

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 167

Código de la dependencia.

FECHA	jueves, 6 de agosto de 2020
--------------	-----------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad Fusagasuga

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
TIPO DE DOCUMENTO	Tesis
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Electrónica

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
ARIAS VARGAS	CRISTIAN ARNULFO	1069756421

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
CASAS DÍAZ	CÉSAR AUGUSTO
BARRERO SÁNCHEZ	FAIDER HUMBERTO
CALDERÓN CÁRDENAS	LUIS JHON FELIPE

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 167

TÍTULO DEL DOCUMENTO

DISEÑO EXPERIMENTAL DEL PROTOTIPO PARA EL DESARROLLO DEL PROCESO DE HIDROTRATAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE DIÉSEL RENOVABLE DE ÁCIDOS GRASOS DE ORIGEN ANIMAL

SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniero electrónico

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
30/07/2020	148

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1.HIDROTRATAMIENTO	HYDRO TREATMENT
2.REACTOR TUBULAR DE LECHO	TUBULAR BED REACTOR
3.DIESEL RENOVABLE	RENEWABLE DIESEL
4.BIOCOMBUSTIBLES	BIOFUELS
5.GRASAS ANIMALES	ANIMAL FATS
6.ENERGIA RENOVABLE	RENEWABLE ENERGY

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 3 de 167

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

A través de este proyecto se pretende generar un biocombustible tipo diésel (energía renovable no convencional) mediante un proceso de producción mejorado, a partir de fuentes biológicas, específicamente los ácidos grasos de residuos grasos animales.

Se pretende dar a conocer de la manera más clara posible las diferentes investigaciones, artículos y patentes sobre la obtención de nuevas alternativas de biocombustible que han sido realizadas en el mundo, centrada y/o con una mayor preferencia en latino América.

Si bien la cantidad de investigaciones o artículos, es bastante extensa se pretende seleccionar los mejores de estos para que así, se pueda conocer las diferencias entre las energías convencionales que son derivadas del petróleo o en su defecto el mismo, con respecto a las energías renovables, vegetal o de residuos grasos animales, también las tendencias relacionadas con la producción de biocombustibles.

Esto con el fin de demostrar que actualmente es posible y se cuenta con la tecnología suficiente, para hacer que estas energías sean más fáciles y menos costosas de producir, y de esta manera lograr la masificación del uso de estas fuentes alternativas de energía.

This project aims to generate a diesel type biofuel (non-conventional renewable energy) through an improved production process, from biological sources, specifically fatty acids from animal fatty residues.

It is intended to publicize as clearly as possible the different research, articles and patents on obtaining new biofuel alternatives that have been carried out in the world, focused and / or with a greater preference in Latin America.

Although the amount of research or articles is quite extensive, it is intended to select the best of these so that, in this way, it is possible to know the differences between conventional energies that are derived from petroleum or, failing that, with respect to renewable energies. , vegetable or animal fatty waste, also trends related to the production of biofuels.

This in order to demonstrate that it is currently possible and has enough technology, to make these energies easier and less expensive to produce, and thus achieve mass use of these alternative sources of energy.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 4 de 167

la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 5 de 167

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI NO .

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 6 de 167

d) El(Los) Autor(es), garantizo (amos) que el documento en cuestión, es producto de mi (nuestra) plena autoría, de mi (nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy (somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 7 de 167

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1.Tesis_Cristian_Arnulfo_Arias_Vargas.pdf	Texto con imágenes (Documento tesis)

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
ARIAS VARGAS CRISTIAN ARNULFO	

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).

**DISEÑO EXPERIMENTAL DEL PROTOTIPO PARA EL
DESARROLLO DEL PROCESO DE HIDROTRATAMIENTO
PARA LA OBTENCIÓN DE DIÉSEL RENOVABLE DE
ÁCIDOS GRASOS DE ORIGEN ANIMAL**

Cristian Arnulfo Arias Vargas

Código: 162213103

Auxiliar de investigación

Universidad de Cundinamarca

Ingeniería electrónica

Facultad de ingeniería

Fusagasugá, Colombia

2020

DISEÑO EXPERIMENTAL DEL PROTOTIPO PARA EL DESARROLLO DEL PROCESO DE HIDROTRATAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE DIÉSEL RENOVABLE DE ÁCIDOS GRASOS DE ORIGEN ANIMAL

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniero
electrónico

Cristian Arnulfo Arias Vargas

Código: 162213103

Auxiliar de investigación

Director:

Ing. César Augusto Casas Díaz

Co-director:

Ing. Faider Humberto Barrero Sánchez

Asesores:

Ing. Luis Jhon Felipe Calderón Cárdenas

Línea de investigación:

Diseño, Instrumentación y Control

Universidad de Cundinamarca

Ingeniería electrónica

Facultad de ingeniería

Fusagasugá, Colombia

2020

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 167

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 3 de 167

Fusagasugá ____ de ____ del ____

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida, salud y sabiduría cada día.

A toda mi familia, por ser el motor que me animan a seguir adelante, creer en mí y siempre orar por mí.

A mi director de proyecto el ingeniero César Augusto Casas Díaz, quien me apoyo en todo el camino y me dio la oportunidad de formar parte del proyecto, me ayudo con su conocimiento, logrando estos resultados.

A mi co-director de proyecto el ingeniero Faider Humberto Barrero Sánchez, quien me apoyo y puso en la dirección correcta para la realización de este proyecto.

A mi gran amigo el Ingeniero Luis Jhon Felipe Calderón Cárdenas, por apoyarme y asesorarme en mi tesis, y a pesar de todo ayudarme.

En especial a mi madre Nydia Socorro Vargas Quimbayo y a mi padre Arnulfo Arias Camargo, por siempre creer en mí y apoyarme en todos los aspectos de mi vida por el apoyo recibido en pro a mí estudio y hoy quiero dedicarles este gran esfuerzo.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 4 de 167

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 5 de 167

RESUMEN

El presente proyecto pretende generar un biocombustible tipo diésel (energía renovable no convencional), mediante un proceso de refinado por hidrot ratamiento haciendo uso de fuentes biológicas, específicamente de los ácidos grasos los cuales proviene de residuos sólidos de origen animal. Comúnmente dicha grasa animal se desecha producto de la explotación pecuaria y/o avícola, esta constituye una materia de bajo costo y con una alta disponibilidad en el departamento de Cundinamarca. Por esta razón estas pueden ser aprovechadas realizando un tratamiento y acondicionamiento, para lograr un biocombustible a partir de esta grasa animal.

Mediante la técnica del hidrot ratamiento, se puede lograr esta conversión de ácidos grasos a diésel renovable, al realizar este proceso se busca lo siguiente.

- Reducción de los tiempos de reacción comparándose con los medio tradicionales.
- Reducción de gastos en energía utilizada en este proceso, debido a que se pueden tener condiciones de reacción menos drásticas que los procedimientos de hidrot ratamiento convencional.
- Disminución de consumo de hidrógeno en el hidrot ratamiento.
- El producto que se obtendrá se puede categorizar como un nuevo biocombustible, con el cual se podrá realizar mezclas con combustibles comerciales, de tipo diésel petroquímico, que actualmente se usa en el país.

El proyecto consta de cinco (5) etapas de realización las cuales se desarrollaron de forma consecutiva, cada una de ellas posee el mismo nivel de importancia y ninguna de ellas puede obviarse, para que el proyecto se desarrolle de forma completa, estas etapas son:

- ✓ Recolección de información de artículos y análisis del estado del arte, esta etapa básicamente se busca la información pertinente a partir de publicaciones arbitradas, muestra la información que se obtuvo y datos que fueron de vital importancia a la hora de empezar con el desarrollo del proyecto.
- ✓ En la segunda etapa se realiza la elección de la materia prima que se utilizara, partiendo de una revisión previa a nivel departamental de cuales residuos grasos animales, tiene mayor disponibilidad, oferta y menor impacto

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 6 de 167

ambiental. Esta materia prima es caracterizada y acondicionada de acuerdo a los requisitos que tiene el proceso.

- ✓ Después se separan los ácidos grasos de la materia prima la cual es grasa animal (pollo, cerdo o res), empleando un proceso de hidrolisis ampliamente trabajado en la literatura científica e industrial.
- ✓ En la cuarta etapa se realiza el proceso del hidrotratamiento, utilizado industria petroquímica y otras para distintos tratamientos con el hidrogeno (H₂), con fines de refinamiento.
- ✓ Por último se realizan las mezclas necesarias para lograr tener un diésel renovable que cumpla las especificaciones de calidad, para realizar la mezcla con combustibles tipo diésel comercial, esto con el fin de cumplir la normatividad nacional e internacional actualmente vigente.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 7 de 167

ABSTRACT

This project aims to generate a diesel-type biofuel (non-conventional renewable energy), through a process of refining by hydrotreating using biological sources, specifically fatty acids which affect solid waste of animal origin. Commonly said animal fat is discarded as a result of livestock and / or poultry farming, this constitutes a low-cost material with high availability in the department of Cundinamarca. For this reason, they can be used to carry out treatment and conditioning, to obtain a biofuel from this animal fat.

By means of the hydrotreating technique, this conversion of fatty acids to renewable diesel can be achieved, by performing this process the following is sought.

- Reduction of reaction times compared to traditional means.
- Reduction of energy costs used in this process, since they may have less drastic reaction conditions than conventional hydrotreatment procedures.
- Decreased hydrogen consumption in hydrotreatment.
- The product that can be used can be classified as a new biofuel, with which it is possible to mix with commercial fuels, of the petrochemical diesel type, which is currently used in the country.

The constant project of five (5) stages of realization which are developed consecutively, each of them has the same level of importance and none of them can be ignored, so that the project is fully developed, these stages are:

- ✓ Collection of information from articles and analysis of the state of the art, this affected stage seeks the pertinent information from peer-reviewed publications, shows the information obtained and data that were of vital importance when starting the development of the project .
- ✓ In the second stage, the choice of the raw material that is used is made, based on a prior review at the departmental level of any animal fatty waste, which has greater availability, supply and less environmental impact. This raw material is characterized and conditioned according to the requirements of the process.
- ✓ After the fatty acids are separated from the raw material, the quality is animal fat (chicken, pork or beef), using a human hydrolysis process worked in the scientific and industrial literature.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL	VIGENCIA: 2017-11-16
	REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 8 de 167

- ✓ In the fourth stage, the hydrotreatment process is carried out, the petrochemical industry used and others for different treatments with hydrogen (H₂), with refinement fines.
- ✓ Finally, the necessary mixtures were made to achieve a renewable diesel that meets the quality specifications, to mix with commercial diesel fuels, this in order to comply with current national and international regulations.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 9 de 167

GLOSARIO

Ésteres: Son compuestos orgánicos polares derivados del petróleo, alcoholes o ácidos carboxílicos, que no forman puentes de hidrogeno intermolecular, por esta razón tienen puntos de ebullición inferiores. ^[55]

Transesterificación: Es un procedimiento, en el que el equilibrio de la reacción puede transferir hacia los productos, se puede formar un alcohol de un punto de ebullición bajo, este se puede separar por destilación mientras se realiza la reacción. ^[55]

Esterificación: Es una reacción que se efectúa con catálisis acida y alcanza un equilibrio, para esta se calienta la mezcla del ácido carboxílico y del alcohol con un ácido católico, para desplazar el equilibrio en la dirección de la creación de los ésteres. ^[55]

Fame: El FAME o éster metílico de ácidos grasos, es un biocarburante con base de aceites vegetales, es producido por dos métodos, transesterificación de compuestos grasos con metanol, o esterificación de ácidos grasos con este mismo alcohol. ^[58]

Biomasa: Es aquella materia biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico, que proceden de las actividades agrarias (tanto material de origen vegetal como de origen animal), entre otras. ^[59]

Bioturbosina: Es un tipo de combustible utilizado comúnmente en la aviación, este se mezcla con turbosina (combustible de avión común), en 2011 la ASTM aprobó una mezcla de bioturbosina de hasta el 50%. ^[60]

Hidrodesulfuración: Este proceso se usa comúnmente para generar una reducción del contenido de azufre en las corrientes de petróleo y combustibles de origen biológicos, este es uno de los procesos más importantes de la refinación. ^[56]

Olefínicos: es un hidrocarburo que posee al menos uno o más enlaces dobles o triples, con los átomos de carbono en la cadena lineal, el etileno es el hidrocarburo olefínico más básico y pequeño, es un ácido graso no saturado. ^[57]

Hidrocarbonilación: Es un proceso promovido por un tipo de catalizador homogéneo y su importancia se debe a que el producto que se puede obtener son de gran interés industrial. ^[61]

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PÁGINA: 10 de 167

Hidrodecarboxilación: Es una reacción que se usa con sustratos insaturados como lo son las olefinas, y un segundo reactivo como hidrogeno, ^[62] este proceso convierte el carbono carboxílico de los triglicéridos en CO o CO₂ y no genera agua. ^[64]

Desoxigenación: Este proceso de hidrotratamiento que emplea un flujo de hidrogeno amplio que se encuentra con la biomasa con triglicéridos y ácidos grasos, ^[63] este proceso elimina el oxígeno y genera parafinas con el mismo número de átomos de carbono que el de los esteres de ácidos grasos. ^[64]

Alcanos C₁₇ y C₁₈: Son índices de cadenas de carbono para evaluar la presencia de hidrocarburos, ^[65] en otras palabras son los componentes principales de los hidrocarburos líquidos, la cantidad de estos se determina en la relación de C₁₇/C₁₈.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 11 de 167

Contenido

1.	CAPÍTULO 1 CONTEXTO	1
1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Planteamiento del Problema.	2
1.3.	Justificación.....	5
2.	CAPÍTULO 2. OBJETIVOS.....	7
2.1.	Objetivo General.	7
2.2.	Objetivos Específicos.	7
3.	CAPÍTULO 3. MARCO DE REFERENCIA.....	8
3.1.	Estado del Arte.....	8
3.1.1.	A Nivel Institucional.....	8
3.1.2.	A Nivel Nacional.....	8
3.1.3.	A Nivel Internacional.	9
3.1.4.	Tendencias en Producción de Ácidos Grasos por el Proceso de Hidrotratamiento	11
3.2.	Fundamentos Teóricos.....	16
3.2.1.	Hidrotratamiento de Aceites.....	16
3.2.2.	Reacciones Involucradas.	17
3.3.	Marco Legal.	18
4.	CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA	19
4.1.	Recolección de información	19
4.2.	Estudio de la materia prima.....	19
4.3.	Establecimiento de los elementos de entrada para el diseño	19
4.4.	Desarrollo del proceso de diseño.....	19
4.5.	Generación de resultados del diseño	19
4.6.	Revisión de los resultados	20
4.7.	Prueba de verificación.....	20

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 12 de 167

4.8.	Cronograma de Actividades	21
5.	CAPÍTULO 5. PLAN DE TRABAJO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	24
5.1.	Etapas del proyecto.....	24
5.1.1.	Primera Etapa.....	24
5.1.2.	Segunda Etapa.....	24
5.1.3.	Tercera Etapa.....	26
5.1.4.	Cuarta Etapa.....	26
5.1.5.	Quinta Etapa.....	28
5.1.6.	Introducción a los reactores de lecho fijo.....	30
5.1.7.	Descripción de los reactores de lecho fijo.....	31
5.1.8.	Reactores con intercambio de color por la pared.....	32
5.1.9.	Introducción a la Técnica de HPLC.....	34
5.1.10.	Cromatógrafo de HPLC.....	34
5.1.11.	La línea fluidica.....	35
5.1.12.	Sistema de bombeo.....	36
5.1.13.	Reactores tubulares de flujo continuo serie 5400.....	37
5.2.	Análisis de Resultados.....	39
5.2.1.	Introducción al proceso de hidrotratamiento.....	43
5.2.2.	Estudio de la caracterización de la materia prima.....	44
5.2.3.	Diseño de la planta piloto del reactor de lecho fijo.....	45
5.2.4.	Alimentación de gases.....	46
5.2.5.	Alimentación de Líquidos.....	48
5.2.6.	Unión de las líneas de alimentación.....	49
5.2.7.	Control de presión y seguridad.....	50
5.2.8.	Reacción.....	51
5.2.9.	Separación.....	57
5.3.	APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO	63
5.4.	VALIDACION DE RESULTADOS DE SIMULACIONES Y PRUEBAS	65

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 13 de 167

5.5. LIMITACIONES DE IMPLEMENTACION DE LA PLANTA PILOTO.	66
5.6. CONCLUSIONES.....	67
PRESUPUESTO.....	68
REFERENCIAS.....	88
ANEXOS	93
APENDICES.....	140

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 14 de 167

Índice de figuras

Ilustración 1 Emisiones en Mezclas Biocombustibles, Tomando como Referencia el Diésel Petroquímico.	3
Ilustración 2 Dinámica de Publicaciones en Artículos para Producto 2010-2018..	12
Ilustración 3 Participación de los Países en Publicaciones en Artículos para Producto 2010-2018.	13
Ilustración 4 Esquema de Reacciones para la Conversión de un Triglicérido (Trioleína) a Diésel Renovable Mediante Hidrotratamiento.	17
Ilustración 5 Hidrólisis de Grasas/Aceites.	26
Ilustración 6 Hidrotratamiento de Ácidos Grasos.	27
Ilustración 7 Esquema De Un Reactor Monofásico Catalítico Adiabático.	33
Ilustración 8 Esquema de un Reactor Monofásico Multitubular de Lecho Fijo.	33
Ilustración 9 Los Cinco Módulos Ineludibles del Cromatógrafo.	35
Ilustración 10 Conexiones del HPLC.	36
Ilustración 11 Calentamiento Directo.	37
Ilustración 12 Calentamiento Indirecto.	38
Ilustración 13 Sistema de Calentamiento Indirecto.	39
Ilustración 14 Planta Reactor Tubular de Lecho Fijo.	46
Ilustración 15 Línea de Alimentación de Gases del Reactor de Lecho Fijo.	47
Ilustración 16 Tanque de Almacenamiento con Calentamiento Moderado de 60°C y Cinta Térmica con Control de Temperatura.	48
Ilustración 17 Bomba de Alta Presión Tipo HPLC.	49
Ilustración 18 Unión de las Líneas de Alimentación y Cinta de Calentamiento Moderado.	50
Ilustración 19 Unión de las Líneas de Alimentación y Cinta de Calentamiento Moderado.	51
Ilustración 20 Modulo de Reacción del Reactor Tubular de Lecho Fijo.	52
Ilustración 21 Soporte Reactor y Chaqueta de Calefacción.	53
Ilustración 22 Calefactores de Reactor, Horno Split Tubular.	54
Ilustración 23 Calefactores del Reactor, Horno Split Tubular.	55
Ilustración 24 Reactor Tubular de Lecho Fijo.	56
Ilustración 25 Cinta Calefactora en la Salida del Reactor Tubular de Lecho Fijo. .	57
Ilustración 26 Sistema de Separación y Recolección de Productor del Hidrotratamiento.	58
Ilustración 27 Separador Bifásico Horizontal.	59

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 15 de 167

Ilustración 28 Tanque de Almacenamiento Y Extracción de Gas.....	60
Ilustración 29 Tanque de Almacenamiento del Producto Diésel Renovable.	61
Ilustración 30 Planta Piloto Para La Producción De Diésel Renovable Mediante Hidrotratamiento.....	62
Ilustración 31 Certificado Ponencia ITIFIP.	95
Ilustración 32 Evidencia Ponencia UDEC 1.	96
Ilustración 33 Evidencia Ponencia UDEC 2.	96
Ilustración 34 Evidencia Ponencia UDEC 3.	97
Ilustración 35 Características Generales del Proyecto.....	99
Ilustración 36 Certificado Ponencia UDEC.....	100
Ilustración 37 Aprobación Postulación Artículo	102
Ilustración 38 Correcciones necesarias Artículo.....	103
Ilustración 39 Correcciones necesarias Artículo.....	104
Ilustración 40 Correcciones necesarias Artículo.....	118
Ilustración 41 Evidencia Postulación Registro de software ante la DNDA.	138
Ilustración 42 Evidencia Postulación Registro de software ante la DNDA.	139
Ilustración 43 Simulación creada en Hysys Aspen V11	140

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PÁGINA: 16 de 167

Índice de tablas

Tabla 1 Plantas de Producción de Biodiesel.	6
Tabla 2 Perfil de los Clúster Identificados.	14
Tabla 3 Cronograma de Actividades.	21
Tabla 4 Caracterización de la Materia Prima y el Producto de Hidrólisis de Grasas Animales.....	24
Tabla 5 Condiciones de Calidad del Biocarburantes para Motores Diésel Renovable para Mezcla con los Combustibles Diésel Petroquímico.	27
Tabla 6 Condiciones de Calidad del Biocarburantes para Motores Diésel Renovable para Mezcla con los Combustibles Diésel Petroquímico. B.....	29
Tabla 7 Reactores de Lecho Fijo y Aplicaciones Típicas.	31
Tabla 8 Nombres y Definiciones, Técnicas de HPLC.....	34
Tabla 9 Resultados Esperados de la Investigación.....	39
Tabla 10 Caracterización del aceite de pollo.....	44
Tabla 11. Pre-ensayos reacción deoxigenación de ácidos grasos en reactor Batch.	66
Tabla 12. Pre-ensayos reacción deoxigenación de ácidos grasos en reactor continuo.....	66
Tabla 13 Presupuesto.	68

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL	VIGENCIA: 2017-11-16
	REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PÁGINA: 17 de 167

ANEXOS

Anexo A Realización de una ponencia en evento científico nacional o internacional.	93
Anexo B Socialización de Resultados.	98
Anexo C Postulación de un artículo a revista indexada.	100
Anexo D Postulación de registro de software ante la DNDA.	137

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 18 de 167

APENDICES

Apéndice 1: Informes bimestrales.	140
Apéndice 2: Simulación del proceso químico en el entorno “HYSYS ASPEN”. ..	140

1. CAPÍTULO 1 CONTEXTO

1.1. Introducción.

Actualmente los combustibles/energías fósiles son las que dominan al mundo, pero así como dominan el mundo también lo afectan porque estos producen CO₂ contaminando así el planeta, también estos no son renovables lo que implica que en algún momento se agotaran y no se podrán volver obtener, por esa misma razón se hace muy importante buscar energías que reemplacen dichos combustibles fósiles.

La energía renovable es la más indicada para reemplazar estas energías fósiles, porque se obtiene de fuentes naturales las cuales son virtualmente inagotables, esto debido a que contienen una gran cantidad de energía o porque estos recursos se pueden regenerar por medio naturales.^[1]

Partiendo de esta idea se hace muy necesaria la realización y/o la formulación de propuestas prácticas y de bajo costo, para generar energía renovable, gracias a esta se logra resolver uno de los más grandes problemas que la humanidad tiene actualmente, el cual es poder continuar con nuestro estilo de vida pero que este no afecte al planeta, es decir, que al mismo tiempo en el que se resuelve el problema de generar dicha energía renovable también se ayuda a disminuir la contaminación ambiental.

Este proceso se llama hidrotratamiento, el cual es un proceso de refinamiento en el que se eliminan todos los residuos contaminantes que tienen los aceites, haciendo así que los productos resultantes de estos sean muy eficaces y puedan reemplazar de manera satisfactoria los combustibles fósiles.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 2 de 167

1.2. Planteamiento del Problema.

El petróleo durante un siglo ha sido el dominante como principio de energía y materia prima de diferentes productos químicos orgánicos, por este motivo el petróleo tiene una demanda muy creciente, motivo el cual causa una gran preocupación a futuro porque esta demanda no parece detenerse, más sin embargo la reducción de los yacimientos de este crudo no se detienen, también el petróleo causa una gran cantidad de problemas o desastres medioambientales irreversibles para el planeta, estos daños son generados por gases nocivos y también el petróleo causa esterilización al planeta. [2]

Todos estos problemas originaron muchas investigaciones sobre alternativas confiables que logre disminuir el consumo de este tipo de combustibles, estas investigaciones buscan una manera de trabajar con alguna materia prima que sea renovable y que también esta sea muy abundante en el planeta.

En las investigaciones han surgido como alternativa al petróleo o al combustible fósil los biocombustibles, los cuales se producen a partir de diferentes materias orgánicas, lo que hace que estos sean renovables.

Estos biocombustibles se dividen en dos:

- Los primeros, llamados como biocombustibles de primera generación, estos provienen de materias comestibles, tales como maíz, caña de azúcar, o aceites vegetales, pero estos al ser comestibles y que realizarlos es bastante costoso produjo que estos no sean muy tomados en cuenta.
- Los segundos o biocombustibles de segunda generación, también se producen con materias primas sostenibles, que no se usan normalmente para el consumo humano, estas materias primas no alimenticias de segunda generación incluyen, cultivos leñosos y residuos agroindustriales, pero por esta misma razón se necesitan tecnologías avanzadas para realizar el proceso de conversión de estos, a los biocombustibles de segunda generación también se le conoce como biocombustibles avanzados.

El diésel renovable es un biocombustible que tiene como origen la flora o la fauna que presenta cada país, el diésel renovable busca ser una alternativa bastante fiable y eficaz para reemplazar el combustible de origen fósil (diésel o ACPM). Este consiste en ésteres que pueden derivarse desde la transesterificación de los

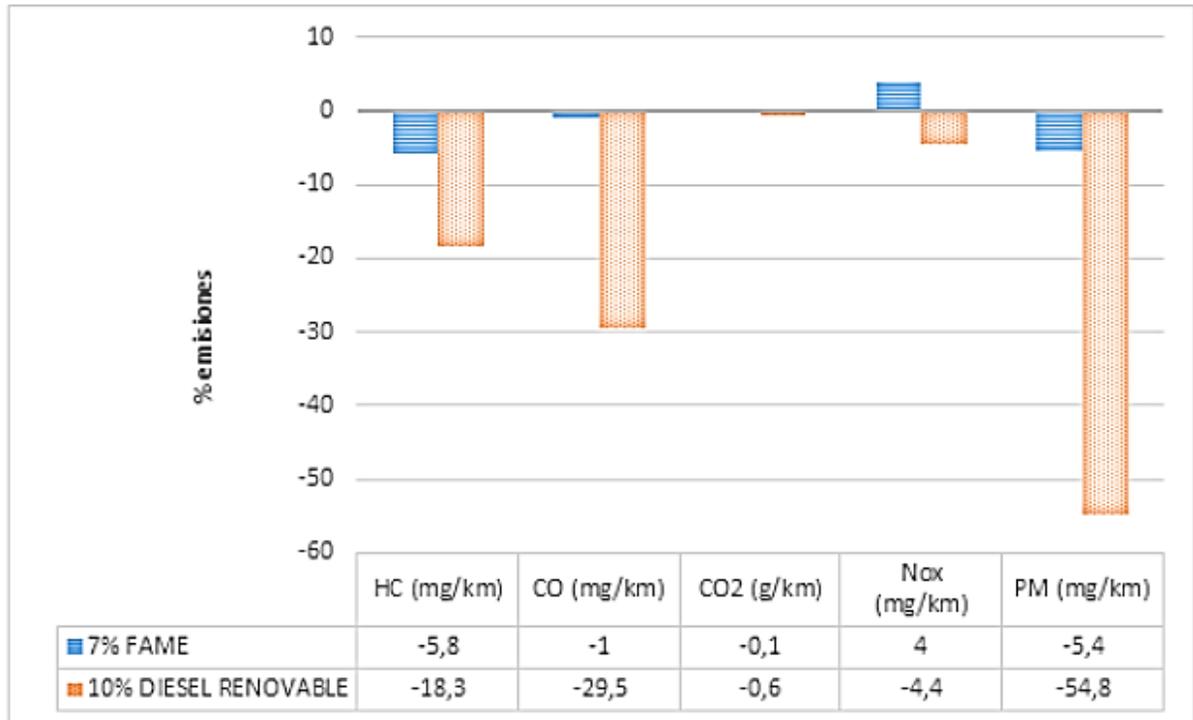
	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 3 de 167

triglicéridos que se encuentran en los aceites de origen vegetal, como también de la esterificación de los ácidos grasos libres.

El principal problema del diésel renovable está radicado en las limitaciones que presenta con las mezclas con el diésel petroquímico, esto es ocasionado comúnmente por la formación de sedimentos y nubosidades, en las diferentes fases del proceso, transporte y el almacenamiento. [3] Este problema se presenta incluso hasta cuando el producto cumple con toda la normativa de calidad, este problema se presenta con mayor intensidad en altas temperaturas.

Una de las soluciones más recurrentes para este problema es el hidrotreatmento, con el cual se puede obtener diésel renovable, en este proceso se busca saturar completamente la molécula, hidrolizar los triglicéridos y finalmente eliminar el oxígeno que se presenta en los ácidos grasos, para que así se pueda obtener hidrocarburos que se puedan mezclar con diferentes proporciones de diésel petroquímico, esta mezcla trae grandes beneficios medioambientales incluso mayor que con solo usando el diésel renovable, como se observa en la ilustración 1. [4]

Ilustración 1 Emisiones en Mezclas Biocombustibles, Tomando como Referencia el Diésel Petroquímico.



Fuente: Deoxygenation of Liquid and Liquefied Biomass.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 4 de 167

En esta imagen se da a conocer claramente las mejoras que se presentan a la hora de usar diésel renovable con diésel petroquímico debido a que la cantidad de emisiones de gases son menores, finalmente también se evalúa la eficiencia del biocombustible obtenido a partir del proceso del hidrotratamiento.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 5 de 167

1.3. Justificación

De acuerdo al documento Pecdti-Cundinamarca ^[5], el departamento tiene retos muy grandes cuando se trata de procesos o iniciativas que ayuden a la disminución de impactos ambientales y cambios climáticos. Por lo tanto desarrollos o investigaciones basadas en estos problemas que promuevan el uso y generación de tecnologías limpias. ^[5]

El uso del diésel renovable para reemplazar los combustibles de origen petroquímico, total o parcialmente creará o producirá un gran cambio en el país gracias a que usando este combustible se reducirá en gran cantidad la contaminación atmosférica como también logrará que la calidad del aire sea mayor, por otra parte hará que la constante demanda del crudo o de los combustibles fósiles se reduzca, lo que causará un mayor alivio para el planeta a la hora de buscar yacimientos de petróleo o combustible fósil.

También se debe tener en cuenta que en Colombia el manejo o la realización del hidrotratamiento (desoxigenación), para así obtener combustibles líquidos y con estos generar energía eléctrica, es viable debido al gran potencial que tiene el país en torno a la agricultura, avicultura o la cultura pecuaria, haciendo con esto que las regiones del país que más producen biomasa, se potencien y manejen los residuos agrícolas y agroindustriales, una región que se puede beneficiar es Cundinamarca.

Ahora bien la producción de estos biocombustibles son altamente sustentables en Colombia, puesto que en el país existe una gran variedad de biomásas que no compiten o no están involucradas con el sector alimenticio del país pero que si tienen un gran potencial energético. Lo cual potenciara el sector agrícola en el país como uno de los más grandes motores económicos, generadores de empleo y que ayuden al desarrollo socioeconómico del país, al ser impulsado o promovidos a crear estos biocombustibles.

En 2009 el ministerio de minas y energía suministro un documento institucional donde se evidencia el estado de ese momento para las energías renovables y biocombustibles, aunque principalmente estas son alimentadas por el sector agrícola se observa el aprovechamiento y el apoyo que tienen estas energías renovables en Colombia, para esa publicación se tenían 2 plantas de producción de biodiesel con una capacidad aproximada de 300,000 litros por día y otras 2 plantas con un promedio cercano a 150,000 litros por día, como se observa en la Tabla 1. ^[15]

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 6 de 167

Tabla 1 Plantas de Producción de Biodiesel.

Región	Inversionista	Capacidad (T/Año)	Capacidad (L/Día)	Área Sembrada (Ha)	Fecha entrada
Norte, Codazzi	Oleo flores	50,000	168,719	11,111	Enero de 2008
Norte, Santa Marta	Odin Energy	36,000	121,477	8,000	Agosto de 2008
Norte, Santa Marta	Biocombustibles Sostenibles del Caribe	100,000	337,437	22,222	I T 2009
Oriental, Facatativa	Bío D	100,000	337,437	22,222	I T 2009
TOTAL		286,000	965,070	63,555	

Fuente: Ministerio de Minas y Energía. ^[15]

Estas plantas junto con los programas de mezcla de biocombustible permitieron que una parte importante de la nación distribuya, una mezcla de 10% de alcohol carburante con gasolina, y para el caso del biodiesel un 5% con ACPM. ^[15]

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 7 de 167

2. CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General.

Diseñar un prototipo experimental para la producción de un biocombustible tipo diésel a partir del hidrotratamiento (desoxigenación) de ácidos grasos derivados de residuos animales.

2.2. Objetivos Específicos.

- Realizar el análisis del estado del arte a partir de publicaciones arbitradas.
- Estudiar la caracterización de la materia prima más adecuada para el proceso, que esté disponible como residuo en el departamento de Cundinamarca.
- Validar las condiciones de la materia prima para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales.
- Diseñar un prototipo de planta experimental para la producción de diésel renovable, generado desde residuos grasos.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 8 de 167

3. CAPÍTULO 3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Estado del Arte

En este apartado se verá el estado del arte en diferentes niveles, los cuales son a nivel institucional, a nivel nacional y a nivel internacional, además se realizó un análisis de tendencias en cuanto a países, años y clúster de las publicaciones arbitrarias que se investigaron para la realización del mismo.

3.1.1. A Nivel Institucional.

En esta línea de investigación el presente es pionero en la Institución, por ende no se encuentra hasta el momento de la realización, tesis que se asemejen a esta propuesta, en el repositorio de archivos de la universidad, aunque se encuentra documentación de aprovechamiento de residuos orgánicos de origen vegetal mas no de origen animal, para la producción de compost, aunque no para la producción de biocombustibles a partir de materia prima de origen animal.

3.1.2. A Nivel Nacional.

En las últimas décadas alrededor del mundo se han generado y desarrollado nuevas generaciones de los combustibles, estos tienen como característica principal el uso de materias primas que no generen grandes consecuencias al medio ambiente, en nuestro país muchas personas se han unido a esta tendencia, generando nuevas políticas públicas y normatividad, gracias a esto Colombia ha dado un fuerte apoyo al estudio de biocombustibles, es gracias a la Ley 693 del 2001.

