	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 9</b>

21.1

<b>FECHA</b>	viernes, 22 de octubre de 2022
--------------	--------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad Fusagasuga

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Sede Fusagasugá
------------------------	-----------------

<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Tesis
--------------------------	-------

<b>FACULTAD</b>	Ingeniería
-----------------	------------

<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
---	----------


<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Electrónica
---------------------------	------------------------

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Vargas Vásquez	Carlos Arturo	1024559177

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*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 2 de 9</b>

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

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Quintero Obando	César Augusto

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
<b>Proceso de producción de diésel renovable a partir de ácidos grasos de origen animal por el método de hidrotratamiento</b>

<b>SUBTÍTULO</b>
<b>(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)</b>


<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:</b>
Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniero electrónico

<b>AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>
02/05/2022	111

## **DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS**

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*

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


(Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1. Grasas animales	Animal fats
2. Acondicionamiento	Conditioning
3. Transductor de presión	Pressure transducer
4. Biocombustibles	Biofuels
5. Diesel renovable	Renewable diesel
6. Hidrotratamiento	Hydro treatment

### RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

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

La finalidad de este proyecto es ver el proceso de producción de diésel renovable tomando como materia prima los ácidos grasos de origen animal por medio del método hidrotratamiento, Se tiene como materia prima los residuos grasos animales, para este proyecto por su alta disponibilidad, facilidad de manipulación y alta eficiencia de transformación de ácidos grasos a diésel renovable se seleccionaron los residuos grasos de pollo, la grasa de pollo igual que otros tipos de grasa requieren un proceso de acondicionamiento el cual consta de un proceso de licuado de estas grasas a una temperatura moderada y posteriormente una filtración del aceite resultante para retirar los residuos sólidos que pudieran haber quedado, una vez se ha realizado el proceso de acondicionamiento se realiza un proceso de hidrólisis que transforma la grasa de pollo en ácidos grasos o trioleína, esta última es la utilizada en el proceso de hidrotratamiento, este proceso se realiza en el prototipo de planta experimental que es un reactor tipo

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 4 de 9</b>


semibatch o de proceso continuo, realizado en un reactor tubular de lecho fijo, en donde se realiza la implementación del módulo de censado de la variable presión.

The objective of this project is to see the diesel production process taking renewable fatty acids of animal origin as raw material through the hydrotreatment method. Animal fat waste is used as raw material for this project due to its high availability, ease of handling and high efficiency of transformation of fatty acids into renewable diesel, chicken waste, chicken fat as well as other types of fat were selected. requires a conditioning process that consists of a liquefying process of these fats at a moderate temperature and subsequently a filtration of the resulting oil to eliminate the solid residues that could remain, once the conditioning process has been carried out, a hydrolysis process is carried out that transforms the chicken fat in fatty acids or triolein, the latter being used in the hydrotreatment process, this process is carried out in the experimental plant prototype such that it is a semi-discontinuous or continuous process reactor, carried out in a fixed-bed tubular reactor , where the implementation of the variable pressure sensor module is carried out.

## 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

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

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 5 de 9</b>

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 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":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
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)

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 6 de 9</b>

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.

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 X**

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

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

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 7 de 9</b>

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.
- 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.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 8 de 9</b>

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.

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


<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión</b> (Ej. PerezJuan2017.pdf)	<b>Tipo de documento</b> (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Tesis Carlos Vargas vasquez.pdf	Texto con imágenes (Documento tesis)

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

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA</b>
--------------------------------------	--------------

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



	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 9 de 9</b>

	(autógrafa)
Vargas Vásquez Carlos Arturo	 1024559177

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).

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

**Carlos Arturo Vargas Vásquez**

Código: 162213149

Auxiliar de investigación

**Universidad de Cundinamarca**

Ingeniería electrónica

Facultad de ingeniería

Fusagasugá, Colombia

2022

**DISEÑO EXPERIMENTAL DEL PROTOTIPO PARA LA MEDICION DE  
PRESIÓN EN EL 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

**Carlos Arturo Vargas Vásquez**

Código: 162213149

Auxiliar de investigación

Director:

Ing. César Quintero Obando

Línea de investigación:

Diseño, Instrumentación y Control

**Universidad de Cundinamarca**

Ingeniería electrónica

Facultad de ingeniería

Fusagasugá, Colombia

2022

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Fusagasugá \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del \_\_\_\_

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios y a la vida por permitirme alcanzar esta meta que ha tenido tanto significado e influencia en mi vida, el cual representa un gran sueño que quise alcanzar en la primera etapa de mi carrera, siempre supe que lo lograría. será un camino difícil pero muy satisfactorio, agradezco a mi esposa e hijos por su apoyo y soporte espiritual durante los momentos más difíciles de mi carrera , por su paciencia que me acompañó en el largo camino para lograr este sueño, gracias a Angie Paola Mila Camacho ,Laura Isabella Herrera Mila y Aaron Gabriel Vargas Mila por empujarme cada día a ser un mejor hombre, dejarme perseverar en mis sueños y alcanzar mis metas.

Agradezco a mi madre “María Helena Vásquez Pacanchique” y a mi padre “Luis Eduardo Vargas Monsalve, por acompañarme y apoyarme incondicionalmente en este camino de ser una persona ética y profesional por el esforzarse día a día para que fuese así. Agradezco a mis hermanas y hermano por apoyarme cada día y en cada momento que era necesario siempre estuvieron presentes para ayudarme, acompañarme además de apoyarme incondicionalmente ante cualquier adversidad gracias “Jenny Vargas Vásquez, Liliana Vargas Vásquez, Fernando Vargas Vásquez y Lina Marcela Vargas Vásquez “

Agradezco a mis compañeros y grandes amigos de universidad, que más que compañeros formaron parte de mi vida y de experiencias inolvidables, me enseñaron desde sus estilos de vida y experiencias vividas.

Agradezco a mi gran amigo “Cristian Arias Vargas” por convertirse en un apoyo incondicional y transparente en este proceso al cual diremos meta cumplida por darme la perspectiva de que siempre hay una buena solución con esfuerzo y entrega a lo que se plantea, además fue quien me oriento y apoyo desde su

experiencia y conocimiento en la ejecución de este trabajo de grado como auxiliar de investigación.

Agradezco a mi director el Ingeniero. César Quintero Obando por brindarme la oportunidad de trabajar a su lado por ayudarme desde su punto profesional por el ser paciente y comprensivo ante cada problema que se enfrentó en el camino el por orientar y guiar esta tesis con muy buenos resultados

## RESUMEN

La finalidad de este proyecto es lograr la generación de un prototipo que mide la variable presión en el prototipo de planta experimental del proceso de hidrotratamiento de ácidos grasos de residuos grasos animales, para la producción de un biocombustible tipo diésel, mejor conocido como diésel renovable. Se tiene como materia prima los residuos grasos animales, para este proyecto por su alta disponibilidad, facilidad de manipulación y alta eficiencia de transformación de ácidos grasos a diésel renovable se seleccionaron los residuos grasos de pollo, la grasa de pollo igual que otros tipos de grasa requieren un proceso de acondicionamiento el cual consta de un proceso de licuado de estas grasas a una temperatura moderada y posteriormente una filtración del aceite resultante para retirar los residuos sólidos que pudieran haber quedado, una vez se ha realizado el proceso de acondicionamiento se realiza un proceso de hidrólisis que transforma la grasa de pollo en ácidos grasos o trioleína, esta última es la utilizada en el proceso de hidrotratamiento, este proceso se realiza en el prototipo de planta experimental que es un reactor tipo semibatch o de proceso continuo, realizado en un reactor tubular de lecho fijo, en donde se realiza la implementación del módulo de censado de la variable presión.

El macro proyecto llamado “PRODUCCIÓN DE DIESEL RENOVABLE MEDIANTE HIDROTRATAMIENTO DE ÁCIDOS GRASOS DERIVADOS DE RESIDUOS ANIMALES” al que está vinculada esta tesis, está aprobado en la convocatoria 802 de 2018 de proyectos de I+D de Colciencias, para el desarrollo tecnológico de base biológica de departamento de Cundinamarca, tiene la finalidad de mejorar el proceso de hidrotratamiento en cuanto a la reducción de tiempos de reacción, lograr una reducción de gastos energéticos en el proceso, disminuir el uso de hidrogeno para esta reacción, lograr un producto con la categorización de un nuevo biocombustible que tenga la capacidad de mezclarse con diésel tradición para cumplir las normativas nacionales.

