ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ACEITE DE COCINA RESIDUAL DE UNA CADENA DE RESTAURANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN BOGOTÁ

NINA PAOLA RAMÍREZ CLEVES

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERIA EN MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2017

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ACEITE DE COCINA RESIDUAL DE UNA CADENA DE RESTAURANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN BOGOTÁ

PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERA MECÁNICA

NINA PAOLA RAMÍREZ CLEVES

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERIA EN MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2017

Contenido

1. TITULO 4
2. INTRODUCCIÓN 4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5
4. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE BIODIESEL A GENERAR 5
5. CADENAS DE RESTAURANTES Y SELECCIÓN FINAL 6
6. ESTIMACION DE LA DEMANDA QUE PODRIA CUBRIR LA CADENA DE RESTAURANTE SELECCIONADA 8
7. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA 10
7.1. LIMITACIONES PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA 10
7.2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CADENA DE RESTAURANTES Y SISTEMA DE RECOLECCIÓN 11
7.3. DISEÑO DE LA PLANTA 12
7.3.1. ELECCION DE VARIABLES 12
7.3.2. SELECCIÓN DEL PROCESO 14
7.3.3. DESARROLLO DEL DISEÑO DE EQUIPOS Y PROCESOS 18
7.4. SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN FINAL DE LA PLANTA 26
8. ESTUDIO FINANCIERO 27
9. CONCLUSIONES 31
BIBLIOGRAFÍA 32

1. TITULO

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ACEITE DE COCINA RESIDUAL DE UNA CADENA DE RESTAURANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN BOGOTÁ

2. INTRODUCCIÓN

En este proyecto se encuentra el estudio para la implementación de aceite de cocina residual de una cadena de restaurantes para la producción de biodiesel en Bogotá, partiendo como base del planteamiento del problema, el aceite de cocina residual, actualmente no hay conciencia en el uso adecuado de esté, al mismo tiempo, los avances tecnológicos en el uso del transporte público están ligados al consumo y el uso de combustibles fósiles tales como el petróleo y sus derivados, estos son altamente contaminantes que afectan el medio ambiente.

Por ello y teniendo en cuenta que a través de procesos químicos puede ser aprovechable el aceite de cocina residual, utilizándolo para la fabricación de biodiesel dejaría de ser un problema de contaminación ayudando a disminuir el uso del diésel; En la actualidad es obligatorio tener como mínimo una mezcla de diésel y biodiesel del 5% (documento de conpes 3510 del 2008). [1]

En el estudio se da a conocer la prefactibildad del proyecto que consiste en realizar un análisis para la determinación de la viabilidad del mismo donde, se determinará la cantidad de biodiesel requerido por una empresa de transporte público y se estimará la demanda generada de aceite de cocina residual para producir biodiesel por una cadena de restaurantes seleccionada; se realizará el estudio tecnológico, este ítem considera todos los avances tecnológicos útiles para el desarrollo del proyecto y se propondrá la implementación de una planta de producción de biodiesel con procesos, equipos, entre otros aspectos, junto con las limitaciones de diseño, así como también, transporte y recolección de las materias primas, se realizará el estudio financiero del proyecto, este permitirá determinar la conveniencia del proyecto financieramente.

En cuanto a la Materia prima, y los suministros, son los elementos necesarios para el desarrollo del proyecto, el análisis de sensibilidad y/o riesgo de variables directas con la rentabilidad y finalmente las conclusiones recibidas por el análisis desarrollado del proyecto.

El presente estudio estará enfocado para satisfacer la demanda parcial o total de biodiesel consumido de una empresa del transporte público de Bogotá, el cual está ubicada en la zona de Engativá y cuenta con alrededor de 211 vehículos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aceite de cocina es un producto el cual está compuesto por grasa de origen vegetal o animal el cual se consume en altas cantidades para la preparación de comida en restaurantes, hogares, entre otros; sin embargo, existe un manejo inadecuado del aceite cuando finaliza su vida útil, ya que la mayoría de las personas, no saben que deben hacer y optan por botarlo en el fregadero o al desagüe del agua, contaminando litros de agua que desembocan allí, sin saber el daño tan grande que se le hace al ecosistema y más directamente al agua, ya que el tratamiento que se necesita para separar el aceite es complejo y no se garantiza la extracción total de los residuos que se generan con los métodos de filtrado en las plantas de tratamiento existentes. [2]

Teniendo presente que el mundo está en constante cambio y avance tecnológico donde se buscan nuevas alternativas de generación de energía que pretenden reemplazar los métodos convencionales para contribuir con la disminución de los contaminantes al medio ambiente; el aceite de cocina residual se ha identificado como un producto que a través de procesos químicos puede llegar a generar energía, más exactamente biodiesel, el cual es utilizado para el funcionamiento de motores, esto ayudaría a mitigar el consumo del diésel que se extrae del petróleo.

Por esta razón se presenta la siguiente propuesta para fabricar biodiesel a partir de aceite de cocina residual, apuntando directamente a una escala de cadena de restaurantes en Bogotá con el fin de generar un estudio de prefactibilidad para una el consumo del biodiesel de una empresa de transporte público, perteneciente al SITP (sistema integrado de transporte público), que cuenta con 211 vehículos, ofreciendo así, una contribución a nivel medio ambiental y tener una solución para llevar el aceite residual a un proceso de generación de energía.

4. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE BIODIESEL A GENERAR

Para estimar la cantidad de biodiesel requerido para el diseño de la planta, se parte de la identificación del consumo de diésel en la empresa de transporte tomada como base de estudio, en donde trabaja la autora de presente y maneja la información de uno de los patios en la zona de Engativá, que corresponde a esta cantidad; a partir de este valor se realiza la recolección de información total de la cantidad de galones que consumen durante 4 meses (marzo, abril, mayo y junio), del 2017 correspondiente a la información disponible en su momento:

Tabla 1.Consumo de diésel (B5) de la empresa de transporte público.

GALONES CONSUMIDOS DE DIESEL(B5)	
Meses	**Total**
Mar	80.973
Abr	74.861
May	80.637
Jun	77.571
Total general	**314.043**

Fuente: Autora.

De la Tabla 1 se obtiene que el promedio del consumo de combustible, en los 211 vehículos de la empresa es de 78.511 galones mensualmente y 5% de biodiesel correspondiente a 3.925,6 galones mensuales; A partir de lo anterior, la cantidad máxima de biodiesel necesaria seria 47.107 galones/año esta cantidad, para el desarrollo de este proyecto.

5. CADENAS DE RESTAURANTES Y SELECCIÓN FINAL

En Colombia se encuentra una gran variedad de restaurantes para todos los requerimientos geográficos en el país contando con todos los alimentos a gusto del paladar del consumidor, el incremento en el sector gastronómico creció alrededor del 22 % en el último año esto es debido a que los colombianos prefieren el consumo de alimentos por fuera del hogar con alrededor de 90.000 establecimientos pertenecientes al sector, el cual registrando ventas por $30,7 billones de pesos; La Asociación Colombiana de la Industria Gastronómica (ACODRES) dijo que los restaurantes que esta constituidos formalmente en Bogotá son alrededor de 22.000 los cuales la mayor parte de ellos se ubican en sectores denominados zona G, Zona T, y Usaquén [3].

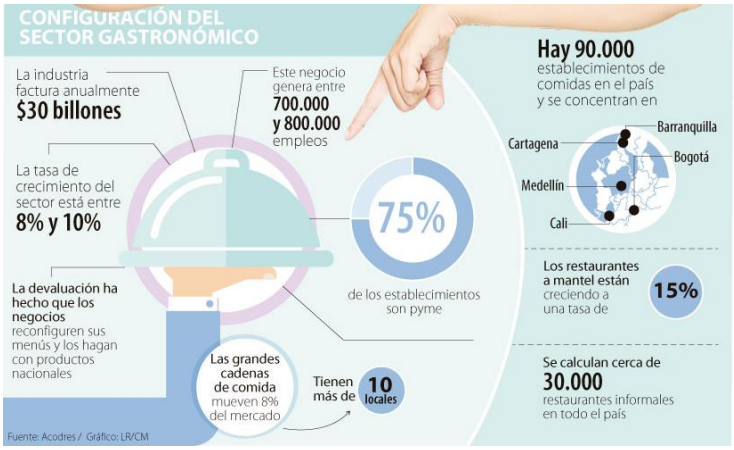


Figura 1. Configuración del sector gastronómico [4]

En la Figura 1 muestra que en Colombia hay alrededor de 90.000 establecimientos de comidas en todo el país, generando 700.000 a 800.000 empleos, y se calcula cerca de 30.000 restaurantes informales; Uno de los principales mercados son las comidas rápidas, ampliamente apetecido en la selección de menús en cuanto a comidas fuera del hogar estadísticas que llevan a dar un 53% en cifras extraídas de estudios realizados por Nielsen sobre tendencias de comidas Fuera del Hogar desarrollado con encuestas de 61 países del mundo, el cual Colombia ocupa el cuarto lugar de esta preferencia. [5].

Teniendo en cuenta la necesidad requerida por el proyecto, el cual se busca seleccionar una cadena de restaurantes con las siguientes características:

- Alto consumo de aceite para la preparación de los alimentos que ofrece.
- Franquicia colombiana de un solo dueño.
- Facilidad de acceso, altas ventas entre otros.
- Puntos de ubicación principalmente en Bogotá.

En la Tabla 2 se presentan las cadenas de restaurantes seleccionadas, datos de 2014-2016 obtenidos de las fuentes consultadas; según la Revista Portafolio **HAMBURGESAS EL CORRAL** es el restaurante líder en ventas cuyos ingresos aumentaron 4,5 %, Le sigue Crepes & Waffles, con un aumento de 9,9 % en la lista le siguen Frisby, Mc Donald's, Juan Valdez, Avesco (dueño de Kokoriko) y Oma. [6] Las ventas por parte de El Corral llegaron a 326.259 millones. [7]

Tabla 2. Cadenas de restaurantes seleccionados.

Cadena de restaurantes	**Ventas anuales**	**Alto consumo de aceite**	**Dueños Franquicia colombiana**	**Puntos de venta**
Hamburguesas el corral	$ 326.259.000.000	Si	Nutresa - Colombia	107
Crepres & Waffles	$ 268.823.000.000	No	Beatriz Fernández y Eduardo Macías - Colombiana	31
Frisby	$ 222.000.000.000	Si	Alfredo hoyos - Colombiana	45
Mc Donald´s	$ 274.504.000.000	Si	Dick y Mac mcdonald - Estados unidos	32
Juan Valdez	$ 246.000.000.000	No	Procafecol - Colombiana	84
Avesco (Kokorico)	$ 197.000.000.000	Si	Concova –Colombiana	111
Oma	$ 154.599.000.000	No	Centro americano, Mesoamérica – costarricense	45

Fuente: Autora

En la selección del restaurante se debe contar con un gran consumo de aceite en sus preparaciones y adicionalmente los requisitos antes mencionados; La cadena seleccionada para la investigación que cumple con lo anterior es **EL CORRAL;** Está es una empresa colombiana de NUTRESA S.A. el cual cuenta con un amplio crecimiento con alrededor de 212 restaurantes en 42 ciudades de todo el país, de los cuales 107 puntos se encuentran en la ciudad en Bogotá, la especialidad de este restaurante es la hamburguesa acompañado de papas a la francesa, anillos de cebolla, lomos de pollo, yucas, entre otros, utilizando gran cantidad de aceite de oliva el cual es el producto a estudiar.

6. ESTIMACION DE LA DEMANDA QUE PODRIA CUBRIR LA CADENA DE RESTAURANTE SELECCIONADA

Hamburguesas El Corral es una cadena de restaurantes con una amplia variedad de productos con los ingredientes más frescos y de alta calidad, se estima que esta cadena colombiana es la primera del sector de las comidas rápidas con una participación de 1,8 billones de pesos al año [7] .