La investigación se centra en la contribución para poder cerrar las brechas tecnológicas y dar aporte con conocimiento útil a la sociedad, para que así no solamente sean los expertos quienes desarrollen estos biocombustibles, sino también la gente del común. ^[41]

El Diésel renovable, es un hidrocarburo líquido obtenido a partir de fuentes renovables, este pasa por procesos termoquímicos (hidrotratamiento/isomerización, BTL, ETC), o también bioquímicos, es posible

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 9 de 167

porque tienen una composición química similar a las fracciones del diésel de los hidrocarburos líquidos obtenidos por el petróleo.

El hidrotreatmento (HDT), es un proceso termoquímico que utiliza catalizadores con presencia de hidrogeno, teniendo como fin transformar y/o mejorar combustibles que tienen gran contenido de contaminante, entre los contenidos contaminantes están, el azufre, aromático, nitrógeno y metales, para así convertirlos en combustibles limpios. [47]

Debido a la progresiva tendencia por disminuir el choque ambiental que los combustibles fósiles han producido en nuestro planeta, los biocombustibles, como el bioetanol, biodiesel y biogás, cobrando gran importancia a la hora de hablar de energías combustibles alternativas, dado que estas son renovables y generan una menor difusión de agentes contaminantes para la atmosfera.

A su vez la obtención de estos es realmente fácil en vista de que estos son tratados con la misma maquinaria para convertir el petróleo en energía, por ende no es necesario cambiar o realizar nuevas estructuras para poder producir estos biocombustibles, gracias a esto en Colombia se han realizado una serie de investigaciones para poder producir bioetanol y biodiesel desprendidas de materias primas que no comprometen en áreas de cultivos para la alimentación. [44]

3.1.3. A Nivel Internacional.

Haciendo uso del aceite de *Jatropha curcas* (AJC), el cual es considerado en México como una materia prima variable para el obtención de bioturbosina y uso del proceso de la hidrodeshidrogenación o hidrotreatmento (HDO), se establecieron unas condiciones para la extirpación del aceite de las semillas de la planta *Jatropha curcas*, los cuales permitieron obtener estas con un índice de acidez bajo, estas fueron sometidas al proceso de HDO, usando un reactor de lecho fijo, a 40 bar de presión, con temperaturas entre 300-345 °C y a una velocidad espacial (WHSV) de entre 1.5-3 h⁻¹, a partir de la información que obtuvieron determinaron la cinética de la conversión de los triglicéridos, así como el rendimiento de hidrocarburos en el intervalo de la bioturbosina y el diésel verde. [39]

Actualmente el petróleo es la fuente principal de energía, y los combustibles derivados de este son materia prima no renovable, las cuales permiten el desarrollo

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 10 de 167

económico y social de nuestro entorno. Por lo tanto, el autor nos afirma la importancia que tiene la realización de su refinación, uno de los procesos más importantes para llevar al cabo la refinación, es el hidrotreamiento, cual nos permite la eliminación de compuestos contaminantes como el azufre y el nitrógeno. Para realizar este proceso, se necesita de un catalizador el cual es utilizado en la reacción, actualmente la mayoría de los catalizadores comerciales están contruidos por metales como el “níquel, cobalto o el molibdeno”, pero se debe tener en cuenta la evaluación de catalizadores NiMo soportador por el óxido mixto (γ -Al₂O₃- SiO₂), el cual en esta investigación presento diferentes concentraciones de SiO₂ (0 y 10% peso), en esta investigación el autor decidió realizar esta evaluación con un corte destilado de 200 a 300°C, el cual provenía de un aceite crudo. [40]

Gracias al desarrollo de las novedosas tecnologías generadas para la producción de combustibles limpios, tales como el diésel renovable, han surgido nuevos combustibles que pretenden sustituir los combustibles derivados del petróleo, estos buscan contrarrestar los efectos contaminantes que tienen. El diésel renovable, es producido por hidrotreamiento de aceite vegetal, el cual presenta muchas ventajas por encima de los demás combustibles renovables, entre estas ventajas es que no es necesario hacer una nueva infraestructura para la obtener este diésel, si no que con las mismas estructuras con las que se realiza el hidrotreamiento del petróleo. Para su obtención se ve involucrados catalizadores bifuncionales, de alta presión de hidrogeno y temperatura de reacción aproximada a 350°C, el autor hace uso de catalizadores comerciales, “NiMo/Al₂O₃ y CoMo/Al₂O₃”. Los catalizadores se caracterizaron por absorción atómica, microscopia de transmisión eléctrica (Por sus siglas en inglés, TEM), difracción de rayos X y fisiorción de N₂. [42]

Estudiar cuáles son las posibilidades para la obtención de diésel verde a partir de los residuos grasos producidos por la utilización pecuaria, entre estos se encuentran las grasas de los pollos, cerdos y vacuna, es necesario analizar las variables, de reacción molar alcohol/grasa y cantidad de material catalizador, debido a que son las más incidentes en la calidad del biodiesel. El rendimiento de la obtención de esta grasa residual tiene distintos porcentajes en los diferentes animales evaluados, en el pollo su porcentaje es del 70.5%, en la del cerdo es del 90%, luego de esto con el estudio de caracterización realizado a la materia grasa del cerdo y del pollo se establece que las dos tipos de materias primas poseen una acidez baja, lo cual posibilita un gran grado de transesterificación, considerando

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 11 de 167

que consiguieron un rendimiento del 96% utilizando la grasa de pollo y del 91.2% utilizando la grasa de cerdo. [43]

En petroleras, es común el uso de zeolitas como catalizador en una amplia diversidad de procesos, esto gracias a su alta actividad, selectividad y gran área superficial, por esta razón se han realizado investigaciones e innovaciones con el fin de ser más amigables con el medio ambiente. La hidrodeshidrogenación (HDO), método el cual consiste en la eliminación del oxígeno en forma de agua usando catalizadores a elevadas presiones y temperaturas, con el fin de obtener hidrocarburos que se encuentran en el intervalo de bioturbosina y diésel renovable, estos generados con la formación de isoparafinas. [46]

Se tiene en cuenta la caracterización y evaluación en la reacción de hidrodeshulfuración (HDS) de dibenzotiofeno (DBT). Para estos los catalizadores fueron modificados con un aditivo orgánico, esto se caracterizó con diversas técnicas, tales como la reducción de la temperatura programada (TPR), caracterización por microscopía electrónica de barrido (SEM), entre otras todo con el fin de para cada una de estas evaluaciones una muestra de su actividad catalítica en la reacción de hidrodeshulfuración (HDS). [51]

En Perú, como también lo es alrededor del mundo, el uso del combustible diésel es muy usado, sin embargo este presenta un alto contenido de azufre, el cual está en el rango de los 2mil y 5mil parte por millón (ppm). Esto perjudica de manera preocupante el medio ambiente como también a la salud humana. Siendo esto el motivo por el cual alrededor del mundo se están promulgando leyes con las cuales las refinerías inviertan en la modernización de sus instalaciones con el fin de bajar el porcentaje de azufre que contiene sus combustibles. Por esta misma razón se estudió la optimización de la Desulfuración del combustible diésel, debido a que estos procesos actualmente que son desarrollados alrededor del mundo tienen un alto consumo de hidrógeno o son relativamente costosos por lo cual realizar esta acción no es rentable. [52]

3.1.4. Tendencias en Producción de Ácidos Grasos por el Proceso de Hidrotratamiento

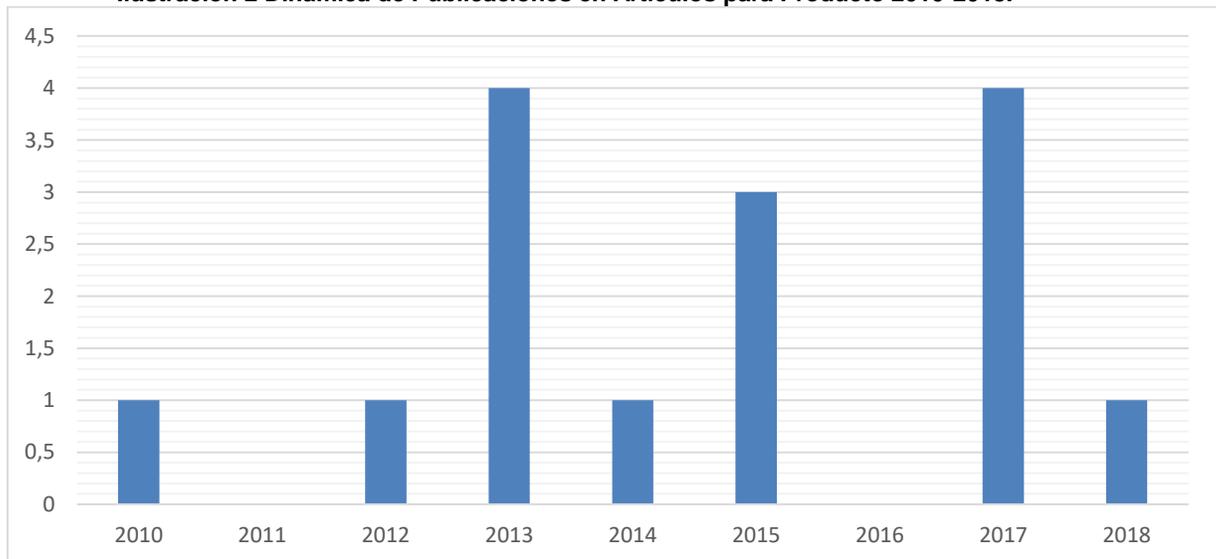
El diésel renovable presenta una alternativa del diésel convencional a base de crudo de petróleo, se convierte en un biocombustible importante para tener una vigilancia de publicaciones relacionadas, enfocada en los procesos utilizados para

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 12 de 167

su elaboración, desarrollos tecnológicos, avances de innovación para mejorar la calidad del producto y posibles nuevos subproductos en su proceso de producción. En los desarrollos del biocombustible se encuentra que México es uno de los países con mayor cantidad de artículos dedicados a la investigación del desarrollo del mismo, junto con Colombia y España. En la ilustración 2 se observa el comportamiento que las publicaciones sobre la producción de biodiesel, el cual presenta unos periodos de un alto número de publicaciones cada 2 años aproximadamente además de tener un promedio del 2010 al 2018 de 1 a 2 artículos por año de publicaciones o artículos relacionados con el diésel renovable y sus procesos de elaboración, del año 2016 no se encontraron publicaciones arbitrarias que evidencien desarrollo de investigación de esta área, como se observa en la Ilustración 2.

Ilustración 2 Dinámica de Publicaciones en Artículos para Producto 2010-2018.

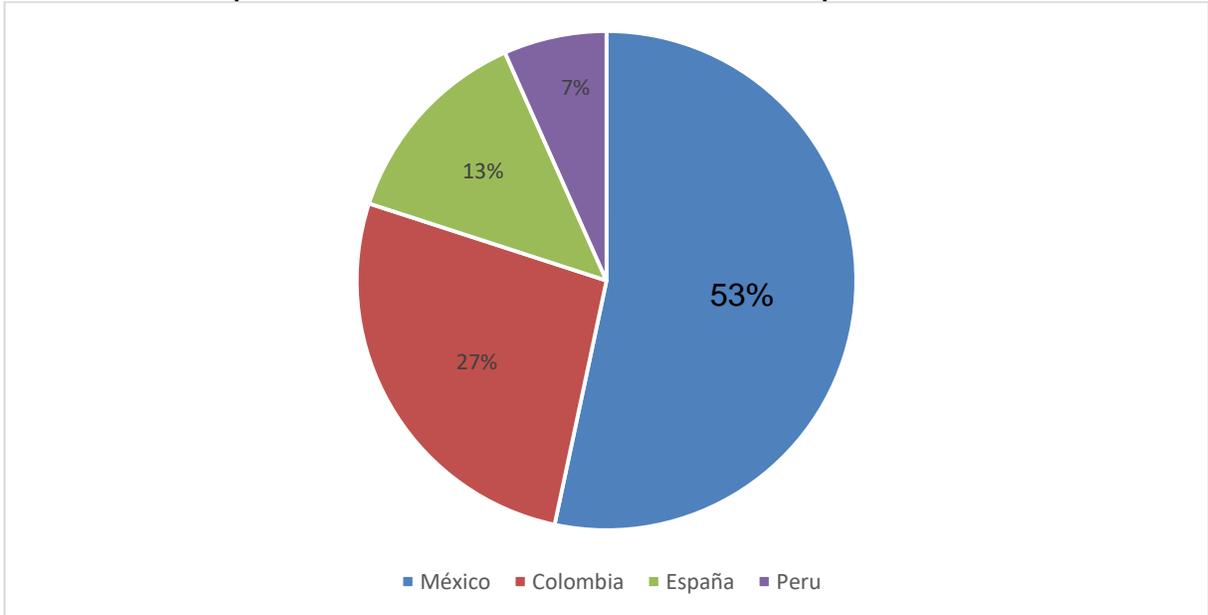


Fuente: Autoría propia.

En la Ilustración 3 se tiene la participación en la publicación de desarrollo de biodiesel de los principales países, que han desarrollado investigaciones sobre la producción de este biocombustible. México encabeza el índice de participación con un 53% de las publicaciones de este campo, seguido por Colombia con un 27% y España con el 13%.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 13 de 167

Ilustración 3 Participación de los Países en Publicaciones en Artículos para Producto 2010-2018.



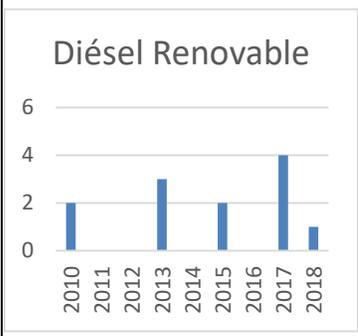
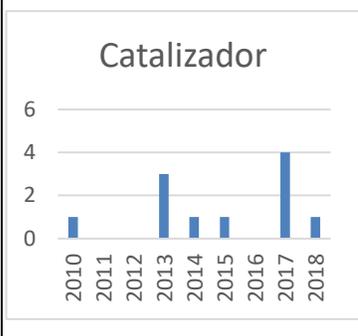
Fuente: Autoría propia.

La Tabla 2 enseña el perfil de los principales clúster de investigación, en el clúster 1, se caracteriza por demostrar el producto obtenido después del proceso de hidrotratamiento, el cual es Biodiesel, en este se enfatiza publicaciones que hablan acerca de la producción de diésel tradicional con el proceso. El clúster dos expone la dinámica de publicaciones en las cuales se utiliza un catalizador NiMo (Níquel-Molibdeno) o CoMo (Cobalto-Molibdeno) soportado en zeolitas o alúmina los cuales son los más usados para la producción de biodiesel, también describen otros catalizadores no tan comunes. En el clúster tres se enfoca en la identificación de las temperaturas utilizadas en el proceso de producción de biodiesel, en este se puede observar que está separado en rangos de temperatura menor a 200°C de temperatura, son comúnmente asociados a la materia prima utilizada que en este caso serían los aceites vegetales y aceites reutilizados para la producción del biocombustible, en los rangos de temperatura superiores a 200°C, se observa que son más relacionados a materias primas como lo serían grasas extraídas de origen animal y crudo de petróleo. Los siguientes dos clúster que son los finales están enfocados en ver las materias primas utilizadas generalmente, entonces en el cuarto clúster se visualiza que en 4 investigaciones se relaciona la producción de biodiesel a las grasas de origen animal. Y en el quinto y último clúster está dirigido a la producción de Diésel renovable con materia prima vegetal o aceites vegetales, se resalta que las iniciales e instituciones

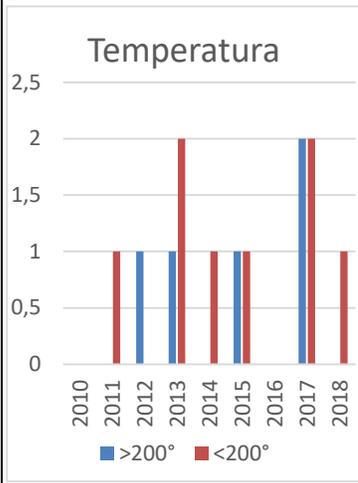
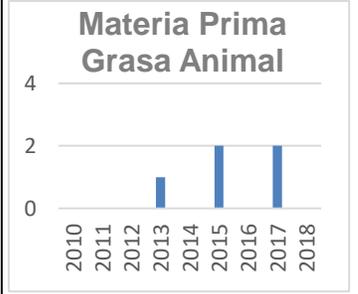
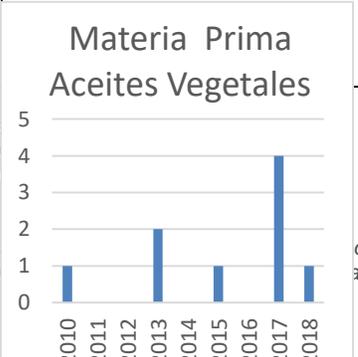
	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 14 de 167

que no lleven número de artículos solo publicaron 1 artículo relacionado al tema de interés.

Tabla 2 Perfil de los Clúster Identificados.

Países [# Artículos]	Iniciales de Autores [# Artículos]	Nombre de Instituciones [# Artículos]	Tema de Interés	Dinámicas de tendencias de publicaciones
México[6] Colombia[4] España[2]	J. P. R. L., L. P. T., E. A. D. L. R. R., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., F. V. R. L., E. C., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [3], Pontificia Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. 18th internacional Oíl Palm Conferencie. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología.	Diésel Renovable	
México[7] Colombia[2] España[2]	J. P. R. L., N. A. R. M., N. A. R. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.[3], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS.[2], Luna Azul, Fundación Universidad De América, Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias	Catalizador	

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 15 de 167

		Experimentales y Tecnología, Universidad de Córdoba, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.																																
México[2] Colombia[2] Perú[1] México[6] España[2]	A. I. C. E., M. E. G. C., C. A., A. C., L. B., A. L. M., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R. J. P. R. L., N. A. R. M., E. A. D. L. R. R., F. V. R. L. B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C.	Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [2], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. [2], Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad de Córdoba. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.	Temperatura < 200° > 200°	 <table border="1"> <caption>Temperatura</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>>200°</th> <th><200°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>2012</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>2014</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>2016</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>2</td><td>0</td></tr> <tr><td>2018</td><td>0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Año	>200°	<200°	2010	0	0	2011	0	1	2012	1	0	2013	1	2	2014	0	1	2015	1	0	2016	0	0	2017	2	0	2018	0	1
Año	>200°	<200°																																
2010	0	0																																
2011	0	1																																
2012	1	0																																
2013	1	2																																
2014	0	1																																
2015	1	0																																
2016	0	0																																
2017	2	0																																
2018	0	1																																
México[1] Colombia[3] España[1]	C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., E. C., B. C., R. M., E. M., A. P. M.	Luna Azul. Fundación Universidad De América. 18th internacional Oil Palm Conferencie. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad de Córdoba.	Materia Prima Grasa Animal	 <table border="1"> <caption>Materia Prima Grasa Animal</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>1</td></tr> <tr><td>2014</td><td>0</td></tr> <tr><td>2015</td><td>2</td></tr> <tr><td>2016</td><td>0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>2</td></tr> <tr><td>2018</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Año	Valor	2010	0	2011	0	2012	0	2013	1	2014	0	2015	2	2016	0	2017	2	2018	0										
Año	Valor																																	
2010	0																																	
2011	0																																	
2012	0																																	
2013	1																																	
2014	0																																	
2015	2																																	
2016	0																																	
2017	2																																	
2018	0																																	
México[5] Colombia[2] España[2]	J. P. R. L., L. P. T., E. A. D. L. R.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [3], Pontificia	Materia Prima	 <table border="1"> <caption>Materia Prima Aceites Vegetales</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>1</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>2</td></tr> <tr><td>2014</td><td>0</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>4</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Año	Valor	2010	1	2011	0	2012	0	2013	2	2014	0	2015	1	2016	0	2017	4	2018	1										
Año	Valor																																	
2010	1																																	
2011	0																																	
2012	0																																	
2013	2																																	
2014	0																																	
2015	1																																	
2016	0																																	
2017	4																																	
2018	1																																	

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 16 de 167

R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., A. P. M., A. I. C. E.	Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Fundación Universidad De América. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad de Córdoba.	Aceites Vegetales	
--	---	----------------------	--

Fuente: Autoría propia.

3.2. Fundamentos Teóricos

En este apartado se podrá observar los diferentes fundamentos teóricos requeridos para ampliar el conocimiento general del proyecto actual.

3.2.1. Hidrotratamiento de Aceites.

El gran auge que existe por el desarrollo de energías más limpias haciendo uso de energías renovables que no dependen de la disposición y variabilidad del valor que tiene el petróleo. La Agencia Internacional de Energía (IEA) afirma que los biocombustibles dominarán el sector energético en el año 2030. ^[13]

La transformación de los triglicéridos mediante el hidrotratamiento se basa en la remoción total del oxígeno para así obtener una combinación de parafinas con un punto de ebullición similar al del gasoil. ^[6]

Este hidrotratamiento presenta algunas ventajas entre estas son:

- El producto es compatible con los motores ya existentes.
- La constitución de ácidos grasos que están en la materia prima no es relevante.
- Las emisiones de NO_x no se ven incrementadas.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

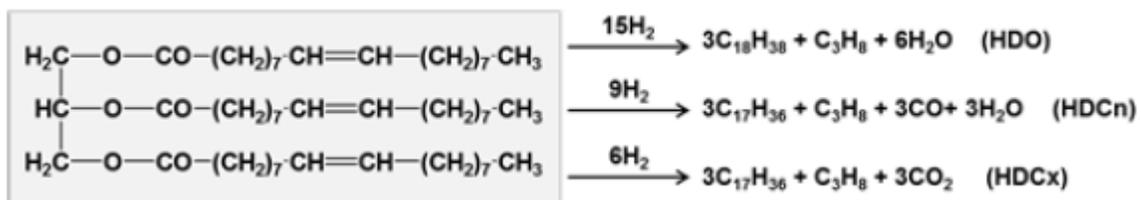
	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 17 de 167

- Mientras se realiza el hidrotatamiento no se genera subproductos que necesiten algún tipo de tratamiento adicional, como por ejemplo el glicerol obtenido durante la síntesis del diésel renovable.
- La venta o distribución del diésel renovable no presenta contaminación adicional, por esto puede ser transportador mediante los mismos ductos que actualmente se utilizan para transportar el diésel petroquímico.
- Tiene un mejor rendimiento en clima frío.

3.2.2. Reacciones Involucradas.

Durante la conversión de los triglicéridos a diésel renovable donde se produce la remoción del oxígeno, en el cual donde al mismo tiempo se produce la hidrogenación de los dobles enlaces olefínicos. Esta ocurre a partir de tres tipos de reacciones: hidrodesoxigenación (HDO), hidrocarbonilación (HDCn) o hidrodecarboxilación (HDCx), en la ilustración 4 se puede observar la esquematización en orden decreciente bajo el consumo de hidrógeno en su forma de formula estructural condensada donde cada uno de estas reacciones se colocaron de forma descendente indicando el número de moles de hidrogeno (H₂) que consumen.

Ilustración 4 Esquema de Reacciones para la Conversión de un Triglicérido (Trioleína) a Diésel Renovable Mediante Hidrotatamiento.



Fuente: Grupo de investigación PQI (Procesos Químicos Industriales) de la Universidad de Antioquia.

Estas reacciones tienen en común que se generan hidrocarburos y que el glicerol hace parte de la molécula de triglicérido el cual se convierte en propano.

En la HDO es la única que a partir de ella se produce parafinas que posee la misma cantidad de números de átomos de carbono que el de los ésteres de ácidos grasos del aceite del cual derivan. Por otra parte los HDCn o el HDCx, los átomos de carbono se reducen en una unidad.

Durante la realización del HDO, esta consume quince (15) moles de hidrógeno por mol de trioleína, de los cuales tres son consumidos para hacer la saturación de los tres (3)

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 18 de 167

moles de ácido oleico y doce (12) moles en la desoxigenación de los tres enlaces éster, también se generan seis (6) moles de agua como se muestra en la Ilustración 4. En la HDCn se consume menos hidrógeno que en la HDO pero también produce menos agua y a su vez 3 moles de CO. Por el contrario parte el HDCx no genera agua y esta se caracteriza por generar CO₂ como también consumir muy poco hidrógeno.

3.3. Marco Legal.

- **Plan Energético Nacional (PEN) 2006-2025:** En este se propone elementos que sirven de orientación para tomar decisiones en el sector energético nacional el cual tiene una perspectiva a largo plazo. ^[7]
- **Plan Visión Colombia 2019:** Este establece que la estrategia está vinculada a la necesidad del desarrollo de infraestructura con el fin de posicionar al país como un gran “Clúster Regional Energético”. ^[8]
- **Ley 693 de Septiembre del 2001:** El cual reglamenta el uso de los alcoholes carburantes en las gasolinas, actualmente en el país se maneja una mezcla con un mínimo de 8% de alcohol y un 92% de gasolina. ^[9]
- **Ley 939 del 2004:** La cual estimula la producción y comercialización de biocombustibles para uso en motores diésel, comúnmente conocido como diésel renovable, en la actualidad en Colombia se maneja un 10% de diésel renovable y un 90% de diésel petroquímico. ^[10]

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 19 de 167

4. CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

En el desarrollo de la presente propuesta se ha utilizado la siguiente metodología de diseño y desarrollo, a continuación se describen los procedimientos realizados.

4.1. Recolección de información

Esta etapa se enfocó en hacer una búsqueda de publicaciones arbitradas para realizar un estado del arte y un análisis de este, en cuanto a sus tendencias de publicación, por año y por países, además de desarrollar un estudio de los clúster de investigación, con el fin de conocer el estado actual de publicaciones sobre el proceso del hidrotratamiento.

4.2. Estudio de la materia prima

Esta se enfocó en realizar una investigación y determinar las características más importantes que debe tener la materia prima de origen animal, además se analizó su disponibilidad en el departamento de Cundinamarca, así como el análisis de la materia prima seleccionada la cual fue ácidos grasos de pollo, y determinar su eficiencia para el proceso de transformación a diésel renovable.

4.3. Establecimiento de los elementos de entrada para el diseño

En esta etapa se determinaron los requisitos propios de cada una de las fases del diseño, para ser usados como referentes en cada una de las fases posteriores. Se tuvieron en cuenta como elementos de entrada los antecedentes de fuentes consultadas y el conocimiento de asesores expertos en el tema, en este caso se tomó el concepto de los investigadores ingenieros químicos del grupo de investigación PQI (Procesos Químicos Industriales) de la Universidad de Antioquia.

4.4. Desarrollo del proceso de diseño

Contempló el análisis, búsqueda de alternativas de solución, toma de decisión sobre las alternativas de solución y documentación de los resultados del diseño, con un diseño en 3D y análisis de los componentes que lo constituyen.

4.5. Generación de resultados del diseño

En esta etapa se desarrolló la implementación en una simulación del proceso y se generaron resultados del proceso definitivo, las simulaciones planteadas representan el proceso completo de hidrotratamiento, para llegar a ello se analizaron los resultados obtenidos con Hysys Aspen, ^[37] el cual permitió proyectar el comportamiento de las variables y posteriormente se desarrolló un diseño en 3D de lo que será el prototipo

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 20 de 167

planta experimental, cabe resaltar que todos los elementos que se visualizan son reales y comerciales.

4.6. Revisión de los resultados

En cada etapa contemplada se realizaron revisiones sistemáticas del proceso de diseño para evaluar y validar el cumplimiento de requisitos, identificar cualquier problema y tomar los cursos de acción necesarios en cada situación presentada.

4.7. Prueba de verificación

Aparte de validar los resultados con las simulaciones presentadas en este proyecto, se desarrollaron pruebas en los laboratorios de ingeniería química de la Universidad de Antioquia, para confrontar dichos resultados y los elementos de entrada contemplados para cada etapa del diseño y desarrollo.

4.8. Cronograma de Actividades

En la Tabla 3 se ve el cronograma de actividades planteado para el desarrollo del proyecto de investigación.

Tabla 3 Cronograma de Actividades.

ACTIVIDAD GENERAL DEL PROYECTO	SUB ACTIVIDADES QUE VA A DESARROLLAR EN EL PROYECTO	TIEMPO EN SEMANAS (6 MESES)																								PRODUCTOS/ENTREGABLE	RESPONSABLE
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Recolección de información	a. Análisis del estado del arte del hidrot ratamiento (de oxigenación) y dispositivos electrónicos																									Informe técnico sobre el análisis del estado del arte del hidrot ratamiento (A partir de publicaciones arbitradas).	Estudiant e Cristian Arnulfo Arias Vargas, Ing. Cesar Casas
Caracterización de producto de hidrólisis	a. Estudio de la caracterización de la materia prima seleccionada de acuerdo a los requerimientos del proceso.																									Informe técnico que contemple los estudios necesarios para encontrar las características y resultados de rendimientos en el proceso de extracción de los ácidos grasos animales.	Estudiant e Cristian Arnulfo Arias Vargas, Ing. Cesar Casas

5. CAPÍTULO 5. PLAN DE TRABAJO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Etapas del proyecto

Para este proyecto se cuenta con 5 etapas o fases, se debe tener a consideración que al ser este parte de un macro proyecto se mencionaran todas las etapas, aunque está centrada en la que en este proyecto nos compete la cual es la **Diseño planta piloto**.

5.1.1. Primera Etapa.

En la primera etapa se realizara la recolección de información. El análisis del estado del arte (publicaciones arbitrarias), análisis del Estado de la Técnica (Búsqueda de patentes), búsqueda de antecedentes, caracterización de RSO.

5.1.2. Segunda Etapa.

En esta etapa se realiza la selección de la materia prima, se contempla una revisión previa a nivel departamental de los residuos grasos animales teniendo en cuenta el impacto ambiental, la oferta y la disponibilidad de este. Luego se realiza la caracterización de la misma y será acondicionada de acuerdo a los requerimientos que se enseñan en la Tabla 4.

Tabla 4 Caracterización de la Materia Prima y el Producto de Hidrólisis de Grasas Animales.

Propiedad	Norma	Justificación
Índice de yodo	ASTM D-5554	Indicativo del contenido de insaturaciones en el aceite.
Índice de saponificación	ASTM D-5558	Indicativo del contenido de glicéridos y ácidos grasos existentes en el aceite o grasa.
Porcentaje de acides	ASTM D-1980	Permite determinar el grado de hidrólisis de los glicéridos (mono, di y triglicéridos).
Peso molecular	Cromatografía CG-MS	Determinación del contenido de sustancias que son consideradas impurezas del aceite, ya que pueden tener un efecto negativo en las reacciones de

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 25 de 167

		hidrotratamiento (Esteroles, tocoferoles, pigmentos, etc.)
Contenido de material insaponificable o gomas	ASTM D-1965	Indicativo del material que no puede ser saponificado del aceite.
Composición de ácidos grasos	Cromatografía CG-MS	Determinación cuantitativa y cualitativa de los ácidos grasos dentro del aceite.

Fuente: Grupo de investigación PQI (Procesos Químicos Industriales) de la Universidad de Antioquia.

Según la Tabla 4 se tienen 6 tipos de análisis importantes requeridos para garantizar que la materia prima sea óptima para el desarrollo de un biocombustible tipo diésel, esos son:

- Índice de yodo: Este está relacionado con la dureza y la densidad de la materia grasa, está orientado a la determinación del valor de yodo de grasas y aceites, este se describe como el número de centigramos de yodo absorbido por gramo de muestra, en aceites y grasas el índice de yodo generalmente es alto. ^[18]
- Índice de saponificación: Este determina el valor de saponificación de ácidos grasos, resulta importante para el análisis de los ácidos grasos con sustancias no saponificables como lo sería el catalizador NiMo soportado en alúminas. ^[19]
- Porcentaje de ácidos: determina la cantidad de grasos libres que contienen los ácidos grasos o una medida de su acidez, este está definido como la cantidad de miligramos de hidróxido de potasio que se requiera para lograr neutralidad en los ácidos grasos en 1g de muestra. ^[20]
- Peso molecular: Es la relación que existe entre el agua y dicha sustancia determinada por su densidad, esta para los ácidos grasos se toma a una temperatura de 60°C comparado con un volumen de agua a temperatura ambiente.
- Contenido de material insaponificable o gomas: Este determina la cantidad de materia insaponificable presente en los ácidos grasos, esta es la sustancia que esta disuelta en los ácidos grasos y no puede ser saponificadas por el hidróxido de potasio, generalmente su índice es bajo. ^[21]
- Composición de ácidos grasos: este se determina por cromatografía GC-MS, para determinar los compuestos que tienen los ácidos grasos.

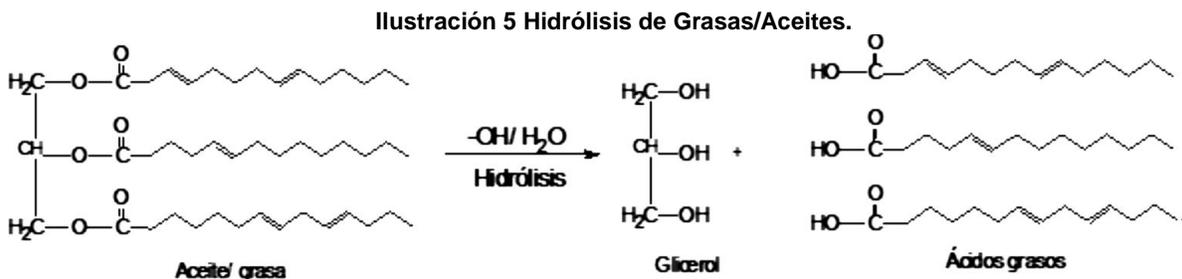
	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 26 de 167

5.1.3. Tercera Etapa.

En la tercera etapa se contempla la transformación de los residuos grasos animales en sus respectivos ácidos grasos. Para este proceso convencional de hidrotreatmento de grasas de origen animal para producir hidrocarburos se emplea la materia prima sin ninguna transformación, es decir se emplea el aceite o la grasa en forma de triglicérido. Esta etapa busca fundamentalmente los siguientes propósitos:

- La búsqueda de una molécula simple, (el ácido graso es más simple que el triglicérido) para así poder realizar la etapa de hidrotreatmento.
- En la etapa de hidrólisis del triglicérido es la etapa de purificación de la materia prima para así poder hacer el hidrotreatmento de las posibles contaminaciones que pueden tener este tipo de aceite.
- Reducción de tiempos de reacción comparada con los procesos convencionales, que se toma como inicio, el aceite sin modificar para realizar así el hidrotreatmento y después obtener biohidrocarburos.