Este proyecto está realizado en 5 etapas, estas se desarrollaron de forma sucesiva, las cuales son:

- Recolección de información de patentes, análisis del estado de la técnica y determinar los clústeres de investigación, este se basa en conocer los métodos y las condiciones más aplicadas para la producción de diésel renovable, en este caso el método de hidrotratamiento de ácidos grasos requiere una presión bastante elevada, la cual es de 70 Bar o 1015 psi aproximadamente.
- Acondicionamiento de la materia prima, se parte de una revisión previa de documentos en los que se explican los procesos requeridos para el correcto acondicionamiento de las grasas o aceites que comúnmente son utilizados para la producción biocombustibles tipo diésel, para determinar los procesos de acondicionamientos necesarios para tratar la grasa seleccionada en el proyecto.
- Diseño del módulo de censado de la variable presión, este consta de una revisión de los principios de transducción de los transductores de presión, de una búsqueda de transductores de tipo industrial, la selección del transductor adecuado para la implementación en el reactor tubular de lecho fijo.
- Realización del diseño 3D e implementación de un prototipo a escala, con este se pretende identificar el comportamiento del transductor ante diferentes presiones y con esto determinar el comportamiento del transductor de tipo industrial con el mismo principio de transducción.
- Apropiación social del conocimiento, esta etapa trata de dar a conocer el proyecto ante la comunidad científica y académica, en la cual se realizan postulaciones y publicaciones de artículos ante revistas indexadas, ponencias en eventos científicos nacionales e internacionales, talleres de sensibilización de la comunidad académica, socialización de los resultados obtenidos en una primera fase del proyecto y una postulación para el registro de un software de supervisión de variables para el proceso de hidrotratamiento.



## ABSTRACT

The purpose of this project is to achieve the generation of a prototype that measures the pressure variable in the experimental plant prototype of the hydrotreating process of fatty acids from animal fatty waste, for the production of a diesel-type biofuel, better known as renewable diesel. Animal fatty waste is used as raw material, for this project due to its high availability, ease of handling and high efficiency of transformation of fatty acids to renewable diesel, chicken fatty waste, chicken fat, as well as other types of fat, were selected require a conditioning process which consists of a process of liquefying these fats at a moderate temperature and subsequently a filtration of the resulting oil to remove any solid residues that may have remained, once the conditioning process has been carried out, a process is carried out of hydrolysis that transforms chicken fat into fatty acids or triolein, the latter is the one used in the hydrotreatment process, this process is carried out in the prototype of an experimental plant that is a semibatch type reactor or continuous process, carried out in a reactor fixed-bed tubular, where the implementation of the census module of the variable Pressure.

The macro project called "PRODUCTION OF RENEWABLE DIESEL THROUGH HYDROTREATMENT OF FATTY ACIDS DERIVED FROM ANIMAL WASTE" to which this thesis is linked, is approved in call 802 of 2018 of Colciencias R&D projects, for the biological-based technological development of the department of Cundinamarca, has the purpose of improving the hydrotreating process in terms of reducing reaction times, achieving a reduction in energy costs in the process, reducing the use of hydrogen for this reaction, achieving a product with the categorization of a new biofuel that has the ability to be blended with traditional diesel to meet national regulations.

This project is carried out in 5 stages, these were developed successively, which are:

- Collection of patent information, analysis of the state of the art and determining the research clusters, this is based on knowing the methods and

conditions most applied for the production of renewable diesel, in this case the fatty acid hydrotreating method requires a fairly high pressure, which is approximately 70 Bar or 1015 psi.

- Conditioning of the raw material, it is based on a previous review of documents that explain the processes required for the correct conditioning of fats or oils that are commonly used for the production of diesel-type biofuels, to determine the necessary conditioning processes to treat the grease selected in the project.
- Design of the pressure variable census module, this consists of a review of the transduction principles of pressure transducers, a search for industrial-type transducers, the selection of the appropriate transducer for implementation in the tubular bed reactor permanent.
- Realization of the 3D design and implementation of a scale prototype, with this it is intended to identify the behavior of the transducer under different pressures and with this determine the behavior of the industrial-type transducer with the same transduction principle.
- Social appropriation of knowledge, this stage tries to make the project known to the scientific and academic community, in which applications are made and articles are published in indexed journals, presentations at national and international scientific events, community awareness workshops academic, socialization of the results obtained in the first phase of the project and an application for the registration of a variable supervision software for the hydrotreatment process.

## GLOSARIO

**Hidrotratamiento:** Es un proceso que consiste en llevar un material a muy altas temperaturas y una alta presión de hidrogeno usando un catalizador en su proceso y ejecución. Es un proceso que se ha denominado con gran importancia en el entorno de las energías renovables ya que este realiza la conversión de biomásas de diferentes orígenes a biocombustibles. [1]

**Ésteres:** Son compuestos formados por la unión de alcoholes con ácidos y extracción del agua. [2]

**Transductor:** Dispositivo encargado de transformar una medida o variable física en una magnitud eléctrica para dar la posibilidad de tratarla como señal de datos para así poder tratar la información proporcionada. [3]

**Sensor:** es un elemento creado para medir variables físicas y aportar una señal de salida para escalonar las diferentes medidas en una señal eléctrica. [3]

**BIOCOMBUSTIBLES:** Son combustibles obtenidos por materia orgánica procedentes de organismos vivos como animales y plantas. [4]

**BIOMASA:** Se denomina biomasa a la materia orgánica que tenga su origen en el proceso biológico de organismos vivos y los desechos provocados por los mismos, como lo son las plantas y los animales. Biomasa contiene en sus productos el origen vegetal y el origen animal. [4]

**EFFECTO INVERNADERO NATURAL:** es equilibrio natural que trata de mantener el planeta tierra en cuanto a la temperatura que se produce en la superficie del suelo al ser calentada por la radiación emitida por el sol, en otras palabras el efecto invernadero natural mantiene la temperatura del planeta para que este sea acto para mantener la vida del mismo, el efecto invernadero natural está siendo cada vez más ineficiente por el calentamiento global por no haber control de las emisiones de gases liberados a la atmosfera. [5]

**LÍPIDOS:** son moléculas biológicas con un muy alto índice de energía gracias al número de enlaces que tienen de carbono e hidrogeno y con cero de solubilidad en agua pero si son solubles en solventes orgánicos como benceno, cloroformo, hexano, entre otros. En su estado sólido son grasas y en estado líquido son aceites. [6]

**BIOCARBURANTES:** los biocarburentes son combustibles líquidos de origen renovable provenientes de la biomasa por sus propiedades y características físicas son ideales para sustituir los combustibles fósiles como la gasolina. [7]

## CONTENIDO

1. CAPÍTULO 1 CONTEXTO .....	19
1.1. Introducción.....	19
1.2. Planteamiento del Problema .....	20
1.3. Justificación.....	21
1.4. Alcances.....	22
1.5. Limitaciones .....	23
2. CAPÍTULO 2. OBJETIVOS .....	24
2.1. Objetivo General .....	24
2.2. Objetivos Específicos. ....	24
3. CAPÍTULO 3. MARCO DE REFERENCIA .....	25
3.1. Estado del Arte.....	25
3.2. Estado de la Técnica .....	31
3.3. Fundamentos Teóricos.....	31
3.3.1. Proceso del Hidrotratamiento.....	31
4. CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA .....	32
4.1. Recolección de información .....	33
4.2. Estudio del acondicionamiento de la materia prima.....	33
4.3. Análisis de los elementos de entrada para el diseño.....	33
4.4. Desarrollo del proceso de diseño .....	33
4.5. Generación de resultados del diseño .....	33
4.6. Validación de requisitos del módulo de flujo.....	34
4.7. Prueba de verificación.....	34
4.8. Socialización de resultados.....	34
4.9. Cronograma de Actividades .....	35
5. CAPÍTULO 5. PLAN DE TRABAJO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	42
5.1. Tendencias en Patentes De Producción De Biocombustible Por el Proceso De Hidrotratamiento .....	42
5.2. Acondicionamiento de la materia prima.....	48
5.2.1. Diésel Verde .....	49