En la estimación de la demanda que podría cubrir la cadena seleccionada se realiza una visita a una de las franquicias de Bogotá para lograr un acercamiento, sin embargo, no fue posible que fuera suministrada información sobre el consumo de aceite utilizado que es el punto clave en esta investigación, por lo tanto se realizó una estimación a partir de la información adquirida por la revista El Tiempo [7]; donde a partir de las ventas anuales y en conjunto con los precios actuales de la carta de uno de estos locales se resumen las siguientes estimaciones de consumo de aceite:

Tabla 3. Estimación de ventas por producto en El Corral.

Producto	$ precios x unidad	$ venta anual	% venta
Papas a la francesa	$ 3.500	29.363.310.000	9,0%
Hamburguesas	$ 14.500	**261.817.000.000**	80,2%
Vaquero (perro caliente)	$ 13.000	978.777.000	0,3%
Wrap lomo	$ 21.000	1.631.295.000	0,5%
Hojaldre	$ 4.000	163.129.500	0,1%
Papas en espiral	$ 3.800	9.787.770.000	3,0%
Anillos de cebolla	$ 7.200	326.259.000	0,1%
Lomos de pollo frito	$ 15.000	652.518.000	0,2%
Yuca frita	$ 5.500	326.259.000	0,1%
Bebidas	$ 1.500	21.206.835.000	6,5%
total	**$ 89.000**	**$ 326.259.000.000**	**100,0%**

Fuente: Autora.

La Tabla 3 se desarrolla a partir de la información suministrada por la revista el Tiempo donde el 80,2 % de las ventas totales corresponden a la hamburguesa [7]; a partir de las ventas totales se estiman los porcentajes de participación de ventas anuales de cada uno de los demás productos.

Por otro lado, el aceite utilizado es aceite de oliva y la cantidad necesaria para cada una de sus preparaciones se presenta en la Tabla 4, en la cual se muestra la cantidad de porciones que salen en una cantidad (X) de aceite.

Tabla 4. Cantidad de aceite utilizado por porciones y por unidades vendidas.

Producto	Cantidad unidades vendidas	Porciones	Cantidad de aceite utilizado x porción (L)	Cantidad de aceite x unidad (L)	Total aceite consumido (L) x unidades vendidas
Papas a la francesa	8.389.517	18	2	0,11	932.169
hamburguesas	18.056.345	1	0,03	0,03	541.690
vaquero (perro caliente)	75.291	1	0,03	0,03	2.259
wrap lomo	77.681	1	0,045	0,05	3.496
hojaldre	40.782	8	0,075	0,01	382
papas en espiral	2.575.729	18	2	0,11	286.192
anillos de cebolla	45.314	10	2	0,20	9.063
lomos de pollo frito	43.501	1	0,045	0,05	1.958
yuca frita	59.320	10	2	0,20	11.864
Bebidas	14.137.890	1	0	-	-
total	**43.501.369**	**69**	**8,225**	**0,78**	**1.789.072**

Fuente: Autora.

En la Tabla 4 se analiza la cantidad de aceite consumido por porción a partir de las unidades vendidas anualmente; dando como resultado un consumo anual de 1.789.641 litros aproximadamente, Teniendo en cuenta que este análisis se realiza para las ventas a nivel nacional, donde se incluyen los 212 restaurantes, El consumo de aceite por restaurante es de 8439 litros anuales de los cuales 107 puntos están ubicados en la ciudad de Bogotá dando como resultado un consumo anual de 238.504 galones anuales.

Recordemos que el aceite que se necesitara es el aceite residual, es decir, después de la preparación de los alimentos; ya que el proceso de freír es un método donde el alimento por medio de la inmersión en aceite comestible se frita a una temperatura de entre (160° a 180°), durante este proceso el alimento absorbe un porcentaje dependiendo del mismo el cual puede ser desde el 6% al 40% , las papas fritas en forma de “baston” absorben en promedio el 10% de su peso total en aceite, el pollo o pescado absorbe 15%, la hamburguesa absorbe 10%, entre otros. [8]

Teniendo en cuenta que el promedio de absorción de los alimentos usados por el restaurante El Corral es del 10%, la demanda anual de aceite de cocina residual producida por la cadena de restaurantes El corral de Bogotá seria finalmente de 214.653 galones/año.

Realizando las respectivas consultas bibliográficas y teniendo en cuenta análisis experimentales realizados, el rendimiento de biodiesel a partir de aceite de cocina es del 98% utilizando como catalizador NAOH3 al 1%p/p (porcentaje peso a peso en dilución), con una relación molar de alcohol: aceite 12:1. [9], partiendo de estos datos, la cantidad de biodiesel que se podría producir a partir del 100% del aceite recolectado de la cadena de restaurante estudiada es:

$$214.653\,\frac{gl}{año} * 98\% = 210.360\ gl/año$$

Teniendo en cuenta que la demanda requerida por la empresa del SITP es de 47.107 gl/año la cadena de restaurante podría cubrir el 100% necesario, por lo tanto solo se requeriría el 22 % de la producción de aceite de cocina:

$$\frac{210.360 gl/año}{47.107\ gl/año} = 22\%$$

$$x = \frac{47.107 \frac{gl}{año} * 107}{210.360 gl/año} = 24$$

Por lo tanto, Solo se requeriría 24 puntos de venta del Corral para recolectar la cantidad requerida en la demanda de biodiesel por la empresa de transporte público.

7. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA

7.1. LIMITACIONES PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA

Las limitaciones para el análisis del proyecto para la implementación de una planta productora de biodiesel a partir de aceite de cocina usado de la cadena de restaurantes en la ciudad de Bogotá parten de las normas establecidas para la producción del biodiesel del almacenamiento y transporte de aceite usado.

Las normas para la producción de biodiesel están establecidas por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR),American Society for Testing and Materials(ASTM), y la Delegación de Unión Europea en Colombia (EN); para ello a continuación se tienen las más representativas para la producción de biodiesel las cuales son la norma UNE-EN 14214:2013 y el estándar americano de especificaciones para mezclas de biodiesel B100 ASTM 6751, estos son los dos estándares internacionales de mayor aceptación, sin embargo se pueden utilizar otras como la norma Europea EN 14214:2008, Estados unidos 6751-07b ASTM D y petróleo Diésel EN 590:1999 mostradas en el Anexo 1.

El Consejo Nacional de Política Económica y Social Republica de Colombia (CONPES) junto con el Ministerio de Minas y Energías presentó un documento CONPES 3510 de marzo del 2008 donde el plan nacional de desarrollo (PND) establece que en todo el país el diésel debe contener un 5 % de biodiesel (B5).

Las normas para el almacenamiento y transporte de aceites usados se encuentra establecida en la resolución 0318 de 2000. [10] Para lo cual se establecen las condiciones técnicas tal y como se muestra en el Anexo 2, para el manejo, almacenamiento, transporte, utilización y la disposición de aceites usados.

7.2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CADENA DE RESTAURANTES Y SISTEMA DE RECOLECCIÓN

La cadena de restaurante seleccionada cuenta con 107 puntos de venta en la ciudad de Bogotá; de los cuales en la Figura 2 se muestran los 65 puntos más cercanos entre sí, de ellos solo se seleccionaran 24 puntos de venta.

La mayoría de los puntos de venta se encuentran en las zonas; nororiental, oriental y occidental distribuida según Figura 3. Para la recolección del aceite usado en estos puntos de cadena, se van a destinar canecas especializadas para el contenido del aceite, se marcara debidamente como la norma del Anexo 2 lo establece y serán recolectados por camiones que realizaran un recorrido por los puntos de cadena según una ruta establecida y así llevarlos a la planta de tratamiento del biodiesel.

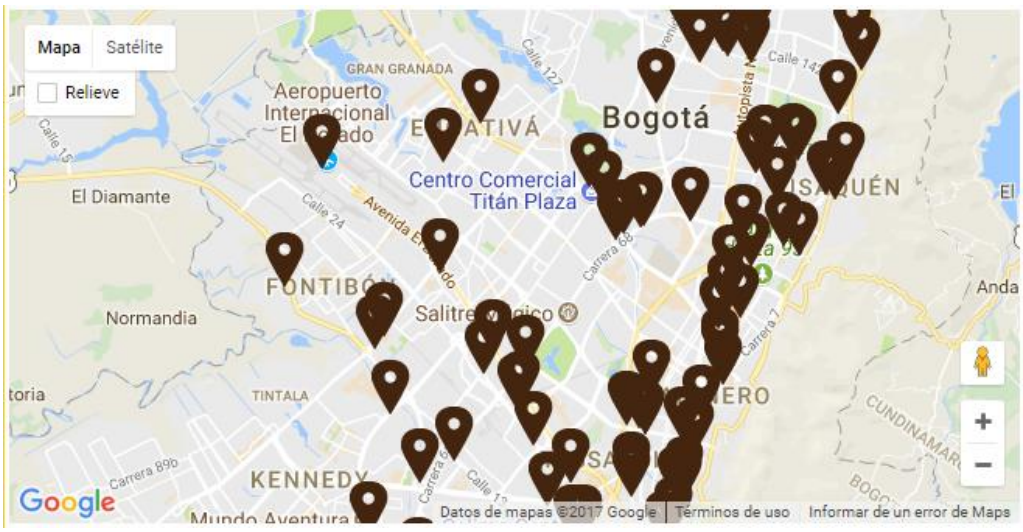


Figura 2. Mapa ubicación de los restaurantes el corral en Bogotá. [11]

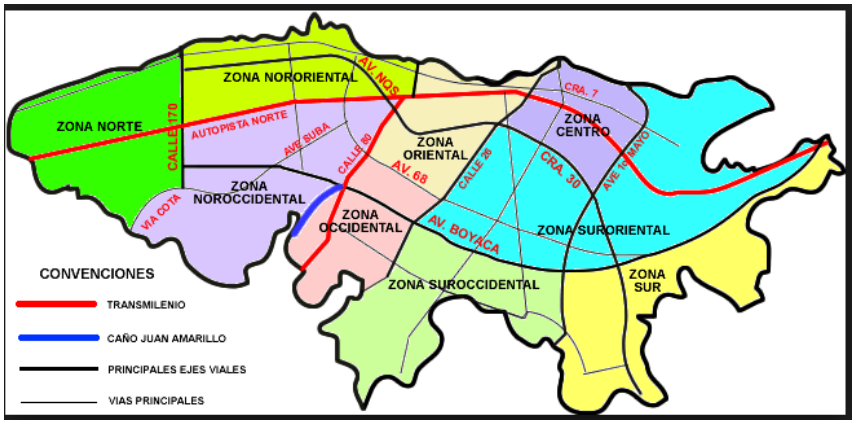


Figura 3. Ubicación zonas de Bogotá [12]

Teniendo en cuenta que se deben cumplir las normas de uso de suelo y ordenamiento territorial, las cuales se suscitan en el artículo 1 del decreto nacional 4066 de 2008, de la Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., el cual establece que las áreas de actividad industrial deben ser:

> "*Zonas rurales suburbanas y rurales no suburbanas del territorio municipal o distrital en las cuales se permite la parcelación del suelo para la localización de establecimientos dedicados a la producción, elaboración, fabricación, preparación, recuperación, reproducción, ensamblaje, construcción, reparación, transformación, tratamiento, almacenamiento, bodegaje y manipulación de materias destinadas a producir bienes o productos materiales. Se excluye de esta definición las actividades relacionadas con la explotación de recursos naturales y el desarrollo aislado de usos agroindustriales, ecoturísticos, etnoturísticos, agroturísticos, acuaturísticos y demás actividades análogas que sean compatibles con la vocación agrícola, pecuaria y forestal del suelo rural*" [13].

7.3. DISEÑO DE LA PLANTA

Para el diseño de la planta de transformación de aceite de cocina a biodiesel, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Elección de variables
- Selección del proceso
- Desarrollo del diseño de equipos y procesos
- Evaluación y rendimiento

7.3.1. ELECCION DE VARIABLES

En este apartado se eligen las siguientes variables:

Materias primas: los aceites, el catalizador y el alcohol.