En la Ilustración 5 se observa las formulas químicas semidesarrolladas correspondientes a los aceites o grasas, el proceso por el que transcurre el cual es la hidrólisis y el resultado de su transformación en ácidos grasos visualizadas en su forma estructural semidesarrollada.



Fuente: Grupo de investigación PQI (Procesos Químicos Industriales) de la Universidad de Antioquia.

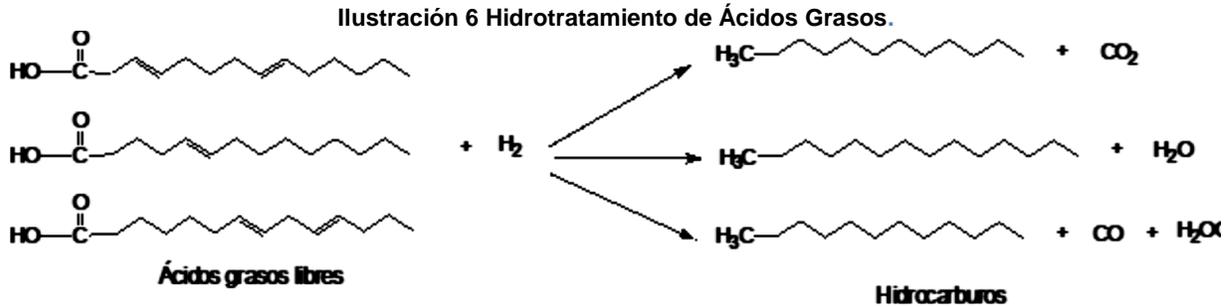
5.1.4. Cuarta Etapa.

En esta etapa se realizara el proceso de mejorado del hidrotreatmento, mediante las reacciones de la desoxigenación empleando los aceites modificados que se obtuvieron en la etapa anterior.

En la Ilustración 6 se observa las formulas químicas semidesarrolladas correspondientes a los ácidos grasos libres, una adición de moléculas de hidrogeno (H₂) este proceso es conocido como hidrotreatmento o deoxigenación y el resultado

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 27 de 167

de su transformación en hidrocarburos en su fórmula semidesarrollada, con los subproductos adicionales de la reacción.



Fuente: Grupo de investigación PQI (Procesos Químicos Industriales) de la Universidad de Antioquia. Para esto se usará un catalizador, el catalizador a emplear es el comercial de NiMo (níquel molibdeno soportado en alúmina), la modificación de este en pocas palabras se realizará mediante el tratamiento con azufre obteniendo este mediante fuentes tales como: el ácido sulfhídrico, dimetildisulfuro y el azufre elemental.

Para estudiar esta reacción se hace necesario la evaluación de un diseño experimental factorial 3³, este incluye tres (3) variables de entrada y dos (2) de salida.

- Variables de entrada.
 - Temperatura (tres niveles).
 - Presión (tres niveles).
 - Tiempo (tres niveles)

Total de experimentos: 54 donde se incluyen los duplicados.

- Variables de salida.
 - Conversión.
 - Pureza del biocombustible obtenido.

El producto que se obtendrá en esta etapa, será caracterizado mediante la medición de índices claves de calidad de combustibles como se visualiza en la Tabla 5.

Tabla 5 Condiciones de Calidad del Biocarburos para Motores Diésel Renovable para Mezcla con los Combustibles Diésel Petroquímico.

Propiedad	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo o equivalentes
Número de cetano	-	70	-	ASTM D613

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 28 de 167

Densidad a 15 °C	Kg/m ³	765	800	ASTM D4052
Punto de inflamación	°C	>55	-	ASTM D93
Viscosidad a 40 °C	Mm ² /s	2	4.5	ASTM D445
Destilación IBP del 95 % (v/v) recuperada	°C	160	360	ASTM D86
Residuos de carbón micro (10 % fondos)	% (mm)	-	0.30	ASTM D4530
Contenido de agua	Mg/kg	-	500	ASTM E 1064
Apariencia	Pasa-no pasa	-	-	ASTM D4176
Contaminación total	Mg/kg	-	24	EN 12662
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	Clase 1	-	ASTM D130
Estabilidad a la oxidación	h	20(2)	-	EN 14112
Punto de fluidez	°C	-	3	ASTM D97
Tendencia al bloqueo de filtros (FBT)	-	-	-	ASTM D2068

Fuente: MME. Normatividad general de los biocombustibles en Colombia, Resolución 90963.2014.

Por último en esta etapa se debe determinar que la mezcla para la producción de biocombustible que se realiza a partir de diésel y diésel renovable se encuentre dentro de las especificaciones de calidad que se establecieron en la normativa nacional.

5.1.5. Quinta Etapa.

Con los resultados obtenidos de la caracterización que se realizó en la etapa anterior se hacen al menos 5 mezclas de los productos obtenidos con el diésel comercial (B2, B5, B8, B10 y B20) para comparar la variación de las propiedades del combustible mezclado, La caracterización de esas mezclas se generan de acuerdo a los parámetros de calidad que se presentaron en la Tabla 6.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 29 de 167

Tabla 6 Condiciones de Calidad del Biocombustibles para Motores Diésel Renovable para Mezcla con los Combustibles Diésel Petroquímico. B

	Parámetro	Unidad	Especificación	Método de Ensayo
1	Azufre, máximo	% masa	0.005	ASTM D4294
2	Número de cetano, mínimo	% vol	45	ASTM D613
3	Índice de cetano, mínimo		45	ASTM D976
4	Contenido de biocombustible, máximo	% volumen	10	
5	Corrosión al cobre, 3h a 50°C, máximo	Clasificación	2	ASTM D130
6	Color ASTM, máximo	-	2	ASTM 1500
7	Residuos de carbón micro, máximo 10% fondos	% masa	0.2	ASTM 4530
8	Gravedad API, mínimo	°API	Reportar	ASTM D4052, ASTM D1298.
9	Viscosidad a 40 °C	mm ² /s	Mínimo: 1,9 Máximo: 4,1	ASTM D445
10	Destilación	°C	Reportar	ASTM D 86
11	Agua y sedimentos	% vol.	0,05	ASTM D1796 o ASTM D2709
12	Punto de fluidez, máximo	°C	3	ASTM D 97 o D5949
13	Temperatura de obturación de filtro frío (CFPP)	°C	Reportar	ASTM D 6371
14	Punto de nube/ enturbiamiento	°C	Reportar	ASTM D 2500
15	Punto de inflamación, mínimo	°C	52	ASTM D 93
16	Cenizas, máximo	% masa	0.01	ASTM D 482
17	Lubricidad	micrómetros	450	ASTM D6079
18	Estabilidad térmica	% de reflectancia	70 % mínimo a 90 minutos	ASTM D 6468
19	Estabilidad a la oxidación	g/m ³	25 máximo	ASTM D 2274

Fuente: MME. Normatividad general de los biocombustibles en Colombia, Resolución 90963.2014.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 30 de 167

5.1.6. Introducción a los reactores de lecho fijo.

Este tipo de reactor se puede usar para realizar un variedad de reacciones químicas multifásicas, por este reactor generalmente pasan fluidos tales como gases o líquidos por un material granular sólido, el cual es conocido como lecho fijo, este es llevado a temperaturas elevadas y una variedad de presiones. Este es en general el reactor más utilizado en los diferentes procesos de la industria, debido a que permite minimizar gastos de gases y permite la reutilización del catalizador, y al ser un reactor tipo semi-batch permite un proceso continuo y un control detallado del proceso. [22]

El trabajo de este reactor es poner en contacto los reactantes con el catalizador sólido para que se genere la reacción y esta progrese de manera idónea en el proceso químico que lo incorpora, este proceso es el más común y es conocido como la catálisis por sólidos o heterogénea, aunque existen otros tipos de catálisis menos comunes como lo serían, homogénea, y enzimática.

Este se emplea en procesos de la industria química básica, secundaria y como en este caso en la fracción de gasóleos, petróleo y diésel renovable. En el reactor de lecho fijo las partículas de catalizador se encuentran inmobilizadas y con un gran contacto unas con otras, lo que genera que el fluido al circular por los pequeños espacios de estas partículas se asemeje al modelo de flujo en pisto, lo cual lo hace complejo de modelizar el flujo de este, aunque el modelamiento del reactor sea fácil de comprender. [14]

En cuanto a la transferencia de temperatura, el mecanismo principal de transmisión es el lecho fijo, en él es ocurrente la formación de perfiles axiales y/o radiales de temperatura, que podrían ser una dificultad que afecta el equilibrio térmico del catalizador.

La conductividad térmica es el camino principal de transmisión de calor en el reactor de lecho fijo. Como la conducción térmica del lecho es limitada, normalmente se forman perfiles de carácter axial y/o radial de temperatura en el lecho, que logran ser un problema para el equilibrio térmico del catalizador. Generalmente el tamaño de las partículas catalíticas es entre 1 y 2mm, con el fin de evitar problemas de pérdidas de presión y lograr una eficacia superior al 50%, al tener una pérdida de actividad lenta el reactor es idóneo puesto que los catalizadores generan desactivación cuando están en operación. [14]

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 31 de 167

5.1.7. Descripción de los reactores de lecho fijo.

Un lecho fijo, está elaborado con un material sólido compacto e inerte de tabletas sólidas (catalizador en el proceso de reactores de índole catalítica), estas están ubicadas en la zona interna de un recipiente, el cual comúnmente se encuentra verticalmente. Las tabletas catalizadoras tienen un radio entre 0.5mm a 2.5mm, por otra parte los RLF (Reactor de lecho fijo) tienen una simplicidad en relación a su elaboración, exclusivamente en cuanto a sus particularidades físicas por su falta de piezas móviles.

La conductividad de calor con el entorno exterior se establece en un aspecto fundamental en el modelamiento de RLF, este entorno se puede identificar sustancialmente, posee dos modos de procedimiento: el procedimiento adiabático y procedimiento no-adiabática. En la Tabla 7 se observa el resumen de las situaciones más comunes en RLF.

En la industria de procesos, cuando es factible, es la del lecho adiabático debido a su sencillez como se visualiza en la Ilustración 7, en la utilización de estos, habitualmente se emplean dispositivos multilecho con un proceso de suplencia de calor entre las diferentes secciones (con fluido independiente) o introducción de nutrición con baja temperatura entre las secciones (quenching), el canje de temperatura entre las secciones es usualmente necesario con el fin de distanciar la ejecución de la curva de la estabilidad química, cuando se realiza el intercambio de calor mencionado, la mezcla de las corrientes en los recintos debe ser una mezcla que presenten turbulencia adecuada.

Tabla 7 Reactores de Lecho Fijo y Aplicaciones Típicas.

Identificación	Situaciones para su utilización	Aplicaciones típicas
Lecho fijo único sin intercambio de calor con su entorno	Reacción química con un resultado térmico asociado moderado (exo o endotérmicas) y no restringidas por la estabilidad química	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrogenaciones moderadas.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAar113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 32 de 167

Lechos sin intercambios de calor con su entorno en serie con enfriamiento o calentamiento intermedio	Reacción química restringida por la posición de la estabilidad química en las que se necesite una transformación prominente.	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación de SO₂ • Reformado de naftas
Reactor multitubular no-adiabático	Reacción química de prominente de consecuencia térmica (predilectamente exotérmicas). Se necesita un control adecuado de temperatura para confirmar una elevada selectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrogenaciones • Oxidaciones parciales
Reactor con intercambio de calor con su entorno, con calefacción directa en franja de horno	Reacción de una importante endotermicidad, alta temperatura de reacción necesaria	<ul style="list-style-type: none"> • Reformado de gas natural

Fuente: Modelado de reactores de lecho fijo de baja relación de aspecto asistido por Fluido-dinámica Computacional (CFD)

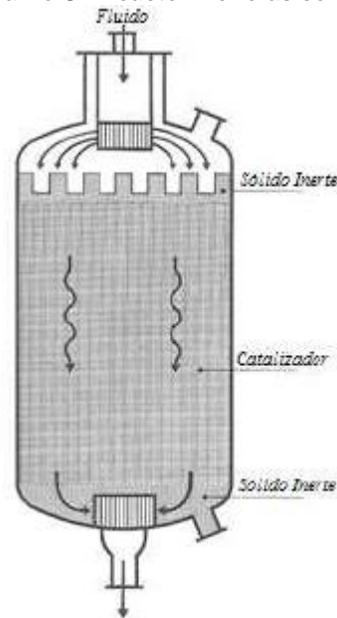
5.1.8. Reactores con intercambio de calor por la pared.

Cuando se requiere una transferencia de temperatura al mismo tiempo de producción de la reacción química, normalmente se utiliza el reactor multitubular, en este caso los catalizadores se ubican en un conjunto de tubos como se observa en la Ilustración 8, los cuales se deben poner en forma equidistante y en relación con el fluido que admite el traspaso de temperatura, normalmente este fluido permite ser el mismo que comprende la mezcla de reactantes, los cuales se ingresarán luego a la sección de reacción del lecho catalítico.

Los reactores tubulares que cuentan con una reciprocidad de temperatura por la pared de porte multitubular, tiene secciones tubulares que en el ejercicio no supera 25mm de radio, la construcción mecánica de estos es muy completa, esto normalmente ocurre cuando se instalan los tubos en un horno, como en la ocurrencia de los reactores de reformado de gas natural. Ahora bien la fluido-dinámica, en estos reactores presenta un problema, el cual es a la hora de cargar cada catalizador, pues esta carga debe ser idéntica para así poder garantizar que tendrán el mismo caudal cada uno de ellos. [23]

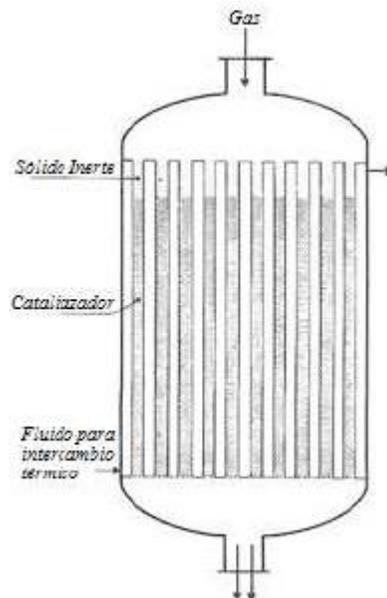


Ilustración 7 Esquema De Un Reactor Monofásico Catalítico Adiabático.



Fuente: Modelado de reactores de lecho fijo de baja relación de aspecto asistido por Fluido-dinámica Computacional (CFD).

Ilustración 8 Esquema de un Reactor Monofásico Multitubular de Lecho Fijo.



Fuente: Modelado de reactores de lecho fijo de baja relación de aspecto asistido por Fluido-dinámica Computacional (CFD).

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 34 de 167

5.1.9. Introducción a la Técnica de HPLC.

La técnica HPLC, se centra en la búsqueda de una mejor sensibilidad y elegibilidad en la localización, una rapidez superior en el análisis y menores requerimientos de cantidad en los disolventes y las muestras, esta técnica aísla y diagnostica analitos (solutos) que pueden ser orgánicos e inorgánicos, la ventaja de esta prueba es que puede determinar precisamente cualquier compuesto disuelto en cualquier líquido. [24]

El HPLC corresponde a una asociación de métodos y técnicas como se ve en la Tabla 8, las cuales son capaces de separar analitos en una amplia variedad de muestras, dando con esto una información cualitativa y cuantitativa cada vez mejor y más completa. [25]

Tabla 8 Nombres y Definiciones, Técnicas de HPLC.

Diámetro Columnar	Flujo	Nombre
4 – 7.5mm	2 -10 ml/min	Semi-preparativa
7.5 – 21 mm	10 -50 ml/min	Preparativa
>21mm	50 -1000 ml/min	Industrial
3.2 – 4.6 mm	0.5 – 2.0 ml/min	Analítica
1.5 – 3.2 mm	100 -500 µl/min	Narrowbore
0.5 – 1.5 mm	10 -100 µl/min	HPLC micro
150 – 500 µm	1 – 10 µl/min	HPLC capilar
10 - 150 µm	10 – 1000 nl/min	HPLC nano

Fuente: HPLC INSTRUMENTAL.

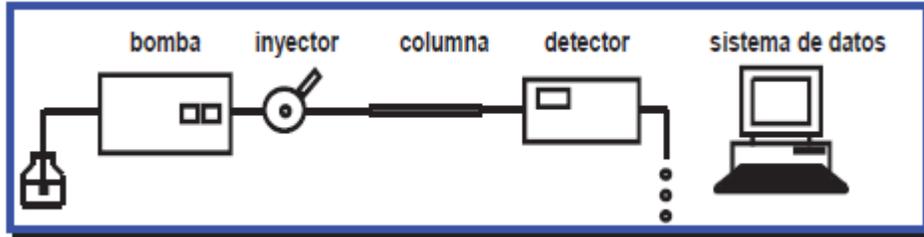
5.1.10. Cromatógrafo de HPLC.

El equipo de cromatografía de HPLC o cromatógrafo de líquidos, esta compuestos entre al menos 5 módulos como se observa en la Ilustración 9, los cuales están unidos entre sí mediante una tubería de acero u otros materiales, esta tubería usualmente tiene un radio externo de 1/5" y en ocasiones de 1/16" (en sistemas de gran resolución), ahora bien en los sistemas preparativos el diámetro es de 1/8", los 5 módulos, se conocen como: el sistema de bombeo (el cual consta de una o múltiples bombas, con o sin formación de gradientes), el inyector de muestras (automático o manual), la

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 35 de 167

columna (con o sin pre-columna), el detector (uno o más de uno) y por último el procesador de datos, este exhibe los cromatogramas con los cálculos oportunos.

Ilustración 9 Los Cinco Módulos Ineludibles del Cromatógrafo.



Fuente: HPLC INSTRUMENTAL.

Ahora bien se puede llegar a juzgar a simple vista que el sistema de bombeo es la pieza principal de un procedimiento de HPLC, pero aun así la bomba realmente ocupa un tercer lugar en nivel de importancia, ahora bien la sensibilidad del detector es quien realmente se lleva el primer lugar con este se sabrá o más bien se encontrara lo que se necesita, el segundo módulo en importancia está el software en vista de que es quien nos arrojará los resultados u elementos encontrados por el sensor, para así saber con facilidad. [26]

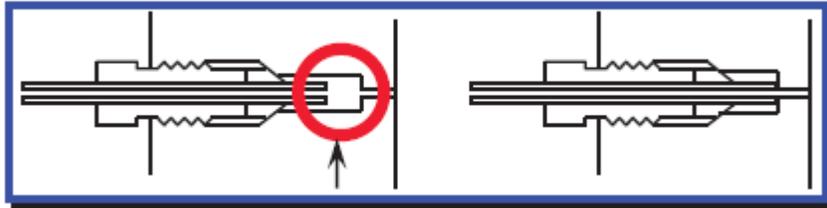
5.1.11. La línea fluídica.

Los cinco módulos del cromatógrafo del HPLC, se unen mediante tubos, estos tubos se les conoce como la línea fluídica, en esta se realiza la fase móvil, donde el líquido a estudiar cruza por los cinco módulos en secuencia, desde la bomba detector.

Existen una gran cantidad de uniones, estas normalmente son propias de cada fabricante, entre estas existen las “Valco, Rheodyne, SSI, Swagelok, Upchurch, Waters, Parker entre otras”, ahora bien las Valco son las mundialmente conocida, mas sin embargo lo que se recomienda es que se usen las uniones o conexiones de la misma marca de cada módulo, es decir si se utiliza, bombas e inyectores SSI, se recomienda usar la línea fluídica de la misma marca. [26]

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 36 de 167

Ilustración 10 Conexiones del HPLC



Fuente: HPLC INSTRUMENTAL.

Como se ve en la Ilustración 10 las conexiones del HPLC requieren dos (2) dependencias:

- Mínimo volumen muerto.
- Alta presión.

Si estas condiciones no se cumplen hará que la prueba pierda eficiencia.

5.1.12. Sistema de bombeo.

La bomba de cromatografía impulsa la fase móvil, mediante el uso de presión, esta será la necesaria para que pueda atravesar todo el sistema del HPLC.

Existen dos modos de bombear las fases móviles estas son:

- Flujo constante: en esta el flujo que se desea en frecuencia de sus bombas de pistón, o a velocidad de desplazamiento (bombas de jeringa) quedando así con estas la presión condicionada al flujo.
 - Peristálticas.
 - Pistón.
 - Jeringa.
 - Rotación de paletas.
- Presión constante: estas bombas tienen en cuenta el empuje que se realiza al fluido intermedio, realizando con esto la regulación de flujo para poder mantener una valor de presión constante, esto junto a la resistencia que opone el sistema y la columna
 - Presión directa mediante un gas.
 - Intensificador neumático.
 - Intensificador hidráulico. [26]

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 37 de 167

5.1.13. Reactores tubulares de flujo continuo serie 5400.

Los reactores tubulares se utilizan en un flujo continuo, con reactivos fluyendo, los reactores pueden ser desde el más simple al más complejo, la variedad de estos reactores se definen o se refieren a sus nombres:

- Reactores de tubería.
- Reactores de lecho empacado.
- Reactores de lecho fijo.
- Reactores de lecho de goteo.
- Reactores de columna de burbuja.
- Reactores de lecho ebuliente. [27]

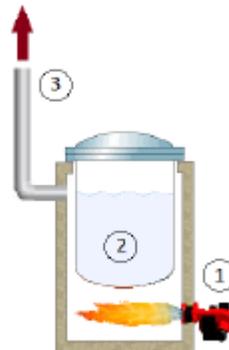
5.1.13.1. Tipos de calentamiento.

Existen dos tipos de calentamiento y estos son

- **Calentamiento directo.**

En este el producto se calienta directamente, con ayuda de gases de combustión, radiación de la llama o elementos de calefacción eléctricos como se ve en la Ilustración 11, en estos no se requiere ningún fluido que participe o se use para realizar este proceso. [28]

Ilustración 11 Calentamiento Directo.



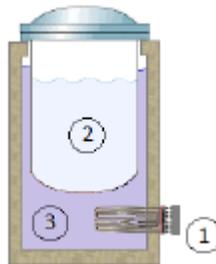
Fuente: Sistemas de fluido térmico.

- **Calentamiento indirecto.**

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 38 de 167

En este se utiliza un medio o fluido intermedio, el cual circula por el sistema de calentamiento de manera controlada, este se encuentra entre el calentador y el consumidor de calor de la manera en que se observa en la Ilustración 12, a este proceso se le conoce como fluido de transporte o en inglés “heat transfer fluid”. [28]

Ilustración 12 Calentamiento Indirecto.

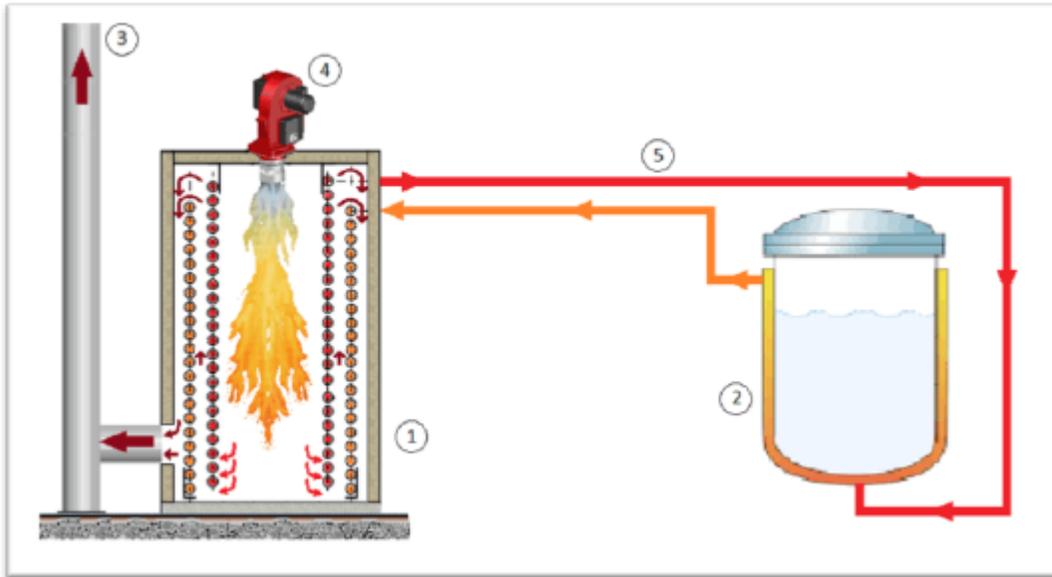


Fuente: Sistemas de fluido térmico.

5.1.13.2. Esquema del circuito térmico.

Un circuito de transferencia de calor, es ese donde el portador de calor fluye desde el calentador hasta el consumidor de calor, el sistema básico de un circuito térmico como se ve en la ilustración 13. Tiene una cierta secuencia, en la primera parte tenemos una caldera la cual se acopla con el cuarto elemento que es el quemador, el cual dispone de un conducto que elimina los gases de combustión que es el tercer objeto, que caliente el fluido calo-portador, ahora si se usa la calefacción doméstica, agua se realiza a través de una tubería que se ve numerada con el cinco en la ilustración, hasta que llegue al reactor el cual está ilustrado con el número dos, y retorna para volver a calentarse cíclicamente. [28]

Ilustración 13 Sistema de Calentamiento Indirecto.



Fuente: Sistemas de fluido térmico.

5.2. Análisis de Resultados.

En la Tabla 9 se enseña los resultados principales esperados en la investigación los cuales incluyen desarrollo tecnológico, apropiación de nuevas tecnologías, desarrollos experimentales y productividad mediante la eficiencia y optimización de los recursos que se usaron.

Tabla 9 Resultados Esperados de la Investigación

Tipo	Resultado	Potenciales Beneficiarios
Desarrollos tecnológicos	Objetivo 2 y 3. <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de las condiciones técnicas que necesitan las materias primas para hacer u obtener ácidos a partir de la 	<ul style="list-style-type: none"> • Generadores de energía nacional e internacional. • Productores de biocombustibles nacionales.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 40 de 167

	<p>hidrólisis de residuos de grasa animal.</p> <ul style="list-style-type: none"> Evaluación de la materia prima para la producción de hidrocarburos tipo diésel haciéndolo con el hidrotratamiento de productos hidrolizados de grasas animales. 	<ul style="list-style-type: none"> La comunidad científica nacional.
Productividad por medio de la eficiencia y optimización de los recursos utilizados	<p>Objetivos 2 y 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> Mayor eficiencia en la producción de bio-hidrocarburos líquidos utilizando biomasa que se encuentre en Colombia, haciendo uso de mejores condiciones en el proceso. Mejor utilización de la biomasa de alta disponibilidad, de bajo y que no es comestible en el país para la producción de combustibles líquidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Industrias nacionales e internacionales productoras de biocombustibles Industria petroquímica. Sector agrícola y agroindustrial.
Apropiación de Nuevas Tecnologías	<p>Objetivo 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> Apropiación de tecnologías para 	<ul style="list-style-type: none"> Grupos de investigación y Universidades participantes y

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 41 de 167

	transformación de biomásas disponibles mediante procesos de hidrotratamiento.	en general la comunidad científica nacional.
Desarrollos de maquinarias o procesos para el mejoramiento de productos/servicios/negocios que competen a un nuevo conocimiento.	Objetivo 4. <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de combustible diésel renovable que compite con el diésel petroquímico. • Documento científico (físico y digital) donde se explica a detalle el proceso técnico. • Documento técnico (físico y digital) con la caracterización completa del diseño realizado para el hidrotratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas del sector público y privado interesadas en la generación de energía • Universidades, grupos de investigación que se asociaron al proyecto y en general a toda la comunidad científica nacional e internacional.
Desarrollo Experimentales.	Objetivo 3 y 4. <ul style="list-style-type: none"> • Procesos de hidrotratamiento, de aceites de origen animal no comestibles y en proceso de lotes y continuos. • Documento científico (físico y digital) con análisis, conclusiones y 	<ul style="list-style-type: none"> • Universidades, grupos de investigación que se asociaron al proyecto y en general a toda la comunidad científica nacional e internacional.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 42 de 167

	recomendaciones del proyecto.	
Desarrollo de modelos y prototipos.	Objetivo 4. <ul style="list-style-type: none"> Un modelo para la producción de biocombustible líquido a partir de hidrot ratamiento de biom asas disponibles en Cundinamarca, que permita estudiar el efecto de las variables tales como, temperatura, presión, catalizadores y diferentes tipos de materias primas sobre su eficiencia 	<ul style="list-style-type: none"> Universidades, grupos de investigación que se asociaron al proyecto y en general a toda la comunidad científica nacional e internacional.

Fuente: Autoría Propia

Ahora bien estos resultados son los que se esperan en todo el macro proyecto, a continuación se especificara los resultados que se obtuvieron en la etapa que corresponde al presente proyecto.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 43 de 167

5.2.1. Introducción al proceso de hidrot ratamiento.

La reacción de hidrot ratamiento es el proceso químico por el cual deben pasar un aceite hidrolizado para generar alcanos tipo C_{17} y C_{18} , estos alcanos son hidrocarburos y esta compuestos de átomos de hidrogeno y carbono, son los compuestos principales en el Diesel Renovable, este proceso de hidrot ratamiento al ser un proceso complejo es algo lento, pero se puede optimizar su tiempo de reacción, minimizar su consumo de hidrogeno y se busca también reducir gastos de energía en el proceso, para lograr esto es necesario un reactor tubular de lecho fijo, el cual es un reactor multifásico.

En un tipo de reactor múltiples fases, se presentan dos (2) o tres (3) fases, los reactantes y productos que estos ofrecen pueden encontrarse en estado gaseoso, sólido y/o líquido. Pero, la fase en estado sólido puede tener diferentes cargos como el de catalizador, el cual es indiferente para suministrar una distribución de flujo de temperatura adecuada o inclusive el de generar superficies apropiadas para la transmisión de la materia. [16]

Actualmente los reactores, se consiguen en variadas aplicaciones, como en la generación de derivados y/o productos del petróleo, también en la generación de especialidades químicas, como los farmacéuticos, herbicidas y venenos de plagas.

Para la operación y el diseño del reactor, hay varios factores que tienen una relación recíproca con este, algunas de ellas son, la hidrodinámica, la cinética, contacto, fenómenos de transporte y fenómenos de superficie. Entre las transferencias de calor y materia existen varios factores dominantes que tiene una gran importancia en la velocidad de reacción del reactor, lo que hace que se condicione y se determine el tipo de reactor y el método adecuado para cada sistema.

Si bien para la generación de diésel renovable generalmente es realizada con aceite de higuerrilla o jatropha como fuentes no comestibles, también es posible realizarlo con desechos grasos animales, para el cual un trabajo reportado por Kaewmeesri, et al. [17] quienes analizaron el efecto que ejerce el contenido de agua (0 o 4 %) y de ácidos grasos libres sobre la conversión, el rendimiento y la distribución líquido/gas del producto obtenido a partir del hidrot ratamiento de los desechos grasos de pollo, empleando Ni/-Al₂O₃ como catalizador.

La reacción se ejecutó dentro de un reactor de lecho empacado, luego de la reducción del catalizador a 330 °C, a una relación volumétrica de H₂ /grasas de 1000 y presión

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 44 de 167

de 5 MPa. La velocidad espacial se varió entre 0.5 y 2 h⁻¹ y los productos líquidos y gaseosos fueron colectados cada 3 h para su caracterización. La adición de agua no afectó significativamente la conversión, mientras que el rendimiento aumento considerablemente con la presencia de agua y ácidos grasos libres. La presencia de agua aceleró la descomposición de los triglicéridos para la producción de ácidos grasos y propano.

Para obtener un óptimo proceso de hidrotatamiento del aceite hidrolizado de residuos grasos animales, es necesario recurrir al mejor diseño que correspondería a un reactor de lecho fijo, obteniendo así un gran índice de transformación del material a diésel renovable, con condiciones menos drásticas y un proceso eficiente.

5.2.2. Estudio de la caracterización de la materia prima.

Con el grupo de investigación PQI de la Universidad de Antioquia se realizó la selección de la materia prima a partir de una revisión previa a nivel departamental de los residuos grasos animales de acuerdo a su impacto ambiental, oferta y disponibilidad.

El aceite de pollo adquirido presentaba una apariencia viscosa y material particulado, fue calentado a 60 °C para homogenizarlo y se realizó un proceso en un sistema de filtración al vacío previamente. Este fue caracterizado por los parámetros de calidad relacionados en la Tabla 4. El índice de yodo del aceite de partida está alrededor de 87.39 gl/100 g y tiene un contenido de ácidos grasos insaturados del 74 % de acuerdo a la composición de ácidos grasos obtenida por cromatografía. Posee un valor de acidez alto (13.56 mg KOH/g) pero era de esperarse por la naturaleza este aceite, estos resultados obtenidos se evidencian en la Tabla 10.

Tabla 10 Caracterización del aceite de pollo.

Propiedad	Norma	Resultado
Índice de yodo	ASTM D-5554	87.39 gl/100g
Índice de saponificación	ASTM D-5558	188.85 mg KOH/g
Porcentaje de acidez	ASTM D-1980	13.56 mg KOH/g
Peso molecular	Cromatografía CG-MS	862.27 g/mol
Contenido de material insaponificable o gomas	ASTM D-1965	6.64

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 45 de 167

Composición de ácidos grasos	Cromatografía CG-MS	ME	w _i (%)
		Metil-9-hexadecenoato	3,74
		Metil palmitato	21,68
		Metil linoleato	31,62
		Metil Oleato	38,9
		Metil estearato	4,06

Fuente: Grupo de Investigación PQI (Procesos Químicos Industriales) de la Universidad de Antioquia.

