45
	feb	\$ 257.308.031.569,77	\$ 4.361.153.077,45	\$ 6.201.123.560,83	\$ 10.562.276.638,29
	mar	\$ 252.946.878.492,32	\$ 4.361.153.077,45	\$ 6.096.019.771,66	\$ 10.457.172.849,12
	abr	\$ 248.585.725.414,86	\$ 4.361.153.077,45	\$ 5.990.915.982,50	\$ 10.352.069.059,95
	may	\$ 244.224.572.337,41	\$ 4.361.153.077,45	\$ 5.885.812.193,33	\$ 10.246.965.270,79
	jun	\$ 239.863.419.259,95	\$ 4.361.153.077,45	\$ 5.780.708.404,16	\$ 10.141.861.481,62
	jul	\$ 235.502.266.182,50	\$ 4.361.153.077,45	\$ 5.675.604.615,00	\$ 10.036.757.692,45
	ago	\$ 231.141.113.105,05	\$ 4.361.153.077,45	\$ 5.570.500.825,83	\$ 9.931.653.903,29
	sep	\$ 226.779.960.027,59	\$ 4.361.153.077,45	\$ 5.465.397.036,66	\$ 9.826.550.114,12
	oct	\$ 222.418.806.950,14	\$ 4.361.153.077,45	\$ 5.360.293.247,50	\$ 9.721.446.324,95
	nov	\$ 218.057.653.872,69	\$ 4.361.153.077,45	\$ 5.255.189.458,33	\$ 9.616.342.535,79
	dic	\$ 213.696.500.795,23	\$ 4.361.153.077,45	\$ 5.150.085.669,17	\$ 9.511.238.746,62
2016	ene	\$ 209.335.347.717,78	\$ 4.361.153.077,45	\$ 5.044.981.880,00	\$ 9.406.134.957,45
	feb	\$ 204.974.194.640,32	\$ 4.361.153.077,45	\$ 4.939.878.090,83	\$ 9.301.031.168,29
	mar	\$ 200.613.041.562,87	\$ 4.361.153.077,45	\$ 4.834.774.301,67	\$ 9.195.927.379,12
	abr	\$ 196.251.888.485,42	\$ 4.361.153.077,45	\$ 4.729.670.512,50	\$ 9.090.823.589,95
	may	\$ 191.890.735.407,96	\$ 4.361.153.077,45	\$ 4.624.566.723,33	\$ 8.985.719.800,79
	jun	\$ 187.529.582.330,51	\$ 4.361.153.077,45	\$ 4.519.462.934,17	\$ 8.880.616.011,62
	jul	\$ 183.168.429.253,06	\$ 4.361.153.077,45	\$ 4.414.359.145,00	\$ 8.775.512.222,45
	ago	\$ 178.807.276.175,60	\$ 4.361.153.077,45	\$ 4.309.255.355,83	\$ 8.670.408.433,29
	sep	\$ 174.446.123.098,15	\$ 4.361.153.077,45	\$ 4.204.151.566,67	\$ 8.565.304.644,12
	oct	\$ 170.084.970.020,69	\$ 4.361.153.077,45	\$ 4.099.047.777,50	\$ 8.460.200.854,95
	nov	\$ 165.723.816.943,24	\$ 4.361.153.077,45	\$ 3.993.943.988,33	\$ 8.355.097.065,79
	dic	\$ 161.362.663.865,79	\$ 4.361.153.077,45	\$ 3.888.840.199,17	\$ 8.249.993.276,62
2017	ene	\$ 157.001.510.788,33	\$ 4.361.153.077,45	\$ 3.783.736.410,00	\$ 8.144.889.487,45
	feb	\$ 152.640.357.710,88	\$ 4.361.153.077,45	\$ 3.678.632.620,83	\$ 8.039.785.698,29
	mar	\$ 148.279.204.633,43	\$ 4.361.153.077,45	\$ 3.573.528.831,67	\$ 7.934.681.909,12
	abr	\$ 143.918.051.555,97	\$ 4.361.153.077,45	\$ 3.468.425.042,50	\$ 7.829.578.119,95
	may	\$ 139.556.898.478,52	\$ 4.361.153.077,45	\$ 3.363.321.253,33	\$ 7.724.474.330,79
	jun	\$ 135.195.745.401,07	\$ 4.361.153.077,45	\$ 3.258.217.464,17	\$ 7.619.370.541,62
	jul	\$ 130.834.592.323,61	\$ 4.361.153.077,45	\$ 3.153.113.675,00	\$ 7.514.266.752,45