Factores que afecten la calidad: el tiempo, la temperatura, y la agitación de la reacción. [14]

ACEITE DE COCINA

La materia prima utilizada para la producción de biodiesel en este proyecto es el aceite de cocina residual, este contiene triglicéridos, ácidos grasos libres y otros contaminantes por eso se debe hacer un pre-tratamiento antes de realizar la transformación al biodiesel.

Para generar la reacción química, el aceite debe contener altas cantidades de alcohol para formar esteres [14 op.cit] Teniendo en cuenta la necesidad del proyecto se debe conocer la materia prima para la producción del biodiesel y las características de este producto:

El aceite de cocina usado está compuesto por esteres de ácidos grasos unidos a un glicerol:

Tabla 5. Componentes de un aceite de frituras.

Aceite Ó Grasa	Ácidos Grasos						
	Láurico (C12:0)	Mirístico (C14:0)	Palmítico (C16:0)	Esteárico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolénico (C18:3)
Aceite de fritura	-	-	8,5	3,1	21,3	55,2	5,9

Fuente: [14 op.cit]

En la Tabla 5 se muestra los componentes del aceite de fritura que se denomina de esta manera, debido a que es el aceite que se utiliza para fritar la comida varias veces, esta condición provoca cambios en su composición físico química, usualmente presentan un aumento en su viscosidad, en el calor especifico, tensión superficial, y finalmente en el cambio de color, según se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del aceite de fritura.

Parámetro	Valor	Unidades	Norma
Viscosidad Cinemática a 40 °C	40,2	cSt	EN ISO 3104
Densidad a 15°C	926	kg/m^3	EN ISO 12185
Punto de inflamación	286	°C	EN ISO 2719
Índice de Yodo	108	cg I_2/g aceite	EN 14111
Índice de saponificación	193,2	mg KOH/g aceite	AOCS CD3 1993
Valor ácido	1,7	mg KOH/g aceite	EN 14104
Contenido de agua	1200	mg/kg	EN ISO 12937
Contenido de azufre	6	mg/kg	EN ISO 20846
Carbón residual	0,18	% m/m	EN ISO 10370
Peso molecular	879	g/mol	

Fuente: [14 op.cit]

CATALIZADOR

Para este proceso se utilizara el metilato de sodio (NAOH3) como catalizador para acelerar el proceso de la reacción química del biodiesel, reduciendo la energía necesaria para un proceso a nivel industrial, siendo este compuesto el más efectivo, ya que la solución catalítica de metilato con metanol es libre de agua, permitiendo un rendimiento alto, un costo de purificación bajo y como resultado un biodiesel de mejor calidad. En el Anexo 3 se muestra la ficha internacional de seguridad química para el METILATO DE POTASIO.

METANOL

En la Tabla 7. Se muestran las propiedades físicas del metanol el cual en condiciones normales es un líquido incoloro, miscible en el agua, toxico e inflamable siendo un producto petroquímico básico, que a partir de este, se obtienen varios productos. [15]

Tabla 7.Propiedades físicas del metanol.

Peso Molecular	32 g/mol
Densidad	0.79 kg/l
Punto de fusión	-97 ˚C
Punto de ebullición	65 ˚C

Fuente: [15]

7.3.2. SELECCIÓN DEL PROCESO

En el desarrollo del proceso de transformación para la obtención del biodiesel a partir de aceite de cocina residual, se realiza con la información recolectada de la empresa del sistema de transporte público donde se requiere realizar un total de 47.107 galones/año.

El método que se emplea, es un proceso tipo batch el cual consiste en cargas por lotes, que permite maximizar la capacidad del transformación, con un alto rendimiento y capacidad de control de forma precisa a sus necesidades, permite garantiza una alta calidad del producto terminado, debido a que se utilizan herramientas de seguimiento computarizado en aplicación de aditivos, materia prima en general, modificación de fórmulas y secuencias, que de forma práctica optimizan el desarrollo de la planta. [16]

El proceso tipo Batch, también permite la planificación y programación de producción, administración de la información y del proceso, supervisión de unidades y control de procesos, entre otros. [16]

A continuación se define el tamaño del lote a manejar; a partir del requerimiento de 47107 galones/año, con una relación de tiempo de producción de 288 días laborando de lunes a sábado, se tiene:

$$T_{gl/_{Día}} = Producción\ x\ relación\ del\ tiempo\ de\ producción$$

$$T_{gl/_{Día}} = 47107 \frac{gl}{\text{año}} x \frac{1\text{año}}{288\ dias} = 163{,}56\ gl/dia$$

Para definir la capacidad de los equipos con los que se determina la cantidad de lotes (N_L) que se producirá diariamente con la producción de trabajó con dos turnos de 6 am a 2 pm y de 9 am a 06 pm, con el fin de cubrir un horario de 12 horas diarias, entonces:

$$N_L = \frac{12h}{dia} x \frac{1lote}{8\ h} = 1{,}5\ lote/día$$

Teniendo en cuenta lo anterior se define el tamaño que debe tener cada lote, obteniendo así la capacidad de los equipos:

$$T_{L/_{Día}} = \frac{163{,}56\ \frac{\text{gl}}{\text{dia}}}{1{,}5\,\frac{lote}{dia}} = 109{,}04\ \ gl/lote$$

El resultado de producción de cada lote es de 109,04 gl/lote para ello se utilizará un reactor de una capacidad de 156 gl/lote debido a que el 70% es la mezcla del aceite de cocina usado y sus reactivos, dejando un 30 % del espacio para la producción de gases al interior de él.

El proceso utilizado para el desarrollo del proyecto es **la trasesterificación con catalización heterogenea básica de un aceite con metanol.** [14] Esté es uno de los procesos más utilizado a nivel mundial debido a las siguientes ventajas:

- El proceso es económico.
- Se realiza a bajas temperatura (60-70°C) y presión (1,3 bar).
- Presenta un gran rendimiento (98%) con reacciones laterales mínimas.
- La reacción se realiza en corto tiempo.
- Se realiza la conversión metil éster directamente sin procesos intermedios.
- Se debe utilizar un catalizador para iniciar la reacción creando un aumento en la solubilidad que permite la reacción velozmente. [14 ibid]

Este proceso se basa en la reacción de moléculas de triglicéridos, el contenido máximo de ácidos grasos libres aceptables con el proceso es del 2%. La reacción catalítica tiene un tiempo alrededor de 5 minutos a 1 hora. Dependiendo la temperatura la concentración la mezcla y la relación entre el alcohol y los triglicéridos. Los catalizadores utilizados son el Hidroxido de sodio NAOH, el Hidroxido de potasio KOH y el metoxido de sodio NaOH. [14 op.cit]

El proceso para la obtención de biodiesel es la reacción de trasesterificación (también llamada alcohólisis), es producida por la reacción de moléculas de triglicéridos con alcoholes de bajo peso molecular (metanol, etanol, propanol, butanol) para la producción de ésteres y glicerina, la última utilizada para productos derivados como jabones, cremas, y usos cosméticos. [14 op.cit]

La reacción de trasesterificación la cual se muestra en la Figura 4, es desarrollada proporcionalmente de 3 a 1 molar de alcohol a triglicérido, la cual presenta una reacción en la metanólisis 1 mol de triglicérido con 3 moles de alcohol, añadiéndole alcohol para desplazar la reacción hacia la formación del éster metílico. El triglicérido es el principal componente del aceite vegetal o de la grasa animal. [17]

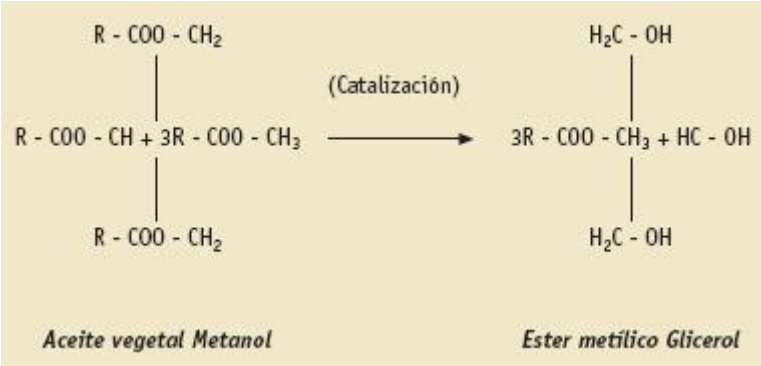


Figura 4. Reacción química de trasesterificación. [17]

A continuación en la Figura 5, se presentan las diferentes reacciones que tienen lugar en la trasesterificación, la cual consiste químicamente en tres reacciones reversibles y consecutivas. El triglicérido es convertido consecutivamente en diglicérido, de diglicérido a monoglicérido y de monoglicérido a glicerina. En cada reacción un mol de éster metílico es liberado. [17]

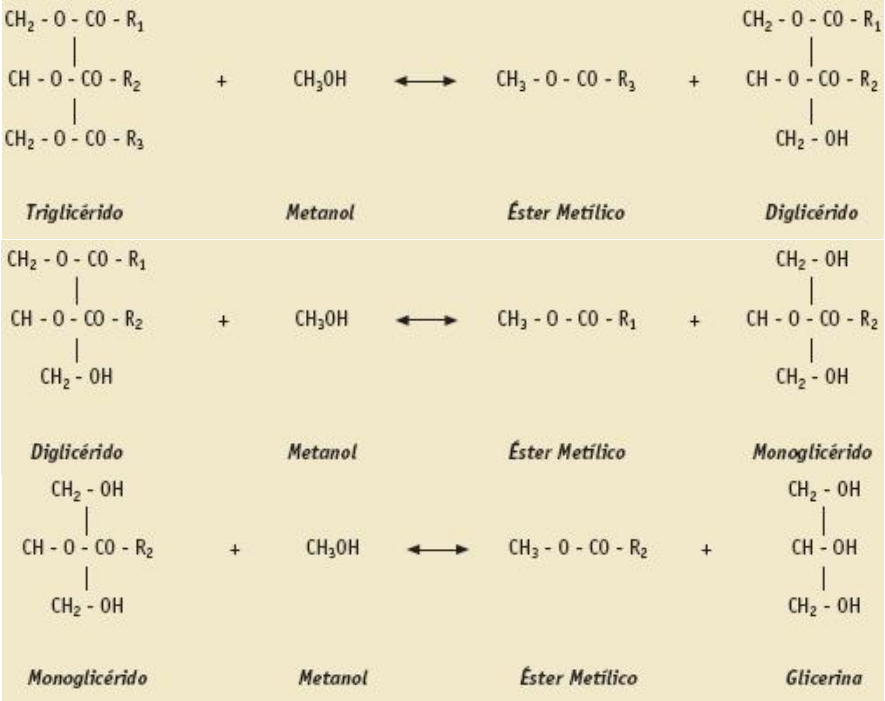


Figura 5. Reacciones de triglicérido a diglicérido, monoglicérido y glicerina. [18]

Para realizar la reacción satisfactoriamente se le debe agregar un catalizador para mejorar la velocidad de reacción. Los catalizadores pueden ser ácidos homogéneos (H2SO4, HCl, H3PO4, RSO3), ácidos héterogeneos (Zeolitas, Resinas Sulfónicas, SO4/ZrO2, WO3/ZrO2), básicos heterogéneos (MgO, CaO, Na/NaOH/Al2O3), básicos homogeneos (KOH, NaOH) o enzimáticos (Lipasas: Candida, Penicillium, Pseudomonas). [18]

La reacción para producir biodiesel parte de la esterificación de ácidos grasos aprovechando los subproductos; el proceso más común es el calentamiento de una mezcla del alcohol y del ácido correspondiente con ácido sulfúrico, utilizando cualquier reactivo en gran cantidad aumentando el rendimiento y desplazando el equilibrio hacia la derecha como se muestra en la Figura 6. El ácido sulfúrico sirve como catalizador de sustancia higroscópica que absorbe el agua formada en la reacción. En la reacción al utilizar catalizadores ácidos no es necesario trabajar con temperaturas elevadas o tiempos de reacción largos debido a sus componentes [17].