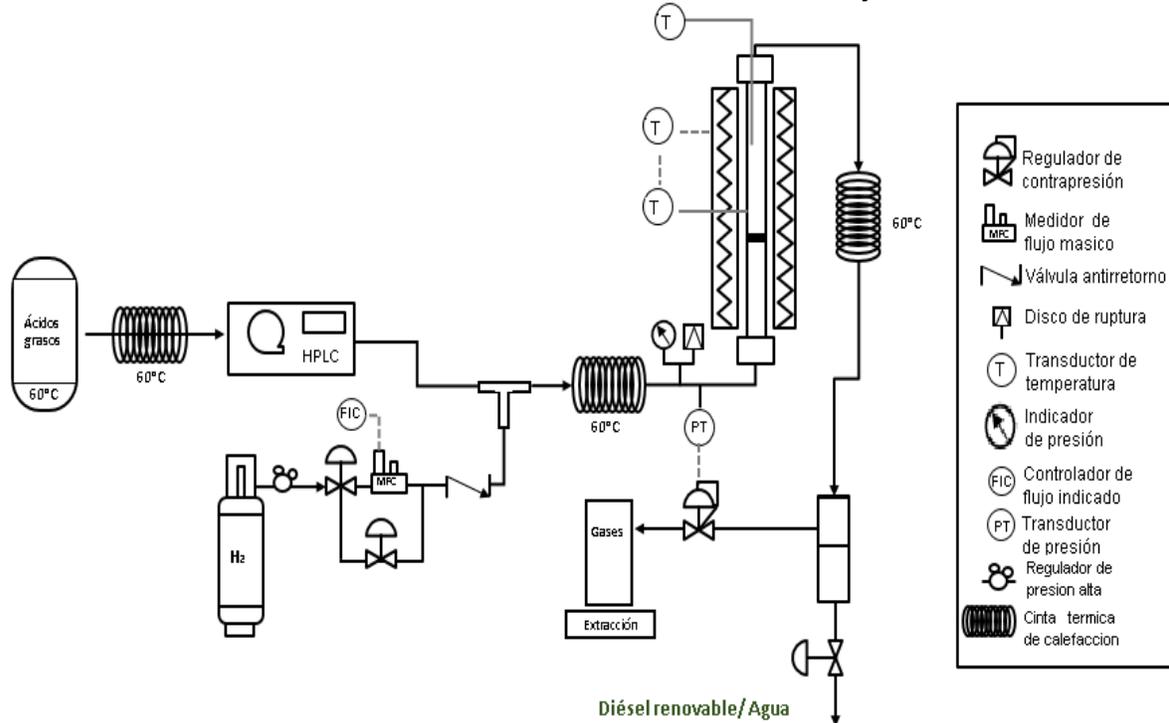
5.2.3. Diseño de la planta piloto del reactor de lecho fijo.

Los reactores tubulares generalmente se usan en modo de flujo continuo (semi-batch), con reactivos que fluyen, catalizadores sólidos fijos y productos que se eliminan, en un flujo de dos fases este puede ser un flujo ascendente co-actual, contracorriente el cual presenta un líquido descendente y un gas ascendente, o el más común un flujo descendente co-actual. [33]

El caso de nuestra planta piloto se emplea un reactor de dos fases una líquida y una fase gaseosa, la fase líquida es un aceite hidrolizado de desechos grasos animales, y la fase gaseosa es un gas de hidrogeno dos (H₂), unidos y en un proceso de reacción de flujo descendente co-actual, en la Ilustración 14, se verá el diagrama general del proceso o el P&D del proceso y se identifican cada uno de los diferentes componentes de la planta piloto.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 46 de 167

Ilustración 14 Planta Reactor Tubular de Lecho Fijo.



Fuente: Grupo de investigación PQI (Procesos Químicos Industriales) de la Universidad de Antioquia.

Este cuenta con seis módulos de procesos que ayudan al funcionamiento y seguridad de la reacción, ^[34] estos son:

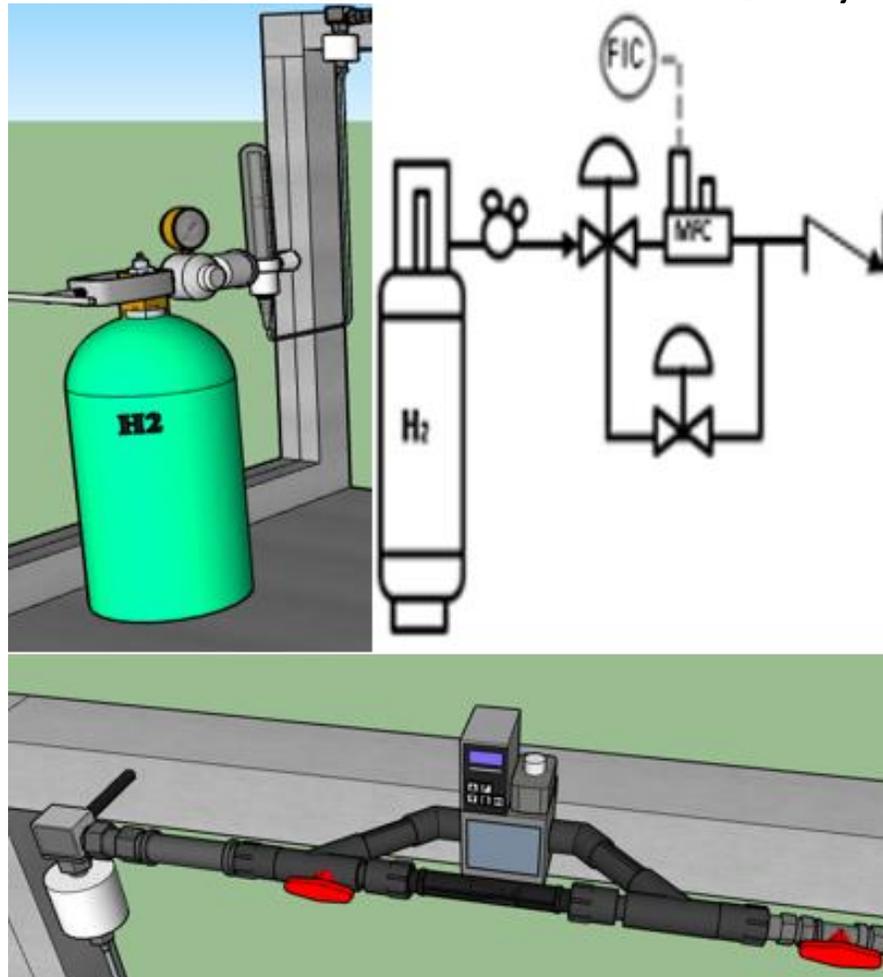
- Alimentación de gases.
- Alimentación de líquidos.
- Unión de líneas de alimentación.
- Control de presión y seguridad.
- Reacción.
- Separación.

5.2.4. Alimentación de gases.

Este es el encargado de controlar con exactitud el flujo de gas y tener una versatilidad en condiciones de operación, este cuenta con los siguientes implementos.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 47 de 167

Ilustración 15 Línea de Alimentación de Gases del Reactor de Lecho Fijo.



Fuente propia.

En la Ilustración 15 observamos la línea de alimentación de gases cuenta con un cilindro de gas, en este caso se utiliza una bala o cilindro de Hidrogeno 2 (H_2), que suministran a una presión de hasta 207 bar, su respectivo regulador de alta-alta presión con indicador análogo, regulador de presión baja-alta, para mantener valores de la fuerza que ejerce el gas deseada para una óptima operación, su tubería de subida para conexión a un controlador e indicador de flujo másico con micro filtros en la entrada, este permite circulación de flujo másico desde 0.1ml/min hasta 70 ml/min, además de traer una conexión a computador para mejor monitoreo, estos medidores y controladores de flujo másico, miden y controlan el flujo del gas a través de la capacidad calorífica del gas (C_p), en el caso actual el C_p del H_2 es de 14.3193[kJ/(kg*K)], por esto es necesario calibrar este implemento para dicho gas.

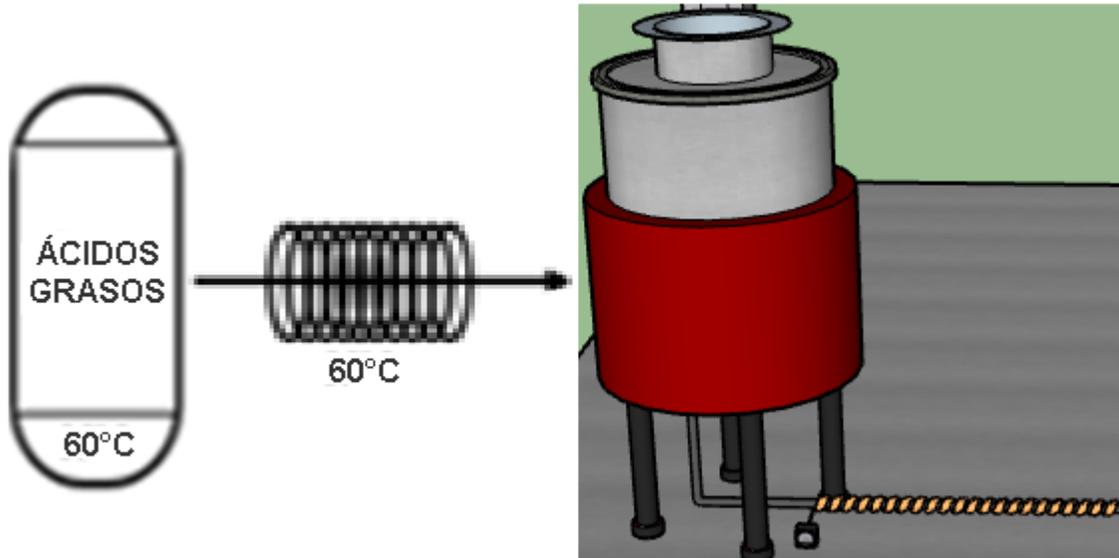
Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 48 de 167

5.2.5. Alimentación de Líquidos.

Este es el encargado de controlar con exactitud el flujo de líquido y tener una versatilidad en condiciones de operación, este cuenta con los siguientes implementos.

Ilustración 16 Tanque de Almacenamiento con Calentamiento Moderado de 60°C y Cinta Térmica con Control de Temperatura.



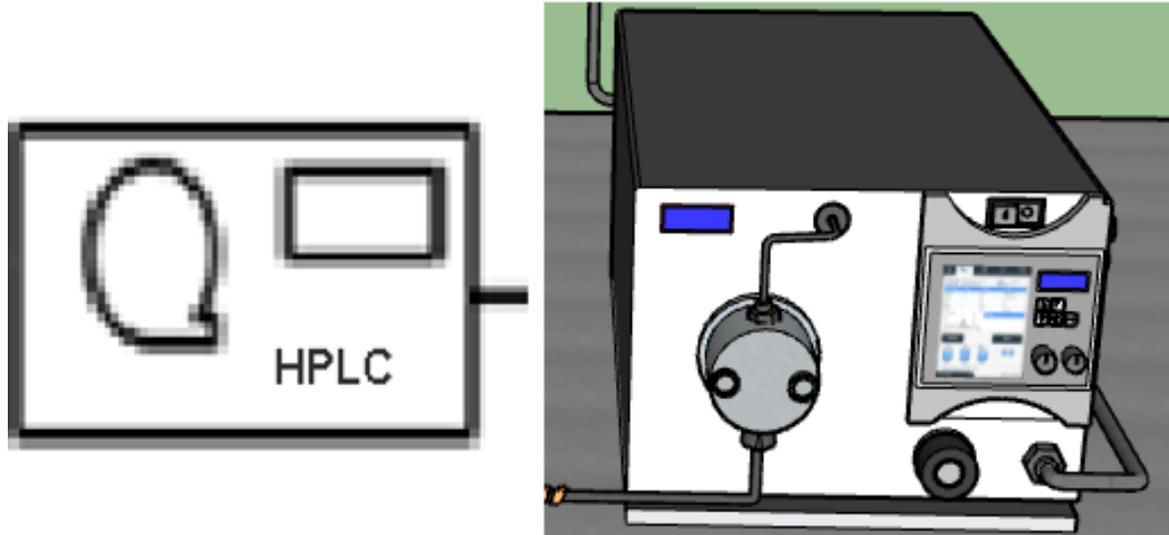
Fuente propia.

En la Ilustración 16 se ven los primeros elementos de la línea de alimentación de líquido, que en este caso son ácidos grasos, se encuentra un tanque de almacenamiento de dos litros en acero inoxidable, el cual cuenta con una chaqueta de calefacción y una resistencia térmica sumergible, para calentamiento moderado de agua y lograr un calentamiento uniforme en la materia líquida interna del tanque, la salida del tanque se encuentra en la parte de abajo, para facilitar la salida y alimentación de la planta.

Seguido de la salida del tanque de almacenamiento y suministro líquido de la planta se encuentra una cinta calefactora enrollada al tubo de acero inoxidable por el cual transitarán los ácidos grasos, esta cinta calefactora es para mantener a una temperatura estable para mejorar el proceso de catálisis con el hidrógeno y el catalizador en el reactor, esta temperatura es de 60°C también esto permite que el cambio de temperatura al entrar al reactor no sea tan abrupto.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 49 de 167

Ilustración 17 Bomba de Alta Presión Tipo HPLC.



Fuente propia.

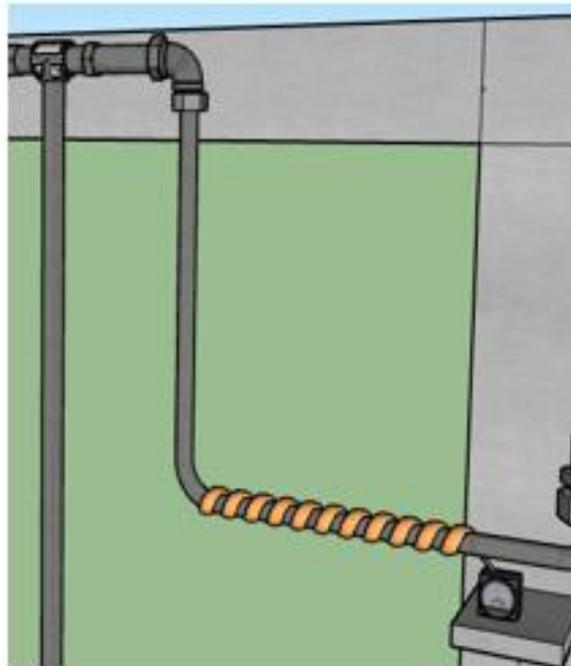
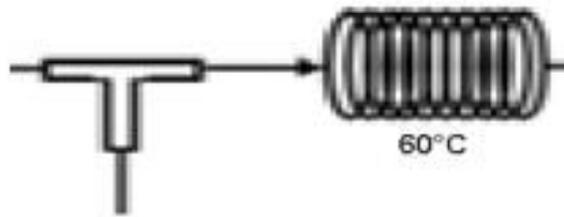
En la Ilustración 17 se observa la bomba de alta presión tipo cromatografía líquida de alta eficacia o high performance liquid chromatography (HPLC) es la encargada de extraer el líquido del tanque de almacenamiento, a través de la tubería de acero inoxidable y suministrarla a la siguiente fase del proceso de la planta, esta permite manejar flujos desde los 0.01ml/min hasta 10 ml/min, a una presión de hasta 207Bar. Esta bomba de pistón de alta presión es uno de los elementos más importantes para el proceso de hidrotreamiento, en esta se genera la presión necesaria y equivalente a la presión con la cual se maneja el gas, la cual es de 70Bar, esto se logra gracias a que la bomba tiene un panel digital o mediante el control por computadora des un controlador de proceso, lo cual facilita la graduación de flujo a la presión deseada, lo cual genera una gran variedad de control a la hora de realizar el proceso sobre manera para fases experimentales.

5.2.6. Unión de las líneas de alimentación.

Este secciones la encargada de unir las líneas de alimentación y estabilizar la temperatura de ambas líneas de alimentación para facilitar la mezcla de las dos antes de entrar al reactor.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 50 de 167

Ilustración 18 Unión de las Líneas de Alimentación y Cinta de Calentamiento Moderado.



Fuente propia.

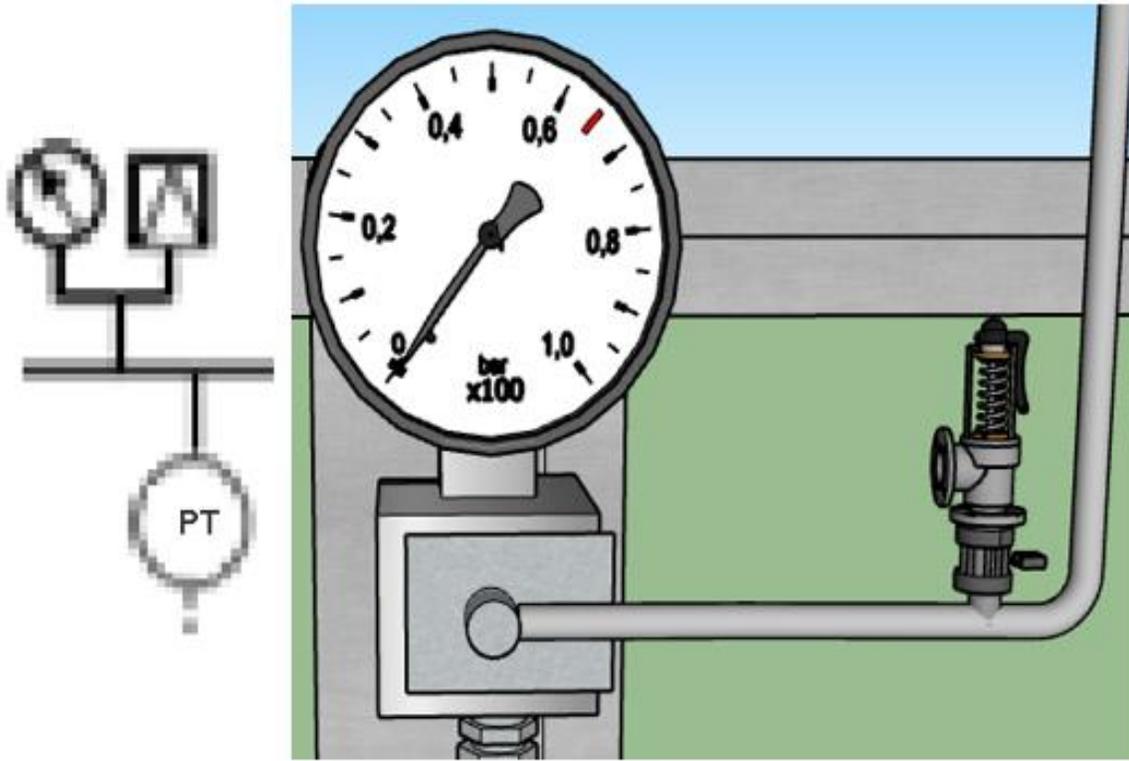
Esta sección está conformada por una unión tipo T a la cual llegan ambas líneas de alimentación, la funcionalidad de esta es gracias a que ambas líneas de alimentación trabajan la misma presión, así trabajen un tipo o velocidad de flujo distinto, pues al estar niveladas la presión ambas líneas mantendrán el sentido del flujo hacia el reactor, seguido de este, se encuentra una cinta térmica para nivelar y mantener una temperatura de 60°C como se puede ver en la Ilustración 18.

5.2.7. Control de presión y seguridad.

Este secciones es de suma importancia, porque permite el monitoreo de presión del reactor para visualizar las presiones de trabajo del reactor y posee un elemento de protección de sobrepresión, para evitar daños en el reactor por un exceso de presión.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 51 de 167

Ilustración 19 Unión de las Líneas de Alimentación y Cinta de Calentamiento Moderado.



Fuente propia.

En la Ilustración 19 se observa que está compuesta de un manómetro de membrana con señal de salida, en este se puede leer de forma visual la presión que tiene el reactor en cada uno de los momentos de operación, también posee una salida digital para un monitoreo a través de un control de proceso por medio de una tarjeta para adquisición de datos, seguido se encuentra un disco de ruptura con una presión máxima de 100 bar, con una válvula de seguridad y alivio, en caso de una sobrepresión, el disco de ruptura se abre permitiendo la salida del exceso de presión junto con el gas y el líquido, la válvula de seguridad regula la velocidad de salida y aliviando la presión interna del reactor.

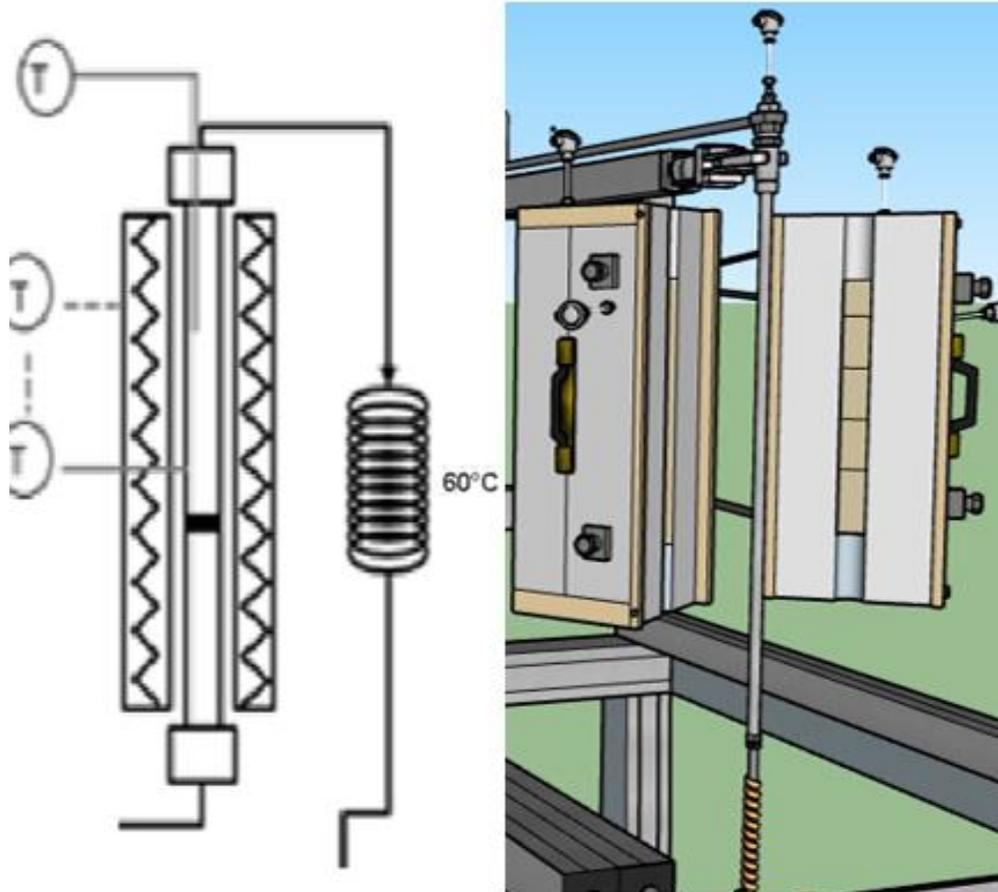
5.2.8. Reacción.

Este es el módulo más importante, en este se centra todo el proceso del hidrotratamiento o desoxigenación, en el cual ocurre la reacción de catálisis y las cinéticas de reacción, dentro de esta sección ocurre el proceso que transforma los ácidos grasos en diésel renovable, este proceso sucede gracias a muchas diferentes

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 52 de 167

condiciones que son logradas gracias a los diferentes implementos y equipos que posee esta sección, en la ilustración 20 se ve la totalidad del módulo de reacción.

Ilustración 20 Modulo de Reacción del Reactor Tubular de Lecho Fijo.

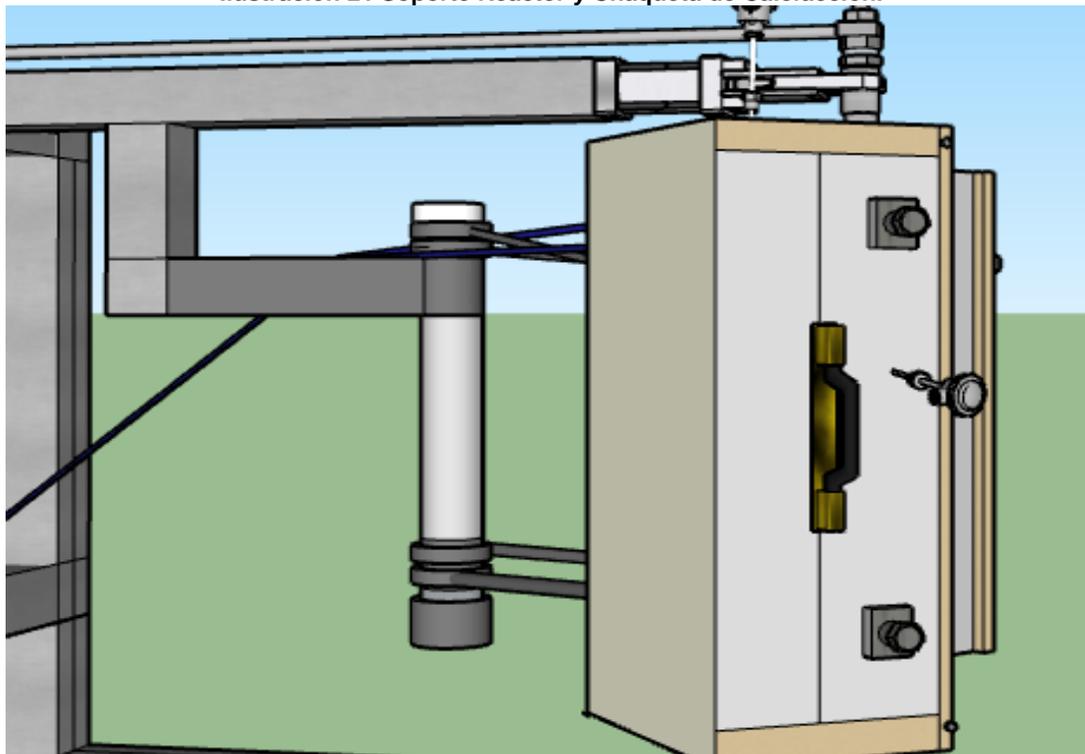


Fuente propia.

Este posee muchos y variados componentes y equipos que se verán descritos a continuación.



Ilustración 21 Soporte Reactor y Chaqueta de Calefacción.

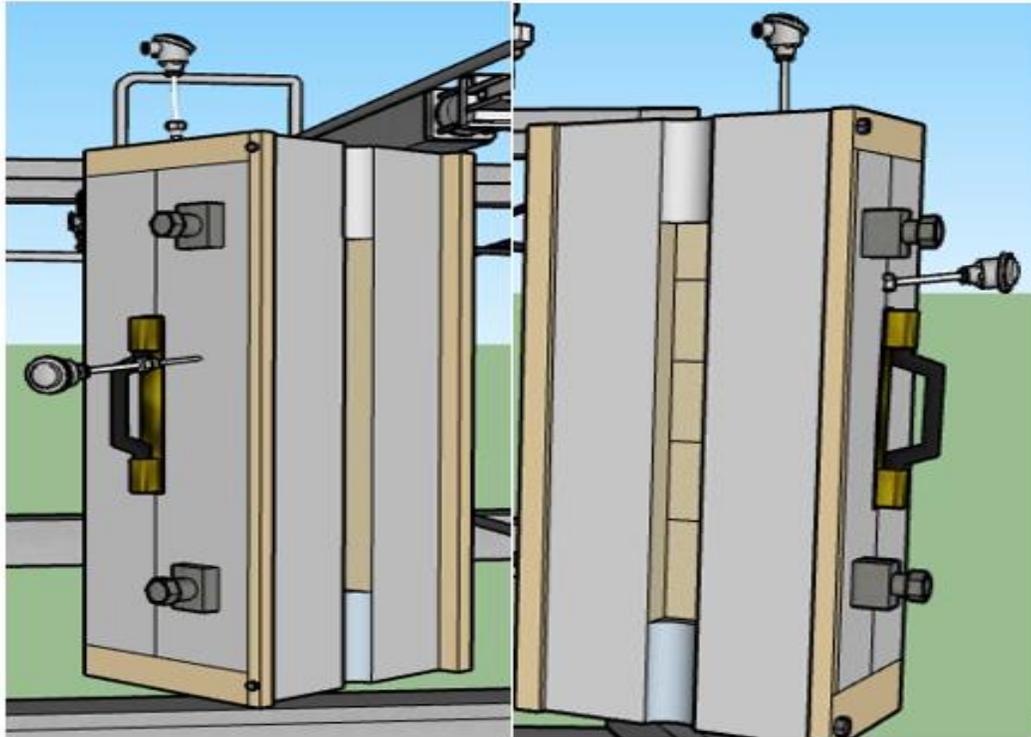


Fuente propia.

En la Ilustración 21 tenemos el soporte integral del reactor es aquel que sostiene el reactor tubular de lecho de manera fija y sostiene los calefactores con soportes giratorios, esto permite realizar un desplazamiento giratorio hacia el reactor de lecho fijo, para lograr la temperatura deseada.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 54 de 167

Ilustración 22 Calefactores de Reactor, Horno Split Tubular.



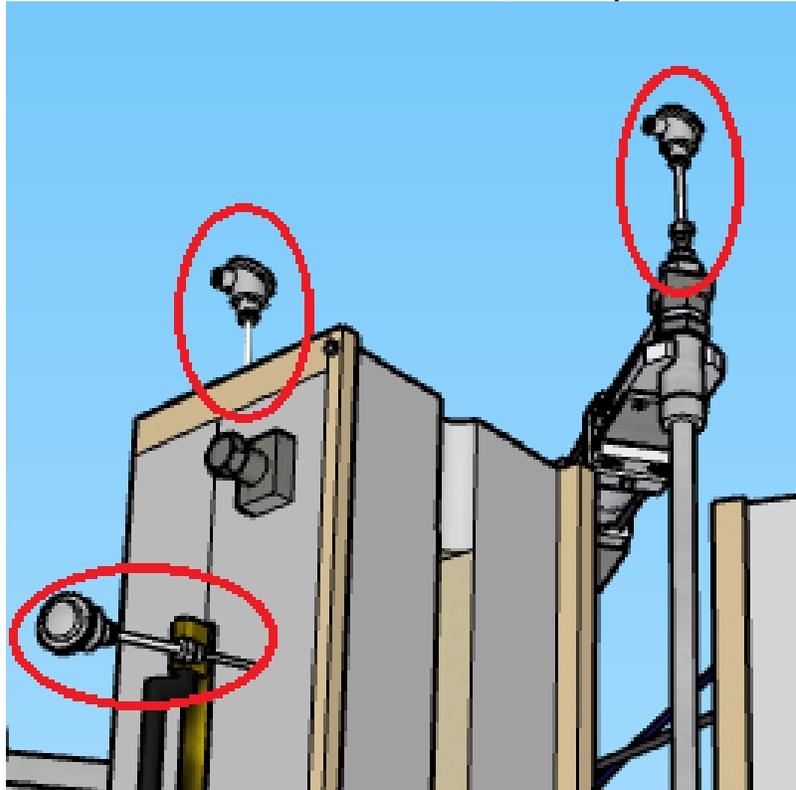
Fuente propia.

En la Ilustración 22 se observa un par de calefactores eléctricos que abrigaran el reactor y logran la temperatura deseada dado que este logra una temperatura máxima de 900°C, con una potencia de 750W este tipo de calefactores es conocido como horno Split tubular, su centro es en bronce lo que permite minimizar los gradientes de temperatura, permite isothermicidad, aunque por seguridad este centro solo se puede calentar hasta 500°C, porque de superar esta temperatura este podría sufrir deformaciones.

Este horno tiene un recubrimiento de aislamiento térmico, para evitar calentamiento de las aristas exteriores y de su sujetador para la manipulación del posicionamiento de este.



Ilustración 23 Calefactores del Reactor, Horno Split Tubular.



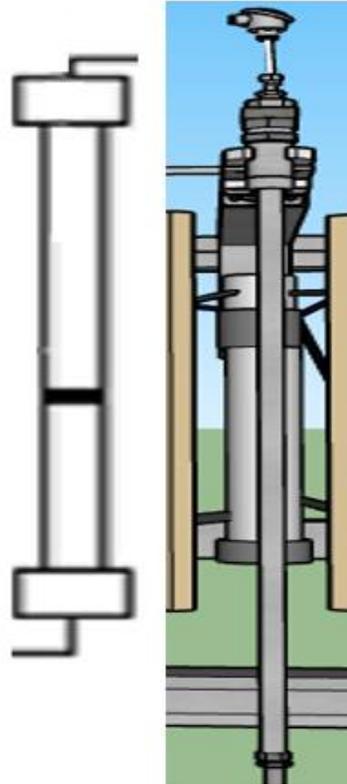
Fuente propia.

Para evitar esto se tendrán los siguientes elementos de seguridad los cuales son 3 transductores de temperatura o PT100 como se ve en la Ilustración 23, estas permiten el control de temperatura de cada uno de las secciones del horno y el reactor, como lo es la superior que mide la temperatura interna del reactor y la temperatura en la que se encuentra la solución de los ácidos grasos con el Hidrogeno2 (H_2), la segunda que es la que se encuentra en la parte superior del calefactor mide la temperatura que generan las resistencias eléctricas para poder ver la transferencia de calor hacia el reactor.

Por último la lateral que es la que entra en contacto con el centro de bronce la cual permite el control de temperatura para evitar que supere los $500^{\circ}C$ para evitar daños en el reactor y en la cubierta de bronce que entra en contacto con el reactor, estos transductores tienen señal de salida para control a través de tarjetas de adquisición de datos, permitiendo un control automatizado y lecturas de información de la temperatura en todo momento de operación del reactor.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 56 de 167

Ilustración 24 Reactor Tubular de Lecho Fijo.



Fuente propia.

Este es la parte más importante módulo de reacción y de la planta experimental para el proceso de hidrotratamiento, en ella se encuentra el catalizador de lecho fijo y por ella atraviesan las 2 fases que entran al sistema, las cuales son los ácidos grasos y el hidrogeno (H_2), este al entrar en contacto con el horno Split tubular se genera una transferencia de calor, lo que ayuda en gran medida a que se genere la reacción de los ácidos grasos, el H_2 y el lecho fijo o catalizador, este es el modelo más simple debido a que solo cuenta con un canal de transmisión y un lecho fijo, este es conocido como flujo en pistón (FP), este está compuesto de una unión en acero inoxidable 316 que permite la entrada de la línea de las dos fases unidas, un tubo en acero inoxidable 316 de diámetro interno 9.5mm y de diámetro externo de 13mm y una longitud de 30,48cm, en su interior un soporte superior e inferior para un lecho de catalizador fijo, esto para lograr una reacción heterogénea, y la unión a la salida para el siguiente proceso como se observa en la Ilustración 24.