5.2.2.	Procedimiento Analítico .....	49
5.2.3.	Hidrodesoxigenación de Aceite de Jatropha Curcas.....	50
5.2.4.	Limpieza del Aceite .....	51
5.3.	Diésel Renovable a partir de grasa de pollo .....	53
5.3.1.	Materias primas en la producción de biodiesel .....	55
5.3.2.	Composición del aceite .....	56
5.3.3.	Caracterización de residuos grasos de un pollo.....	56
5.3.4.	Humedad .....	57
5.3.5.	Cenizas.....	57
5.3.6.	Proteína .....	57
5.3.7.	Grasa total .....	58
5.3.8.	Fibra bruta.....	58
5.3.9.	Extracción de grasa animal.....	58
5.3.10.	Tipos de extracción .....	58
5.3.11.	Fusión seca.....	59
5.3.12.	Fusión humedad .....	59
5.3.13.	Calentamiento por microondas. ....	59
5.3.14.	Ultrasonido.....	59
5.3.15.	CO2 supercrítico .....	60
5.3.16.	Caracterización del aceite.....	60
5.3.17.	Densidad del aceite.....	60
5.3.18.	Viscosidad del aceite .....	60
5.3.19.	Índice de acidez .....	61
5.3.20.	Índice de saponificación.....	61
5.3.21.	Índice de yodo.....	61
5.3.22.	Índice de peróxido.....	61
5.3.23.	Proceso de obtención de biodiesel .....	62
5.3.24.	Pre-tratamiento .....	62
5.3.25.	Neutralización de ácidos grasos. ....	62
5.3.26.	Esterificación.....	63

5.3.27.	Transesterificación.....	63
5.3.28.	Purificación .....	63
5.4.	Principios de transducción, transductores de presión.....	64
5.4.1.	Elementos Electromecánicos.....	64
5.4.2.	Elementos Electrónicos.....	68
5.5.	SIMULACIONES Y RESULTADOS.....	72
5.6.	APROPIACION SOCIAL DEL CONOCIMEINTO .....	81
6.	CONCLUSIONES.....	84
7.	REFERENCIAS .....	86
8.	<b>ANEXOS</b> .....	90
	<b>APENDICES</b> .....	112

### Índice de figuras

Ilustración 1	Posibles vías de reacción para la eliminación de oxígeno por H <sub>2</sub> de los triglicéridos trioleicos [21]. .....	32
Ilustración 2	Condiciones de Extracción de aceite de Jatropha Curcas.....	50
Ilustración 3	Tornillo Sin Fin de Baja Presión.....	51
Ilustración 4	Decantación del AJC Extraído .....	51
Ilustración 5	Equipo de Filtración de Aceite .....	52
Ilustración 6	Columna de Adsorción de Humedad .....	53
Ilustración 7	Producción de biodiésel de aceite de palma. [24].....	54
Ilustración 8	Demanda nacional de Biodiésel. [25] .....	55
Ilustración 9	Aceites más usados en la producción de biocombustibles. [26] .....	56
Ilustración 10	Contenido de residuos grasos de pollo "Caracterización". [27].....	57
Ilustración 11	Transducción Resistiva. [28].....	65
Ilustración 12	Transducción Magnética .....	66
Ilustración 13	Ecuaciones Del Comportamiento .....	66
Ilustración 14	Formula De Galgas. ....	67
Ilustración 15	Sensor Hall.....	69

Ilustración 16 Sensor Piezorresistivo.....	69
Ilustración 17 Sensor Monolítico.....	70
Ilustración 18 Sensor PGT23, con diseño 3D.....	72
Ilustración 19 Simulador de registros de memoria de plc. ....	74
Ilustración 20 Configuración de rango de señal en el transductor designado este es de 4 a 20 mA.....	74
Ilustración 21 Código utilizado para el procesamiento de la señal del transductor. ....	75
Ilustración 22 Configuración del driver para la adquisición de datos.....	76
Ilustración 23 Interfaz gráfica de lectura del transductor de presión.....	76
Ilustración 24 Interfaz gráfica de alerta de sobre presión en el sistema.....	77
Ilustración 25 Interfaz gráfica con mensaje de presión normal.....	78
Ilustración 26 Simulación del proceso de Hidrotratamiento de acidos grasos en Hysys Aspen.....	79
Ilustración 27 Resumen del articulo presentado en la revista “Waste Management 2020”.....	90
Ilustración 28 Aprobación Postulación Artículo.....	91
Ilustración 29 Correcciones necesarias Artículo.....	92
Ilustración 30 Correcciones necesarias Artículo.....	93
Ilustración 31 Revista Electrónica de Investigación de Tecnologías Educativas Vol. IV Núm4 2019 ITFIP ISSN: 2539-2506.....	94
Ilustración 32 Revista de METROLOGIA Encuentros de Saberes ESDIME 2020 ISSN: 2590-4752.....	99
Ilustración 33 Diapositiva de ponencia realizada en el “3 CONGRESO INTERNACIONAL Y 4 CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA”.....	104
Ilustración 34 Resumen del articulo presentado en el “3 CONGRESO INTERNACIONAL Y 4 CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA”.....	105
Ilustración 35 Certificado de ponencia realizada en el “SENA - Encuentro de saberes ESDIME - 2020”.....	106



Ilustración 36 Diapositiva de ponencia realizada en el “SENA – Encuentro de saberes ESDIME - 2020” .....	107
Ilustración 37 Agenda del taller de sensibilización con la comunidad académica en el “VIII Congreso Internacional de Ingeniería CIIUDEC 2019” .....	108
Ilustración 38 Diapositiva del taller de sensibilización con la comunidad académica en el “VIII Congreso Internacional de Ingeniería CIIUDEC 2019” .....	109
Ilustración 39 Diapositiva de socialización de resultados en el “II SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN” y en el “III SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN” .....	110
Ilustración 40 Resumen del artículo presentado en el “II SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN” y en el “III SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN” .....	111
Ilustración 41 Simulación creada en Hysys Aspen V11 .....	113
Ilustración 42 Interfaz gráfica del software de adquisición de datos en el proceso de hidrotratamiento de ácidos grasos de origen animal.....	114
Ilustración 43 Registro ante la DNDA del software de adquisición de datos en el proceso de hidrotratamiento de ácidos grasos de origen animal .....	115

## Índice de tablas

Tabla 1 Plantas de Producción de Biodiesel.....	21
Tabla 2 Cronograma de Actividades.....	35
Tabla 3 Perfil de los Clúster identificados. ....	45
Tabla 4 Corrientes del proceso de hidrotratamiento de aceite de pollo.....	79
Tabla 5 Pre-ensayos reacción deoxigenación de ácidos grasos en reactor Batch. .....	81
Tabla 6. Pre-ensayos reacción deoxigenación de ácidos grasos en reactor continuo. .....	81

## ANEXOS

Anexo A Postulación de un artículo en revista indexada .....	90
Anexo B Realización de una ponencia en evento científico nacional o internacional. .....	104
Anexo C Realización de un taller de sensibilización con la comunidad académica. .....	108
Anexo D Realización de la Socialización de Resultados.....	110

## APENDICES

Apéndice 1: Informes bimestrales. ....	112
Apéndice 2: Simulación del proceso químico en el entorno “HYSYS ASPEN” .....	113
Apéndice 3: Software de adquisición de datos en el proceso de hidrotratamiento de ácidos grasos de origen animal .....	114

# 1. CAPÍTULO 1 CONTEXTO

---

En este capítulo se presenta la introducción, el planteamiento del problema a resolver, la justificación dada para este, los alcances y las limitaciones presentadas para la realización de este proyecto en el proceso de hidrotreatmento de ácidos grasos de desechos grasos animales centrado en la variable presión.

## 1.1. Introducción.

El petróleo es una de las fuentes de energía más importantes e indispensables desde hace décadas en la mayor parte de todo el mundo, el petróleo y cada uno de sus derivados cada vez son más utilizados aumentando la explotación del mismo, el petróleo cubre necesidades básicas como lo es el transporte la iluminación la producción de fuerza y calor, los derivados de este aceite mineral también son indispensables en la parte mecánica de casi todos los sistemas ya que son utilizados para lubricar las piezas como lo serían los engranajes piñones y transmisiones de fuerza , también está presente en la producción de plástico y neumáticos.