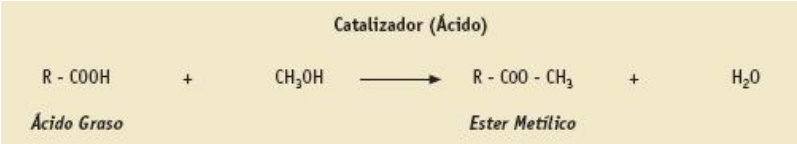


Figura 6. Reacción de esterificación. [18]

El proceso de trasesterificación se representa en la Figura 7 y el Anexo 4 (diagrama del proceso de la planta de biodiesel), donde se muestran, el proceso básico de una planta productora de biodiesel y se describen las diferentes etapas del proceso, desde la adición de los componentes hasta la transformación en biodiesel:

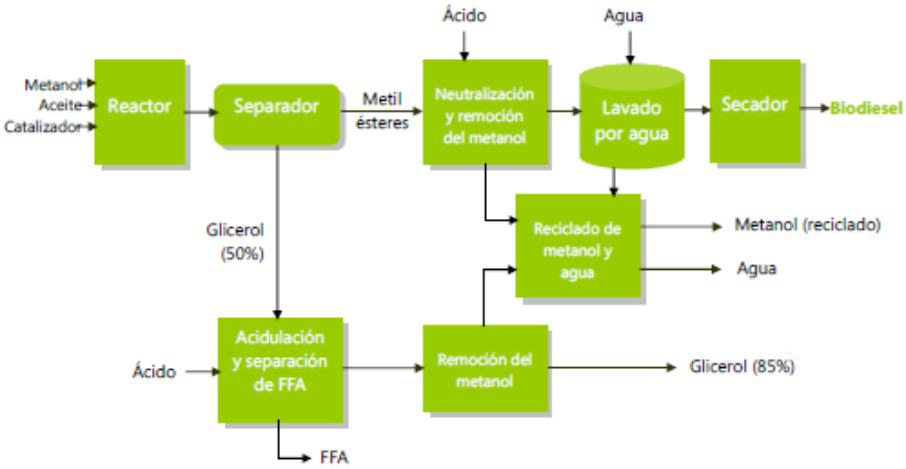


Figura 7. Diseño básico conceptual de una planta de biodiesel

Fuente: [19]

El proceso tipo batch, es la mezcla del metanol y el catalizador $NAOH_3$, y cargar la mezcla en un reactor junto con el aceite de cocina residual todo esto a una temperatura de 60°C durante una hora. [14 ibid]

Esta reacción puede generar como resultado jabón al reaccionar con el ácido graso libre, para evitar esto, se debe agregar catalizador adicional para que reaccione de manera deseada, si el nivel de ácidos grasos libre es demasiado elevado (0,5% a 1%) o si hay contenido de agua provocará que la mezcla emulsione y no ocurra la reacción, por esta razón es importante realizar un pre-tratamiento del aceite residual para tenerlo en las condiciones deseadas. [14 op.cit]

Luego de la reacción, la mezcla debe pasar por una separación del metil ester y el glicerol mediante centrifugación con la ayuda de la gravedad por la diferencia de densidades; en algunas ocasiones el exceso de metanol se puede remover por un proceso de destilación.

Seguido de esto, el metil ester es lavado por agua dejando los ácidos grasos para el biodiesel, esto sirve también para remover todo catalizador, jabón, sales, metanol o glicerol libre quedando en él únicamente el biodiesel, se debe neutralizar la glicerina antes de lavar ya que esto reduce el agua necesaria y minimiza que emulsione durante el lavado.

La glicerina resultante es separada del metanol por medio de un proceso de arrastre por vapor finalmente la glicerina contendría una pureza de entre 80% y 88% donde esta puede ser vendida.

El metanol y el agua recogida en el proceso de lavado pueden ser nuevamente purificados pasándolo por un proceso de destilación para ser reutilizado para el proceso. [14 op.cit]

La cantidad usualmente utilizada para el proceso de fabricación del biodiesel mediante la trasesterificación es por cada 100 kg de aceite residual de cocina se utiliza 10 kg de metanol siendo el alcohol primario y 0,3 kg del catalizador que sería la base mineral (Hidroxido de sodio $NAOH_3$). [19]

A partir de la información de las Tablas 6 y 7, se extraen las densidades del aceite de cocina residual y metanol que corresponden a $926\ kg/m^3$ y $792\ kg/m^3$ respectivamente, y junto con la ecuación de la densidad se puede decir que:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad [\frac{kg}{m^3}]$$

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{100\ kg}{926\ \ kg/m^3} = 0{,}1079\ m^3$$

Entonces, por cada 107,99 Litros de aceite de cocina residual se utilizara 126,26 Litros de metanol y 0,3 kg de catalizador $NAOH_3$.

7.3.3. DESARROLLO DEL DISEÑO DE EQUIPOS Y PROCESOS

El proceso de transformación del biodiesel a partir de aceite de cocina usado se desarrolla a partir de la Figura 8, el cual muestra el diagrama de flujo de las etapas o subestaciones por las que es sometido, desde el ingreso de la materia prima, procesos de almacenamiento, refinamiento, reacción de la mezcla, separación y secado.

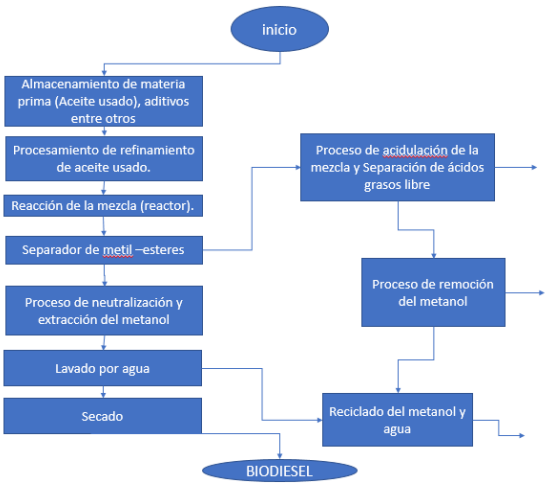


Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de biodiesel a partir de aceite de cocina residual.

Fuente: Autora a partir [14].

Es importante resaltar en primera instancia el proceso de reacción, pues es indispensable, ya que a partir de este proceso, se obtienen los parámetros necesarios para el desarrollo de los otros procesos.

ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA, ADITIVOS ENTRE OTROS

Para realizar el almacenamiento de estos productos se deben tener en cuentas las recomendaciones establecidas por las normas consultadas, donde se definen las acciones que se deben cumplir, ya que estos son productos peligrosos y se deben manejar bajo condiciones específicas, tanto del transporte como en el almacenamiento de los mismo.

Los elementos que se van a utilizar para el almacenamiento serán tanques especializados para el manejo de aceites.

PROCESAMIENTO DE REFINAMIENTO DEL ACEITE USADO

EL aceite de cocina debe ser una mezcla limpia y libre de impurezas, para lograr esto, primero debe pasar por un proceso de refinamiento del aceite ya que este presenta residuos de comida, entre otros elementos que afectan la mezcla al momento de ingresar al reactor.

Por ello, para eliminar estos componentes, se debe implementar un tanque con sistema de agitación y control de temperatura, donde se alimentará el aceite de cocina usado; Este tanque debe tener un acoplamiento exterior, con una serie de elementos filtrantes que permita eliminar el material particulado, impurezas, alimentos y elementos flotantes, entre otros. Esté estará conectado mediante tubería a unos decantadores que a su vez pasaran el aceite limpio al tanque reactor.

Para este ítem los elementos utilizados para el refinamiento serán tanque con agitador, bomba, decantadores con filtros, tanques de almacenamiento, líneas de tuberías. [14 ibid]

ELABORACION DE MEZCLA ALCOHOL-CATALIZADOR

La reacción de la mezcla debe tener en cuenta la materia prima, para ello, se realizara la preparación del alcohol y el catalizador (proceso de esterificación y trasesterificación), se requiere de un tanque exclusivo para el contenido de metanol (alcohol) que será vertido junto con el catalizador, que se aplicara de forma manual al tanque mezclador el cual realizara el proceso de mezcla homogénea (alcohol – catalizador) luego de esto y mediante tubería y una bomba se transportara al reactor.

REACCION DE LA MEZCLA (REACTOR).

La reacción de la mezcla para el reactor como se mencionó anteriormente, será de tipo trasesterificación con reacción catalítica heterogénea de ácido básico de metanol, la condición inicial que debe tener será la presión atmosférica de la ciudad de Bogotá, la cual es de 560 mmHg debido a la altura de 2640 a nivel del mar, es decir, 10,82 psi. El reactor debe mantener una temperatura de 60 °C para la trasesterificación, y como se calculó anteriormente, tiene una capacidad de 109,04 gl/lote, este tanque debe estar aislado para evitar perdida de calor. [14]

CALCULOS PARA EL REACTOR

Volumen del reactor 109,04 gl $\approx 0{,}4127\ m^3$

Factor de seguridad 70% [14 op.cit]

Relación altura (H)/diámetro (d)= 2

El primer parámetro a establecer es el volumen del cilindro (Vc) el cual se calcula de la siguiente manera:

$$V_c = \frac{\pi * d^2 * H}{4}$$

$$H = 2 * d$$

Remplazando las ecuaciones daría:

$$V_c = \frac{\pi * d^2 * d^3}{4} = \frac{1}{2} d * d^3$$

A partir de esta se calcula el diámetro del reactor:

$$d = \sqrt[3]{\frac{0{,}4127\ m^3 * 2}{\pi}} = 0{,}64\ m$$

Y reemplazando la ecuación de H:

$$H = 2 * 0{,}64 = 1{,}28\ m$$

El espesor t del tanque está dado por la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P_D x\, R}{(\sigma_{adm}\, x\, E) - (0{,}6\, x\, P_D)}$$

Dónde:
P_D : Presión del diseño
R: Radio interior del recipiente
σ_{adm}: Esfuerzo último a la tensión
E: Factor de eficiencia de la soldadura.

Teniendo en cuenta los siguientes datos:

Tabla 8. Características de material acero inoxidable.

Característica	Valor
Material de fabricación	Acero inoxidable AISI: SAE 304
Esfuerzo último a la tensión	686 MPa ≃ 99000 Psi
Límite de elasticidad (σ_{adm})	304 MPa ≃ 44000 Psi
Espesor de corrosión (t_c)	1 mm
Criterio de error	≥ 5
Factor de eficiencia de la soldadura (E)	0,5

Fuente: [20]

$$t = \frac{10{,}82\, psi\, x\, 320\, mm}{(44000 * 0{,}5) - (0{,}6 * 10{,}82\, psi)} = 0{,}157\, mm$$

t=0,157 +1 mm= 1,157 mm $\approx 1{,}16\, mm$

Teniendo en cuenta las especificaciones de la lámina comercial se va a utilizar un calibre 18 (1.2 mm).

PROCESO DE SEPARACION (SEPARADOR METIL-ESTER)

Para realizar el proceso de separación se deben completar dos etapas: la primera es la etapa de la fase esterificada del metanol, y la segunda es la de decantación del biodiesel y el glicerol, este luego, se envía a las tuberías que llevaran finalmente a tanques de almacenamiento de cada uno de los productos resultantes.