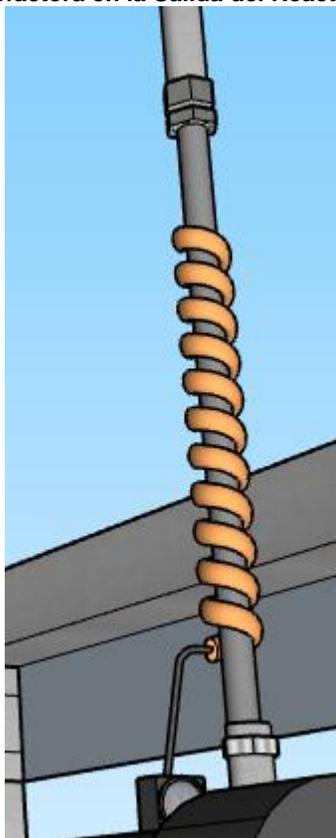
Un lecho fijo está constituido por unas pastillas de solidos con un relleno compacto e inmóvil generalmente conocido como catalizador, este se encuentra ubicado en el

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 57 de 167

interior del tubo del reactor, esta pastilla generalmente comprenden una altura entre 1 mm y 5 mm y un diámetro igual al diámetro interno del reactor en cual va.

Los catalizadores convencionales empleados en este proceso corresponde a formas sulfuradas de Mo soportados en alúmina y/o zeolitas, promovidos con Ni o Co, esto da como resultado un catalizador de Ni-Mo y/o Co-Mo soportados sobre alúmina ^[36], el catalizador Ni-Mo es sintetizado mediante un método de impregnación húmeda, utilizando de soporte γ -Alúmina Comercial. ^[35]

Ilustración 25 Cinta Calefactora en la Salida del Reactor Tubular de Lecho Fijo.



Fuente propia.

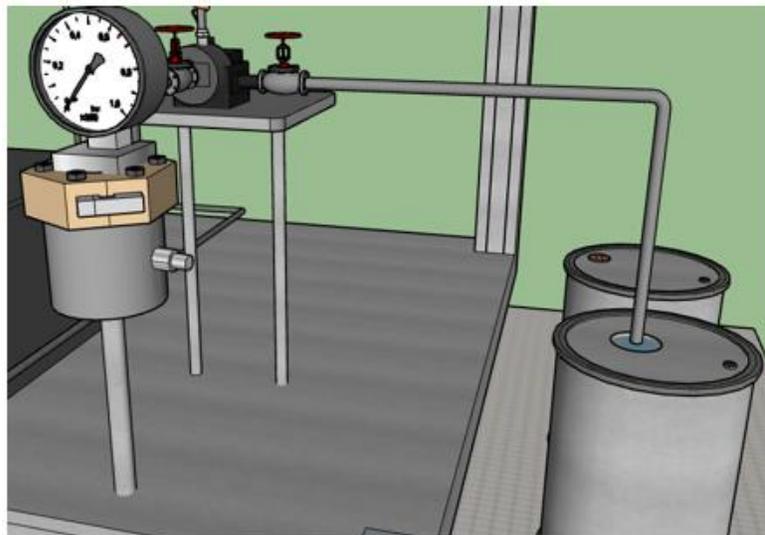
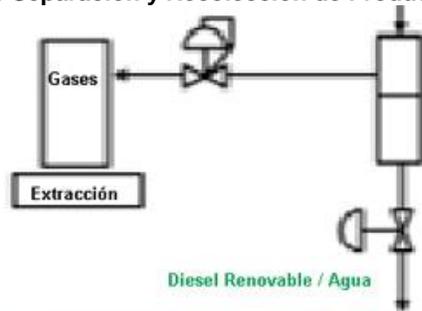
Se tiene una cinta térmica para nivelar y mantener una temperatura de 60°C como se puede visualizar en la Ilustración 25, para facilitar la separación de los productos de la reacción en la bomba separadora.

5.2.9. Separación.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 58 de 167

Esta es la fase final del proceso de la planta en la cual se realiza la separación de los productos producidos en la etapa anterior, esta se compone de un separador bifásico horizontal, dos válvulas de paso, un tanque de recolección y extracción de gases y un tanque de recolección de diésel renovable y agua como se ve en la Ilustración 26.

Ilustración 26 Sistema de Separación y Recolección de Productor del Hidrotratamiento.

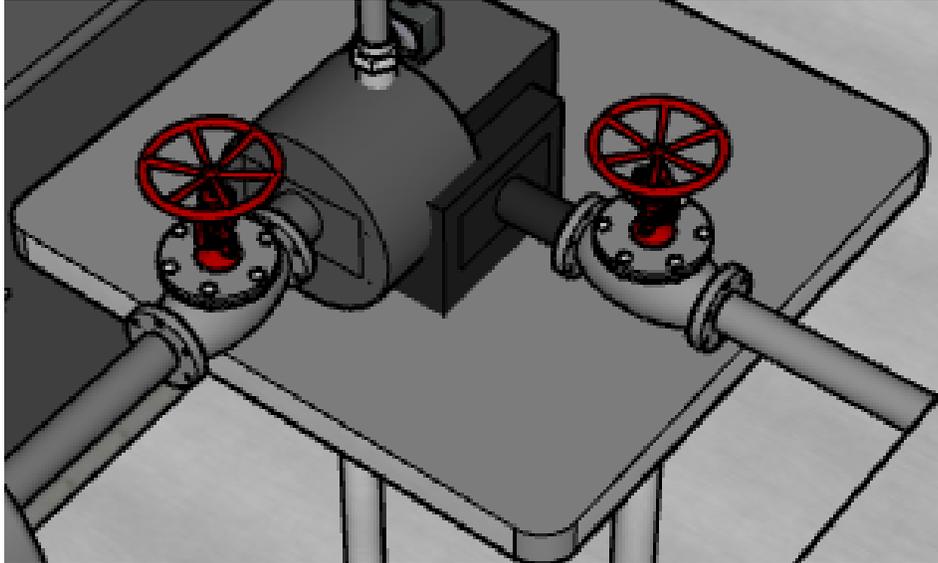


Fuente propia.

A continuación se describirá cada función y parte que llevan a cabo la separación del producto final.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 59 de 167

Ilustración 27 Separador Bifásico Horizontal.

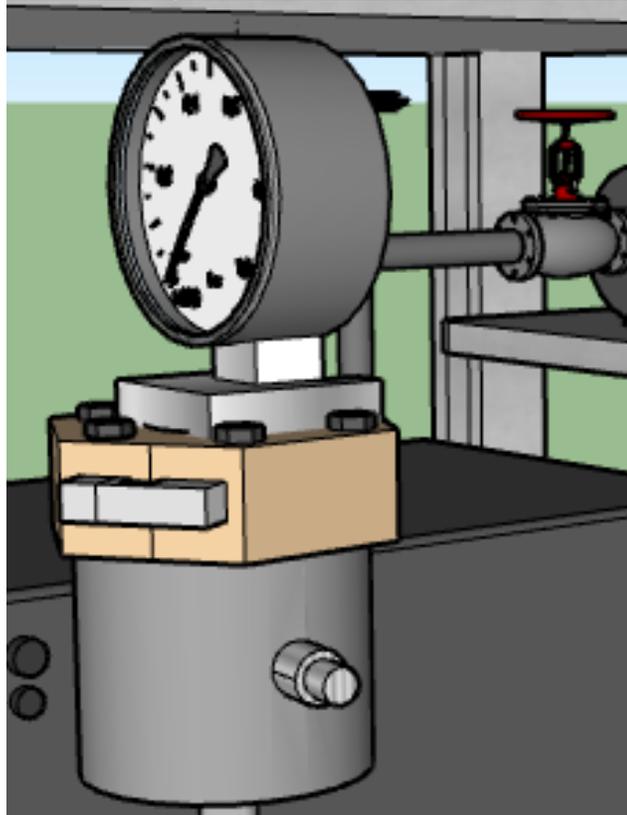


Fuente propia.

En la Ilustración 27 se tiene un separador bifásico es capaz de separar líquidos inmiscibles y gases, este es muy común en el uso de la industria de los combustibles para dejar lo más libre que se pueda el petróleo y diésel renovable de gas, todo a presiones y temperaturas definidas, en este proceso se maneja una presión de 70Bar y una temperatura de 60°C, para esto el fluido entra al separador y se conecta con un desviador de ingreso, lo cual causa que el impulso y la separación bruta inicial del líquido y el gas al generar un cambio abrupto de dirección, ^[36] las gotas de líquido caen por la gravedad de la corriente de gas y van hasta el fondo del recipiente de recolección, esta provee el tiempo necesario para que el gas arrastrado salga del líquido y suba a la sección del gas, posee un controlador de nivel que percibe los cambios del nivel de líquido y controla la válvula de salida del líquido, y la válvula de salida del gas para recolección del mismo.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 60 de 167

Ilustración 28 Tanque de Almacenamiento Y Extracción de Gas.

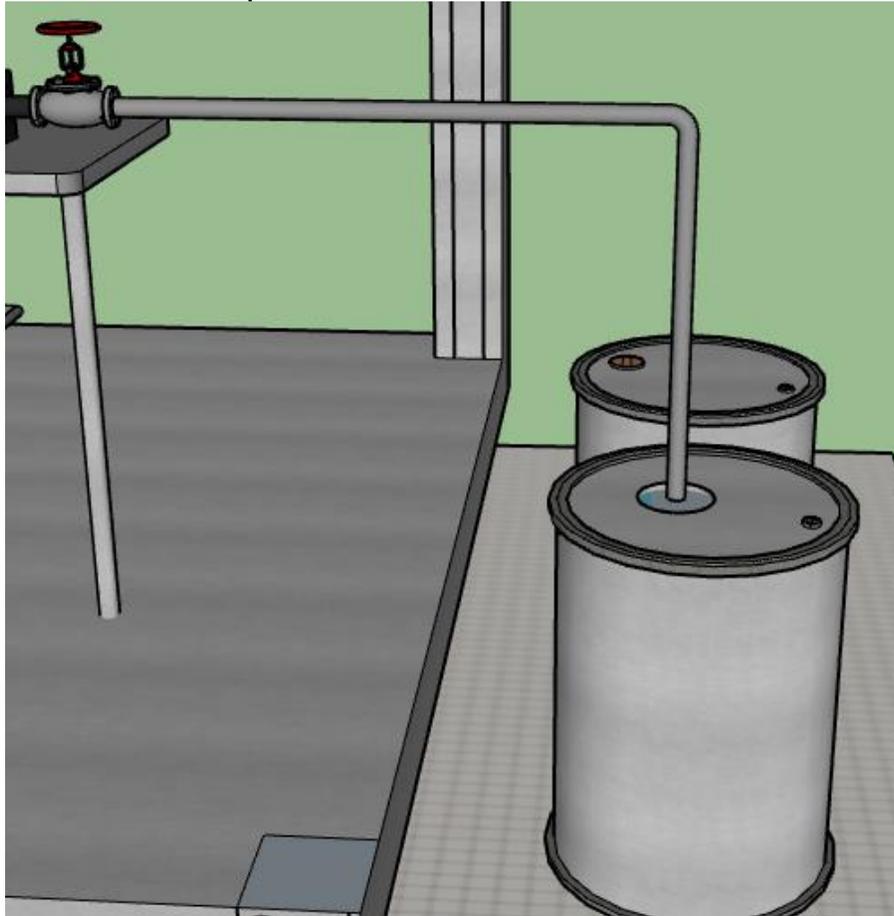


Fuente propia.

Esta es la línea de extracción de gas del separado bifásico horizontal, esta cuenta con una válvula, un tanque de almacenamiento, un manómetro con salida de señal y una conexión de salida para la extracción de los gases restantes del proceso como se ve en la Ilustración 28, los cuales son, hidrogeno en un 98.9%, CO en un 0.13%, CO2 en un 0.02%, propano en un 0.44% y vapor de agua o H2O en un 0.45%.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 61 de 167

Ilustración 29 Tanque de Almacenamiento del Producto Diésel Renovable.



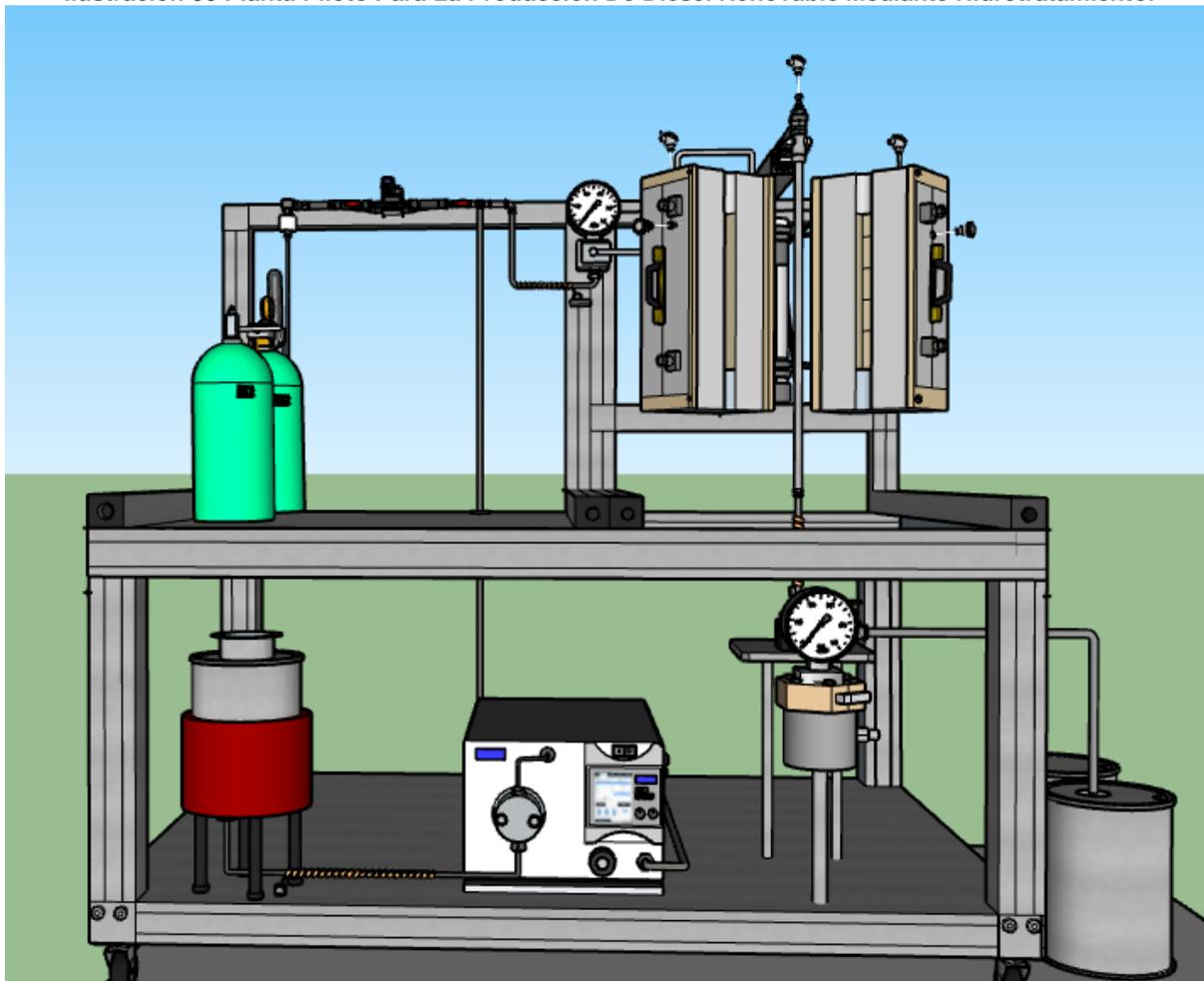
Fuente propia.

Esta es la línea de salida de líquido del separador bifásico horizontal, esta cuenta con una válvula y un tanque de almacenamiento como se ve en la Ilustración 29, el cual recibe los productos líquidos del separador los cuales están compuestos por n-C18 en un 73.69%, n-C17 en un 14.46%, Trioleina en un 5.6% y agua en un 6.19%, lo cual nos daría una eficiencia de transformación de diésel renovable de un 88.16%, estos datos fueron obtenidos gracias a una simulación en el software de simulaciones químicas Hysys Aspen V11 Versión de prueba. [37]

En la Ilustración 30 se puede ver el resultado final del diseño de la planta en un modelo en 3D realizado en el software sketchup versión de prueba. [38]



Ilustración 30 Planta Piloto Para La Producción De Diésel Renovable Mediante Hidrotratamiento.



Fuente propia.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 63 de 167

5.3. APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO

En este apartado se hablara sobre las actividades realizadas en las cuales se dio a conocer el proyecto, en cumplimiento con 5 de las actividades propuestas en el cronograma de actividades que se puede observar en la Tabla 3, estas fueron:

- Realización de una ponencia en evento científico nacional o internacional: se realizó la ponencia en el “VIII Congreso Internacional de Ingeniería” “CIIUDEC 2019” en la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá el día 23 de octubre de 2019 las evidencias se encuentran en el anexo A, y en el “3 CONGRESO INTERNACIONAL Y 4 CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA” realizado en la Universidad ITFIP en la ciudad del Espinal el día 6 de noviembre de 2019 las evidencias se encuentran en el anexo A.
- Socialización de Resultados: se realizó la socialización del estado de resultados del proyecto en el "II SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN" en la Universidad de Cundinamarca el 19 de noviembre de 2019. Las evidencias se encuentran en el anexo B.
- Postulación de un artículo en revista indexada: Se realizó la postulación a la revista y evento científico de la Waste Management 2020, el cual ya ha sido aprobado el abstract, además se envió el artículo titulado “PRODUCTION OF RENEWABLE DIESEL THROUGH HYDROTREATMENT OF FATTY ACIDS DERIVED FROM ANIMAL WASTE”, a validación y correcciones para aprobación las evidencias se encuentran en el anexo C junto con el artículo, además se envió un artículo al ITFIP para postulación en su revista electrónica llamada Revista Innova ITFIP de ISBN en Línea: 2619-3558 las evidencias se encuentran en el anexo C junto con el artículo.
- Postulación de registro de software: se realizó el software de adquisición de datos de temperatura, flujo y presión, en el entorno de desarrollo libre de rasbian, a través de una tarjeta de adquisición de datos Raspberry pi 3 b, para

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 64 de 167

la postulación de registro de software ante la DNDA, ^[66] las evidencias se encuentran en el anexo D.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 65 de 167

5.4. VALIDACION DE RESULTADOS DE SIMULACIONES Y PRUEBAS

En un software de simulaciones de procesos químicos llamado Hysys Aspen, [37] se realizó una simulación del proceso de hidrotreamiento, teniendo en cuenta las condiciones necesarias y los equipos propuestos en el diseño de la planta piloto, lo que es un reactor tubular de lecho fijo, en el cual como entrada líquida se definió un 100% de Trioleina (triglicérido de ácido oleico, está compuesto por ácidos grasos), como entrada en fase gaseosa se definió un 100% de hidrogeno (H_2), se estableció una temperatura ambiente para los líquidos, realizando una fase de calentamiento previa a la bomba HPLC de $60^\circ C$, para facilitar la suministración de los ácidos grasos al sistema por la bomba HPLC, esta impulsa la fase líquida a 70 Bar garantizando un flujo de 0,01ml/min a 10ml/min, para la fase gaseosa se determinaron las condiciones de entrada a $60^\circ C$ y una presión de 70Bar, seguido de una unión tipo T para la mezcla de las 2 fases, de este punto se realiza un calentamiento con una resistencia térmica a $350^\circ C$, para entrar al reactor de lecho fijo, el cual cuenta con un lecho fijo de NiMo soportado en alúminas, en la salida del reactor se usó una resistencia térmica a $60^\circ C$ con el fin de mantener una temperatura para la fase de separación, el separador es el encargado de separar los productos líquidos y gaseosos del proceso del hidrotreamiento y como resultado se obtuvo:

En la fase gaseosa un 98% de hidrogeno, un 0.4% de vapor de agua, un 0.4% de propano, y en proporciones iguales de un 0.1% de CO y CO_2 .

En la fase líquida se obtuvo parafinas n-C18 en un 73.69% y n-C17 en un 14.46%, además de Trioleina en un 5.6% que no logro ser transformada y agua en un 6.19%.

Conjunto al grupo de investigación de Procesos Químicos Industriales (PQI) de la Universidad de Antioquia (UdeA) se realizaron ensayos previos a diferentes condiciones de reacción. Se emplearon temperaturas entre $300-350^\circ C$, presión entre 70-90bar y tiempos de reacción de 4 horas. La reacción se llevó a cabo en un reactor Parr de alta presión en batch, se cargaron 100 g de ácidos grasos y 20 g de catalizador previamente sulfurado. El reactor se sella y se presuriza con hidrógeno de acuerdo a la presión de trabajo. Seguidamente se inicia el calentamiento y la agitación a 350 rpm, una vez llega a la temperatura deseada se inicia la reacción.

Adicionalmente, se evaluó la reacción de deoxigenación en un reactor en continuo, se empleó un flujo de 0,05 ml de ácidos grasos, un flujo de hidrógeno de 70 ml/min a una presión de 70 Bar. Los resultados de los experimentos realizador se muestran en la

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 66 de 167

Tabla 11 donde se observa el resultado del proceso de hidrólisis de los desechos grasos animales y en la Tabla 12 se tienen los resultados obtenidos en el proceso de hidrotratamiento del resultado de la hidrólisis, en otras palabras la deoxigenación de los ácidos grasos. En esta etapa exploratoria se logró obtener productos de alta pureza de hidrocarburos y conversiones superiores a 90 % en todos los experimentos.

Tabla 11. Pre-ensayos reacción deoxigenación de ácidos grasos en reactor Batch.

Ensayo	Tipo de reactor	m _{AG} (g)	m _{Cat} (g)	T (°C)	P (bar)	t (h)	Pureza (%)
1	Batch	101,31	21,01	300	70	4	91
2	Batch	100,97	21,00	350	90	4	91,16

Fuente: Grupo de investigación PQI (Procesos Químicos Industriales) de la Universidad de Antioquia.

Tabla 12. Pre-ensayos reacción deoxigenación de ácidos grasos en reactor continuo.

Ensayo	Tipo de reactor	FlujoAG (g)	m _{Cat} (g)	Conc Cat	T (°C)	P (bar)/Flujo H ₂	Pureza (%)
3	continuo	0,05 ml/min	6	0,4800	350	70 (70 ml/min)	98,46

Fuente: Grupo de investigación PQI (Procesos Químicos Industriales) de la Universidad de Antioquia.

5.5. LIMITACIONES DE IMPLEMENTACION DE LA PLANTA PILOTO.

Para el diseño de la planta piloto se realizó un estudio de los elementos necesarios por la planta para su construcción y operación, de acuerdo a este estudio, se realizó presupuesto inicial donde se contemplaron todos los materiales e insumos, y equipos necesarios para la elaboración de este prototipo.

La adquisición de estos y siguiente construcción para la implementación de esta planta piloto no fue posible debido a diversos factores.

Por cuestiones de demora de desembolso del dinero financiado para ejecución del presupuesto no se pudo realizar compra de los materiales e insumos, y equipos requeridos para la construcción de la planta piloto, además de demoras en los trámites administrativos para realizar la compra de estos equipos por lo sucedido en estos

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 67 de 167

meses que es la pandemia del COvid-19, dificultando más la ejecución del presupuesto, finalmente cabe resaltar que si bien no se pudo adelantar labores físicas en el desarrollo del prototipo por los motivos expuestos, la fortaleza de este proyecto radica en la solidez de las simulaciones que permiten predecir en gran parte la implementación y el funcionamiento de dicho prototipo, es decir se puede considerar esto como una oportunidad.

5.6. CONCLUSIONES

En el estado actual del arte con el proceso de refinamiento de los ácidos grasos, se identificaron unos clúster en el proceso de hidrotatamiento que están enfocados en la producción de biocombustibles de origen vegetal en gran parte, por lo que este proyecto resulta innovador por que busca a enfocar la reacción de hidrotatamiento para producción de diésel renovable a partir de materias primas de origen animal.

Se encontró que la mejor materia prima para la obtención de diésel renovable es la grasa de pollo, gracias a su facilidad de manejo, eficiencia y capacidad de transformación y minimización de consumo energético y de hidrogeno.

La búsqueda de información sobre las partes del reactor arrojó que la mejor forma de realizar el proceso de hidrotatamiento es a través de un proceso semi batch tipo reactor tubular de lecho fijo, lo que permitió determinar la mejor configuración de este y de ahí realizar las simulaciones respectivas.

Se verifico y valido la mejor configuración del reactor tubular de lecho expuesto en el diseño 3D, a partir de los resultados obtenidos en la simulación realizada en Hysys Aspen, el cual es un software que permite predecir el comportamiento de las variables y su influencia en este caso en el proceso de hidrotatamiento desde el punto de vista químico.

A demás se hizo la validación de los resultados en la simulación con las pruebas realizadas en los laboratorios de química de la Universidad de Antioquia, demostrando así que este tipo de reactor es el correcto para la realización del proceso de refinamiento por hidrotatamiento, teniendo en cuenta los requerimientos propuestos en la normatividad general de los biocombustibles en Colombia.

PRESUPUESTO.

En la Tabla 13 se ven los materiales e insumos y equipos necesarios para la realización de la planta piloto de producción de diésel renovable por el método de hidrotreamiento de ácidos grasos de origen animal, su descripción, su tipo de unidad de medida, su cantidad, una justificación, su valor unitario y su valor total.

Tabla 13 Presupuesto.

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
MATERIALES E INSUMOS	PT-100 industrial de tres hilos. Con sonda de 33CM con convertidor de voltaje a corriente, salida 4-20mA	Unidades	5	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 270.000	\$ 1.350.000,00
MATERIALES E INSUMOS	Sensor de pH analógico con electrodo con salida I2C.	Unidades	3	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 460.000	\$ 1.380.000,00

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 69 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
MATERIALES E INSUMOS	Sensor de Ultrasonido para medición de nivel líquidos, salidas por modulación de ancho de pulso con comunicación serial	Unidades	5	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 80.000	\$ 400.000,00
MATERIALES E INSUMOS	Pantalla 7 pulgadas 800 x 480 HDMI Con la ayuda de Touchscreen Compaginable con Raspberry Pi	Unidades	3	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 400.000	\$ 1.200.000,00
MATERIALES E INSUMOS	Cinta de Calentamiento con control y Termopar -- 100°C, Extreme-Temperature Heat Cable 2ft x 1", 120VAC	Unidades	10	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como	\$ 250.000	\$ 2.500.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 70 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
				producto del desarrollo del proyecto		
MATERIALES E INSUMOS	Unión Tipo T --- Racores para Tubo y Adaptadores hasta 757 bar	Unidades	1	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 380.000	\$ 380.000,00
MATERIALES E INSUMOS	Cilindro de Hidrógeno -- - Hidrógeno UAP >99%	Unidades	2	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 250.000	\$ 500.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 71 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
MATERIALES E INSUMOS	Regulador de Presión de gas Oxígeno, Hidrógeno, Nitrógeno, alta presión de 6 a 10 MPa Cobre puro reductor de presión con válvula de larga vida útil	Unidades	1	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 600.000	\$ 600.000,00
MATERIALES E INSUMOS	Válvulas Anti retornó Check de Acero Inoxidable, presión de disparo ajustable con control de retorno de caudal y aplicaciones de alta pureza con obturador y muelle, presiones de servicio de hasta 400 bar	Unidades	1	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 840.000	\$ 840.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 72 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
MATERIALES E INSUMOS	Válvula de Aguja 1/4" OD x 1/4" OD Bonette de Acero inoxidable 316, con obturador de regulación , máximo 236 bar	Unidades	1	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 690.000	\$ 690.000,00
MATERIALES E INSUMOS	Tubo Nipple Roscado 3/4" OD Largo 6" --- Tubo conificado y roscado serie IPT de acero inoxidable 316	Unidades	1	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 460.000	\$ 460.000,00
MATERIALES E INSUMOS	Collar 3/4". Serie IPT. Acero inoxidable 20.000 PSI	Unidades	2	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como	\$ 90.000	\$ 180.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 73 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
				producto del desarrollo del proyecto		
MATERIALES E INSUMOS	Unión (Gland) 3/4" OD. Serie IPT Acero inoxidable 20.000 PSIG	Unidades	2	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 130.000	\$ 260.000,00
MATERIALES E INSUMOS	Adaptador Hembra. 1/4" NPT Hembra x 3/4" acero inoxidable 15.000 PSI G	Unidades	2	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 74 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
EQUIPOS	Manómetro --- rango presión: 0-100bar con transmisión de datos digital, que incluya protocolo de comunicación digital tipo serie o de tipo de industrial. Con dispositivo de lectura	Unidades	1	Equipo necesario para el montaje del prototipo funcional	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000,00
MATERIALES E INSUMOS	Tanque de Almacenamiento de Acero Inoxidable, para Separación de Gas/Líquidos --- Capacidad 2000mL. Debe incluir Condensadores de Enfriamiento estándar, debido a que usualmente es	Unidad	1	Equipo necesario para el montaje del prototipo funcional	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 75 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
	primordial enfriar los resultados de la reacción. Los fluidos se deben condensar, y recoger en la base del envase. Los gases y vapores que no se pueden condensar se les admite manar de la parte culminante del envase y trasladarse al regulador de presión de retorno. Cilindros de toma de muestras de conformidad con DOT					
MATERIALES E INSUMOS	Tanque de Almacenamiento de Acero Inoxidable con calefacción moderada 60°C, con medición de	Unidades	1	Equipo necesario para el montaje del prototipo funcional	\$ 1.242.708	\$ 1.242.708,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 76 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
	temperatura visual, y control de temperatura basado en cintas de calentamiento y pt100.					
MATERIALES E INSUMOS	Tubería de Acero Inoxidable (304/304 L) -- - Tubo de acero inoxidable sin soldadura	Unidades	3	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 490.000	\$ 1.470.000,00
MATERIALES E INSUMOS	Disco de Ruptura --- VALVULA ALIVIO RL3. 1/4" MNPT X 1/4" OD. ACERO INOXIDABLE	Unidades	1	Materiales e insumos requeridos para el desarrollo del prototipo funcional comprometido como producto del desarrollo del proyecto	\$ 1.250.000	\$ 1.250.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAar113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 77 de 167

EQUIPOS	<p>Reactor Tubular de Lecho fluidizado para industria de procesos químicos Temperatura máxima de operación 900°C Presión de hasta 300 bar Debe incluir sistema de catalizador de extracción y sistema de transferencia de calor con aplicaciones para sistemas de gas y sólidos. El procedimiento del reactor que se presenta a la derecha incorpora los próximos elementos claves: Un subsistema de combinación y manipulación de gases empleado para combinar y moderar la corriente de gas reactante en la base del reactor. El reactor de unas medidas aproximadas de un metro de largo con un diámetro interno de 2.5 cm. La parte inferior del</p>	Unidad	1	Equipo necesario para el montaje del prototipo funcional	\$ 9.046.667	\$ 9.046.667,00
----------------	--	---------------	---	--	---------------------	------------------------

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 78 de 167

	<p>reactor incluye una placa de propagación de gas porosa de metal fácilmente sustituida y la parte inferior del reactor se extiende abruptamente para producir un sector de desacoplamiento para el lecho fluidizado. Se suministra un pt100 móvil en un termopozo para controlar la división de la temperatura interior del reactor. Se confiere un filtro o separador ciclónico con calefacción al instante encima del reactor para detener los finos provenientes del roce de las partículas. Los resultados de la reacción son refrescados por un condensador y almacenados en un tanque colector de 600mL. La presión del</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 79 de 167

	<p>procedimiento se sostiene mediante un regulador de contrapresión automático. Debe incluir controlador de procesos para reactor de alimentación múltiple de forma independiente y paralelo, Incluir interfaz gráfica para requerimientos específicos del usuario. Garantía 1 año.</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 80 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
EQUIPOS	Regulador de presión de retorno (RBP) para flujo de salida compatible con controladores de flujo másico, debe garantizar flujo de gas y presiones constantes --- back pressure regulator, 70 bares, con sensor de presión y control. Características Presión hasta 300 bar (4650 psi) Estabilidad mejorada Válvula de interruptor de salida Especificaciones Rango de presión de trabajo: 60-300 bar (870-4650 psi) Caudales aplicables: 0,3-10 ml /	Unidad	1	Equipo necesario para el montaje del prototipo funcional	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 81 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
	min para líquidos Precisión de presión: ± 2 bar (30 psi) Garantía mínima 1 año					

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 82 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
EQUIPOS	<p>Bomba HPLC con Dispositivo de Calentamiento y Válvula Anti retorno --- flujo 5 ml/min,</p> <p>La bomba de pistón de alta presión debe contar con la velocidad para alimentar líquidos en un reactor que trabaja a presión en un modo de flujo continuo. Las bombas de HPLC deben contar con la opción para flujos de baja velocidad hasta 3000 psi.</p> <p>La frecuencia de flujo para este tipo de bombas va desde</p>	Unidad	1	Equipo necesario para el montaje del prototipo funcional	\$ 27.000.000	\$ 27.000.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 83 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
	<p>0.01ml a 10ml por minuto. Las bombas deben contar con disponibilidad para control manual desde su placa frontal digital o control por computadora desde un Controlador de Proceso.</p> <p>Las bombas dosificadoras debe permitir la alimentación continua de líquidos cuando la velocidad de flujo hasta por 2 litros por hora. Garantía mínimo 1 año.</p>					

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 84 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
EQUIPOS	Controlador de Flujo gaseoso que incluya protocolo de comunicación digital tipo serie o de tipo de industrial. Controlador de Flujo gaseoso (1500 PSI) debe garantizar un flujo continuo de gas a un reactor, debe proporcionar el gas a una presión perseverante al controlador de flujo másico electrónico. Debe comparar el flujo real transmitido con el punto de control seleccionado por el usuario, y controlar	Unidades	1	Equipo necesario para el montaje del prototipo funcional	\$ 750.000	\$ 750.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 85 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
	automáticamente una válvula de control integral para asegurar un flujo persistente. Un controlador de flujo másico requiere una línea de alimentación de volteja. Las válvulas de cierre deben ser compatibles con sistemas de Control electrónico. Garantía 1 año.					
EQUIPOS	Medidor de Flujo Másico gaseoso con transmisión de datos digital, que incluya protocolo de comunicación digital tipo serie o de tipo de industrial. Con	Unidades	1	Equipo necesario para el montaje del prototipo funcional	\$ 840.000	\$ 840.000,00

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 86 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
	instrumento para lectura, así como un tablero para realizar ajustes del punto deseado. Se debe especificar: <ol style="list-style-type: none"> 1. El tipo de gas a medir (H₂) 2. La presión máxima de operación del gas (100 bar) 3. El rango máximo de velocidad de flujo en cc estándar por minuto (70mL/min a 70 Bar) Garantía 1 año.					