La gran importancia de los biocombustibles obtenidos de aceites vegetales y grasa animal parte del agotamiento creciente del petróleo puesto que la humanidad es muy dependiente del mismo y al no ser un recurso renovable su inexistencia se dará una realidad cercana la principal razón de la explotación de este aceite mineral se da para la producción de combustibles como la gasolina y el diésel, para la producción de diésel renovable es necesario una sustancia que sea contenedora de una gran cantidad de triglicéridos entre estas sustancias se encuentran los aceites de frituras los sebos y grasa animal, la principal fuente para la producción de diésel renovable son los aceites vegetales que tengan su origen en las plantas oleaginosas como los girasoles en sus semillas la soya, colza y palma africana.

## 1.2. Planteamiento del Problema.

El uso continuo del continuo de un recurso no renovable o fósil para la producción de energía y como materia prima de muchos productos químicos ha sido la solución utilizada durante casi un siglo, alrededor del mundo el uso de los combustibles fósiles es alto hasta el punto de que puede parecer excesivo, esto derivara a futuro en ausencia y sobredemanda de estos combustibles, cabe resaltar que estos combustibles no son renovables.

Al no ser renovables, tiene un gran problema, por ejemplo, el agotamiento de los recursos, llega a un punto en el que no esté disponible, por ende se hace necesario buscar alternativas para poder producir energía o combustibles renovables, en algunos casos que sean amigables con el medio ambiente.

Pero actualmente el estudio, desarrollo y obtención es demasiado costoso, lo cual se hace un poco imposible buscar estas alternativas, este trabajo de grado pretende la solución a ese problemática en cuanto a la producción del diésel petroquímico tradicional, generando diésel renovable a partir de la materia prima renovable y aprovechable, como lo son los desechos grasos animales, estos se transforman de ácidos grasos a hidrocarburos o diésel renovable a través de un proceso conocido como hidrotratamiento, para la realización se utiliza un reactor tubular de lecho fijo.

En este proceso existe una alta demanda de la variable presión, debido a que la presión en el tratamiento inicial debe ser de 70 Bar, en el momento en que ingresan los ácidos grasos y el hidrógeno (H<sub>2</sub>), la materia prima pasa por unos sistemas de control térmico. a una temperatura de 60 °C y se unen en una tubería que es calentada a 350°C en esta tubería son catalizados con un lecho fijo de NiMo(Níquel de molibdeno soportado en alúminas o zeloitas), el paso por el lecho fijo genera la reacción de hidrotratamiento, esta reacción genera un incremento en la presión a 90 Bar autógenos, se monitorea para asegurar que no se genere un incremento superior, salvo guardando el reactor de lecho fijo [8]

### 1.3. Justificación

En la presente tesis se describe a detalle los aspectos más importantes del proceso de producción de biodiésel a partir de la extracción de lípidos, y así comprobar su uso como combustible en motores diésel, resaltando sus beneficios y desventajas, El biodiesel es una alternativa a futuro y así contribuir a disminuir los impactos sobre el medio ambiente por la producción y uso de combustibles, el biodiesel es una fuente de energía amigable con el medio ambiente al producirse de materias primas renovables y ser biodegradable

La demanda de energía está siendo cada vez más codiciada, al aumentar la población del planeta aumenta su demanda, y los recursos energéticos son cada vez mas costosos y escasos por lo que se es necesario poner la mira sobre alternativas ecológicas como lo es el biodiesel.

Existe una amplia literatura e información fija sobre los biocombustibles, pero incluso se busca un método para comprender y revelar su naturaleza, el entorno en el que se produce y, sobre todo, las debilidades y fortalezas de su producción.

Se analizan distintas probabilidades de consecución de combustible ecológico obtenido de residuos grasos derivados del aprovechamiento pecuario; grasa agrícola, avícola, Para ello se investigó la relación molar alcohol/grasa animal y el porcentaje de catalizador o propulsor, por ser los aspectos más importantes de la calidad del biodiesel eco combustible.

En el futuro, el uso de Diesel renovable en reemplazo total o parcial de los combustibles fósiles tendrá un gran impacto en la responsabilidad ambiental y el desarrollo sustentable del país, ya que el uso de este Diesel renovable reducirá la contaminación del aire en las grandes ciudades y mejorará su calidad además de ser más limpio, menos contaminante. [9]

**Tabla 1 Plantas de Producción de Biodiesel.**

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

**Fuente: Ministerio de Minas y Energía [8]**

En estas plantas haciendo uso a los programas de mezclas de biocombustibles permitieron en su momento que la nación se distribuyera una mezcla de 10% de alcohol carburante con gasolina y en el caso del biodiesel un 5% con ACPM. [8]

#### **1.4. Alcances**

Realizar la documentación del estado de la técnica con su análisis en cuanto al proceso de hidrotratamiento para la producción de biocombustibles tipo diésel.

Documentar los procesos de acondicionamiento de la materia prima (las grasas o aceites) utilizados en la reacción de hidrotratamiento.

Búsqueda de transductores tipo industrial óptimos para la medición de la variable presión de acuerdo con los requerimientos del prototipo de planta experimental reactor tubular de lecho fijo.



Diseño de un prototipo de módulo para la medición de la variable presión incluido en el proceso de hidrotreamiento, el cual será evaluado y comparado con la simulación realizada para obtener los datos de presión necesarios en este proceso.

Socialización de los resultados obtenidos a partir de los procesos realizados para el desarrollo de este proyecto, con el fin de dar a conocer el proyecto a la comunidad académica y científica.

### **1.5. Limitaciones**

Este proyecto financiado por COLCIENCIAS, presento una demora en cuanto al desarrollo de su parte presupuestal, por demoras del desembolso de los recursos económicos por la entidad financiadora, además presento demoras en la parte administrativa de la entidad ejecutora del proyecto, en la parte de aprobación del plan de gastos, la cual es la Universidad de Cundinamarca, lo que genero un retraso importante para la ejecución monetaria del proyecto, retrasando compras de equipos, materiales e insumos.

También se tiene la pandemia que afecto a nivel mundial, el Covid 19 lo que causo una suspensión de actividades alrededor del mundo, esto causo que el proyecto no pudiera ejecutarse de manera adecuada y no se pudieran desarrollar las compras necesarias para la ejecución del proyecto. Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, de igual manera el proyecto continuo en ejecución y se lograron grandes avances en la parte de identificación de los parámetros necesarios para el desarrollo del proyecto, los elementos necesarios para la implementación del prototipo de planta experimental, así como los elementos óptimos para el diseño de un módulo de medición de la variable presión y se lograra la realización de las actividades expuestas en la Tabla 2.

## **2. CAPÍTULO 2. OBJETIVOS**

---

### **2.1. Objetivo General.**

Implementar un módulo de adquisición y medición de la presión presente en la reacción de hidrotreatmento (desoxigenación), para la producción de diésel renovable a partir de ácidos grasos de origen animal, realizando una revisión bibliográfica de la misma.

### **2.2. Objetivos Específicos.**

- Realizar una revisión bibliográfica del estado de la técnica del hidrotreatmento (de oxigenación).
- Analizar la revisión bibliográfica del estado de la técnica del hidrotreatmento (de oxigenación).
- Evidenciar el acondicionamiento de las materias primas seleccionadas de acuerdo con los requisitos del proceso.
- Sintetizar y evaluar el desempeño de catalizadores para la producción de hidrocarburos tipo diésel mediante el hidrotreatmento de los ácidos grasos derivados de residuos animales
- Diseñar simulación de un módulo de lectura de la variable presión para la adquisición de datos en el proceso de hidrólisis y poder identificar la causa y efecto de la toma de datos de esta variable.