Para hallar el tiempo de decantación, se deben calcular la velocidad de sedimentación de las partículas del fluido más pesado dentro del fluido más liviano, el diámetro de la partícula de aceite de cocina residual es de 150 µm. [19]La velocidad de decantación está dada por:

Con los siguientes:

$$V_g = \frac{d^2 \times (\rho_p - \rho_l)}{18\eta} \times g$$

- Vg, velocidad de sedimentación (m/s)
- d, diámetro de partícula (m)
- ρp, densidad de aceite de cocina (kg/m3)
- ρl, densidad del metanol (kg/m3)

- η, viscosidad del metanol (kg/ms)
- g, gravedad (m/s2)

$$V_g = \frac{0{,}00015 * (926 - 792)}{18 * 0{,}00059} * 9{,}81 = 18{,}56\, m/s$$

El área del decantador es de 1 m^2. [19 op.cit] a partir de este, se calcula el caudal en m^3/s multiplicando el área por la velocidad de decantación (V_g):

$$Q = A * V_g = 18{,}56 m^3/s$$

TANQUES DE AGUA: Los tanques de agua son utilizados para regular la temperatura, para la elaboración de este proyecto, se calcula el tanque para el calentamiento del reactor, adicional se debe disponer de un estanque de agua que albergue el uso para 7 días laborales y 1,5 lotes diarios para el abastecimiento constante de agua, para calcular el tamaño del tanque para el calentamiento del reactor se debe realizar un balance de energías:

En el proceso de producción de biodiesel se analiza el balance de energía en la etapa de tranestefiricación, para ello se plantea lo siguiente:

La temperatura del reactor debe permanecer a 60°C, temperatura constante, La etapa inicia con la adición del flujo de fase esterifica al interior del reactor, siguiendo con el precalentamiento (Te) para obtener la temperatura de reacción. Un segundo flujo (k) es adicionado al reactor a una temperatura de 40°C, con este proceso se pierden 20°C por la diferencias de temperatura, este proceso genera el biodiesel, el glicerol y etanol.

Consideraciones:

- ✓ Estado estacionario.
- ✓ Sistema aislado.
- ✓ Energía cinética y potencial sin pérdidas.

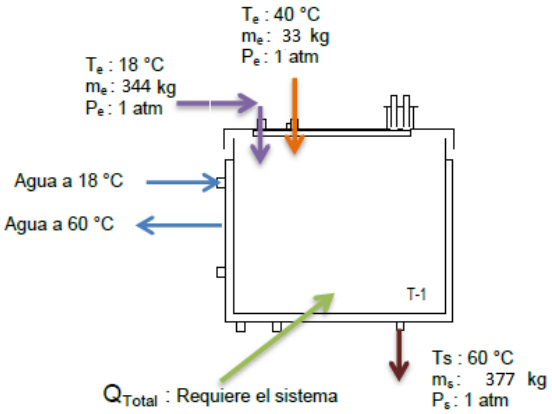


Figura 9. Diagrama de masas, temperaturas de entrada y salida.

En la Tabla 9. Se muestran los resultados de los cálculos realizados de entrada y salida de los diferentes compuestos en el reactor, el porcentaje de la glicerina con densidad

1260 kg/m^3 y peso molecular 92,09 g/mol, producido por aceite de cocina residual es 4,64%. [21] Las temperaturas para la reacción son extraídas de consultas bibliográficas. [14] Los cálculos de moles de cada uno de los componentes se calculan con la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{Masa\ (g)}{peso\ molecular\ (g/mol)}$$

Tabla 9. Datos de entrada y salida balance de energía.

Compuesto	ENTRADAS			SALIDAS		
	Moles	Masa Kg	Temperatura °C	Moles	Masa	Temperatura °C
Aceite cocina	391,35	344 kg	18°C=291,15 K			
(Mezcla metanol - Catalizador)	1031,25	33 kg	40°C=313,15 K			
Glicerina	-	-	-	258,96	23,85	60°C=333,15 K
Etil ésteres de ácidos grasos	-	-	-	399,5	121,1	60°C=333,15 K

Fuente: Autora a partir de[14 op.cit]

Con la información de la Tabla 9, se aplica el balance de energía en la entrada y salida del reactor, planteando la siguiente ecuación:

$$\sum \Delta H_e^{Te-T\,ref} = \sum_i^e m_i\ x\ \mathrm{Cp}_i\ x\ \ \Delta T_{e\,;\,ref} + \sum_i^e m_i\ x\ \lambda_i$$

$$\sum \Delta H_e^{Te-T\,ref} = (344\ kg * 1{,}675 \frac{kJ}{kg\ K} * (313{,}15 - 291{,}15\ K) + (33kg * 2{,}567\ \frac{kJ}{kg\ K} * (313{,}15 - 291{,}15K)$$

$$\sum \Delta H_e^{Te-T\,ref} = 12676{,}4\ KJ\ +\ 1863{,}64\ KJ = 14540{,}042\ KJ$$

$$\sum \Delta H_s^{Ts-T\,ref} (23{,}85\ kg * 2{,}430 \frac{kJ}{kg\ K} * (333{,}15\ K - 291{,}15\ K) + \left(121{,}1\ kg * 2{,}567\ \frac{kJ}{kg\ K}\right) * (333{,}15\ K - 291{,}15\ K)$$

$$\sum \Delta H_s^{Ts-T\,ref} 2434{,}131\ KJ\ +\ 13056{,}3\ KJ = 15490{,}4\ KJ$$

$$Q_{Total} = \sum \Delta H_s^{Ts-T\,ref} - \sum \Delta H_e^{Te-T\,ref} = 15490{,}4\ KJ -\ 14540{,}042\ KJ = 950{,}36\ KJ$$

El calor necesario es de 950,36 KJ para lograr la reacción completa en el reactor, con lo anterior, se calcula la masa de agua que se necesita para el intercambio de calor; con la siguiente ecuación:

$$Q_{Total} = m_{H20}\ x\ \mathrm{Cp}_{H20}\ x\ \ \Delta \mathrm{T} + m_{H20}\ x\ \lambda_{H20}$$

$$m_{H2O} = \frac{950{,}36\ KJ}{4{,}18 \frac{kJ}{kg\ K} * (333{,}15\ K - 291{,}15\ K)} = 5{,}41\ kg/\text{lote}$$

En conclusión, se necesitan 5,41 kg de agua equivalentes a 5,41 L a una temperatura de 60°C.

BOMBAS: Para garantizar una eficiencia en el proceso y que las sustancias se desplacen a los diferentes tanques, se va a utilizar bombas de desplazamiento positivo de engranajes ver Figura 9. Estas son en acero el cual tiene como ventaja el desplazar fluidos de viscosidad baja y altas y presenta una gran eficiencia en procesos de aceite.

La bomba para la alimentación del reactor debe ser centrifuga ya que esto ayuda al desahogo al paso del fluido, es versátil a la instalación, y excelentes rendimientos.

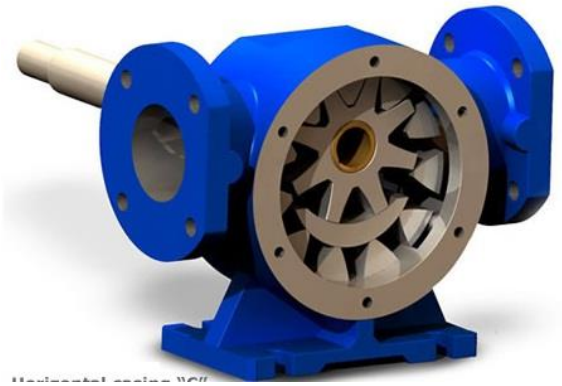


Figura 10. Bombas de desplazamiento positivo de engranajes [22]

AGITADORES

Para obtener una mezcla homogénea en los diferentes procesos de la planta, se deben implementar agitadores con un dispositivo motriz los cuales deben encontrarse en el reactor y el tanque de mezclado, estos agitadores se recomienda que sea de paletas ver Figura 10, ya que estos dispositivos son utilizados en velocidades moderadas, adaptables al fondo del tanque, su agitación produce que el fluido se desplace hacia las paredes permitiendo la ascendencia y descendencia, La velocidad de agitación para el proceso están entre 150 RPM y 1200 RPM. [23]

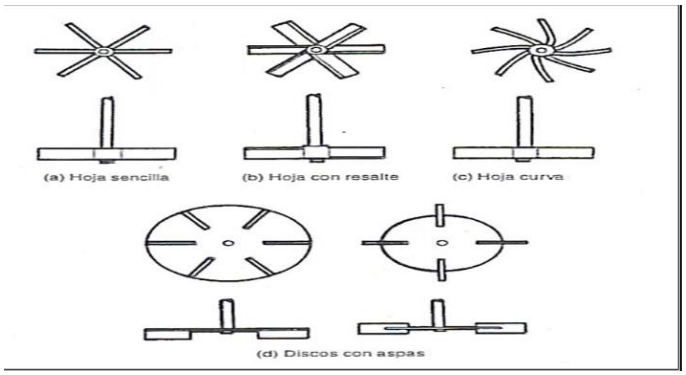


Figura 11. Tipos de agitadores de turbina. [24]

VALVULAS Y ACTUADORES

En el diseño de la planta para la transformación del aceite residual de cocina el cual este líquido pasa por diferentes etapas, por tanto, debe ser transportado por medio de tuberías que necesitan el control del volumen por ello se utilizan válvulas y actuadores, los que

tiene como finalidad controlar el paso del fluido a las diferentes estaciones de una manera correcta y controlada.[14 ibit]

CONDENSADOR

El condensador de metanol para la extracción del tanque reactor, se calcula la potencia del condensador (Pc), mediante, el calor latente de vaporación del metanol el cual es 1008 KJ/Kg a 64,5°C, y multiplicando por el flujo másico:

$$Pc = C_{l-Metanol} * \dot{m}$$

LISTADO Y DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA

A continuación se muestra la Tabla 10, se resume el listado de equipos necesarios para el proceso de transformación de biodiesel a partir de aceite de cocina usado y las capacidades de cada uno:

Tabla 10. Equipos utilizados para la planta de biodiesel.

N°	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	MATERIAL	CANTIDAD
1	Reactor Tipo Batch	109	Gl	Acero inoxidable	1
2	Tanque de almacenamiento metanol	11	Gl	Plástico	1
3	Tanque de almacenamiento catalizador NAOCH3	33	kg	Plástico	1
4	Estanque de agua	57	L	Plástico	1
5	Tanque de calentamiento de agua – Reactor	5	L	Fundición Gris	1
6	Tanque de almacenamiento del aceite usado	98	Gl	Plástico	1
7	Tanque de almacenamiento de producto (Biodiesel)	130	Gl	Plástico	1
8	Tanque de almacenamiento fase de transesterificación	109	Gl	Plástico	1
9	Tanque de almacenamiento (glicerina)	5	Gl	Plástico	1
10	Tanque recuperador de metanol	11	Gl	Plástico	1
11	Decantador	1000	L	Acrílico	1
12	Evaporador de metanol	5	Gl	Plástico	1
13	Condensador de metanol	2,5	Gl	Plástico	1
14	Calentadores	4	L/min	Cobre	2
15	Bombas centrifugas	40	L/min	Acero - Fundición	6
16	Bombas de engranajes	35	L/min	Acero inoxidable	3
17	Bomba de vacío	40	m3/h	Acero inoxidable	1
18	Filtro de aceite	2 L	L	Acero	1
19	Motor agitador	1/2	HP	-	2
20	Paletas agitador	Variables	UND	Acero inoxidable	2
21	Motor	1	HP	-	2
22	Válvula	3/8	UND	Acero carbono	32
23	Tuberia	3/8	UND	Acero inoxidable	1

Fuente: Autora.