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 87 de 167

RUBRO DE ACUERDO AL PROYECTO, PLAN DE TRABAJO Y/O ACTUALIZACIONES	DESCRIPCIÓN	Unidad de Medida	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	VALOR PLAN DE GASTOS	
					VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (multiplicar valor Unitario por cantidad)
Total						\$ 60.339.375,00

Fuente propia.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional

REFERENCIAS

- [1] Osinergmin. Introducción a las Energías Renovables. [2013]. [Recuperado 10 de Mayo 2020]. [Disponible En: <http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/IntroduccionEnergiasRenovables.html>]
- [2] Bezergianni S, Dimitriadis A. Comparison between different types of renewable diesel. *Renew Sustain Energy Rev* 2013; 21:110–6
- [3] Haagensohn DM. Fractionation of Canola Biodiesel Sediment for Quantification of Steryl Glucosides with HPLC/ELSD. *J Am Oil Chem Soc* 2014; 91:497–502
- [4] Huynh TM. Deoxygenation of Liquid and Liquefied Biomass. *Chem. Fuels from Bio-Based Build. Blocks*, Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; 2016, p. 403–30.
- [5] Fonseca S. PLAN ESTRATÉGICO DEPARTAMENTAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE CUNDINAMARCA. Bogotá: [2013]. [Recuperado 15 Febrero 2020]. [Disponible En: <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/pedcti-cundinamarca.pdf>]
- [6] Funseam Hidrotratamiento de Aceite Vegetal Usado en la Refinería Tenerife. [11 Junio del 2013]. [Recuperado 1 Abril 2020]. [Disponible En Internet: <http://www.funseam.com/es/observatorio-best-practices/cepsa/hidrotratamiento-de-aceite-vegetal-usado-en-la-refineria-tenerife>]
- [7] UPME. PLAN ENERGÉTICO NACIONAL (PEN) 2006-2025 Contexto y Estrategias 2007. [Recuperado 5 Mayo del 2020]. [Disponible En Internet: <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/1313/5/Pen%202006%202025%20xx.pdf>]
- [8] Delgado M. PLAN VISIÓN COLOMBIA 2019. 2006. [Recuperado 5 Mayo del 2020], [Disponible En Internet: https://archivo.cepal.org/pdfs/GuiaProspectiva/visionColombiallcentenario_2019complete.pdf]
- [9] Min. Ambiente. Ley 693. [2004]. [Recuperado 6 Mayo del 2020]. [Disponible En Internet: https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Leyes_/ley_0939_311204.pdf]
- [10] Min. Ambiente. Ley 939. [2004]. [Recuperado 6 Mayo del 2020]. [Disponible En Internet: https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Leyes_/ley_0939_311204.pdf]
- [11] Significado de Metodología de la investigación. [10 de Diciembre 2019]. Recuperado [2 de Junio 2020]. [Disponible En Internet: <https://www.significados.com/metodologia-de-la-investigacion/>]
- [12] NTC ISO 9001:2000 – Cap. 7.3
- [13] Arun N, Sharma R V., Dalai AK. Green diesel synthesis by hydrodeoxygenation of bio-based feedstocks: Strategies for catalyst design and development. *Renew Sustain Energy Rev* 2015; 48:240–55.
- [14] APUNTES RM-Reactores Multifásicos. [En Línea]. 2013. [Revisado 9 Junio 2020]. [Disponibles en Internet: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/33262/1/APUNTES%20RM.pdf>]

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 89 de 167

- [15] A. D. Fonseca Mejía, Biocombustibles en Colombia REPÚBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIAS, UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, Bogota, Abril de 2009
- [16] APUNTES RM-Reactores Multifásicos. [En Línea]. 2013. [Revisado 9 Junio 2020]. Disponibles en Internet:
<http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/33262/1/APUNTES%20RM.pdf>
- [17] Kaewmeesri R. Deoxygenation of Waste Chicken Fats to Green Diesel over Ni/Al₂O₃: Effect of Water and Free Fatty Acid Content. Energy & Fuels 2015; 29:833–40.
- [18] ÍNDICE DE YODO BAJO LA NORMA ATSM D-5554-95R01 (Re-aprobado 2001)
- [19] ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN BAJO LA NORMA ATSM D-5558-95R01 (RE-APROBADO EN 2001)
- [20] PORCENTAJE DE ADICEZ BAJO LA NORMA ATSM D-1980-87R98 (RE-APROBADO EN 1998)
- [21] CONTENIDO DE MATERIAL INSAPONIFICABLE O GOMAS BAJO LA NORMA ATSM D-1965-87R98 (RE-APROBADO EN 1998)
- [22] Modelado de reactores de lecho fijo de baja relación de aspecto asistido por Fluidodinámica Computacional (CFD) DANIELA ANABEL ASENSIO Presentada ante la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata
- [23] Modelado de reactores de lecho fijo de baja relación de aspecto asistido por Fluidodinámica Computacional (CFD). [En Línea]. 2017. [Revisado 9 Junio 2020]. [Disponibles en Internet: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/65182>]
- [24] Mayer, R.A Encyclopedia of Analytical Chemistry. 2000. [Recuperado 9 de Junio 2020]
- [25] Giddings, J.C. Dynamics of Chromatography, Volumen I. 1965 [Recuperado 9 de Junio 2020]
- [26] HPLC INSTRUMENTAL. 2016. [Recuperado 10 de Junio 2020]. [Disponible en Internet:
https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/18923b6c-0080-4aab-b237-547a4678e10b/TOC_6234_01_01.pdf?guest=true]
- [27] 5400MB_Parr_Series-5400_Tubular-Reactor_Sales-Literature. [Recuperado 10 de Junio 2020]. [Disponible en Internet: <https://www.parrinst.com/products/tubular-reactor-systems/5400-continuous-flow-tubular-reactors/>]
- [28] SISTEMAS DE FLUIDO TÉRMICO: LA GUÍA COMPLETA. [Recuperado 12 de Junio 2020]. [Disponible en Internet: <https://www.pirobloc.com/sistemas-de-fluido-termico-la-guia-completa/>]
- [29] E.T. Himmelblau Optimization of chemical process. 2001 [Recuperado 15 de Junio 2020]. Editorial McGraw-Hill
- [30] L.T.Biegle. Optimization strategies for complex process models. 1992 [Recuperado 16 Junio 2020]
- [31] E.T. Himmelblau Optimization of chemical process. 2001 [Recuperado 15 de Junio 2020]. Editorial McGraw-Hill
- [32] L.T.Biegle. Optimization strategies for complex process models. 1992 [Recuperado 16 Junio 2020]
- [33] Tubular Reactor Systems, Parr Instrument Company, Bulletin 5400

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 90 de 167

- [34] Diseño, Construcción, Montaje y Puesta en Marcha de un Sistema de Reacción Con Lecho Fijo Catalítico (PBR) Para Obtención de Cinéticas de Reacción. Felipe Parra Peñuela. Universidad de los Andes. 2005, Bogotá D.C.
- [35] Producción de Diésel Renovable a partir de Aceite de Higuera mediante Catalizadores de Níquel-Molibdeno Soportados sobre Alúmina Lorena Sánchez, Biviana A. Llano y Luis A. Ríos Grupo Procesos Químicos Industriales, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia UdeA, Información Tecnológica – Vol. 28 N° 1 2017
- [36] DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SEPARADORES BIFÁSICOS Y TRIFÁSICOS Universidad Central de Venezuela, Por los Brs. Requena G. José L, Rodríguez M, Mauricio F 2006
- [37] Hysys Aspen V11 Versión de Prueba.
- [38] Sketchup 20 Versión de Prueba.
- [39] J. P. Rodríguez López, «HIDRODESOXIGENACIÓN DE ACEITE DE JATROPHA CURCAS SOBRE Pt/HZSM-22-g-Al₂O₃ PARA LA OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLES SINTÉTICOS,» *Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.*, 2018.
- [40] N. A. Ramoz Meléndez, «Hidrotratamiento de un destilado intermedio de aceite crudo Maya (200-300°C) utilizando catalizadores NiMo/Al₂O₃-SiO₂ con diferente concentración de SiO₂,» *SCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS*, 2014.
- [41] L. Pinilla Torres, «Análisis de tendencias en biocombustibles para la definición de líneas estratégicas de investigación y desarrollo de Colombia,» *Pontificia Universidad JAVERIANA*, 2013.
- [42] E. A. De La Rosa Reyna, «Hidrotratamiento de Aceite Vegetal Jatropha Curcas L. Para la Producción de Aceites Verdes,» *ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS*, 2013.
- [43] C. Tejada Tovar, L. Tejada Benítez, Á. Villabona Ortiz y L. Monroy Rodríguez, «Obtención De Biodiesel A Partir De Diferentes Tipos De Grasa Residual De Origen Animal,» *Luna Azul*, 2013.
- [44] S. Ornelas, M. Lisette, A. C. Gutiérrez y J. M. Rodríguez, «Biocombustibles De Cara Al Futuro: Un Panorama Actual,» *DIGITAL CIENCIA@UAQRO*, 2015.
- [45] C. Andrade, A. Corredor, L. Buitrago y A. Lache Muñoz, «Procesos Bioquímicos Utilizados Para La Producción De Bioetanol, Biodiésel Y Biogás Y Su Estado En Colombia,» *Fundacion Universidad De America*, 2017.
- [46] F. V. Rodriguez Lizama, «Síntesis De Un Catalizador Bifuncional Para (Hidro) Desoxigenación De Aceite,» *Centro de Investigacion Científica de Yucatán, A.C.*, 2017.
- [47] E. Castillo, «Biocombustibles Avanzados A Partir Del Aceite De Palma,» *18th international Oil Palm Conference*, 2015.
- [48] B. Chan, R.M y E. Martínez, «Algunos Aspectos De Producción De Diésel Verde A Partir De Materias Primas De Segunda Generación Y La Tecnología Del Hidrotratamiento,» *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 2017.
- [49] N. Cantero Plaza, «Determinación De La Corrosión Y Estabilidad De Mezclas De Corrientes De Refinería Y Aceites Vegetales En Procesos De Hidrotratamiento,»

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 91 de 167

Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, 2010.

- [50] A. Posadillo Marín, «Optimización De Las Condiciones Experimentales Para La Producción De Biocombustibles De Segunda Generación Que Integran La Glicerina,» *Universidad de Cordoba, 2015.*
- [51] U. Medina Castañeda, «Influencia De Aditivo Orgánico En El Desempeño Catalítico De Un Catalizador Comercial Convencional En Reacción De Hidrodesulfuración, Para La Obtención De Diesel Ultra Bajo Azufre,» *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2013.*
- [52] M. E. Gamarra Condori, «Optimizar El Proceso De Desulfuración Del Diesel En El Perú,» *UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, 2012.*
- [53] A. I. Castillo Escobedo, «Desoxigenación Catalítica De Aceite De Cocina Usado Para La Obtención De Biocombustible,» *Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., 2017.*
- [54] Estrategia Nacional de apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación, Colciencias, Jaime Restrepo Cuartas, Dorys Yaneth Rodríguez Castro, Carlos Fonseca Zárate, Jorge Cano Restrepo, Paola Nieto Castillo, Claudia Jimena Cuervo Cardona, Jicelle Manrique Vaca, Marcela Lozano Borda, Oscar Javier Maldonado, Septiembre de 2010, ISBN: 978-958-8290-50-8
- [55] Introducción a la química orgánica, Juan Carlos Autino, Gustavo Romanelli, Diego Manuel Ruiz, Facultad de ciencias agrarias y forestales, Educo Editorial. 2013
- [56] HIDRODESULFURACIÓN DE UNA CARGA REAL (GPV) CON FOSFUROS BIMETÁLICOS SOPORTADOS EN SÍLICA, L. R. Elliard Pérez, J. G. Sandoval-Robles, J. M. Domínguez-Esquivel, R. García-Alamilla, J. A. Melo-Banda y J. Ancheyta, REVISTA MEXICANA DE INGENIERÍA QUÍMICA Vol. 5, No.3 (2006) 237-244
- [57] LOS HIDROCARBUROS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS ASOCIADOS A COMBUSTIBLES FÓSILES. CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS Y REMEDIACIÓN, MARÍA JESÚS GARCÍA MARTÍNEZ, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y COMBUSTIBLES, ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS, 2005
- [58] Producción de ésteres metílicos de ácidos grasos: variables asociadas al proceso de transformación. Paulo César Narváez Rincón, Francisco José Sánchez, Jesús Alfonso Torres, Luisa Fernanda Ponce de León, REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN No. 55, SEPTIEMBRE DE 2004. 41 - 50
- [59] BIOMASA, BIOCMBUSTIBLES Y SOSTENIBILIDAD, Ana Isabel de Lucas Herguedas, Carlos del Peso Taranco, Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT., 2012 ISBN: 978-84-931891-5-0.
- [60] Bioturbosina: Producción de cultivos energéticos para la aviación comercial. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3. 579-594. (2012).
- [61] METOXICARBONILACIÓN DE ESTIRENO, CATALIZADA POR COMPLEJOS DE PALADIO II CON LIGANDOS FÓSFORO NITRÓGENO, GONZALO ANDRÉS VALDEBENITO ACUÑA, UNIVERSIDAD DE CHILE, FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS, DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INORGÁNICA Y ANALÍTICA, 2015

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 92 de 167

- [62] Contribución al desarrollo de biorrefinerías termoquímicas basadas en la hidrocarbonilación de DME, Miguel Ángel Vázquez Domínguez, Universidad de Sevilla (España), 2020
- [63] Desarrollo de nuevos catalizadores Ni/KIT-5 para hidroxigenación de ácido palmítico , Citlalli Guadalupe Zenteno Hernández, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, 2019
- [64] Honeywell Green Diesel™ | Honeywell UOP n.d.
- [65] Calva B. L. G., A. V. Botello y G. Ponce Vélez. 2005. Composición de hidrocarburos alifáticos en sedimentos de la laguna Sontecomapan, Ver., México. Hidrobiológica 15
- [66] Dirección Nacional de Derechos de Autor

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 93 de 167

ANEXOS

Anexo A Realización de una ponencia en evento científico nacional o internacional.

ANEXO A

Realización de una ponencia en evento científico nacional o internacional.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 94 de 167

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 95 de 167

Ilustración 31 Certificado Ponencia ITFIP.



INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR ITFIP
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROINDUSTRIALES



IV y III Congreso Nacional y Internacional de Ingeniería 2019

“Desafíos y tendencias de Ingeniería”

Realizado el 5, 6 y 7 de noviembre de 2019 en El Espinal - Tolima - Colombia

Certifica que:

Cristian Arnulfo Arias Vargas

Participo en calidad de: Ponente




Mario Fernando Díaz Pava
Rector


Holman Reyes Puentes
Decano Ingeniería

“Educación Superior con Calidad para todos”



Fuente: Institución de Educación Superior ITFIP

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



Ilustración 32 Evidencia Ponencia UDEC 1.



Fuente: Autoría Propia.

Ilustración 33 Evidencia Ponencia UDEC 2.



Fuente: Autoría Propia.



**MACROPROCESO DE APOYO
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAAr113
VERSIÓN: 3
VIGENCIA: 2017-11-16
PAGINA: 97 de 167**

Ilustración 34 Evidencia Ponencia UDEC 3.



Fuente: Autoría Propia.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAar113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 98 de 167

Anexo B Socialización de Resultados.

ANEXO B

Socialización de Resultados.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 99 de 167

Ilustración 35 Características Generales del Proyecto



El conocimiento es de todos

Colciencias

COLOMBIA






PRODUCCIÓN DE DIESEL RENOVABLE MEDIANTE HIDROTRATAMIENTO DE ÁCIDOS GRASOS DERIVADOS DE RESIDUOS ANIMALES - 63594

Objetivo General: Desarrollar un proceso para la producción de un biocombustible tipo diésel a partir del hidrotatamiento (deoxigenación) de ácidos grasos derivados de residuos animales.

Justificación: De acuerdo al documento [Pecdi-Cundinamarca](#), el departamento presenta grandes retos. Algunas de las brechas a fortalecer son los procesos o iniciativas para la disminución de impactos ambientales y de cambio climático teniendo como solución la implementación de prácticas sostenibles, generación e implementación de energía limpias, la adecuada disposición de residuos y saneamiento de las fuentes hídricas contaminadas. Por lo cual se debe desarrollar entorno a estas temáticas estrategias regionales de transferencia, de investigación y de implementación en las actividades productivas que promuevan iniciativas de uso y generación de tecnologías limpias. Es por esto que se quiere apuntar en esta investigación a la producción de nuevos biocombustibles a partir de biomasa disponible en el departamento de Cundinamarca.

Apoyo económico FFJC - FCTel-SGR Departamento de Cundinamarca	\$ 349.764.886
CONTRAPARTIDA	
ENTIDAD EJECUTORA – UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	\$ 57.115.520
ENTIDAD COEJECUTORA – UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	\$ 192.539.600
COSTO TOTAL DEL CONTRATO	\$ 599.420.006



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA



Vigilada MinEducación



UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Generación Siglo 21



Grupo de Investigación GIGATT

marca.edu.co

Fuente: realizada por grupo de investigación..

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 100 de 167

Ilustración 36 Certificado Ponencia UDEC.



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
En el marco del Artículo 120 de la ley 30 de 1992

Certifica que:

CRISTIAN ARNULFO ARIAS VARGAS

Identificado (a) con C.C. N° 1069756421
Participo en el II SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
En Calidad de
PONENTE

Ponencia Titulada. *"PRODUCCIÓN DE DIÉSEL RENOVABLE MEDIANTE HIDROTRATAMIENTO DE ÁCIDOS GRASOS DERIVADOS DE RESIDUOS ANIMALES"*

Organizado por la Vicerrectoría Académica, y la Dirección de Investigación Universitaria, de la Universidad de Cundinamarca, realizado el 19 de Noviembre de 2019



PABLO EMILIO FLOREZ VARGAS
Vicerrector Académico
Universidad de Cundinamarca



JOSE ZACARIAS MAYORGA SANCHEZ
Director Investigación Universitaria
Universidad de Cundinamarca

Fuente: Universidad de Cundinamarca UDEC.

Anexo C Postulación de un artículo a revista indexada.

ANEXO C

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAar113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 101 de 167

Postulación de un artículo a revista indexada.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 102 de 167

Ilustración 37 Aprobación Postulación Artículo

RV: Waste Management 2020 - Reminder to submit your full paper

Dear Cesar Augusto

The paper deadline to submit your paper "Development of an experimental plant prototype for renewable diesel production through hydrotreatment of fatty acids" has now passed however, this email is to let you know that there is still time.

As you will be aware from earlier communications, due to the COVID-19 pandemic we have decided that the conference should not take place as scheduled, but the publication of the accepted papers will continue as planned. So if you would still like your paper to be considered for the volume of the WIT Transactions, you may submit it.

Please observe the following points:

1. Text area is 200mm deep x 130mm wide.
2. The full specification is available at: <http://www.wessex.ac.uk/author-instructions>.
3. Please include your signed Publishing Agreement, complete the online Registration Form and make payment.

Of course, because of the circumstances, please let me know if you need me to extend the paper deadline as this will be possible. If you have any other difficulty, please contact me as soon as possible so that we can discuss the options available to you.

Kind regards

Priscilla Cook

--

Ms Priscilla Cook
Conference Coordinator
pcook@wessex.ac.uk

Wessex Institute, Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton SO40 7AA, UK.

Tel: +44 (0) 238 029 3223 Fax: +44 (0) 238 029 2853

View 2020 Call for Papers at: <http://www.wessex.ac.uk/conferences/2020>

Fuente: realizada por grupo de investigación.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 103 de 167

Ilustración 38 Correcciones necesarias Artículo

Fwd: Waste Management 2020 - Your Second paper submission

From: Priscilla Cook <pcook@wessex.ac.uk>
Sent: Tuesday, June 16, 2020 7:42:59 AM
To: Cesar Augusto Casas Diaz <ccasas@ucundinamarca.edu.co>
Subject: Waste Management 2020 - Your Second paper submission

Dear Cesar Augusto

I am sorry for the delay in the review of your paper. The first reviewer was unable to carry out the review and there was a delay in the second reviewer's decision as well.

I would like to inform you that we have now received the reviewer comments on your paper "**Production of renewable diesel through hydrotreatment of fatty acids derived from animal waste**".

The reviewers found the topic of your research suitable for the conference, however, they stated that, in order for your paper to be considered for publication, you need to:

1. Indicate that the paper is a proposal in the topic
2. Avoid paragraphing in the abstract.
3. Avoid lettering as in paragraph 3 in the Abstract
4. Rework the body of the paper to start with Introduction followed by the problem, general purpose, specific objectives, methodology, results and discussion, conclusion and recommendations
5. please translate any non-English references into English

Please revise your paper in accordance with these instructions and send it to me **by 23rd June 2020**.

Please make sure you highlight in the paper the changes you have made by using tracked changes, coloured font or highlighted text.

In addition, we must receive payment of the corresponding registration fee, which must be received, or we will not be able to publish your paper after a satisfactory technical review. The registration form is available on the conference website at:

https://www.wessex.ac.uk/index.php?option=com_chronoforms5&view=form&Itemid=5768&chronoform=RegisterWP&conf=waste-management-2020

I look forward to hearing from you.

Kind regards

Priscilla

On 12/06/2020 09:28, Cesar Augusto Casas Diaz wrote:

Good morning Priscilla, I appreciate your attention, I want to know if any of the three final versions that I sent to the event was finally accepted in order to continue with the payment process financed by the institution that I work, Thank you

ING. CESAR AUGUSTO CASAS DIAZ
 Universidad de Cundinamarca (Colombia)

--

Ms Priscilla Cook
 Conference Coordinator
pcook@wessex.ac.uk
 Wessex Institute, Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton SO40 7AA, UK.
 Tel: +44 (0) 238 029 3223 Fax: +44 (0) 238 029 2853
 View 2020 Call for Papers at: <http://www.wessex.ac.uk/conferences/2020>
 Like us on Facebook - <http://www.facebook.com/witconferences>

Fuente: realizada por grupo de investigación.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 104 de 167

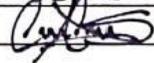
Ilustración 39 Correcciones necesarias Artículo

General Terms

- The undersigned represents that he/she has the power and authority to make and execute this assignment.
- The undersigned agrees to indemnify and hold harmless WIT Press from any damage or expense that may arise in the event of a breach of any of the warranties set forth above.
- In the event the above work is not accepted and published by WIT Press or is withdrawn by the author(s) before acceptance by WIT Press, the foregoing copyright transfer shall become null and void.
- For jointly authored Works, all joint authors should sign, or one of the authors should sign as authorised agent for the others

TITLE OF PAPER/ARTICLE/REPORT: PRODUCTION OF RENEWABLE DIESEL THROUGH HYDROTREATMENT OF FATTY ACIDS DERIVED FROM ANIMAL WASTE

COMPLETE LIST OF AUTHORS: CESAR AUGUSTO CASAS DIAZ, CRISTIAN ARNULFO ARIAS, PABLO MUÑOZ, EDWIN PALACIOS, LEONARDO EDDRIGUEZ

SIGNATURE: CESAR AUGUSTO CASAS DIAZ  Date: 23/05/20
Author/Authorised Agent for Joint Authors

US GOVERNMENT EMPLOYEE CERTIFICATION (WHERE APPLICABLE)	
This will certify that all authors of the Work are US Government employees and prepared the Work on a subject within the scope of their official duties. As such, the Work is not subject to US copyright protection.	
(2) _____ Authorised Signature	Date _____
CROWN COPYRIGHT CERTIFICATION (WHERE APPLICABLE)	
This will certify that all authors of the Work are employees of the British or British Commonwealth Government and prepared the Work in connection with their official duties. As such, the Work is subject to Crown Copyright and is not assigned to WIT Press as set forth in the first sentence of the Copyright Transfer Section above. The undersigned acknowledges, however, that WIT Press has the right to publish, distribute and reprint the Work in all forms and media.	
(3) _____ Authorised Signature	Date _____

Fuente: realizada por grupo de investigación.

PRODUCTION OF RENEWABLE DIESEL THROUGH HYDROTREATMENT OF FATTY ACIDS DERIVED FROM ANIMAL WASTE

Cristian Arias², Pablo Muñoz², Cesar Casas¹, Edwin Palacios¹, Leonardo Mujica¹, Cristian Hurtado², Cesar Quintero¹, Faider Humberto¹, Carlos Vargas².

1: University of Cundinamarca. TCO teacher, Researcher, Fusagasugá, Colombia

2: University of Cundinamarca. Research Assistant, Fusagasugá, Colombia

Abstract

Through this research project, it is hoped to generate a diesel-type biofuel (non-conventional renewable energy) through an improved production process, from biological sources, specifically fatty acids from animal fatty residues. The use of animal fat that is discarded as a result of the treatment or conditioning of the livestock farm constitutes a low-cost raw material with high availability in the Department of Cundinamarca, since according to its Development Plan, they try to strengthen processes or initiatives to reduce environmental problems and climate change, having as a solution the implementation of sustainable practices, generation and implementation of clean energy, the adequate disposal of waste and sanitation of contaminated water sources. The objective of this proposal is to present a novel component from the

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 105 de 167

development of a prototype that, from the fatty acids of animal residues, records a reduction in reaction time, energy costs in the process, hydrogen consumption in hydrotreatment and categorize the product obtained as a new biofuel by mixing it with commercial diesel fuel. The project is carried out in five stages: Selection of raw material, separation of fatty acids from animal fat with a hydrolysis process, carrying out an experimental design to evaluate the process of hydrolysis reactions, determine the degree of conditioning necessary to obtain a biofuel and develop the design and implementation of the experimental plant prototype. As results, technical reports of the process and full characterization of the biofuel obtained in the prototype are expected, as well as a market study document, work thesis at the undergraduate and master's level, generation of bibliographic products (Scientific articles, Book chapters), technical products (Prototype pilot plant), and technological development (Software Registration).

Keywords: Biofuels, Renewable Diesel, Hydro Treatment, Animal Fats, Hydrolysis, Catalysts, system SCADA.

INTRODUCTION

The animal fat that is discarded as a result of the treatment or conditioning of the livestock farm constitutes a low-cost raw material with high availability in the department of Cundinamarca. According to the information reported in the scientific and technical literature, diesel-type biofuels can be obtained by hydrotreating reactions from vegetable oils, animal fats. The proposed research will present a novel component starting from the fatty acids of animal fatty residues, seeking with this: a) to reduce reaction times compared to conventional processes; b) reduce energy costs in the process, due to the fact that reaction conditions can be less drastic than conventional hydrotreatment processes; c) minimize the consumption of hydrogen in the hydrotreatment; d) The product obtained can be categorized as a new biofuel for blending with commercial diesel-type fuels that are currently used in the country and would complement or replace the use of biofuels such as renewable diesel (fatty acid methyl esters).

The development of the project will be carried out in five stages:

1. Initially, the selection of the raw material will be made based on a previous review at the departmental level of animal fatty waste according to its environmental impact, supply and availability. The selected raw material will be characterized and conditioned according to the requirements of the process.
2. In a second stage, fatty acids are separated from animal fat using a hydrolysis process widely studied in the scientific and industrial literature;
3. In a third stage, a multilevel factorial experimental design will be carried out to evaluate the hydrotreating reactions of the fatty acids obtained in the hydrolysis stage, using a commercial sulphur-modified molybdenum catalyst.
4. In a fourth stage, the degree of conditioning necessary to obtain a biofuel that meets the quality specifications of a diesel fuel or its mixtures with commercial diesel-type products will be determined, in accordance with current national and international regulations.
5. Finally, the design and implementation of a prototype experimental plant for obtaining renewable diesel will be developed, in addition to a market study to identify the market potential to be exploited beyond the time frame of the project.

DESCRIPTION OF THE PROBLEM

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 106 de 167

After almost a century, where oil has predominated as a source of energy and raw material for the production of other organic chemicals, the demand for this crude oil grows proportionally to the needs of the population. However, in the future, this increasing demand could cause a continuous reduction of oil fields, forcing oil countries to redefine their energy strategies and rethink excessive oil exploitation. Such concerns have led to numerous investigations into reliable alternatives that supply the use of conventional fuels, seeking to work with a renewable and abundant raw material on the planet, in order to decrease the limited energy demand from petrochemical sources.

As an alternative to fossil fuels, biofuels have emerged, which are from renewable sources such as vegetable oils or biomass in general. The first types of biofuels that emerged were called "first generation", that is, those from edible materials such as corn, sugar cane, or vegetable oils, among others. Like first generation fuels, second generation fuels are also produced from sustainable raw materials, but in this case these raw materials are not normally used for human consumption. Second generation non-food raw materials include woody crops and agro-industrial waste. For this reason, advanced conversion technologies are needed in the process, which is also the reason why second generation biofuels are known as "advanced biofuels". The positive side of second generation biofuels is the greater efficiency, since most of the supplied raw material is used.

The final characteristics of renewable diesel depend on the raw material used for its processing and is generally associated with the availability of the existing primary resource in each country. The cost of this biofuel will ultimately depend on the capacity of the production plant, quality of the raw material used, type of alcohol and catalyst. However, it can be assumed that the production cost will depend between 70% and 90% of the cost of the raw material.

This technical problem of renewable diesel that limits blends with petrochemical diesel is mainly caused by the formation of sediments and cloudiness (hazes) at different stages of the process, transportation and storage.

An alternative to obtain a biofuel that is compatible with petrochemical diesel is hydrotreating to obtain renewable diesel. What this process basically seeks is to completely saturate the molecule, hydrolyze triglycerides and finally eliminate the oxygen present in fatty acids and thus finally have hydrocarbons that can be mixed with diesel in different proportions.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 107 de 167

In the Colombian context, the government has promoted the issue of biofuels by implementing laws and programs that promote their use for energy and transportation purposes. Document CONPES 3510 [1] presents the guidelines aimed at promoting the production of biofuels in Colombia, proposing the strategies to follow. Among these strategies, the following can be highlighted: “incorporate the foreseen developments of the biofuel market as a variable for the planning of transport infrastructure, define a research and development plan on biofuels, harmonize the national biofuel policy with the national policy food safety and develop specific actions to open new markets and differentiate the Colombian product in international markets”.

The projection approaches presented in the NATIONAL ENERGY PLAN (PEN) 2006-2025 [2] are also of utmost importance for our country, where elements are proposed that serve as guidelines for decision-making in the national energy sector with a perspective long-term.

First, a low-cost raw material will be used for this project, animal fats from slaughter plants in the department of Cundinamarca. These fats have high commercial and industrial availability. Currently, the use of this raw material is mainly in the production of soaps, which is a low value-added application. By using this raw material, the profitability of the hydrotreatment process would be positively affected. Another cost that must be reduced is that of operating costs. The proposed process involves a previous stage of hydrolysis of fats, in order to obtain fatty acids. These fatty acids will be hydrotreated to obtain renewable diesel.

Finally, this project seeks to be linked to the country's energy dynamics and future projections, where it seeks to obtain high-quality biofuels and proposals with a high innovative component, which seeks to expand the basket of raw materials for biofuels. And obtain self-sustainable, comprehensive and economic processes. Specifically, it will seek to improve the economy of the process and promote these types of technologies that help reduce the consequences of climate change, dependence on oil and energy security for the country.

GENERAL PURPOSE

Develop a process for the production of a diesel-type biofuel from hydrotreating (deoxygenation) of fatty acids derived from animal waste.

SPECIFIC OBJECTIVES

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 108 de 167

1. Select and characterize the most suitable raw material for this process that is available as waste in the department of Cundinamarca.
2. Determine the best synthesis conditions for obtaining fatty acids by hydrolysis of animal fatty residues.
3. To evaluate the performance of catalysts for the production of diesel-type hydrocarbons by hydrotreating fatty acids derived from animal waste.
4. Analyze the properties of the obtained diesel biofuels.
5. Determine the degree of mixing for the production of a biofuel from diesel and renewable diesel whose properties are within the quality specifications established in national regulations.
6. Design a prototype of an experimental plant for the production of renewable diesel from fatty residues.
7. Carry out a market study that allows establishing the market potential to be exploited beyond the temporality of the project.

METHODOLOGY

The project has its focus on the production and synthesis of renewable diesel from fatty residues. Figure 1 shows a simple description of the methodology used.

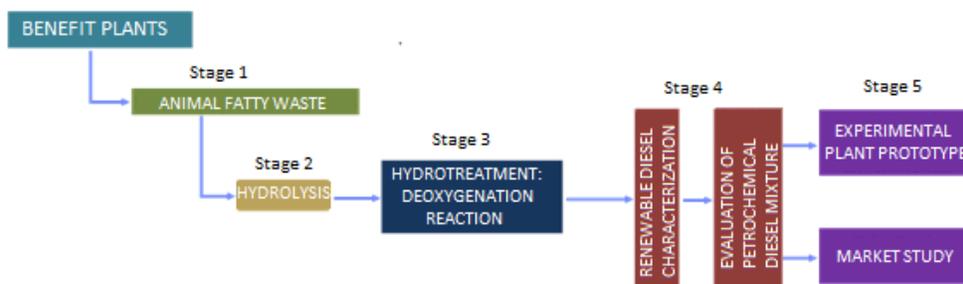


Figure 1: General outline of the methodology.

The activities proposed are described below by specific objective.

1. Select and characterize the most suitable raw material for this process that is available as waste in the department of Cundinamarca.
 - First stage

The selection of the raw material is made, taking into account aspects such as properties, environmental impact, supply and availability. This will then be characterized according to the requirements with their respective test methods: Iodine Index (ASTMD-5554), Saponification Index (ASTM D-5558), Acidity percentage (ASTM D-1980), Unsaponifiable material (ASTM D- 1965), Humidity (ASTM D-4377) and Fatty Acid Composition (CG-MS Chromatography).