### **3. CAPÍTULO 3.**

## **MARCO DE REFERENCIA**

---

#### **3.1. Estado del Arte**

Actualmente existe una progresiva tendencia por minimizar y compensar el impacto ambiental que los combustibles fósiles han producido, por lo tanto, los combustibles ecológicos, como el bioetanol, biodiesel y biogás, han tomado relevancia en el momento de tratar el tema de energías combustibles alternas en vista que poco a poco hay más conciencia ambiental en la sociedad, por eso es relevante en el campo industrial la necesidad de producir biodiesel cuya fabricación es a partir del uso de recursos renovables, que busca garantizar el suministro de energía contribuyendo así a disminuir la emisión de agentes contaminantes, y CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Como ya es bien sabido estos combustibles tienen muchas ventajas como lo es lo anteriormente mencionado, pero también es su facilidad de obtención gestionando correctamente los aceites y grasas, evitando que su destino final sea en un vertedero contaminando a sí el medio ambiente y causando problemas en las comunidades, estos son tratados con la misma maquinaria para convertir el petróleo en energía, lo que representa un beneficio al no requerir realizarse cambios, modificaciones o adquisición de nuevas estructuras que permitan la producción de este biocombustible, es debido a esto que en Colombia se ha investigado frente a la producción de bioetanol y biodiesel a partir de insumos o sustancias que no involucren el área de cultivos con destino a la alimentación. [9]

Actualmente el uso de diferentes fuentes de energía se ha convertido en una necesidad indispensable para la humanidad. Y en vista que toda la energía consumida proviene de combustibles fósiles, es decir, de recursos no renovables en el mundo, debido a esto se ha impulsado la búsqueda de otras soluciones y/o fuentes renovables para la obtención de energía.

En la segunda generación de materias primas para la obtención de combustible, se usa la descarboxilación, esta requiere de hidrógeno solo para saturar olefinas, mientras que la hidrogenación aparte de usar el hidrógeno para saturar olefinas, así mismo lo usa para eliminar el oxígeno como agua. De esta forma, esto se puede traducir como un menor consumo de materia prima usada y también este se realiza en una presión más baja. [10]

El procesamiento de aceites vegetales junto a fracciones de petróleo en unidades de hidrotratamiento constituye una alternativa atractiva para la obtención de biocarburantes.

En el año 1900, el uso de los aceites vegetales como combustible fue probado por Rudolph Diesel, quien lo usó en su motor, pero debido al bajo costo que para esa época tenía el petróleo hizo que Rudolph usara este en lugar del aceite vegetal, actualmente el uso de estos aceites genera una serie de problemas debido a su elevada viscosidad y baja volatilidad, por ende, estos aceites tienen problemas con los motores usados actualmente. [11]

Aunque actualmente existe la transesterificación y el hidrotratamiento, estos procesos ayudan a regular y/o solucionar estos problemas que presentan dichos aceites vegetales.

En la transesterificación, se obtiene como producto los ésteres metálicos de ácidos grasos (FAME), conocido como biodiesel, por otro lado el aceite hidrotratado, como combustible alternativo del gasóleo procedente del petróleo presenta diversas ventajas frente a la producción del biodiesel ya que en esta se requiere una menor inversión, también provoca menos impacto ambiental y lo más importante es que este combustible es renovable. [11]

**Frente a la proyección de los tiempos considerados** para que se presente el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, la introducción paulatina de

biocombustibles es un objetivo prioritario, no solamente con el fin de alargar el tiempo del uso de estos materiales fósiles, así mismo disminuir el impacto negativo que estos combustibles generan en el medio ambiente, sobre todo los gases que estos producen con los cuales el efecto invernadero aumenta cada día más.

Para estos se considera esencial realizar un tratamiento a los aceites usados (reciclados), en el que se eliminen impurezas, Estas impurezas son generalmente partículas sólidas, las cuales pueden generar oclusiones en los filtros e inyectores y además, estos aceites contienen cantidades variables de agua, las cuales pueden alterar la efectividad de los subsiguientes tratamientos que el aceite puede requerir. [12]

El aceite reciclado puede emplearse como biocombustible, pero siempre mezclado con diésel convencional de origen fósil y/o presencia de alcoholes de cadena corta, de esta manera los aceites usados se podrán valorizar, una vez reciclados, de una forma eficiente sin necesidad de ningún tratamiento posterior y sin generar algún tipo de residuo pueden ser utilizados sin algún problema.

Las consecuencias negativas procedentes del consumo de combustibles fósiles han intensificado en buscar soluciones para disminuir su dependencia, una alternativa para disminuir esta dependencia es el uso de fuentes de energía renovables que sean amigables con los ecosistemas y el ambiente,

Por otra parte, el aceite de cocina usado (ACU), tiene impactos negativos en el medio ambiente por tal razón se busca proponer una alternativa para su reutilización, para este objetivo se evaluó la aplicabilidad del ACU, como una materia prima para así obtener combustibles renovables, mediante el proceso de desoxigenación catalítica (DO). [13]

El grupo PQI (Procesos químicos industriales) realizan la sintetización de dos catalizadores de tipo Níquel-Molibdeno (Ni-Mo), los cuales fueron soportados en Alúmina ( $-Al_2O_3$ ), cada uno de estos con diferentes contenidos máxicos de metales

activos, haciendo uso de la desoxigenación de aceite de higuera como su actividad catalítica. [14]

Esta fue evaluada y comparada por los autores, con respecto al desempeño que es obtenido con un catalizador comercial. Los catalizadores fueron reducidos y sulfurados con H<sub>2</sub>S producido *in-situ*, ambos catalizadores fueron caracterizados haciendo uso de la **adsorción-desorción de N<sub>2</sub> a 77k, XRF y TPR**, cada una de las pruebas catalíticas se realizaron en un reactor de alta presión (Parr, 500mL), el cual era operado en modo semi-bath.

Estas pruebas arrojaron ciertos resultados, uno de estos es un mayor rendimiento másico hacia Diésel Renovable (c9-C24), el cual fue de un 82.9%, el cual fue obtenido con el catalizador sintetizado. Este contenía 4.5% de NiO y un 20% de MoO<sub>3</sub>, evaluados a 350°, 90 bares de presión y con una concentración del 10%, además el catalizador bajo estas circunstancias y/o condiciones, presentó una conversión del 100% y las selectividades más altas hacia el C17 (54.4%) y C18 (20.9%), así como también una menor selectividad hacia los craqueados (0.83%). [14]

El estado actual y la perspectiva de la tecnología con la cual se realiza la producción del diésel verde, haciendo uso del Hidrotratamiento en aceites vegetales de segunda generación. [10]

Esto demuestra que para obtener diésel renovable muchas instituciones de investigación han realizado un sinnúmero de experimentos variando diferentes parámetros entre estos están (Tipo de reactor, temperatura, presión, catalizador, etc.).

Los autores dan a conocer cada uno de los aspectos relacionados con las tecnologías disponibles para la producción de combustible ecológico, también las condiciones representativas del Hidrotratamiento, materia prima, los tipos de catalizadores entre otros aspectos para así poder alcanzar un biocombustible de la misma calidad del diésel fósil para que así este biodiesel sea una alternativa llamativa. [10]

El objetivo del Banco de patentes de la Superintendencia de Industria y comercio, a la hora de realizar este documento, es facilitar información puntual y estructurada sobre cada uno de los avances y novedades que se obtienen en distintos sectores tecnológicos. [15]

Siendo este documento el que se centrara en los Biocombustibles Avanzados, el punto de partida es la importancia de los biocombustibles en la proyección en la matriz energética a medio o largo plazo, que tiene como mayores usuarios de combustibles líquidos (Estados Unidos, China y los países de la Unión Europea).

Los biocombustibles avanzados son los que tienen un alto grado de desarrollo tecnológico en términos comerciales afirman los autores, explican que los biocombustibles convencionales son los que son producidos con una gran afinidad comercial, estos obtenidos mediante el uso de tecnología madura y que por otra parte los biocombustibles avanzados son aquellos que se encuentra en la etapa de investigación básica, demostrativa y semi-comercial, ya que la tecnología de estos no se encuentran en una etapa tan madura como la de los biocombustibles convencionales. [15]

Una de estas tecnologías no madura, es el Hidrotratamiento Catalítico, el cual es usado el sector petrolero con el fin de enriquecer las propiedades de los biocombustibles fósiles, pero también este proceso se ha utilizado recientemente en la obtención de biocombustibles haciendo uso del aceite vegetal o animal, agregando un reactor de alta presión y temperatura; como también una corriente de hidrogeno que reacciona con el aceite en presencia con diferentes catalizadores, lo que permite la conversión en parafinas e isoparafinas similares a las de la gasolina, el keroseno y el diésel.