A continuación se muestra la distribución de los equipos en la zona de producción:

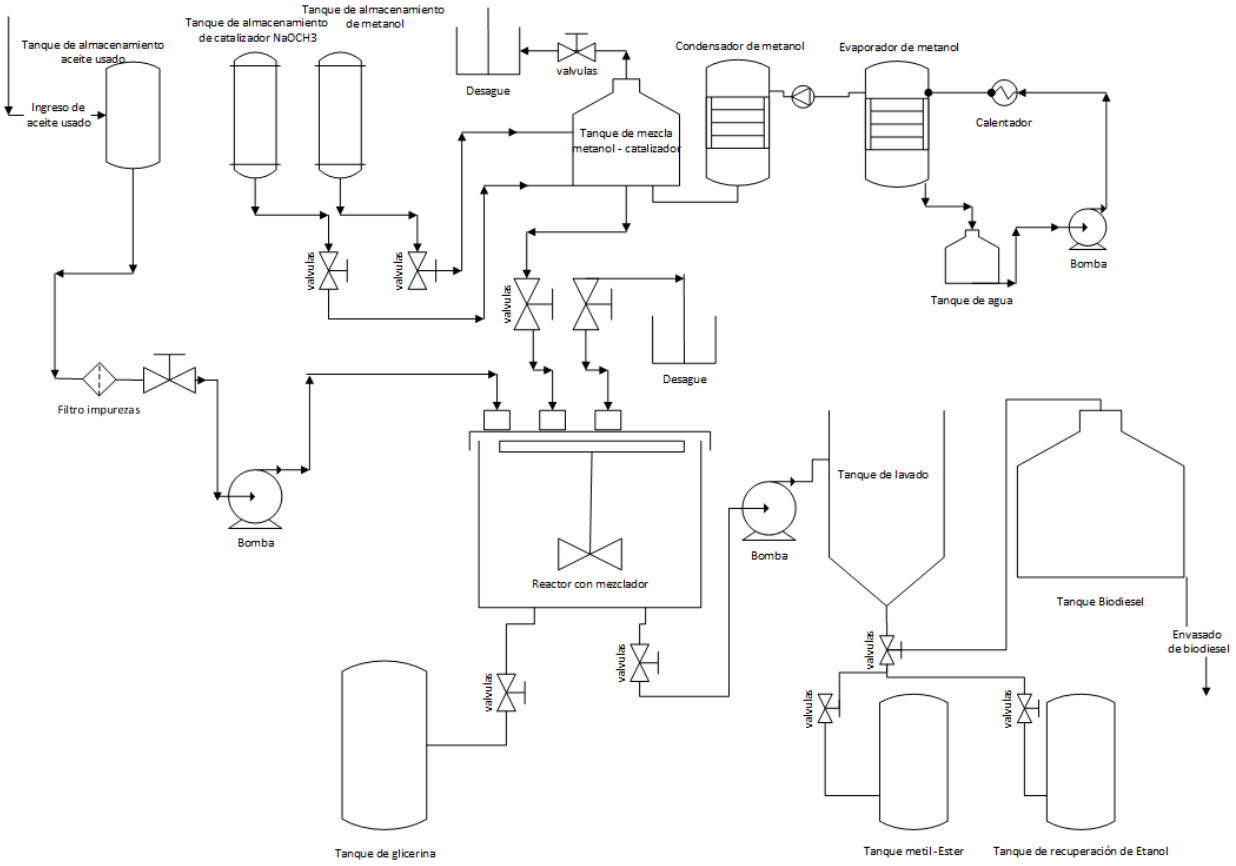


Figura 13. Distribución de la planta.

Fuente: Autora. A partir [14]

7.4. SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN FINAL DE LA PLANTA

La ubicación final de la planta de transformación de biodiesel se selecciona a partir de las especificaciones del uso de suelos de la ciudad de Bogotá, donde, obliga a ser implementada en un zona industrial, y para disminuir costos de transporte de la planta a la empresa de transporte público, se selecciona cerca a esta.

La planta está comprendida principalmente de una zona de producción, determinado por el tamaño de los equipos necesarios; zona de oficina, un laboratorio, zona de almacenamiento, zona de utensilios, pasillos, cafetería entre otros. Ver Figura 13.

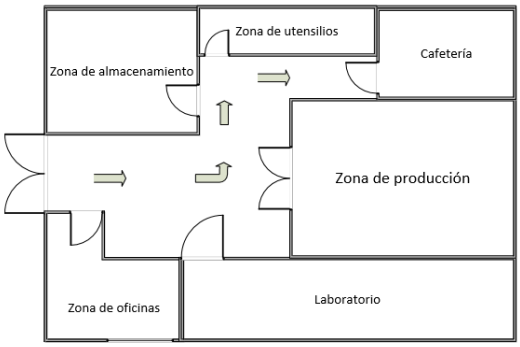


Figura 13.1 Distribución de la planta.

Fuente: Autora.

A partir de lo anterior, se encontró una bodega de 280 m^2 ubicada en el barrio Santa Helenita de la zona industrial de Engativá, ver Figura 13:

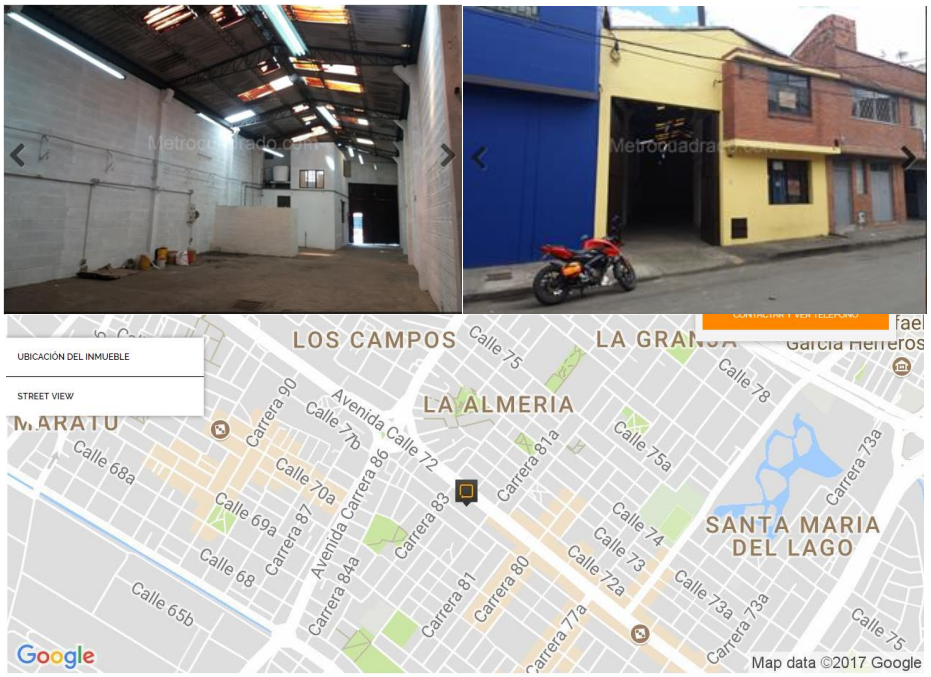


Figura 13. Predio Seleccionado zona industrial Engativá. [25]

8. ESTUDIO FINANCIERO

El estudio financiero del proyecto, se realiza bajo consultas comerciales de costos de los equipos necesarios para la zona de producción, costos de recolección, costos de mano de obra, costos administrativos, costos locativos, entre otros aspectos de la planta de producción de biodiesel a partir de aceite de cocina residual.

Para ello se realiza una listado de los equipos necesarios y los precios estimados en el mercado;

Tabla 11. Equipos, cantidades y costos.

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIOS UNITARIO	Total
1	Reactor Tipo Batch	1	$ 3.500.000	$ 3.500.000
2	Tanque de almacenamiento metanol	1	$ 300.000	$ 300.000
3	Tanque de almacenamiento catalizador NAOCH3	1	$ 100.000	$ 100.000
4	Estanque de agua	1	$ 360.000	$ 360.000
5	Tanque de calentamiento de agua – Reactor	1	$ 80.000	$ 80.000
6	Tanque de almacenamiento del aceite usado	1	$ 359.000	$ 359.000
7	Tanque de almacenamiento de producto (Biodiesel)	1	$ 450.000	$ 450.000
8	Tanque de almacenamiento fase de transesterificación	1	$ 360.000	$ 360.000
9	Tanque de almacenamiento (glicerina)	1	$ 60.000	$ 60.000
10	Tanque recuperador de metanol	1	$ 220.000	$ 220.000
11	Decantador	1	$ 360.000	$ 360.000
12	Evaporador de metanol	1	$ 130.000	$ 130.000
13	Condensador de metanol	1	$ 230.000	$ 230.000
14	Calentadores	2	$ 300.000	$ 600.000
15	Bombas centrifugas	6	$ 510.000	$ 3.060.000
16	Bombas de engranajes	3	$ 600.000	$ 1.800.000
17	Bomba de vacio	1	$ 160.000	$ 160.000
18	Filtro de aceite	1	$ 78.000	$ 78.000
19	Motor agitador	2	$ 120.000	$ 240.000
20	Paletas agitador	2	$ 450.000	$ 900.000
21	Motor	2	$ 800.000	$ 1.600.000
22	Válvula	32	$ 125.000	$ 4.000.000
23	Tuberia	1	$ 1.000.000	$ 1.000.000
			Total	**$ 19.947.000**

Fuente: Autora.

Costos de maquinaria de producción: 19.947.000 millones financiados a 5 años con un interés anual de 1,2.

El costo de mano de obra, administración y transporte se muestra en la Tabla 12, donde en el primer año el personal requerido son: 3 operarios, 1 supervisor, Jefe de taller, Contabilidad, y 2 transportadores con todas las prestaciones de ley.

Tabla 12. Requerimientos del personal.

MANO DE OBRA			ADMINISTRACION			VENTAS		
CARGO	SUELDO MENSUAL $	SUELDO AÑO 1	CARGO	SUELDO MENSUAL $	SUELDO AÑO 1	CARGO	SUELDO MENSUAL $	SUELDO AÑO 1
Operario 1	737.717	8.852.604	Supervisor	1.200.000	14.400.000	Transportador 1	737.717	8.852.604
Operario 2	737.717	8.852.604	Jefe de taller	3.000.000	36.000.000	Transportador 2	737.717	8.852.604
Operario 3	737.717	8.852.604	Contabilidad	737.717	8.852.604			
Subtotal	**2.213.151**	**26.557.812**	**Subtotal**	**4.937.717**	**59.252.604**	**Subtotal**	**1.475.434**	**17.705.208**
Parafiscales	199.184	2.390.203	Parafiscales	444.395	5.332.734	Parafiscales	132.789	1.593.469
Cesantías	184.355	2.212.266	Cesantías	411.312	4.935.742	Cesantías	122.904	1.474.844
Intereses sobre Cesantías	1.844	22.123	Intereses sobre Cesantías	4.113	49.357	Intereses sobre Cesantías	1.229	14.748
Prima de Servicios	184.355	2.212.266	Prima de Servicios	411.312	4.935.742	Prima de Servicios	122.904	1.474.844
Vacaciones	92.288	1.107.461	Vacaciones	205.903	2.470.834	Vacaciones	61.526	738.307
Total salarios	**2.875.177**	**34.502.130**		**6.414.751**	**76.977.013**		**1.916.785**	**23.001.420**
							11.206.714	

PARAFISCALES Y PRESTACIONES SOCIALES	TASA	TASA
Parafiscales	9,00%	9,00%
Cesantias	8,33%	8,33%
Intereses sobre Cesantías	1,00%	1,00%
Prima de Servicios	8,33%	8,33%
Vacaciones	4,17%	4,17%
Total	**30,83%**	**30,83%**

PERIODO	INCREMENTO %	BASE MAS INCREMENTO
AÑO 2	4,00%	104%
AÑO 3	4,00%	104%
AÑO 4	4,00%	104%
AÑO 5	4,00%	104%

Fuente: Autora.

Los costos indirectos de producción, los cuales son el arriendo, servicios públicos, Suministros de oficina, alquiler de camiones, dotaciones entre otros se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13.Costos indirectos de producción.

OTROS COSTOS DE PRODUCCION		
CONCEPTO	MENSUAL $	AÑO 1
Arriendo	1.500.000	18.000.000
Energia	500.000	6.000.000
Agua	800.000	9.600.000
Telefono	100.000	1.200.000
Suministros de oficina	250.000	3.000.000
Transporte	2.650.000	31.800.000
Dotaciones	150.000	1.800.000
Subtotal	**5.950.000**	**71.400.000**

Fuente: Autora.

El cálculo de los ingresos anuales proyectado se hace a partir de los datos de venta comercial del biodiesel de la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia el cual actualmente es de $2673 precio del litro o 10.117 pesos precios del galón. [26]

Las ventas requeridas para la empresa de transporte público serian de 47.107 galones/año, ver Tabla 14.

Tabla 14. Unidades, precio y ventas anuales del biodiesel proyectadas a 5 años.

PRODUCTO	UNIDADES AÑO 1	COSTO UNITARIO	COSTO TOT AÑO 1
Biodiesel	47.107	10.117	476.581.519
Glicerina	3.076	8.000	24.610.816
Metil - Esteres	1.442	2.200	3.172.400
Total	**51.625**	**20.317**	**504.364.735**

Fuente: Autora.