2. Determine the best synthesis conditions for obtaining fatty acids by hydrolysis of animal fatty residues.
 - Second stage

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 109 de 167

The transformation of animal fatty residues (triglycerides) to fatty acids and glycerol is carried out. The experimental process for the hydrolysis of animal fats is carried out based on the conditions taken from the literature [3-6].

The reaction will be carried out in a high pressure batch reactor for 30 minutes, with temperatures between 200 to 400 ° C and handling an automatic pressure that should not be greater than 100 bars.

The reaction is shown in figure 2.

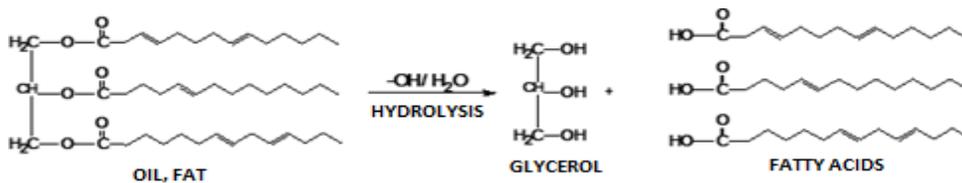


Figure 2: Hydrolysis of gauze / oils.

Products are also characterized according to stage 1 indices.

3. Synthesize and evaluate the performance of catalysts for the production of diesel-type hydrocarbons by hydrotreating fatty acids derived from animal residues.
 - Third stage

In order to carry out the improved hydrotreatment process, deoxygenation reactions are carried out, using the fatty acids of the previous stage as raw material (Figure 3).

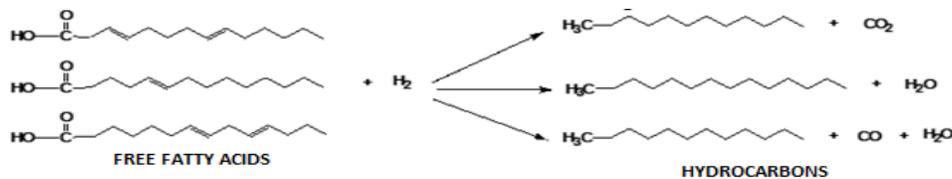


Figure 3: Hydrotreating of fatty acids

Nickel-Molybdenum is used as catalyst, which is commercial and is supported on silica and modified with sulfur. To study the deoxygenation reaction, we will evaluate a 3³ factorial experimental design that includes the modification of 3 input variables. Input variables: Temperature (three levels), Pressure (three levels) and Time (three levels).

Total experiments: 54 duplicates included

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 110 de 167

Output variable: Conversion and Purity of the biofuel obtained. This will be estimated from gas chromatography.

This seeks to reduce energy costs of the process due to less drastic reaction conditions (lower pressure, temperature and time), reduce hydrogen consumption and categorize it as a new non-isomerized biofuel for blending with commercial diesel-type fuels that are used in the country.

- Analyze the properties of the obtained diesel biofuels.

The product obtained from this deoxygenation stage will be characterized by measuring key fuel quality indices such as those presented in Table 6 below according to Table 3C resolution 90963 of September 10, 2014 that governs the country:

Table 1: Quality requirements for biofuel for diesel engines called renewable diesel for mixing with diesel fuels[7]

	Parameter	Unit	Specification	Test method
1	Sulfur, maximum	% mass	0.005	ASTM D4294
2	Cetane number , minimum	% vol	45	ASTM D613
3	Index of cetane , minimum	% vol	45	ASTM D976
4	Biofuel content, minimum	% vol	10	
5	Corrosion to copper, 3h at 50 ° C, maximum	Classification	2	ASTM D130
6	ASTM color, maximum	-	2	ASTM 1500
7	Micro carbon waste, maximum 10% funds	% mass	0.2	ASTM 4530
8	API gravity, minimum	API	report	ASTM D4052, ASTM D1298
9	Viscosity at 40 ° C	mm ² /s	Minimum : 1.9 Maximum : 4.1	ASTM D445

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 111 de 167

10	Distillation	° C	3	ASTM D 86
11	Water and sediment	% vol	0.05	ASTM D1796 or D2709
12	Pour point, maximum	° C	3	ASTM D 97 or D5949
13	Cold Filter Shutter Temperature (CFPP)	° C	Report	ASTM D 6371
14	Point cloud / clouding	° C	Report	ASTM D 2500
15	Flash point, minimum	° C	52	ASTM D 93
16	Ashes, maximum	% mass	0.01	ASTM D 482
17	Lubricity	Micrometers	450	ASTM D6079
18	Thermal stability	Reflectance %	70% minimum to 90 minutes	ASTM D 6468
19	Oxidation stability	g / m ³	25 maximum	ASTM D 2274

5. Determine the degree of mixing for the production of a biofuel from diesel and renewable diesel whose properties are within the quality specifications established in national regulations.

- Fourth stage

According to the results of the characterization carried out in the previous stage, at least 5 mixtures of the products obtained with commercial diesel (B2, B5, B8, B10 and B20) will be made to compare the variation in the properties of the mixed fuel. The characterization of these mixtures will be made according to the quality parameters with their respective test methods: Maximum sulfur (ASTM D4294), number and minimum cetane number (ASTM D613), maximum biofuel content, Corrosion to copper (ASTM D130), API Gravity (ASTM D4052, ASTM D1298), Waters and Sediments (ASTM D1796 or ASTM D2709), maximum pour point (ASTM D 97 or D5949), Flash point, Ash (ASTM D 482), Thermal stability (ASTM D 6468) and Oxidation Stability (ASTM D 2274), among others.

6. Design a prototype of an experimental plant for the production of renewable diesel from fatty residues.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 112 de 167

7. Carry out a market study that allows establishing the market potential to be exploited beyond the time frame of the project.

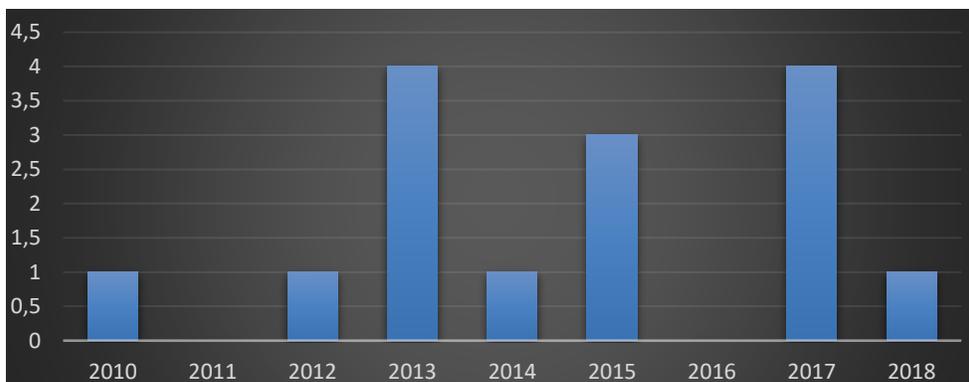
- Fifth stage
 - Collection of Information. Analysis of the state of the art (Peer-reviewed publications), analysis of the State of the Art (Search of Patents), search of antecedents, characterization of RSO, Marketplace of Fusagasugá.
 - Design and implementation of the experimental plant prototype for the production of renewable diesel by hydrotreating fatty acids derived from animal waste, with a view to applying the utility model to the SIC (Hardware and Software Development).
 - Verification and Validation of the Prototype from performance tests and analysis of the quality parameters of the final product, in accordance with current regulations.

RESULTS AND DISCUSSION

Trends in fatty acid production by the hydrotreatment process

The renewable diesel is a renewable energy, which is presented as an alternative to conventional diesel based on petroleum crude, becomes an important biofuel for the surveillance of publications, focused on the processes used for its elaboration, technological developments, advances in innovation to improve product quality and possible new by-products in your production process.

In biofuel developments we find that Mexico is one of the main countries dedicated to researching its development, along with Colombia and Spain. In Figure 4 we observe the behavior that publications on renewable diesel production, which has periods of a high number of publications every 2 years approximately, in addition to having an average from 2010 to 2018 of 1 to 2 articles per year of publications or Articles related to renewable diesel and its manufacturing processes.



Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 113 de 167

Figure 4: Dynamics of publications in articles for product. 2010-2018

The dynamics of publications helps us to identify the potential for technological development of the product, since we can observe the activity by periods that the investigation of the process to obtain renewable diesel has had.

In Figure 5 we have the participation in the renewable diesel development publication of the main countries, which have carried out research on the production of this biofuel. Mexico leads the participation index with 53% of the publications in this field, followed by Colombia with 27% and Spain with 13%.

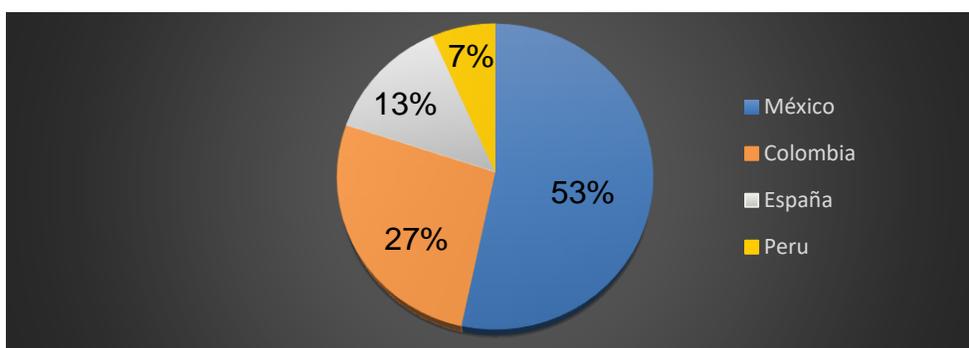


Figure 5: Participation of leading countries in publications on articles for products. 2010-2018.

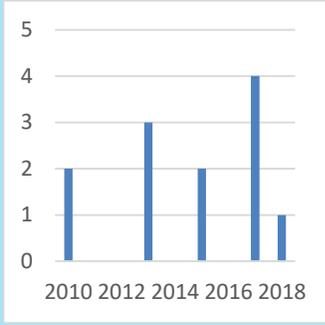
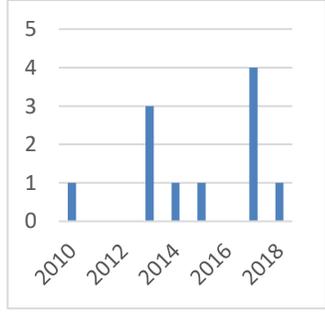
Table 2. Shows the profile of the main topics of interest or research cluster, in cluster 1, it is characterized by showing product obtained after the hydrotreatment process, which is renewable diesel, since there are publications that emphasize production of traditional diesel with the process. Cluster two exposes the dynamics of publications in which a NiMo (Nickel-Molybdenum) or CoMo (Cobalt-Molybdenum) catalyst supported on zeolites or alumina is used, which are the most commonly used for the production of renewable diesel, they also describe other catalysts not so common.

Cluster three focuses on identifying the temperatures used in the renewable diesel production process, in this we can see that it is separated into temperature ranges less than 200 ° C in temperature, they are commonly associated with the raw material used than in This case would be vegetable oils and reused oils for biofuel production, in temperature ranges above 200 ° C we see that they are more related to raw materials such as fats extracted from animal sources and crude oil. The next two clusters that are the final ones are focused on seeing the raw materials generally used, so in the fourth cluster we see that in 4 investigations the production of renewable diesel is

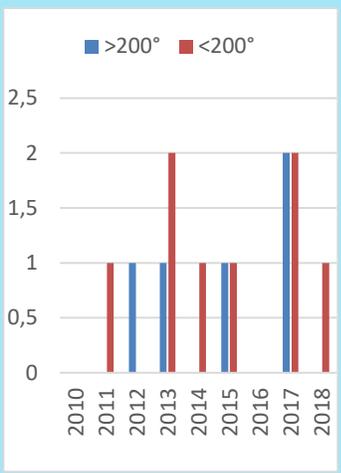
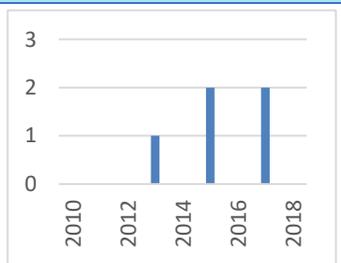
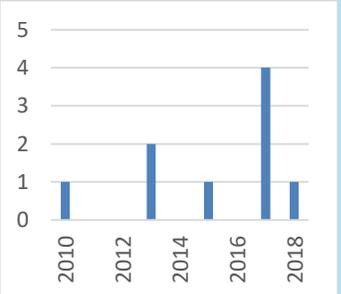
	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 114 de 167

related to fats of animal origin, and in the fifth and last cluster it is directed to the production of renewable diesel with vegetable raw material or vegetable oils.

Table 2: Profile of the identified Clusters.

Countries [# Articles]	Authors [# Articles]	Institutions [# Articles]	Subject of Interest	Publishing trends												
México[6] Colombia[4] España[2]	J. P. R. L., L. P. T., E. A. D. L. R. R., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., F. V. R. L., E. C., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [3], Pontificia Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. 18th internacional Oil Palm Conferencie. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología.	Renewable diesel	 <table border="1"> <caption>Publishing Trends for Renewable Diesel</caption> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Number of Articles</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>2</td></tr> <tr><td>2012</td><td>3</td></tr> <tr><td>2014</td><td>2</td></tr> <tr><td>2016</td><td>4</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Year	Number of Articles	2010	2	2012	3	2014	2	2016	4	2018	1
Year	Number of Articles															
2010	2															
2012	3															
2014	2															
2016	4															
2018	1															
México[7] Colombia[2] España[2]	J. P. R. L., N. A. R. M., N. A. R. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.[3], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS.[2], Luna Azul, Fundación Universidad De América, Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad de Córdoba, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.	Catalyst	 <table border="1"> <caption>Publishing Trends for Catalyst</caption> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Number of Articles</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>1</td></tr> <tr><td>2012</td><td>3</td></tr> <tr><td>2014</td><td>1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>1</td></tr> <tr><td>2018</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	Year	Number of Articles	2010	1	2012	3	2014	1	2016	1	2018	4
Year	Number of Articles															
2010	1															
2012	3															
2014	1															
2016	1															
2018	4															

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 115 de 167

<p>México[2] Colombia[2] Perú[1] México[6] España[2]</p>	<p>A. I. C. E., M. E. G. C., C. A., A. C., L. B., A. L. M., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R. J. P. R. L., N. A. R. M., E. A. D. L. R. R., F. V. R. L. B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C.</p>	<p>Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.</p> <p>Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [2], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. [2], Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad de Córdoba. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.</p>	<p>Temperatura</p> <p>< 200°</p> <p>> 200°</p>	 <table border="1"> <caption>Temperature Data (2010-2018)</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>>200°</th> <th><200°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>2012</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2013</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>2014</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2017</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Año	>200°	<200°	2010	0	0	2011	0	1	2012	1	1	2013	1	2	2014	1	1	2015	1	1	2016	1	1	2017	2	2	2018	1	1
Año	>200°	<200°																																
2010	0	0																																
2011	0	1																																
2012	1	1																																
2013	1	2																																
2014	1	1																																
2015	1	1																																
2016	1	1																																
2017	2	2																																
2018	1	1																																
<p>México[1] Colombia[3] España[1]</p>	<p>C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., E. C., B. C., R. M., E. M., A. P. M.</p>	<p>Luna Azul. Fundación Universidad De América. 18th internacional Oil Palm Conferencie. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad de Córdoba.</p>	<p>Raw Material Animal Fat</p>	 <table border="1"> <caption>Raw Material Animal Fat Data (2010-2018)</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>1</td></tr> <tr><td>2014</td><td>2</td></tr> <tr><td>2016</td><td>2</td></tr> <tr><td>2018</td><td>2</td></tr> </tbody> </table>	Año	Value	2010	0	2012	1	2014	2	2016	2	2018	2																		
Año	Value																																	
2010	0																																	
2012	1																																	
2014	2																																	
2016	2																																	
2018	2																																	
<p>México[5] Colombia[2] España[2]</p>	<p>J. P. R. L., L. P. T., E. A. D. L. R. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., A. P. M., A. I. C. E.</p>	<p>Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [3], Pontificia Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Fundación Universidad De América. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad de Córdoba.</p>	<p>Raw Material Vegetable Oils</p>	 <table border="1"> <caption>Raw Material Vegetable Oils Data (2010-2018)</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>1</td></tr> <tr><td>2012</td><td>2</td></tr> <tr><td>2014</td><td>1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>4</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Año	Value	2010	1	2012	2	2014	1	2016	4	2018	1																		
Año	Value																																	
2010	1																																	
2012	2																																	
2014	1																																	
2016	4																																	
2018	1																																	

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A SCADA SYSTEM TO OBTAIN QUANTIFIABLE DATA IN THE RENEWABLE DIESEL PRODUCTION PROCESS FROM ANIMAL WASTE.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 116 de 167

The development and implementation of a SCADA system in the production of renewable diesel is chosen. For the monitoring and recording of implicit variables that influence the production process that are obtained in production which are displayed in a graphical interface carried out in node network which is a flow-based programming tool. Which provides a browser-based editor that facilitates the connection of flows through a wide range of nodes in which the variables, flow, temperature, pressure, rpm are taken into account. In order to deliver quantifiable data to the producer that allows him to find the extraction index and production index, contributing to the improvement of the product. The system is divided into three stages:

Implementation of an instrumentation module which is responsible for reading the physical variables in the process of obtaining renewable diesel. Sending data via email which is responsible for communication between the user and the data obtained in the process.

The control and processing of data is done through a Raspberry Pi 3 using a Raspbian operating system which is the base of operation of the entire system, in turn local and remote viewing is provided through an HMI interface developed in the Node tool. Network and data storage for the historical record in a MySQL database. This would provide us with a highly stable, robust and low-cost implementation system. In figure 6 we observe a process diagram of the SCADA system for obtaining data for the renewable diesel obtaining process.

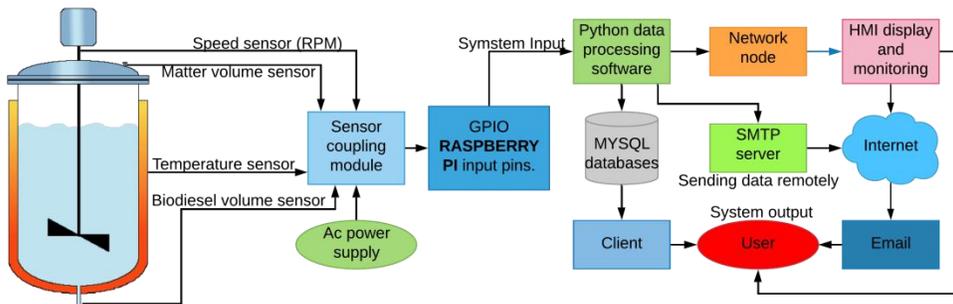


Figure 6: Scada diagram for implementation of data collection in the hydrolysis process for renewable diesel generation.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The large-scale execution of this project is expected to allow the country to replace renewable diesel from fatty acid methyl esters, as the latter have some technical problems that must be borne in mind when evaluating the effect they need. With the

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 117 de 167

future development of a self-sustaining integral plant for the production of bio-hydrocarbons, state-of-the-art technology will be available to obtain a renewable fuel of low cost and high mechanical and environmental efficiency.

The technical and economic feasibility of this project can serve as a point of reference to present a fuel alternative for the country, which can to some extent replace the petrochemical diesel consumed. The results are expected to provide an excellent alternative for reducing some pollutants such as the sulfur products in petrochemical-based diesel fuels. In the short term, participating research groups will develop new systems and implement modifications to conventional laboratory-scale processes, which will strengthen knowledge about research topics and support the implementation of developed and appropriate technologies on a larger scale. On the other hand, short-term developments in the laboratory will contribute to the formation of critical mass that will support research in later stages and on a larger scale.

REFERENCES

- [1] Document Conpes 3510 2008.
http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2008/conpes_3510_2008_.pdf (accessed April 24, 2018).
- [2] UPME. NATIONAL ENERGY PLAN (PEN) 2006-2025 Context and Strategies 2007.
- [3] Bailey A. Industrial oils and greases. Reverté, S. Madrid: 1979.
- [4] Kroschwitz JI, Seidel A. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. Volume 5 2004.
- [5] Ittner Martin Hill. Hydrolysis of fats and oils. US2139589A, 1936.
- [6] Sonntag NO V. Fat splitting. J Am Oil Chem Soc 1979; 56: 729A-732A.
- [7] MME. General Regulations for biofuels in Colombia, Resolution 90963. 2014.
- [8] J. P. Rodríguez López, «ACIETE HYDRODESOXYGENATION OF JATROPHA CURCAS ON Pt / HZSM-22-□-Al2O3 FOR OBTAINING SYNTHETIC FUELS,» Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., 2018.
- [9] N. A. Ramoz Meléndez, «Hydrotreating an intermediate distillate of Maya crude oil (200-300 ° C) using NiMo / Al2O3-SiO2 catalysts with different concentration of SiO2,» SCUELA SUPERIOR DE ENGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS, 2014.
- [10] L. Pinilla Torres, «Analysis of trends in biofuels for the definition of strategic lines of research and development in Colombia, » Pontificia Universidad JAVERIANA, 2013.
- [11] E. A. De La Rosa Reyna, «Hydrotreating of Vegetable Oil Jatropha Curcas L. For the Production of Green Oils, » HIGHER SCHOOL OF CHEMICAL ENGINEERING AND EXTRACTIVE INDUSTRIES, 2013.
- [12] C. Tejada Tovar, L. Tejada Benítez, Á. Villabona Ortiz and L. Monroy Rodríguez, «Obtaining Renewable Diesel from Different Types of Residual Fat of Animal Origin, » Luna Azul, 2013.
- [13] S. Ornelas, M. Lisette, A. C. Gutiérrez and J. M. Rodríguez, «Biofuels Facing the Future: A Current Panorama, » DIGITAL CIENCIA @ UAQRO, 2015.
- [14] C. Andrade, A. Corredor, L. Buitrago and A. Lache Muñoz, «Biochemical Processes Used for the Production of Bioethanol, Biodiesel and Biogas and Their Status in Colombia, » Fundacion Universidad De America, 2017.
- [15] F. V. Rodriguez Lizama, «Synthesis of a Bifunctional Catalyst for (Hydro) Oil Deoxygenation,» Centro de Investigación Científica de Yucatan, A.C., 2017.
- [16] E. Castillo, "Advanced Biofuels From Palm Oil," 18th international Oil Palm Conference, 2015.

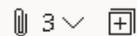
Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 118 de 167

- [17] B. Chan, R.M and E. Martínez, «Some Aspects of Green Diesel Production From Second Generation Raw Materials and Hydrotreatment Technology, » International Journal of Research and Technological Innovation, 2017.
- [18] N. Cantero Plaza, «Determination of Corrosion and Stability of Mixtures of Refinery Currents and Vegetable Oils in Hydrotreatment Processes, » Rey Juan Carlos University Superior School of Experimental Sciences and Technology, 2010.
- [19] A. Posadillo Marín, «Optimization of Experimental Conditions for the Production of Second Generation Biofuels that Integrate Glycerin, » University of Cordoba, 2015.
- [20] U. Medina Castañeda, «Influence of Organic Additive on the Catalytic Performance of a Conventional Commercial Catalyst in Hydrodesulfurization Reaction, for Obtaining Ultra Low Sulfur Diesel, » UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2013.
- [21] M. E. Gamarra Condori, «Optimizing the Diesel Desulfurization Process in Peru, » UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, 2012.
- [22] A. I. Castillo Escobedo, «Catalytic Deoxygenation of Cooking Oil Used to Obtain Biofuel, » Yucatan Scientific Research Center A.C., 2017.

Ilustración 40 Correcciones necesarias Artículo

Artículo ponencia realizada en el 3 congreso internacional y 4 congreso nacional de ingeniería.



Reenvió este mensaje el Jue 7/11/2019 9:26 AM.



Cristian Arnulfo Arias Vargas
Jue 7/11/2019 9:25 AM
Para: lcartagena@itfip.edu.co



Muy buenos días ingeniero Libardo, le adjunto el artículo de la ponencia. gracias por su atención.

Cristian Arnulfo Arias Vargas.
Auxiliar de investigación.
Facultad de ingeniería- Ing. Electrónica.
Universidad de Cundinamarca.

Fuente: realizada por grupo de investigación.

PRODUCCIÓN DE DIÉSEL RENOVABLE MEDIANTE HIDROTRATAMIENTO DE ÁCIDOS GRASOS DERIVADOS DE RESIDUOS ANIMALES

Cristian Arias², Pablo Muñoz², Cesar Casas¹, Edwin Palacios¹, Leonardo Mujica¹,

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 119 de 167

Cristian Hurtado², Cesar Quintero¹, Faider Humberto¹, Carlos Vargas².

1: Universidad de Cundinamarca. Docente TCO, Investigador, Fusagasugá, Colombia

2: Universidad de Cundinamarca. Auxiliar de Investigación, Fusagasugá, Colombia

* epalaciosy@ucundinamarca.edu.co

Resumen

A través de este proyecto se pretende generar un biocombustible tipo diésel (energía renovable no convencional) mediante un proceso de producción mejorado, a partir de fuentes biológicas, específicamente los ácidos grasos de residuos grasos animales.

Se pretende dar a conocer de la manera más clara posible las diferentes investigaciones, artículos y patentes sobre la obtención de nuevas alternativas de biocombustible que han sido realizadas en el mundo, centrada y/o con una mayor preferencia en latino América.

Si bien la cantidad de investigaciones o artículos, es bastante extensa se pretende seleccionar los mejores de estos para que así, se pueda conocer las diferencias entre las energías convencionales que son derivadas del petróleo o en su defecto el mismo, con respecto a las energías renovables, vegetal o de residuos grasos animales, también las tendencias relacionadas con la producción de biocombustibles.

Esto con el fin de demostrar que actualmente es posible y se cuenta con la tecnología suficiente, para hacer que estas energías sean más fáciles y menos costosas de producir, y de esta manera lograr la masificación del uso de estas fuentes alternativas de energía.

Palabras clave: Energía Renovable, Biocombustibles, Diesel Renovable, Hidrotratamiento, Grasas Animales, Hidrolisis, Catalizadores, sistema scada.

Abstract

This project aims to generate a diesel type biofuel (non-conventional renewable energy) through an improved production process, from biological sources, specifically fatty acids from animal fatty residues.

It is intended to publicize as clearly as possible the different research, articles and patents on obtaining new biofuel alternatives that have been carried out in the world, focused and / or with a greater preference in Latin America.

Although the amount of research or articles is quite extensive, it is intended to select the best of these so that, in this way, it is possible to know the differences between conventional energies that are derived from petroleum or, failing that, with respect to renewable energies. , vegetable or animal fatty waste, also trends related to the production of biofuels.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 120 de 167

This in order to demonstrate that it is currently possible and has enough technology, to make these energies easier and less expensive to produce, and thus achieve mass use of these alternative sources of energy.

Keywords: Biofuels, Renewable Diesel, Hydro Treatment, Animal Fats, Hydrolysis, Catalysts, system scada.

1 Descripción del problema

Después de casi un siglo, donde el petróleo ha predominado como fuente de energía y materia prima para la producción de otros productos químicos orgánicos, la demanda de este crudo crece proporcionalmente a las necesidades de la población. Sin embargo, en el futuro, esta demanda creciente podría causar una reducción continua de yacimientos petrolíferos, obligando a los países petrolíferos a redefinir sus estrategias energéticas y replantear la explotación excesiva del petróleo. Tales preocupaciones han originado numerosas investigaciones sobre alternativas confiables que suplan el uso de los combustibles convencionales, buscando trabajar con una materia prima renovable y abundante en el planeta, para poder disminuir la demanda energética limitada de fuentes petroquímicas.

Como alternativa a los combustibles fósiles, han surgido los biocombustibles, que son provenientes de fuentes renovables como aceites vegetales o biomasa en general. Los primeros tipos de biocombustibles que surgieron se denominaron de "primera generación", o sea, aquellos provenientes de materias comestibles como maíz, caña de azúcar, o aceites vegetales, entre otros. Al igual que los combustibles de primera generación, los combustibles de segunda generación también se producen a partir de materias primas sostenibles pero, en este caso, estas materias primas no se usan normalmente para el consumo humano. Las materias primas no alimentarias de segunda generación incluyen cultivos leñosos y residuos agroindustriales. Por esta razón, se necesitan tecnologías de conversión avanzadas en el proceso, que es también la razón por la cual los biocombustibles de segunda generación se conocen como "biocombustibles avanzados". El lado positivo de los biocombustibles de segunda generación es la mayor eficiencia, ya que se aprovecha la mayor parte de la materia prima suministrada.

Las características finales del biodiesel dependen de la materia prima utilizada para su procesamiento y generalmente está asociada a la disponibilidad del recurso primario existente en cada país. El costo de este biocombustible dependerá finalmente de la capacidad de la planta de producción, calidad de materia prima utilizada, tipo de alcohol y catalizador. Sin embargo, se puede partir de que el costo de producción dependerá entre el 70% y el 90% del costo de la materia prima.

Este problema técnico del biodiesel que limita las mezclas con el diésel

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 121 de 167

petroquímico es causado principalmente por la formación de sedimentos y nubosidades (hazes) en diferentes etapas del proceso, transporte y el almacenamiento.

Una alternativa para obtener un biocombustible que sea compatible con diésel petroquímico es el hidrot ratamiento para obtener diésel renovable o green diésel. Este proceso lo que busca básicamente es saturar por completo la molécula, hidrolizar los triglicéridos y finalmente eliminar el oxígeno presente en los ácidos grasos y así finalmente tener hidrocarburos que se puedan mezclar con el diésel en diferentes proporciones.

En el contexto colombiano, el gobierno ha impulsado el tema de los biocombustibles mediante la implementación de leyes y programas que impulsan su uso con fines energéticos y de transporte. En el documento CONPES 3510 [1] se presentan las directrices orientadas a promover la producción de biocombustibles en Colombia, proponiendo las estrategias a seguir. Dentro de estas estrategias se pueden resaltar: “incorporar los desarrollos previstos del mercado de biocombustibles como una variable para la planeación de la infraestructura de transporte, definir un plan de investigación y desarrollo en biocombustibles, armonizar la política nacional de biocombustibles con la política nacional de seguridad alimentaria y desarrollar acciones específicas para abrir nuevos mercados y diferenciar el producto colombiano en los mercados internacionales”.

También son de suma importancia para nuestro país los planteamientos de proyección, presentados en el PLAN ENERGÉTICO NACIONAL (PEN) 2006-2025 [2], en donde se propone elementos que sirven de orientación para la toma de decisiones del sector energético nacional con una perspectiva a largo plazo.

En primer lugar, para este proyecto se usará una materia prima de bajo costo, las grasas de origen animal provenientes de plantas de sacrificio del departamento de Cundinamarca. Estas grasas tienen alta disponibilidad comercial e industrial. Actualmente el uso que se le da a esta materia prima es principalmente en la elaboración de jabones, la cual es una aplicación de bajo valor agregado. Al hacer uso de esta materia prima se estaría afectando positivamente la rentabilidad del proceso de hidrot ratamiento. Otro de los costos que se debe reducir es el de los costos de operación. El proceso que se propone involucra una etapa previa de hidrólisis de las grasas, con el fin de obtener ácidos grasos. Estos ácidos grasos se someterán a hidrot ratamiento para obtener el diésel renovable.

Finalmente este proyecto busca estar enlazado con la dinámica energética del país y las proyecciones a futuro, en donde se busca obtener biocombustibles de alta calidad y propuestas con un alto componente innovativo, en el que se busque ampliar la canasta de la materia prima para los biocombustibles y obtener procesos

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 122 de 167

auto-sostenibles, íntegros y económicos. Específicamente se buscará mejorar la economía del proceso e impulsar este tipo de tecnologías que ayudan a aminorar las consecuencias del cambio climático, la dependencia que se tiene frente al petróleo y la seguridad energética para el país.

2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un proceso para la producción de un biocombustible tipo diésel a partir del hidrot ratamiento (deoxigenación) de ácidos grasos derivados de residuos animales.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Seleccionar y caracterizar la materia prima más adecuada para este proceso que esté disponible como residuo en el departamento de Cundinamarca.
2. Determinar las mejores condiciones de síntesis para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales.
3. Evaluar el desempeño de catalizadores para la producción de hidrocarburos tipo diésel mediante el hidrot ratamiento de los ácidos grasos derivados de residuos animales.
4. Analizar las propiedades de los biocombustibles tipo diésel obtenidos.
5. Determinar el grado de mezcla para la producción de un biocombustible a partir de diésel y diésel renovable cuyas propiedades se encuentren dentro de las especificaciones de calidad establecidas en la normativa nacional.
6. Diseñar un prototipo de planta experimental para la producción de diésel renovable a partir de residuos grasos.
7. Realizar estudio de mercado que permita establecer el potencial de mercado a explotar más allá de la temporalidad del proyecto.

4 INTRODUCCIÓN

La grasa animal que se desecha producto del tratamiento o acondicionamiento de la explotación pecuaria constituye una materia prima de bajo costo y con alta disponibilidad en el departamento de Cundinamarca. De acuerdo a la información reportada en la literatura científica y técnica se pueden obtener biocombustibles tipo diésel por reacciones de hidrot ratamiento, a partir de aceites vegetales, grasas animales. La investigación propuesta presentará un componente novedoso partiendo desde los ácidos grasos de residuos grasos animales buscando con esto:

- a) reducir tiempos de reacción comparado con los procesos convencionales;
- b) reducir gastos de energía en el proceso, debido a que se pueden tener condiciones de reacción menos drásticas que los procesos de hidrot ratamiento convencionales;
- c) minimizar el consumo de hidrógeno en el hidrot ratamiento;
- d) el producto obtenido se puede categorizar como un nuevo biocombustible para realizar mezclas con combustibles comerciales tipo diésel que actualmente se emplean en el país y

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 123 de 167

complementarían o reemplazarían el empleo de biocombustibles como el biodiesel (Metilésteres de ácidos grasos).