	ago	\$ 126.473.439.246,16	\$ 4.361.153.077,45	\$ 3.048.009.885,83	\$ 7.409.162.963,29
	sep	\$ 122.112.286.168,70	\$ 4.361.153.077,45	\$ 2.942.906.096,67	\$ 7.304.059.174,12
	oct	\$ 117.751.133.091,25	\$ 4.361.153.077,45	\$ 2.837.802.307,50	\$ 7.198.955.384,95
	nov	\$ 113.389.980.013,80	\$ 4.361.153.077,45	\$ 2.732.698.518,33	\$ 7.093.851.595,79
	dic	\$ 109.028.826.936,34	\$ 4.361.153.077,45	\$ 2.627.594.729,17	\$ 6.988.747.806,62

ANEXO 7					
Año	Mes	Saldo	Cuota fija mensual	Intereses	Total pagado
2018	ene	\$ 104.667.673.858,89	\$ 4.361.153.077,45	\$ 2.522.490.940,00	\$ 6.883.644.017,45
	feb	\$ 100.306.520.781,44	\$ 4.361.153.077,45	\$ 2.417.387.150,83	\$ 6.778.540.228,29
	mar	\$ 95.945.367.703,98	\$ 4.361.153.077,45	\$ 2.312.283.361,67	\$ 6.673.436.439,12
	abr	\$ 91.584.214.626,53	\$ 4.361.153.077,45	\$ 2.207.179.572,50	\$ 6.568.332.649,95
	may	\$ 87.223.061.549,07	\$ 4.361.153.077,45	\$ 2.102.075.783,33	\$ 6.463.228.860,79
	jun	\$ 82.861.908.471,62	\$ 4.361.153.077,45	\$ 1.996.971.994,17	\$ 6.358.125.071,62
	jul	\$ 78.500.755.394,17	\$ 4.361.153.077,45	\$ 1.891.868.205,00	\$ 6.253.021.282,45
	ago	\$ 74.139.602.316,71	\$ 4.361.153.077,45	\$ 1.786.764.415,83	\$ 6.147.917.493,29
	sep	\$ 69.778.449.239,26	\$ 4.361.153.077,45	\$ 1.681.660.626,67	\$ 6.042.813.704,12
	oct	\$ 65.417.296.161,81	\$ 4.361.153.077,45	\$ 1.576.556.837,50	\$ 5.937.709.914,95
	nov	\$ 61.056.143.084,35	\$ 4.361.153.077,45	\$ 1.471.453.048,33	\$ 5.832.606.125,79
	dic	\$ 56.694.990.006,90	\$ 4.361.153.077,45	\$ 1.366.349.259,17	\$ 5.727.502.336,62
2019	ene	\$ 52.333.836.929,44	\$ 4.361.153.077,45	\$ 1.261.245.470,00	\$ 5.622.398.547,45
	feb	\$ 47.972.683.851,99	\$ 4.361.153.077,45	\$ 1.156.141.680,83	\$ 5.517.294.758,29
	mar	\$ 43.611.530.774,54	\$ 4.361.153.077,45	\$ 1.051.037.891,67	\$ 5.412.190.969,12
	abr	\$ 39.250.377.697,08	\$ 4.361.153.077,45	\$ 945.934.102,50	\$ 5.307.087.179,95
	may	\$ 34.889.224.619,63	\$ 4.361.153.077,45	\$ 840.830.313,33	\$ 5.201.983.390,79
	jun	\$ 30.528.071.542,18	\$ 4.361.153.077,45	\$ 735.726.524,17	\$ 5.096.879.601,62
	jul	\$ 26.166.918.464,72	\$ 4.361.153.077,45	\$ 630.622.735,00	\$ 4.991.775.812,45
	ago	\$ 21.805.765.387,27	\$ 4.361.153.077,45	\$ 525.518.945,83	\$ 4.886.672.023,29
	sep	\$ 17.444.612.309,81	\$ 4.361.153.077,45	\$ 420.415.156,67	\$ 4.781.568.234,12
	oct	\$ 13.083.459.232,36	\$ 4.361.153.077,45	\$ 315.311.367,50	\$ 4.676.464.444,95
	nov	\$ 8.722.306.154,91	\$ 4.361.153.077,45	\$ 210.207.578,33	\$ 4.571.360.655,79
	dic	\$ 4.361.153.077,45	\$ 4.361.153.077,45	\$ 105.103.789,17	\$ 4.466.256.866,62
2020	ene	\$ (0,00)	\$ -	\$ (0,00)	\$ (0,00)