El precio de la materia prima (Aceite de cocina, Metanol y Catalizador), se resume en la Tabla 15.

Tabla 15. Precio de la materia prima para el biodiesel.

MATERIAS PRIMAS	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO	CANTIDAD POR UNIDAD	TOTAL COSTO UNIT.
Aceite de cocina	Litro	200	0,33	67
Metanol	Litro	3.200	0,33	1.067
Catalizador (NAOH3)	Litro	10.400	0,33	3.467
SUBTOTAL		13.800	1,00	4.600

Fuente: Autora.

Tabla 16. Precio de la materia prima para el biodiesel.

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	504.301.397	529.516.467	555.992.290	583.791.905	612.981.500
Costo Materia Prima	221.112.800	232.168.440	243.776.862	255.965.705	268.763.990
Costos maquinaria	4.787.280	4.787.280	4.787.280	4.787.280	4.787.280
Costos Indirectos de Fabricación	71.400.000	74.970.000	78.718.500	82.654.425	86.787.146
Mano de Obra	34.502.130	35.882.215	37.317.504	38.810.204	40.362.612
TOTAL COSTO DE VENTAS	**331.802.210**	**347.807.935**	**364.600.146**	**382.217.614**	**400.701.029**
UTILIDAD BRUTA	**172.499.187**	**181.708.532**	**191.392.144**	**201.574.291**	**212.280.471**
Salarios de Administración	76.977.013	80.056.094	83.258.337	86.588.671	90.052.218
Salarios de Ventas	23.001.420	24.151.491	25.359.066	26.627.019	27.958.370
TOTAL GASTOS OPERACIONALES	**99.978.433**	**104.207.585**	**108.617.403**	**113.215.690**	**118.010.588**
UTILIDAD OPERACIONAL	**72.520.754**	**77.500.947**	**82.774.741**	**88.358.601**	**94.269.884**

Finalmente, se realiza un balance de pérdidas y ganancias, las cuales se pueden ver en la Tabla 16. Teniendo una utilidad de 72.520.754 millones.

9. CONCLUSIONES

La implementación de una planta de biodiesel en Bogotá a partir de aceite residual de la cadena de restaurante El Corral, es un proyecto viable, ya que la generación de aceite de esté es de 47.107 gl/año con 24 de 107 puntos de venta actualmente en Bogotá que corresponden al 22% de producción de aceite de cocina residual.

Después del análisis para la selección de la cadena de restaurante la cual se escoge bajo los siguientes criterios: alto consumo de aceite, franquicia colombiana de un solo dueño, altas ventas, alta presencia en Bogotá. Esta cadena cuenta con 107 puntos de venta de la empresa Nutresa siendo está la más óptima para el desarrollo del proyecto.

Para el diseño de la planta de biodiesel se tuvo en cuenta, la demanda requerida siendo de $163{,}56\ gl/dia$ por la empresa SITP, la estimación de la demanda que cubre la cadena de restaurante seleccionada y de los equipos.

La planta de generación de biodiesel, ubicada en la localidad Engativá, seleccionada por ser una zona industrial ubicado a 5,1 km de la empresa de transporte público SITP que requiere el biodiesel ayudando a disminuir costos de transporte al consumidor final y a 7,1 km de la zona de distribución de los 24 puntos de ventas de la cadena de restaurante.

La implementación de la planta de biodiesel a partir de aceite de cocina residual cubre con los gastos asociados a producción, materia prima, costos indirectos, mano de obra entre otros, Teniendo una utilidad en balance de pérdidas y ganancias de $72.520.754 datos para el primer año y una recuperación de la inversión de 6 años.

Se realizó un artículo que se encuentra en proceso de construcción para la publicación de una revista.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M. d. m. y. energía, «documento conpes 3510 - lineamientos de politica para promover la produccion sostenible de biocombustibles en colombia,» 31 03 2008. [en línea]. available: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2008/conpes_3510_2008_.pdf.

[2] J. Martínez, «ntr,» tv zac s.a. de c.v., 16 06 2010. [en línea]. available: http://ntrzacatecas.com/2010/06/16/un-litro-de-aceite-contamina-mil-de-agua-semarnat/. [último acceso: 28 10 2017].

[3] Negocio, «el sector gastronómico creció 22% en el último año con 90.000 restaurantes,» 16 junio 2015. [en línea]. available: http://www.larepublica.co/el-sector-gastron%c3%b3mico-creci%c3%b3-22-en-el-%c3%baltimo-a%c3%b1o-con-90000-restaurantes_266206. [último acceso: 28 mayo 2017].

[4] l. l. república, «grandes restaurantes ya cuentan con 8% de mercado en el país,» *lr la república,* pp. http://www.larepublica.co/grandes-restaurantes-ya-cuentan-con-8-de-mercado-en-el-pa%c3%ads_303521, 2015.

[5] Dinero, «la radiografía del mercado de comidas rápidas en colombia,» 15 diciembre 2016. [en línea]. available: http://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/como-es-el-mercado-de-comida-rapida-en-colombia/240021. [último acceso: 28 mayo 2017].

[6] Portafolio, «el corral supera a crepes en ventas e ingresos,» *el portafolio,* pp. http://www.portafolio.co/negocios/el-corral-supera-a-crepes-en-ventas-e-ingresos-501049, 2016.

[7] El tiempo, «nutresa compró todo un combo agrandado con el corral,» 2012. [en línea]. available: http://www.eltiempo.com/archivo/documento/cms-14900536.

[8] Revista chilena de nutrición, «absorción de aceite en alimentos fritos,» *revista chilena de nutrición,* 2016.

[9] J. b. m. r. luisa lopez, «obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado,» bogotá, universidad nacional de colombia, 2015, p. volumen 19.

[10] S. j. d. d. l. a. m. d. b. d.c, «resolución 0318 de 2000,» 14 02 2000. [en línea]. available: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/norma1.jsp?i=9847. [último acceso: 28 10 2017].

[11] El corral, «el corral la receta original,» [en línea]. available: http://www.elcorral.com/localizacion/.

[12] A. i. z. bogotá, «plano de zonas de bogotá,» [en línea]. available:

http://www.almacenvirtual.com/inmobiliaria/.

[13] S. j. d. d. l. a. m. d. b. d.c., «decreto 3600 de 2007 nivel Nacional,» 20 09 2007. [en línea]. available: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/norma1.jsp?i=26993.

[14] E. a. b. pereira, diseño del proceso de producción del biodiesel a partir de aceites de fritura, bogotá, 2014.

[15] Textos cientificos, «metanol,» 18 08 2005. [en línea]. available: https://www.textoscientificos.com/quimica/metanol.

[16] Rocatek s.a.s, «control de procesos por lotes(batch);manejo,administración,programación,informes,» [en línea]. available: http://www.rocatek.com/control_de_procesos.php.

[17] Master universitario energías renovables, «biodisol,» [en línea]. available: http://www.biodisol.com/biodiesel-que-es-el-biodiesel-definicion-de-biodiesel-materias-primas-mas-comunes/la-produccion-de-biodiesel-materias-primas-procesos-calidad/.

[18] Master universitario energías renovables , «biodisol,» escuela de postgrado universidad europea, [en línea]. available: http://www.biodisol.com/biodiesel-que-es-el-biodiesel-definicion-de-biodiesel-materias-primas-mas-comunes/la-produccion-de-biodiesel-materias-primas-procesos-calidad/. [último acceso: enero 2017].

[19] J. h. lamoureux, «diseño conceptual de una planta de biodiesel,» Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, chile, 2007.

[20] H. c. v. neira, «diseño conceptual de planta piloto para produccion de biodiesel a partir de grasas animales,» 2010.

[21] J. a. p.-d. c. a. cardona-alzate, «análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiésel,» universidad nacional de colombia, bogotá, 2010.

[22] E. m. s, «bombas desplazamiento positivo,» 10 mayo 2013. [en línea]. available: http://blog.enrimusa.com/tag/bombas-desplazamiento-positivo/.

[23] R. r.alenezi, «improved biodiesel manufacture at low temperature and short reaction time,» elsevier, 2013, pp. 242-248.

[24] W. l. m. &. s. julian, «procesos bio,» junio 2012. [en línea]. available: http://procesosbio.wikispaces.com/agitador.

[25] «Metro cuadrado,» metro cuadrado, 27 10 2017. [en línea]. available: http://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-bodega-bogota-santa-helenita/412-m1966443.

[26] Fedebiocombustibles, «Federación Nacional de Biocombustibles de Colombía,» [en línea]. available: http://www.fedebiocombustibles.com/estadistica-precios-titulo-

biodiesel.htm.

[27] Biofuel systems group ltd, «biodiesel standards,» [en línea]. available: https://www.biofuelsystems.com/biodiesel/specification.htm. [último acceso: 11 06 2017].

[28] «Fichas internacionales de seguridad quimica,» abril 2009. [en línea]. available: http://studylib.es/doc/3910445/enlace-en-nueva-ventana--metilato-de-potasio. [último acceso: 23 09 2017].

[29] M. d. a. martha mogollon, «elaboración del estudio de prefactibilidad para el montaje del servicio en gerencia de proyectos en la empresa wsi ltda.,» escuela colombiana de ingeniería julio garavito, bogota, 213.

Anexo 1. Norma de Biodiesel Europea, Estados unidos, petróleo diésel.

Normas de biodiesel		EUROPA	Estados Unidos	PETROLEO DIESEL
Especificación		**EN 14214: 2008**	6751-07b ASTM D	EN 590: 1999
Se aplica a		FAMA	FAAE	Diésel
Densidad 15 ºC	g / cm³	0,86 hasta 0,90		0,82 a 0,845
Viscosidad 40 ° C	mm² / s	3,5-5,0	1,9-6,0	2,0-4,5
Destilación	% @ ° C		90%, 360 ° C	85%, 350 ° C - 95%, 360 ° C
Punto de inflamación (Fp)	DO	101 min	93 min	55 min
CFPP	DO	* Específica del país		* Específica del país
Punto de nube	DO		* informe	
Azufre	mg / kg	10 máx.	15 máx.	350 máx.
CCR 100%	%masa		0,05 máx.	
residuo de carbono (10% dist.residue)	%masa	0.3 máx.		0.3 máx.
Cenizas sulfatadas	%masa	0,02 máx.	0,02 máx.	
la ceniza de óxido	%masa			0,1 máx.
Agua	mg / kg	500 máx.	500 máx.	200 máx.
contaminación total	mg / kg	24 máx.		24 máx.
Cu corrosión máx.	3h / 50 ° C	1	3	1
estabilidad a la oxidación	hrs; 110 ° C	6 horas min	3 horas min	N / A (25 g / m3)
número de cetano		51 min	47 min	51 min
Índice de acidez	mgKOH / g	0.5 máx.	0.5 máx.	
Metanol	%masa	0,20 máx.	0.2 máx. o Fp <130 ° C	
El contenido de éster	%masa	96,5 min		
Monoglicérido	%masa	0.8 máx.		
Diglicérido	%masa	0.2 máx.		
Triglicéridos	%masa	0.2 máx.		
glicerol libre	%masa	0,02 máx.	0,02 máx.	
total de glicerol	%masa	0,25 máx.	0,24 máx.	

Índice de yodo		120 máx.		
ME ácido linolénico	%masa	12 máx.		
C (x: 4) y mayores ésteres insaturados	%masa	1 máx.		
Fósforo	mg / kg	4 personas máximo	10 máx.	
Alcalinidad	mg / kg			
metales Gp I (Na, K)	mg / kg	5 máximo	5 máximo	
metales gpII (Ca, Mg)	mg / kg	5 máximo	5 máximo	
HAP	%masa			11 máx.
Lubricidad / desgaste	m a 60 ° C			460 máx.
		EUROPA	**Estados Unidos**	**PETROLEO DIESEL**

Tabla 5. Estándares mínimos para la producción del biodiesel [27]

Anexo 2 - Normas el almacenamiento y transporte de aceites, resolución 0318 de 2000.