El desarrollo del proyecto se realizará en cinco etapas:

- a) Inicialmente se realizará la selección de la materia prima a partir de una revisión previa a nivel departamental de los residuos grasos animales de acuerdo a su impacto ambiental, oferta y disponibilidad. La materia prima seleccionada será caracterizada y acondicionada de acuerdo a los requerimientos del proceso.
- b) En una segunda etapa se separaran los ácidos grasos de la grasa animal empleando un proceso de hidrolisis ampliamente trabajado en la literatura científica e industrial;
- c) En una tercera etapa se realizará un diseño experimental factorial multinivel para evaluar las reacciones de hidrotreatmento de los ácidos grasos obtenidos en la etapa de hidrolisis, empleando un catalizador comercial de molibdeno modificado con azufre.
- d) En una cuarta etapa, se determinará el grado de acondicionamiento necesario para obtener un biocombustible que cumpla con las especificaciones de calidad de un combustible tipo diésel o sus mezclas con productos tipo diésel comerciales, de acuerdo a normatividad nacional e internacional vigente.
- e) Finalmente, se desarrollará el diseño y la implementación de un prototipo de planta experimental para la obtención de diésel renovable, además de un estudio de mercado para identificar el potencial de mercado a explotar más allá de la temporalidad del proyecto.

5 METODOLOGÍA

El proyecto tiene su enfoque en la producción y síntesis de biodiesel a partir de residuos grasos. En la figura 1 se observa una descripción simple de la metodología utilizada.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 124 de 167

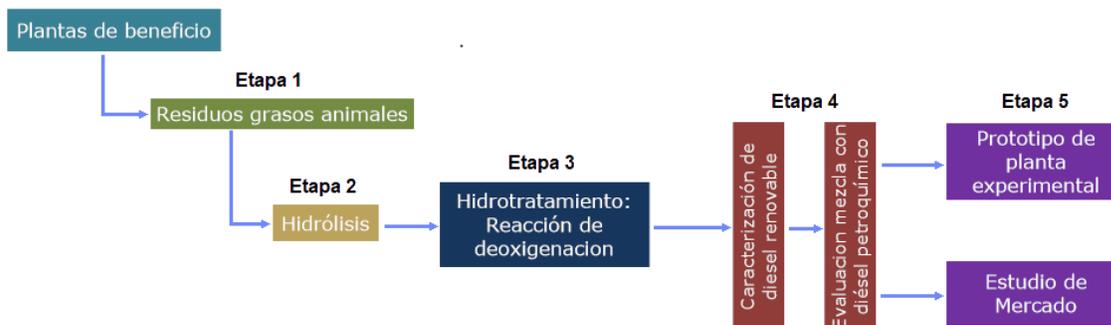


Figura 1. Esquema general de la metodología.

A continuación se describen por objetivo específico las actividades planteadas.

1. Seleccionar y caracterizar la materia prima más adecuada para este proceso que esté disponible como residuo en el departamento de Cundinamarca.

Primera Etapa

Se realiza la selección de la materia prima, teniendo en cuenta aspectos como propiedades, impacto ambiental, oferta y disponibilidad. La cual será luego caracterizada según los requerimientos con sus respectivos métodos de ensayo: Índice de Yodo (ASTMD-5554), Índice de Saponificación (ASTM D-5558), Porcentaje de acidez (ASTM D-1980), Material insaponificable (ASTM D-1965), Humedad (ASTM D-4377) y Composición de ácidos grasos (Cromatografía CG-MS).

2. Determinar las mejores condiciones de síntesis para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales.

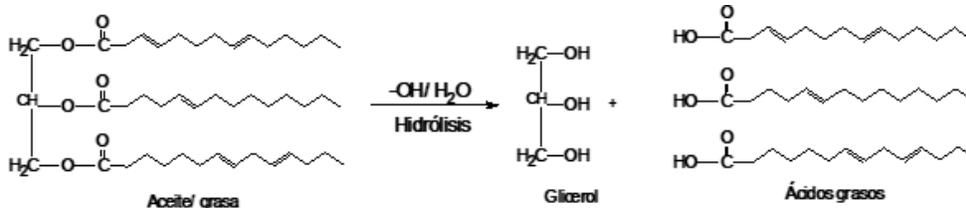
Segunda Etapa

Se realiza la transformación de los residuos grasos animales (Triglicéridos) a ácidos grasos y glicerol.

El proceso experimental para la hidrólisis de las grasas animales se realiza a partir de condiciones tomadas de la literatura [3-6].

La reacción se realizara en un reactor batch de alta presión por 30 minutos, con temperaturas entre 200 a 400 °C y manejando una presión autógena que no debe ser mayor a 100 bares.

La reacción se muestra en la figura 2.



	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 125 de 167

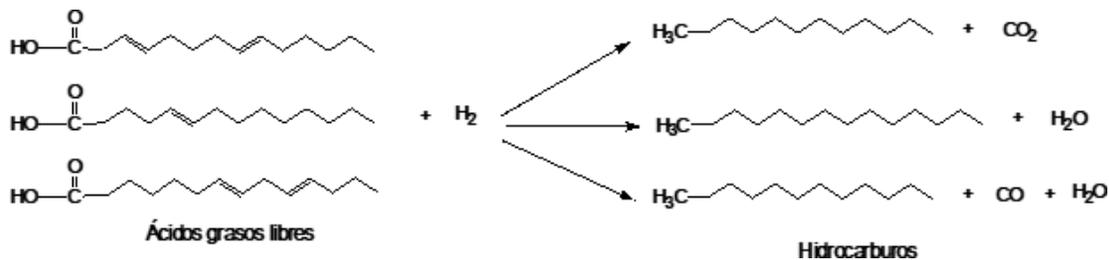
Figura 2. Hidrólisis de grasas/aceites.

Los productos también se caracterizan según los índices de la etapa 1.

- Sintetizar y evaluar el desempeño de catalizadores para la producción de hidrocarburos tipo diésel mediante el hidrotratamiento de los ácidos grasos derivados de residuos animales.

Tercera Etapa

Con el fin de realizar el proceso mejorado de hidrotratamiento, se realizan reacciones de desoxigenación, empleando como materia prima los ácidos grasos



de la anterior etapa (Figura 3).

Figura 3. Hidrotratamiento de ácidos grasos

Como catalizador se empleara Níquel-Molibdeno, el cual es comercial y esta soportado en sílice y modificado con azufre.

Para estudiar la reacción de desoxigenación, se evaluará un diseño experimental factorial 3^3 que incluye la modificación de 3 variables de entrada.

Variables de entrada: Temperatura (tres niveles), Presión (tres niveles) y Tiempo (tres niveles).

Total experimentos: 54 se incluyen los duplicados

Variable de salida: Conversión y Pureza del biocombustible obtenido. Los cuales se estimarán a partir de cromatografía gaseosa.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 126 de 167

Con esto se busca reducir gastos de energía del proceso debido a condiciones de reacción menos drásticas (menor presión, temperatura y tiempo), reducir consumo de hidrogeno y categorizar como un nuevo biocombustible no isomerizado para realizar mezclas con combustibles comerciales tipo diésel que se emplean en el país.

4. Analizar las propiedades de los biocombustibles tipo diésel obtenidos.

El producto obtenido de esta etapa de deoxigenación será caracterizado mediante la medición de índices claves de calidad de combustibles como los que se presentan en la siguiente Tabla 6 de acuerdo a la tabla 3C resolución 90963 del 10 de septiembre de 2014 que rige en el país:

	Parámetro	Unidad	Especificacion	Metodo de ensayo
1	Azufre, máximo	% masa	0,005	ASTM D4294
2	Numero de cetano, mínimo	% vol	45	ASTM D613
3	Índice de cetano, mínimo	% vol	45	ASTM D976
4	Contenido de biocombustible, mínimo	% vol	10	
5	Corrosión al cobre, 3h a 50°C, máximo	Clasificación	2	ASTM D130
6	Color ASTM, máximo	-	2	ASTM 1500
7	Residuos de carbón micro, máximo 10% fondos	% masa	0,2	ASTM 4530
8	Gravedad API, mínimo	API	Reportar	ASTM D4052, ASTM D1298
9	Viscosidad a 40°C	mm ² /s	Mínimo: 1,9 Máximo: 4,1	ASTM D445
10	Destilación	°C	3	ASTM D 86
11	Agua y sedimentos	%vol	0,05	ASTM D1796 o ASTM D2709
12	Punto de fluidez, máximo	°C	3	ASTM D 97 o D5949
13	Temperatura de obturación de filtro frio (CFPP)	°C	Reportar	ASTM D 6371
14	Punto de nube/enturbiamiento	°C	Reportar	ASTM D 2500
15	Punto de inflamación, mínimo	°C	52	ASTM D 93
16	Cenizas, máximo	% masa	0,01	ASTM D 482
17	Lubricidad	Micrómetros	450	ASTM D6079
18	Estabilidad térmica	% de reflectancia	70% mínimo a 90 minutos	ASTM D 6468
19	Estabilidad a la oxidación	g/m ³	25 máximo	ASTM D 2274

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 127 de 167

- Determinar el grado de mezcla para la producción de un biocombustible a partir de diésel y diésel renovable cuyas propiedades se encuentren dentro de las especificaciones de calidad establecidas en la normativa nacional.

Cuarta etapa

De acuerdo a los resultados de la caracterización realizada en la etapa anterior se harán al menos 5 mezclas de los productos obtenidos con diésel comercial (B2, B5, B8, B10 y B20) para comparar la variación en las propiedades del combustible mezclado. La caracterización de estas mezclas se hará de acuerdo a los parámetros de calidad con sus respectivos métodos de ensayo : Azufre máximo (ASTM D4294), número e índice de cetano mínimo (ASTM D613), contenido de biocombustible máximo, Corrosión al cobre (ASTM D130), Gravedad API (ASTM D4052, ASTM D1298), Aguas y Sedimentos (ASTM D1796 o ASTM D2709), punto de fluidez máximo (ASTM D 97 o D5949), Punto de inflamación, Cenizas (ASTM D 482), Estabilidad térmica (ASTM D 6468) y Estabilidad de oxidación (ASTM D 2274), entre otros.

- Diseñar un prototipo de planta experimental para la producción de diésel renovable a partir de residuos grasos.
- Realizar estudio de mercado que permita establecer el potencial de mercado a explotar más allá de la temporalidad del proyecto.

Quinta etapa

- Recolección de Información. Análisis del estado del arte (Publicaciones arbitradas), análisis del Estado de la Técnica (Búsqueda de Patentes), búsqueda de antecedentes, caracterización de RSO, plaza de Mercado Fusagasugá.
- Diseño e implementación del prototipo Planta experimental para Producción de diésel renovable mediante hidrotreatmento de ácidos grasos derivados de residuos animales, con miras a postulación de modelo de utilidad ante la SIC (Desarrollo de Hardware y de Software).
- Verificación y Validación del Prototipo a partir de realización de pruebas de desempeño y análisis de los parámetros de calidad del producto final, de acuerdo a la normatividad vigente.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Tendencias en producción de ácidos grasos por el proceso de hidrotreatmento

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 128 de 167

El biodiesel o diésel verde como energía renovable, que se presenta como alternativa del diésel convencional a base de crudo de petróleo, se convierte en un biocombustible impórtate para la vigilancia de publicaciones, enfocada en los procesos utilizados para su elaboración, desarrollos tecnológicos, avances de innovación para mejorar la calidad del producto y posibles nuevos subproductos en su proceso de producción.

En los desarrollos del biocombustible encontramos que México es uno de los principales países dedicados a la investigación del desarrollo del mismo, junto con Colombia y España. En la Figura 4 observamos el comportamiento que las publicaciones sobre la producción de biodiesel, el cual presenta unos periodos de un alto número de publicaciones cada 2 años aproximadamente además de tener un promedio del 2010 al 2018 de 1 a 2 artículos por año de publicaciones o artículos relacionados con el diésel renovable y sus procesos de elaboración.

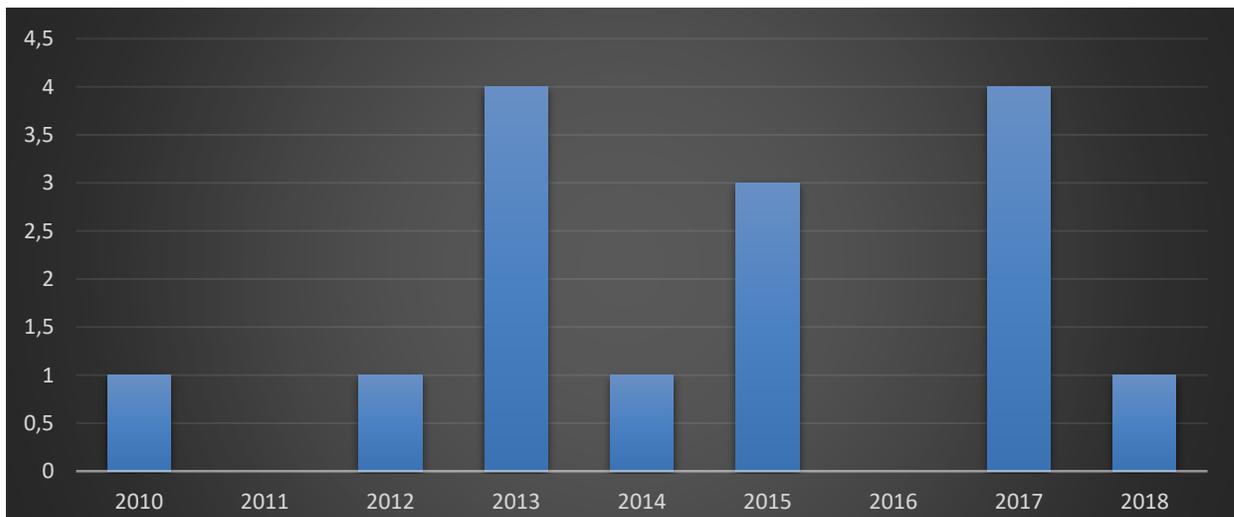


Figura 4. Dinámica de publicaciones en artículos para producto. 2010-2018

La dinámica de publicaciones nos ayuda a identificar el potencial de desarrollo tecnológico del producto, ya que podemos observar la actividad por periodos que ha tenido la investigación del proceso para obtener biodiesel.

En la Figura 5 tenemos la participación en la publicación de desarrollo de biodiesel de los principales países, que han desarrollado investigaciones sobre la producción de este biocombustible. México encabeza el índice de participación con un 53% de las publicaciones de este campo, seguido por Colombia con un 27% y España con el 13%.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 129 de 167

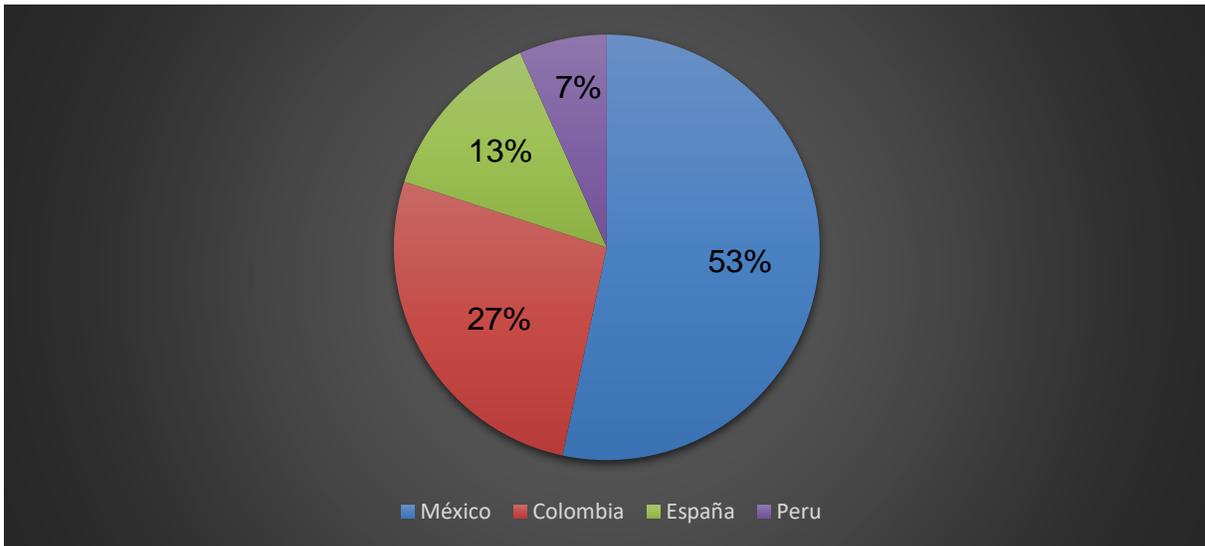


Figura 5. Participación de los países líderes en publicaciones en artículos para producto. 2011-2018

La tabla 1 enseña el perfil de los principales temas de interés o clúster de investigación, en el clúster 1, se caracteriza por mostrar producto obtenido después del proceso de hidrotratamiento, el cual es Biodiesel o diésel verde, ya que hay publicaciones que enfatizan la producción de diésel tradicional con el proceso.

El clúster dos expone la dinámica de publicaciones en las cuales se utiliza un catalizador NiMo (Níquel-Molibdeno) o CoMo (Cobalto-Molibdeno) soportado en zeolitas o alúmina los cuales son los más comúnmente usados para la producción de biodiesel, también describen otros catalizadores no tan comunes.

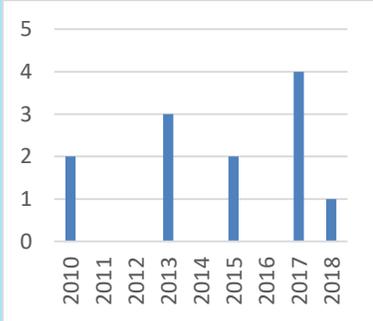
El clúster tres se enfoca en la identificación de las temperaturas utilizadas en el proceso de producción de biodiesel, en este podemos observar que está separado en rangos de temperatura menor a 200°C de temperatura, son comúnmente asociados a la materia prima utilizada que en este caso serían los aceites vegetales y aceites reutilizados para la producción del biocombustible, en los rangos de temperatura superiores a 200°C vemos que son más relacionados a materias primas como lo serían grasas extraídas de origen animal y crudo de petróleo.

Los siguientes dos clúster que son los finales están enfocados en ver las materias primas utilizadas generalmente, entonces en el cuarto clúster vemos que en 4 investigaciones se relaciona la producción de biodiesel a las grasas de origen animal, y en el quinto y último clúster está dirigido a la producción de Diesel verde con materia prima vegetal o aceites vegetales.

Tabla 1. Perfil de los Clúster identificados.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 130 de 167

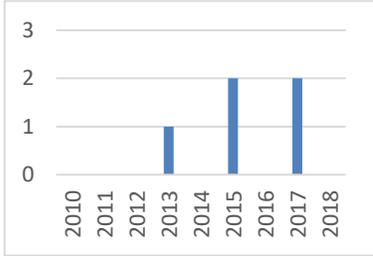
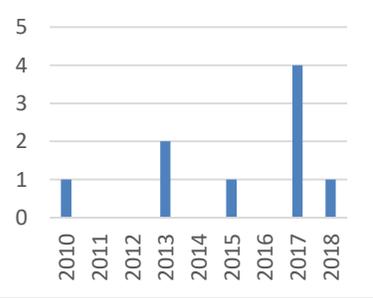
Países [# Artículos]	Autores [# Artículos]	Instituciones [# Artículos]	Tema de Interés	Tendencias de publicaciones																				
México[6] Colombia[4] España[2]	J. P. R. L., L. P. T., E. A. D. L. R. R., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., F. V. R. L., E. C., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [3], Pontificia Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. 18th internacional Oíl Palm Conferencie. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología.	Biodiesel y el diésel verde	 <table border="1"> <caption>Tendencias de publicaciones</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Número de Publicaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>2</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>3</td></tr> <tr><td>2014</td><td>0</td></tr> <tr><td>2015</td><td>2</td></tr> <tr><td>2016</td><td>0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>4</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Año	Número de Publicaciones	2010	2	2011	0	2012	0	2013	3	2014	0	2015	2	2016	0	2017	4	2018	1
Año	Número de Publicaciones																							
2010	2																							
2011	0																							
2012	0																							
2013	3																							
2014	0																							
2015	2																							
2016	0																							
2017	4																							
2018	1																							



	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 131 de 167

<p>México[7]] Colombia[2]] España[2]]</p>	<p>J. P. R. L., N. A. R. M., N. A. R. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C., A. I. C. E.</p>	<p>Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.[3], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS.[2], Luna Azul, Fundación Universidad De América, Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad de Córdoba, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.</p>	<p>Catalizador</p>	
<p>México[2]] Colombia[2]] Perú[1]] México[6]] España[2]]</p>	<p>A. I. C. E., M. E. G. C., C. A., A. C., L. B., A. L. M., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R. J. P. R. L., N. A. R. M., E. A. D. L. R. R., F. V. R. L.</p>	<p>Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [2], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>	<p>Temperatura < 200° > 200°</p>	

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 132 de 167

	B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C.	E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. [2], Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad de Córdoba. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.		
México[1]] Colombia[3] España[1]	C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., E. C., B. C., R. M., E. M., A. P. M.	Luna Azul. Fundación Universidad De América. 18th internacional Oil Palm Conferencie. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad de Córdoba.	Materia prima Grasa Animal	
México[5]] Colombia[2] España[2]	J. P. R. L., L. P. T., E. A. D. L. R. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., A. P. M., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [3], Pontificia Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Fundación Universidad De América. Revista Internacional de Investigación e	Materia prima Aceites Vegetales	

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 133 de 167

		Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad de Córdoba.		
--	--	---	--	--

6.2 Desarrollo e Implementación de un sistema scada para la obtención de datos cuantificables en el proceso de producción de biodiesel a partir de residuos animales.

Se opta por el desarrollo e implementación de un sistema scada en la producción de biodiesel. para el monitoreo y registro de variables implícitas que influyen en el proceso de producción que se obtienen en la producción las cuales se visualizan en una interfaz gráfica realizada en node red el cual es una herramienta de programación basada en el flujo. La cual brinda un editor basado en navegador que facilita la conexión de flujos mediante una amplia gama de nodos en las cuales se tienen en cuenta las variables, flujo, temperatura, presión, rpm. Con el fin de entregar datos cuantificables al productor que le permiten encontrar el índice de extracción e índice de producción contribuyendo con la mejora del producto.

El sistema se divide en tres etapas:

Implementación de un módulo de instrumentación el cual se encarga de la lectura de las variables físicas en el proceso de obtención del biodiesel. Envío de datos vía correo electrónico el cual se encarga de la comunicación entre el usuario y los datos obtenidos en el proceso.

El control y procesamiento de datos este se realiza mediante una raspberry pi 3 usando un sistema operativo rasbian el cual es la base de operación de todo el sistema, a su vez se brinda visualización local y remota mediante una interfaz HMI desarrollada en la herramienta Node-red y el almacenamiento de los datos para el registro histórico en una base de datos Mysql.

Lo cual nos brindaría un sistema de alta estabilidad, robusto y de bajo costo de implementación en la figura 6 observamos un diagrama de proceso del sistema scada para la obtención de datos para proceso de obtención de biodiesel.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 134 de 167

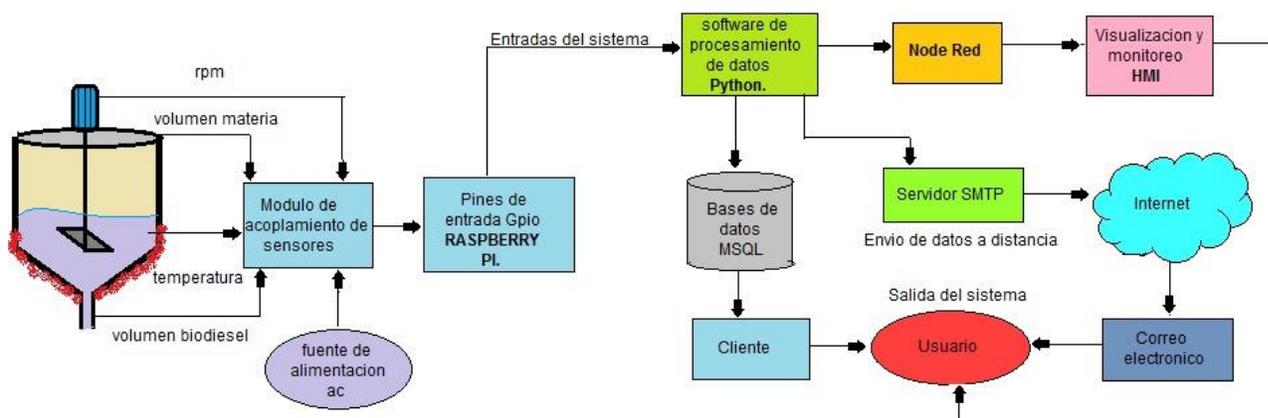


Figura 6. Diagrama del scada para implementación de obtención de datos en el proceso de hidrólisis para generación de biodiesel.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se espera que la ejecución a gran escala de este proyecto le permita al país poder reemplazar el biodiesel de Metilésteres de ácidos grasos, pues estos últimos tienen algunos problemas técnicos que se deben tener muy presente a la hora de evaluar el efecto que estos necesitan. Con el desarrollo a futuro de una planta integral auto-sostenible para la producción de bio-hidrocarburos se contará con tecnología de punta para obtener un combustible renovable de bajo costo y alta eficiencia mecánica y ambiental.

La viabilidad técnica y económica de este proyecto puede servir de punto de referencia para presentar una alternativa combustible para el país, que pueda en alguna medida reemplazar el diésel petroquímico que se consume. Se espera que los resultados proporcionen una excelente alternativa para la disminución de algunos contaminantes tales como los productos azufrados que están en los combustibles diésel de procedencia petroquímica.

A corto plazo, los grupos de investigación participantes desarrollarán nuevos sistemas e implementarán modificaciones a los procesos convencionales en escala de laboratorio, lo cual fortalecerá el conocimiento sobre los temas de la investigación y favorecerán la implementación de las tecnologías desarrolladas y apropiadas en una mayor escala. Por otra parte, los desarrollos a corto plazo en el laboratorio contribuirán a la formación de masa crítica que apoyará la investigación en etapas posteriores y a mayor escala.

8 REFERENCIAS

[1]. Documento Conpes 3510 2008.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 135 de 167

- http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2008/conpes_3510_2008_.pdf (accessed April 24, 2018).
- [2]. UPME. PLAN ENERGÉTICO NACIONAL (PEN) 2006-2025 Contexto y Estrategias 2007.
 - [3]. Bailey A. Aceites y grasas industriales. Reverté, S. Madrid: 1979.
 - [4]. Kroschwitz JI, Seidel A. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. Volume 5 2004.
 - [5]. Ittner Martin Hill. Hydrolysis of fats and oils. US2139589A, 1936.
 - [6]. Sonntag NO V. Fat splitting. J Am Oil Chem Soc 1979; 56:729A–732A.
 - [7]. J. P. Rodríguez López, «HIDRODESOXIGENACIÓN DE ACIETE DE JATROPHA CURCAS SOBRE Pt/HZSM-22-□-Al₂O₃ PARA LA OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLES SINTÉTICOS,» Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., 2018.
 - [8]. N. A. Ramoz Meléndez, «Hidrotratamiento de un destilado intermedio de aceite crudo Maya (200-300°C) utilizando catalizadores NiMo/Al₂O₃-SiO₂ con diferente concentración de SiO₂,» ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS, 2014.
 - [9]. L. Pinilla Torres, «Análisis de tendencias en biocombustibles para la definición de líneas estratégicas de investigación y desarrollo de Colombia,» Pontificia Universidad JAVERIANA, 2013.
 - [10]. E. A. De La Rosa Reyna, «Hidrotratamiento de Aceite Vegetal Jatropha Curcas L. Para la Producción de Aceites Verdes,» ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS, 2013.
 - [11]. C. Tejada Tovar, L. Tejada Benítez, Á. Villabona Ortiz y L. Monroy Rodríguez, «Obtención De Biodiesel A Partir De Diferentes Tipos De Grasa Residual De Origen Animal,» Luna Azul, 2013.
 - [12]. S. Ornelas, M. Lisette, A. C. Gutiérrez y J. M. Rodríguez, «Biocombustibles De Cara Al Futuro: Un Panorama Actual,» DIGITAL CIENCIA@UAQRO, 2015.
 - [13]. C. Andrade, A. Corredor, L. Buitrago y A. Lache Muñoz, «Procesos Bioquímicos Utilizados Para La Producción De Bioetanol, Biodiésel Y Biogás Y Su Estado En Colombia,» Fundación Universidad De América, 2017.
 - [14]. F. V. Rodriguez Lizama, «Síntesis De Un Catalizador Bifuncional Para (Hidro) Desoxigenación De Aceite,» Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., 2017.
 - [15]. E. Castillo, «Biocombustibles Avanzados A Partir Del Aceite De Palma,» 18th international Oil Palm Conference, 2015.
 - [16]. B. Chan, R.M y E. Martínez, «Algunos Aspectos De Producción De Diésel Verde A Partir De Materias Primas De Segunda Generación Y La Tecnología Del Hidrotratamiento,» Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, 2017.
 - [17]. N. Cantero Plaza, «Determinación De La Corrosión Y Estabilidad De Mezclas De Corrientes De Refinería Y Aceites Vegetales En Procesos De Hidrotratamiento,» Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 136 de 167

Experimentales y Tecnología, 2010.

- [18]. A. Posadillo Marín, «Optimización De Las Condiciones Experimentales Para La Producción De Biocombustibles De Segunda Generación Que Integran La Glicerina,» Universidad de Córdoba, 2015.
- [19]. U. Medina Castañeda, «Influencia De Aditivo Orgánico En El Desempeño Catalítico De Un Catalizador Comercial Convencional En Reacción De Hidrodesulfuración, Para La Obtención De Diesel Ultra Bajo Azufre,» UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2013.
- [20]. M. E. Gamarra Condori, «Optimizar El Proceso De Desulfuración Del Diesel En El Perú,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, 2012.
- [21]. A. I. Castillo Escobedo, «Desoxigenación Catalítica De Aceite De Cocina Usado Para La Obtención De Biocombustible,» Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., 2017.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 137 de 167

Anexo D Postulación de registro de software ante la DNDA.

ANEXO D

Postulación de registro de software ante la DNDA.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 139 de 167

Ilustración 42 Evidencia Postulación Registro de software ante la DNDA.


UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL
DIRECCIÓN NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR
MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA

TRAMITES

Obra Literaria Inédita

Obra Literaria Editada

Obra Artística

Obra Musical

Obra AudioVisual

Software

Actos y Contratos

Fonogramas

SESION

Inicio

Actualizar Datos

Salida Segura

VIDEOTUTORIALES

Registre sus obras audiovisuales y sus fotografías a través de su celular

Señor usuario:

Usted ha realizado satisfactoriamente la solicitud de inscripción en el Registro Nacional de Derecho de Autor, la cual ha sido radicada con el número: 1.2020-82729

Debe tener presente que su solicitud de inscripción inicia un proceso de estudio sujeto a aprobación o devolución, cuyo trámite tiene una duración de quince (15) días hábiles, contados a partir del día hábil siguiente al envío del formulario.

Por favor verifique constantemente su cuenta personal pues es allí donde aparecerá publicado su certificado (asegúrese de hacer clic en la opción "Buscar" sin digitar ningún otro dato adicional).

La entidad **NO ENVIARÁ** correos electrónicos, la consulta del certificado deberá hacerse a través de su cuenta personal.

Si la obra que registró es inédita y tiene interés en comercializarla, lo invitamos a visitar el Portal [Red Naranja](#)

carulloarias@ucundinamarca.edu.co

Para cualquier información adicional puede comunicarse a:
PBX: 341 81 77
Correo electrónico: info@derechodeautor.gov.co
Dirección: Calle 28 No.13 A 15 Piso 17
Bogotá - Colombia

Apreciado usuario:
Su opinión es muy importante para nosotros; agradecemos califique nuestros servicios diligenciando la siguiente [encuesta](#).

Fuente: Autor.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 140 de 167

APENDICES

Apéndice 1: Informes bimestrales.

Estos informes bimestrales fueron presentados en las fechas establecidas en el cronograma de actividades inicial en el que comprende desde la búsqueda de patentes para la realización del estado de la técnica hasta el diseño del módulo de adquisición de datos.

A.1.1 Informe bimestral 1.

En este documento se incluye la información de los artículos para el estado del arte utilizados para determinar los clúster, conteniendo el autor, año, institución, tema de interés, está en el Apéndice A.1.1.

A.1.2 Informe bimestral 2.

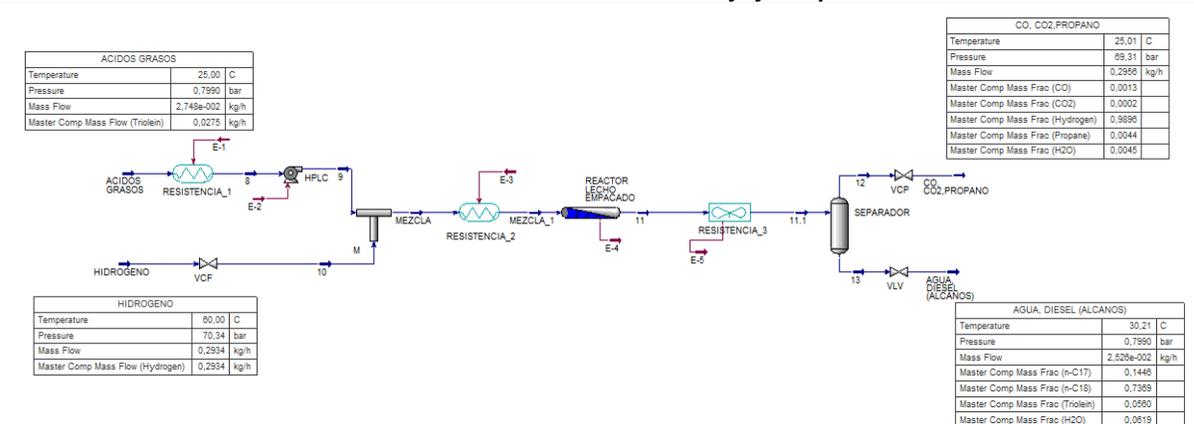
En este documento se incluye la información de las Normas ASTM para la caracterización de los ácidos grasos de origen animal, está en el Apéndice A.1.2.

A.1.3 Informe bimestral 3.

En este documento se plasma todo el proceso del diseño del prototipo de plata experimental para la producción de diésel renovable a partir de ácidos grasos de origen animal, está en el Apéndice A.1.2.

Apéndice 2: Simulación del proceso químico en el entorno “HYSYS ASPEN”.

Ilustración 43 Simulación creada en Hysys Aspen V11



Fuente: simulación realizada por grupo de investigación.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2