Por último, los autores resaltan que el proceso de Hidrotratamiento presenta un mayor rendimiento para las fracciones con características de diésel y keroseno, los cuales han sido registrados con los nombres de Diésel Renovable, Green Diésel, Renewable Diésel y entre otros. [15]

El autor habla de que el diésel renovable es producido mediante en Hidrotratamiento, en el caso del autor se centra en el aceite vegetal. El cual, el autor afirma que tiene una variedad de ventajas con respecto a los combustibles renovables propuestos, una de ellas es que se demuestra que no es necesario establecer una nueva infraestructura para llevar a cabo su producción , en vista que el principio de obtención sigue el mismo principio de obtención que el petróleo, por ende esta infraestructura se puede encontrar en cualquier refinería de dicho crudo, también afirma que este presenta

mejor equilibrio frente a la oxidación e índice de cetano, siendo este comparado con el biodiesel. [16]

También incluye que para la obtención de este debe ser necesaria la inclusión de catalizadores bifuncionales, de alta presión de hidrogeno y temperatura de reacción aproximada a 350°.

Por último agrega que el catalizador-sintetizado que contiene una mayor proporción de  $\text{MoO}_3$ , es el que obtiene una mejor conversión de dicho aceite vegetal, ya que con este se obtiene una gran cantidad de sitios activos que benefician a la desoxigenación de las moléculas de triglicéridos presentes en el aceite vegetal. [16]

Los autores estudiaron las diferentes maneras de conseguir o producir biodiesel, haciendo uso de los residuos grasos provenientes de la explotación pecuaria, es decir, la grasa de los pollos, cerdos y reces, para esto se analizaron las variables de relación molar alcohol/grasa animal y la cantidad de catalizador. [17]

Luego de realizar su debido procesamiento y/o tratamiento de dichas grasas, concluyeron que el rendimiento de la grasa del material desecho del pollo es del 70.5% y del cerdo es el 90% lastimosamente no presentan el porcentaje de rendimiento de la grasa de la res, pero afirma que este rendimiento mejora activamente la cantidad de contaminación que genera las industrias del sector orgánico.

Los autores argumentan que al realizarse la caracterización de la grasa del pollo y del cerdo, lograron establecer que las dos tienen un bajo nivel de acidez, lo cual les garantiza un alto grado de transesterificación, esto lo dicen teniendo en cuenta que obtuvieron un rendimiento del 96% a partir de la grasa del pollo y un 91.2% con la grasa del cerdo. [17]



## **3.2. Estado de la Técnica**

### **3.3. Fundamentos Teóricos**

Los combustibles fósiles y sus reservas son muy caros en el mundo, tanto ambientalmente como en términos de eliminación, y estos factores han atraído la atención mundial, lo que ha dado lugar a una búsqueda incesante de combustibles renovables y/o renovables, algunos de los cuales son ésteres de ácidos grasos. Los triglicéridos se intercambian con metanol por ésteres metílicos como el metóxido de sodio (CH<sub>3</sub>ONa) [18]

Los ésteres metílicos de ácidos grasos se conocen comúnmente como biocombustibles, que tienen principalmente cadenas de C14 a C22. Los ácidos carboxílicos se pueden usar como combustible y se pueden mezclar con combustible Diesel derivado de fuentes de petróleo crudo. [19]

El aceite diésel que se le conoce como diésel verde, deriva de recursos renovables, los cuales se relacionan con el efecto de la desoxidación por hidrogenación (HDO), y el ácido lipídico que se encuentra a nivel de triglicéridos se transforma en parafina.

El Biodiesel “diésel verde” se puede usar como combustible o como mezcla de aceite diésel que deriva de la materia prima del petróleo, que puede no necesitar una transformación completa en el motor.

#### **3.3.1. Proceso del Hidrotratamiento.**

Actualmente se encuentran numerosas tecnologías que tienen como objetivo principal el tratamiento de las biomasa, con el fin de poder realizar de forma sostenible la producción de combustibles líquidos (BTL) y también para el Hidrotratamiento de aceites vegetales (HVO), con el fin de producir el biocombustible biodiesel . Si bien actualmente se comercializan los combustibles fósiles y combustibles de segunda generación como el biodiesel y el bioetanol, las tecnologías como BTL y el HVO, se

han convertido en las formas más prometedoras para lograr satisfacer las futuras demandas de energía.

Es ideal resaltar que el Hidrotratamiento consiste en la eliminación total del oxígeno para la obtención de una mezcla de parafinas e isoparafinas con un punto de ebullición similar al del gasoil. Para lograr esto se somete el aceite obtenido de la materia prima a partir de la grasa animal a temperaturas elevadas y a una presión de hidrógeno, en presencia de un catalizador adecuado. [20]

En la separación de oxígeno de los triglicéridos existen tres posibles caminos los cuales son: La hidrodeoxigenación (I), decarboxilación (II) y decarbonilación (III), para el caso de la hidrodeoxigenación se obtienen n-parafinas con algo en común el mismo número de carbono que los ácidos grasos del triglicérido. En los casos de la decarboxilación y decarbonilación se generan n-parafinas con un carbono menor al del ácido graso de la molécula de triglicérido. [21] En la Ilustración 1 se puede observar las tres vías del hidrotratamiento

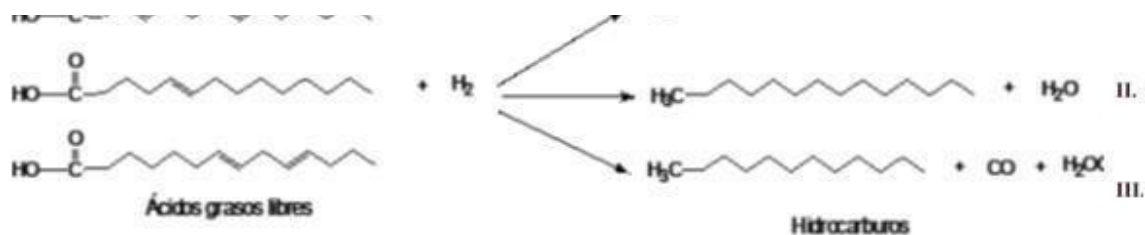


Ilustración 1 Posibles vías de reacción para la eliminación de oxígeno por  $H_2$  de los triglicéridos trioleicos [21].

#### 4. CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

---

En la presente tesis se utilizó la siguiente metodología de trabajo, diseño y desarrollo, teniendo en cuenta que solo abarcaremos de manera centralizada “El Diseño Experimental de un Prototipo para la Medición de la Presión en el Proceso del Hidrotratamiento” [24] a continuación se describe los procedimientos realizados.

#### **4.1. Recolección de información**

El enfoque de esta fase es buscar patentes para desarrollar las últimas tecnologías y analizarlas de acuerdo con los siguientes parámetros analíticos: tendencias de publicación por año y país, además del desarrollo de un conjunto de estudios de investigación para asegurarse de que comprende los parámetros. utilizado en patentes de procesos de hidroprocesamiento.

#### **4.2. Estudio del acondicionamiento de la materia prima**

En esta etapa se realiza una investigación y se determina los procesos adecuados que se deben tener en cuenta a la hora de acondicionar la materia prima de origen animal, además se analizó las características que deben tener y su facilidad o dificultad al momento de acondicionarla y procesarla, con esto se determina la materia prima seleccionada la cual fue ácidos grasos de pollo y mirar su índice de transformación de ácidos grasos a diésel renovable.

#### **4.3. Análisis de los elementos de entrada para el diseño**

Se analizan los diferentes transductores de acuerdo a las necesidades propias del diseño de planta piloto, para ser usados como referentes en el diseño del módulo de lectura de presión.

#### **4.4. Desarrollo del proceso de diseño**

Después del análisis anterior, se realiza una búsqueda de diferentes soluciones, se efectúa una elección de posibles soluciones y se documentó los resultados del diseño, con un diseño y análisis 3D para caracterizar su principio de transducción y su calidad y características Más que otras soluciones.

Se consideraron como insumos los antecedentes de las fuentes de consulta y el conocimiento de los consultores expertos en el tema, en este caso el concepto de los investigadores de ingeniería química del Grupo de Investigación PQI (Industria de Procesos Químicos) de la Universidad de Antioquia.