Artículo 2. Procedimientos para la separación, almacenamiento, envasado etiquetado y registró la cual dice:

Todo generador de aceites usados deben cumplir con las siguientes normas y procedimientos:

- Tener un espacio separado de los demás residuos, ubicarlo en un contenedor o envase para el almacenamiento y conservación del aceite usado el cual no podrá permanecer más de 6 meses almacenado, este contenedor debe ser de fácil accesibilidad de vehículos para llevar al lugar donde va a ser trasvasado y enviado.
- El contenedor debe estar diligenciado de forma clara, y legible, con el distintivo de "ACEITE USADO", donde especifique:
  - ✓ Tipo de aceite
  - ✓ Nombre
  - ✓ Dirección
  - ✓ Teléfono
  - ✓ Actividad industrial
  - ✓ Periodo durante el cual se ha almacenado el aceite
  - ✓ Fecha del ultimo llenado total del tanque
  - ✓ Numero consecutivo

Poseer un dique de contención permeabilizado para el caso de tener derrames, en los sitios de almacenamiento de 2 m^3(500 galones a granes) o mayores. El dique debe contener una capacidad de mínimo el 110% del volumen del tanque más grande o el 30 % de la suma del volumen de todos los tanques contenidos. El dique debe estar separado del alcantarillado.

Los tanques contenedores no deben estar expuestos a la intemperie, las canecas ben estar debidamente tapadas en condiciones que eviten fugas o mezcla de otros elementos.

Artículo. Registro de los aceites usados generados [10]**:**

- Se debe llevar un registro de los aceites usados entregados por el conteniendo un número de registro consecutivo y la cantidad generada, firmado por el representante legal o personal encargado.
- Todo generador que genere más de 1 m^3/año (950 galones/año) debe llenar mensualmente el registro y entregarlo al DAMA en las fechas indicadas.

Artículo 8. Obtención de la licencia ambiental [10]**:**

- Todo almacenista y/o transportador de aceites usados, o aquellos generadores que transportan y disponen sus aceites usados por si mismos con un manejo de un volumen mayor o igual a 10 m^3/año (2500 gl/año) está obligado a tramitar una licencia ambiental ante el DAMA.

Artículo 9 [10]**. Procedimiento de recolección y transporte** [10]**:**

- Todo aquel transportador autorizado por la licencia ambiental que almacene y/o transporte un volumen menor a 2 m^3/año debe cumplir con las siguientes normas:
- La recolección de aceites usados debe realizarse mediante camiones- cisterna, tracto camiones o camionetas debidamente identificados que cumplan con las normas técnicas colombianas para el transporte de mercancías peligrosas, para el transporte seguro de 55 galones.
- La recolección debe realizarse bombeando desde el sitio de almacenamiento a camiones cisterna; o transportando los tambores debidamente cerrados no superando el 90% de capacidad.
- El aceite usado debe ser entregado a los sitios de almacenamiento que cumplan con los requisitos ambientales.

Artículo 12. Combustión del aceite usado mezclado en cualquier proporción [10]**:**

- En concordancia con el Decreto 415 de 1998 del Ministerio del Medio Ambiente o el que lo sustituya o modifique, se puede utilizar aceite usado como combustible único o mezclado con otros tipos de combustibles en cualquier proporción en calderas o hornos con una potencia térmica instalada igual o superior a 10 Megavatios, siempre y cuando la concentración de PCB sea menor a 50 ppm.

Artículo 13. Combustión del aceite usado mezclado en proporción menor o igual a 5% [10]**:**

- En concordancia con el Decreto 415 de 1998 del Ministerio del Medio Ambiente, se puede utilizar aceite usado como combustible único o mezclado con otros tipos de combustibles en una proporción menor o igual al 5% en volumen de aceite usado, en calderas y hornos con una potencia térmica menor a 10 Megawatios, siempre y cuando la concentración de PCB saca menor a 50 ppm.

Artículo 20. Prohibiciones: Está prohibido en cualquier caso [10]**:**

- Todo vertimiento de aceite usado en aguas superficiales, subterráneas y en los sistemas de alcantarillado.
- Toda incineración, combustión o quemado que no cumpla con las disposiciones de la Resolución 415 de 1998 del Ministerio del Medio Ambiente, o la que en su defecto la derogue, modifique, sustituya o adicione.
- La evaporación del aceite usado.

Todo depósito o vertimiento de aceite usado sobre el suelo, así como todo vertimiento incontrolado de residuos derivados del tratamiento del aceite usado.

Anexo 3 - Ficha de seguridad química del catalizador. [28]

Fichas Internacionales de Seguridad Química

METILATO DE POTASIO

ICSC: 1731
Abril 2009

CAS:	**865-33-8**	**Sal potásica de metanol**
NU:	**3206**	**Metanolato de potasio**
CE Índice Anexo I:	**603-040-00-2**	**Metoxipotasio**
CE / EINECS:	**212-736-1**	**Metóxido de potasio**
		CH_3OK
		Masa molecular: 70.1

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con agua.	NO utilizar agua. NO utilizar agentes hídricos. Polvo seco. Arena seca.
EXPLOSIÓN	Las partículas finamente dispersas forman mezclas explosivas en el aire. Riesgo de incendio y explosión en contacto con el agua, la humedad del aire o metales.	Evitar el depósito del polvo; sistema cerrado, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión de polvo.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua pero NO en contacto directo con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Dolor de garganta. Tos. Sensación de quemazón. Jadeo. Dificultad respiratoria.	Extracción localizada. Protección respiratoria.	Aire limpio y reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras cutáneas graves.	Guantes de protección. Traje de protección.	Aclarar con agua abundante durante 15 minutos como mínimo, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras profundas graves.	Pantalla facial y protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Quemaduras en la boca y la garganta. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Eliminar toda fuente de ignición. ¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración. Cubrir el material derramado con arena seca. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente seco, tapado y de plástico. Recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. NO verterlo en el alcantarillado.	Hermético. Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: F, C R: 11-14-34 S: (1/2-)8-16-26-43-45 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 4.2 Riesgos Subsidiarios de las NU: 8 Grupo de Envasado NU: III Clasificación GHS Peligro Se calienta espontáneamente; puede inflamarse. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares.
RESPUESTA DE EMERGENCIA	**ALMACENAMIENTO**
	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, ácidos, metales, alimentos y piensos. Mantener en lugar seco y fresco. Bien cerrado. Almacenar en un área con suelo de hormigón resistente a la corrosión. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2009

IPCS International Programme on Chemical Safety

WHO UNEP

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

METILATO DE POTASIO

ICSC: 1731

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO
Polvo de color blanco a amarillo. Higroscópico.

PELIGROS FÍSICOS
Es posible la explosión del polvo si se encuentra mezclado con el aire en forma pulverulenta o granular.

PELIGROS QUÍMICOS
El calentamiento intenso puede originar combustión violenta o explosión. Reacciona violentamente con el agua produciendo metanol inflamable e hidróxido sódico corrosivo. La sustancia puede incendiarse espontáneamente en contacto con la humedad del aire. La sustancia es un agente reductor fuerte y reacciona violentamente con oxidantes. La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva. Ataca a muchos metales formando un gas inflamable/explosivo (hidrógeno - ver FISQ:0001).

LÍMITES DE EXPOSICIÓN
TLV no establecido.
MAK no establecido.

VÍAS DE EXPOSICIÓN
Efectos locales graves

RIESGO DE INHALACIÓN
Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa.

EFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN
La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación puede causar edema pulmonar, pero sólo tras producirse los efectos corrosivos iniciales en los ojos o las vías respiratorias.

PROPIEDADES FÍSICAS

Se descompone a > 50°C.
Densidad: 1.7 g/cm^3

Solubilidad en agua: reacciona
Presión de vapor, Pa a 25°C: despreciable

Punto de inflamación: 11°C c.c.
Temperatura de autoignición: > 50°C
Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.74

DATOS AMBIENTALES

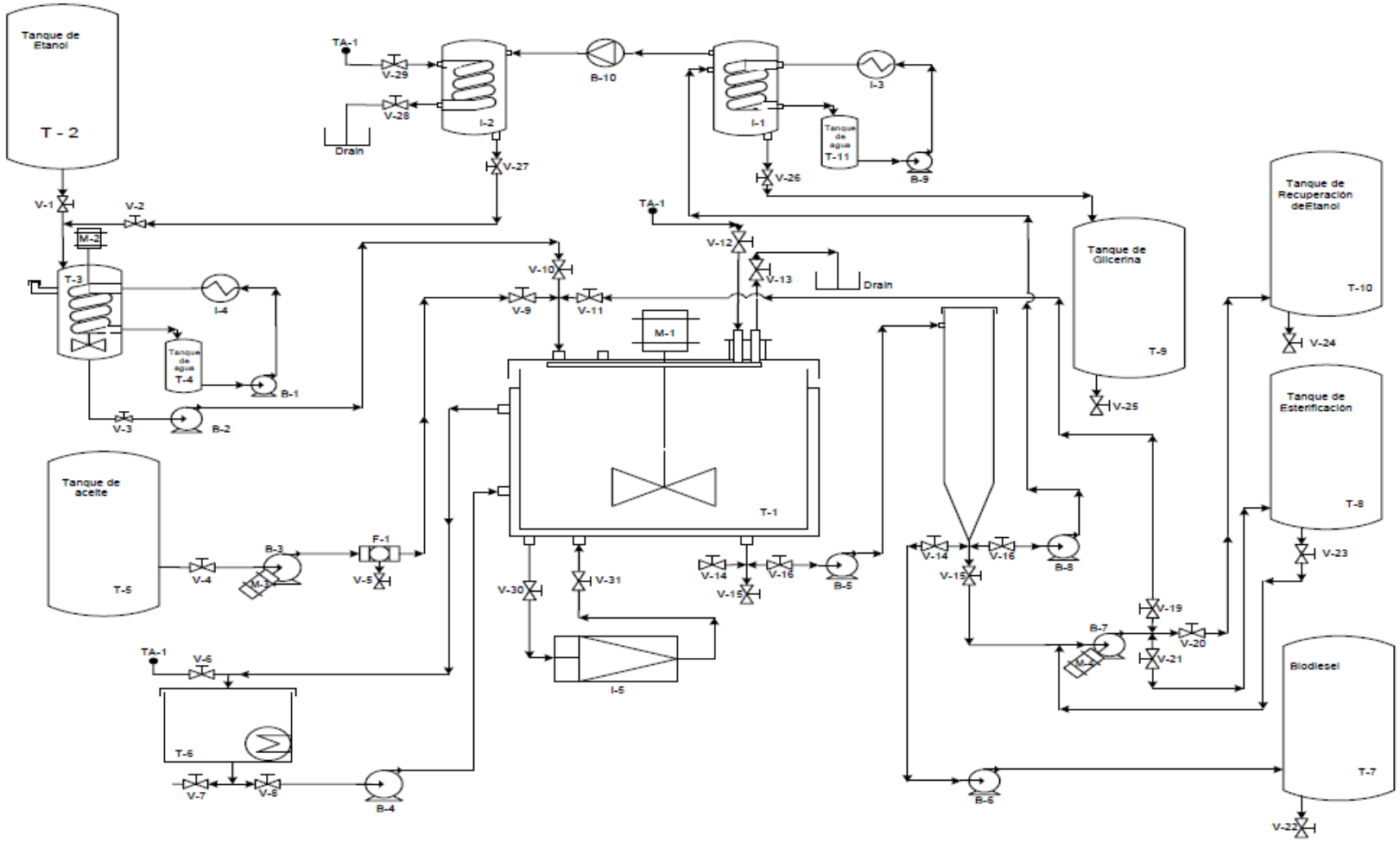
Esta sustancia puede ser peligrosa para el medio ambiente; debe prestarse atención especial a los organismos acuáticos.

NOTAS

Reacciona violentamente con agentes extintores de incendio tales como el agua. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio).

INFORMACIÓN ADICIONAL

NOTA LEGAL Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2009

Anexo 4- Diagrama del proceso de una planta de biodiesel. [14]