#### **4.5. Generación de resultados del diseño**

Se desarrolló la implementación en una simulación del transductor seleccionado y se generan resultados del proceso de lectura de la presión, las simulaciones planteadas

representan el proceso completo de hidrotreatmento, para llegar a ello se analizaron los resultados obtenidos con Hysys Aspen, [37] el cual permitió proyectar el comportamiento de la variable y posteriormente se desarrolló un diseño en 3D de lo que será la implementación del módulo en el prototipo planta experimental, se realiza la aclaración que los elementos que se presentan son comerciales.

#### **4.6. Validación de requisitos del módulo de flujo**

En cada una de las etapas contempladas en este proceso se realizaron estudios y revisiones sistemáticas del proceso de diseño para así poder evaluar y validar de forma acertada el cumplimiento de cada requisitos, identificando cualquier problema y tomar los cursos de acción necesarios en cada situación presentada teniendo en cuenta sistemas de alarma para cada presión y saber que reacción tomar ante cada evento de la presión medida separándola en tres caso presión baja ,presión estable ,y presión alta .

#### **4.7. Prueba de verificación**

Con el software realizado como diseño de módulo de adquisición de datos de la variable presión, se hizo una revisión de la medición que puede tener la planta piloto una vez implementada, teniendo en cuenta los elementos de recolección de datos industriales que cumplan las condiciones de operación necesarias para el proceso de hidrotreatmento.

#### **4.8. Socialización de resultados**

Se realizan ponencias en distintos eventos de índole científico, nacionales o internacionales, además de realizar la postulación de un artículo a revistas indexadas y posterior publicación en 2 revistas indexadas, una postulación de registro de software ante la DNDA que fue aceptada y registrado el software.



	n) y dispositivo electrónico																						hidrotratamiento (A partir de publicaciones arbitradas).	Ing. Cesar Quintero
<b>Caracterización de producto de hidrólisis</b>	a. Acondicionar la materia prima seleccionada de acuerdo a los requerimientos del proceso.																						Informe técnico que contemple los estudios necesarios para encontrar las características y	Estudiante Carlos Arturo Vargas Vásquez, Ing. Cesar Quintero



<b>n de hidrólisis para la obtención de</b>	la variable Presión en el proceso de hidrotratamiento																				ental de la reacción de hidrólisis para la	Ing. Faider Barrero
<b>ácidos grasos animales.</b>	b. Implementación del módulo de presión en la planta experimental para realizar el proceso de hidrólisis.																				obtención de ácidos grasos animales.	Estudiante Carlos Arturo Vargas Vásquez, Ing. Cesar Casas
<b>Realización de Informes,</b>	a. Entrega de Informes técnicos																				Informe s bimestr	Estudiante Carlos Arturo





	científico nacional o internacional.																			do de la ponencia.	Vásquez , Ing. Cesar Casas
	d. Taller de sensibilización con la comunidad académica.																			Realización de la ponencia en eventos internos y/o externos de la UDEC científico, registro de asistencia	Estudiante Carlos Arturo Vargas Vásquez , Ing. Cesar Quintero



## **5. CAPÍTULO 5.**

### **PLAN DE TRABAJO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

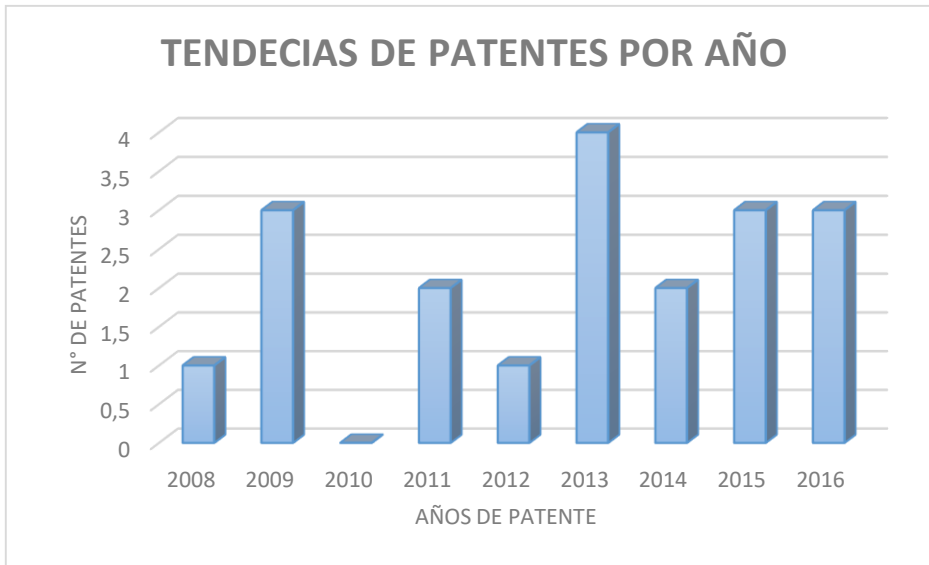
---

#### **5.1. Tendencias en Patentes De Producción De Biocombustible Por el Proceso De Hidrotratamiento**

Por medio del proceso de Hidrotratamiento se puede transformar los ácidos grasos de origen animal a biocombustibles, en el caso de este proyecto se pretende generar diésel renovable, este combustible se presenta como una alternativa al diésel tradicional o petroquímico, en este se hace el estudio de las patentes que presentan métodos de transformación de diferentes materias primas como lo serian, diferentes aceites vegetales, grasas animales y/o aceites reutilizados, encontrando las técnicas usadas para la conversión de las materias químicas en biocombustibles, los productos o subproductos obtenidos, las diferentes características de acondicionamiento para la producción de diésel renovable y avances tecnológicos de los procesos utilizados.

En el periodo de 2008 a 2016 se encuentra la dinámica de las publicaciones de patentes asociadas a la producción de biocombustibles tipo diésel, como se observa en la Figura 1; en el año 2013 se presenta un pico máximo en este periodo de 4 patentes registradas, y en los años 2009, 2015 y 2016 se registran 3 patentes por año y a lo largo de este periodo el único año que no presenta patentes es el año 2010, lo que en promedio nos dejaría un aproximado de un poco más de 2 patentes por año.

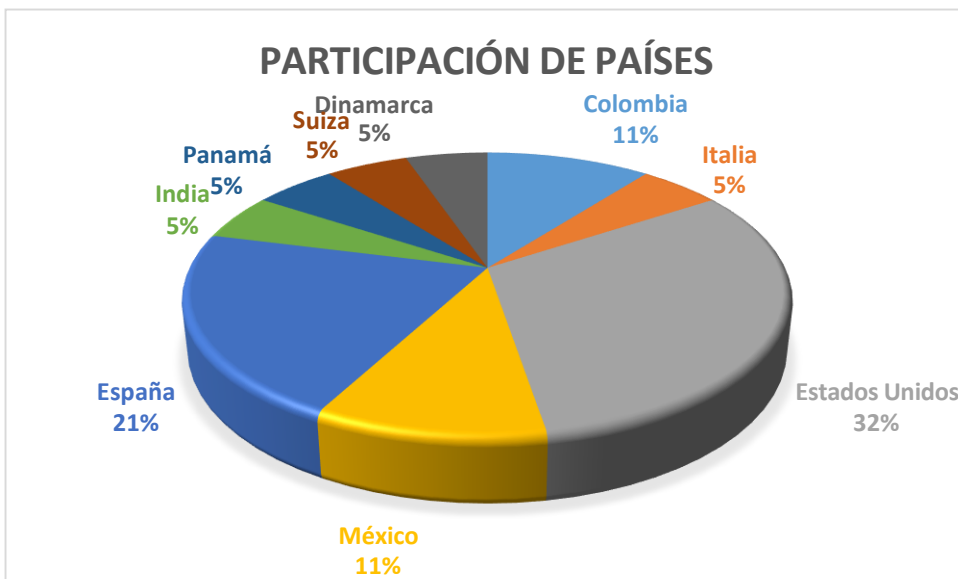
**Figura 1. Dinámica de publicaciones de patentes para producto. 2008-2016**



**Fuente: Autoría propia.**

Por otro lado podemos observar en la Figura 2., la dinámica de la participación de países en el periodo de 2008 a 2016, donde vemos que tenemos una participación de nueve países de los cuales tiene el primer lugar estados unidos, seguido por Colombia, en tercer lugar con un 11% de las patentes encontradas están México y España.

**Figura 2. Participación de los países líderes en publicaciones de patentes para producto. 2008-2016**



**Fuente: Autoría propia.**

La Tabla 3 se tiene la identificación de los perfiles de clúster sobre las publicaciones de patentes para la producción de diésel renovable o biocombustibles a partir de fuentes orgánicas, que se enfocan en el proceso de hidrotratamiento.

Como primer clúster se ve la tendencia de utilización de materia prima vegetal para la producción de biocombustibles, de esta se tienen 16 patentes en las cuales se utilizó diversos tipos de aceites vegetales para transformarlos en hidrocarburos, esto se evidencia en la gráfica del clúster donde se hace la identificación de número de patentes por el año de publicación.

En el segundo clúster se tiene una tendencia en cuanto a la materia prima de origen animal, en la cual se utilizan diversas grasas de origen animal, en la producción de biocombustibles, en la cual se detecta la utilización de grasas derivadas del pollo por su mayor facilidad de manejo, grasas derivados del cerdo y algunos otros derivados de la industria alimentaria, se muestra la división de patentes por los años de publicación en la gráfica del clúster.

Los siguientes clústeres tienen como objetivo la identificación de las condiciones requeridas para la producción de biocombustibles, las cuales fueron divididas en tres variables manejadas en el proceso de hidrotratamiento las cuales son, tiempo, temperatura y presión.

En el clúster tres, se ve la relación de tiempos utilizados para el proceso de hidrotratamiento en el cual encontramos que las 7 patentes que tiene tiempos de operación menores a 2 horas son relacionadas a materias primas de origen vegetal, y las 10 patentes con tiempos de operación superiores a 2 horas son relacionadas a materias primas de origen animal, esto se muestra en el gráfico del clúster donde se visualiza la tendencia de publicación por año.

En el cuarto clúster se tiene que las patentes encontradas con presiones inferiores a 70 Bar son operadas en base a aceites vegetales o aceites reutilizados, y las patentes con presiones superiores a los 70 Bar son relacionadas a material de

origen animal o microalgas, también se tiene un gráfico en el que se muestra las patentes con su cantidad por años, de los 2 rangos presentes de presión.

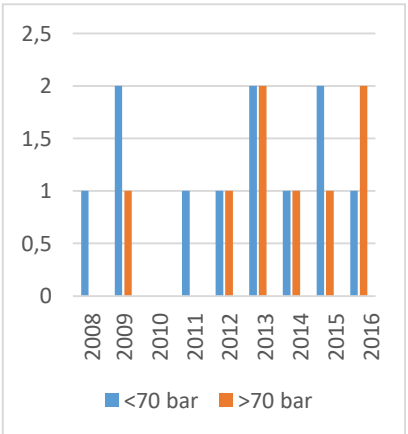
En el quinto clúster se ve la diferencia en temperaturas empleadas comúnmente para la producción de hidrocarburos, en la gráfica se ve las publicaciones de patentes por año de los dos rangos de temperatura, en el cual tenemos que a temperaturas menores a los 200°C son empleadas para material vegetal y las temperaturas mayores a los 200°C so empleadas para grasas animales o crudos de petróleo.

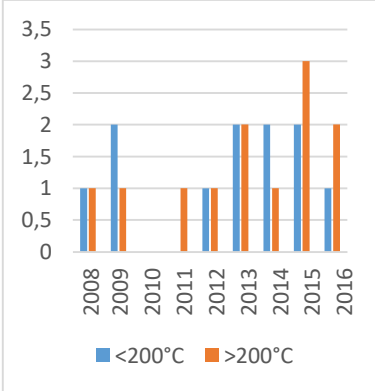
**Tabla 3 Perfil de los Clúster identificados.**

Países [# Articulos]	Instituciones [# Articulos]	Tema de Interés	Tendencias de Publicaciones																				
Colombia[2] Italia[1] India[1] Estados Unidos[6] Panamá[1] México[2] España[2] Dinamarca[1]	ECOPETROL S.A.; ECOPETROL S.A.; ENI S.P.A.; CONSEJO DE CIENTÍFICOS E INDUS; WR Grace & Co.- Conn; Neste Oil Oyj. Espoo (FI); UOP LLC, Des Plaines, IL (US); Als Bioenergy Corp; VELEZ DE LA ROCHA.	Materia Prima Vegetal	<table border="1"> <caption>Publicaciones por año (Clúster 1)</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2008</td><td>1</td></tr> <tr><td>2009</td><td>2</td></tr> <tr><td>2010</td><td>0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>1</td></tr> <tr><td>2012</td><td>1</td></tr> <tr><td>2013</td><td>4</td></tr> <tr><td>2014</td><td>2</td></tr> <tr><td>2015</td><td>3</td></tr> <tr><td>2016</td><td>2</td></tr> </tbody> </table>	Año	Cantidad	2008	1	2009	2	2010	0	2011	1	2012	1	2013	4	2014	2	2015	3	2016	2
Año	Cantidad																						
2008	1																						
2009	2																						
2010	0																						
2011	1																						
2012	1																						
2013	4																						
2014	2																						
2015	3																						
2016	2																						
Colombia[1] Italia[1] India[1] Estados Unidos[6]	ECOPETROL S.A.; ENI S.P.A.; CONSEJO DE CIENTÍFICOS E INDUS; WR	Materia Prima Animal	<table border="1"> <caption>Publicaciones por año (Clúster 2)</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2008</td><td>1</td></tr> <tr><td>2009</td><td>2</td></tr> <tr><td>2010</td><td>1</td></tr> <tr><td>2011</td><td>1</td></tr> <tr><td>2012</td><td>4</td></tr> <tr><td>2013</td><td>2</td></tr> <tr><td>2014</td><td>3</td></tr> <tr><td>2015</td><td>2</td></tr> <tr><td>2016</td><td>2</td></tr> </tbody> </table>	Año	Cantidad	2008	1	2009	2	2010	1	2011	1	2012	4	2013	2	2014	3	2015	2	2016	2
Año	Cantidad																						
2008	1																						
2009	2																						
2010	1																						
2011	1																						
2012	4																						
2013	2																						
2014	3																						
2015	2																						
2016	2																						

Países [# Articulos]	Instituciones [# Articulos]	Tema de Interés	Tendencias de Publicaciones																														
Panamá[1] México[2] España[3] Suiza[1]	Grace & Co.- Conn; Neste Oil Oyj. Espoo (FI); UOP LLC, Des Plaines, IL (US); Als Bioenergy Corp; VELEZ DE LA ROCHA, José Martin ;																																
Italia[1] India[1] Estados Unidos[3] Panamá[1] México[2] Colombia[2] Estados Unidos[5] España[3] Suiza[1] Dinamarca[1]	ENI S.P.A.; CONSEJO DE CIENTÍFICOS E INDUS; WR Grace & Co.- Conn; Neste Oil Oyj. Espoo (FI); Als Bioenergy Corp; VELEZ DE LA ROCHA. ECOPETROL S.A.; ECOPETROL S.A.; WR Grace & Co.-Conn; UOP LLC, Des Plains, IL (US); TransBiodiesel Ltd; Universidad de Córdoba	Tiempo <2H >2H	<table border="1"> <caption>Publicación Trends (2008-2016)</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>&lt;2H</th> <th>&gt;2H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2008</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2009</td> <td>0</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2013</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2014</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2015</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Año	<2H	>2H	2008	0	1	2009	0	3	2010	0	0	2011	1	0	2012	0	1	2013	2	2	2014	1	2	2015	2	2	2016	2	1
Año	<2H	>2H																															
2008	0	1																															
2009	0	3																															
2010	0	0																															
2011	1	0																															
2012	0	1																															
2013	2	2																															
2014	1	2																															
2015	2	2																															
2016	2	1																															



Países [# Articulos]	Instituciones [# Articulos]	Tema de Interés	Tendencias de Publicaciones																														
	Rectorado Universidad de Córdoba Alfonso XIII.																																
Estados Unidos[5] Panamá[1] México[2] España[1] Suiza[1] Dinamarca[1] Colombia[2] Italia[1] India[1] Estados Unidos[3] España[2]	WR Grace & Co.- Conn; Neste Oil Oyj. Espoo (FI); UOP LLC, Des Plaines, IL (US); Als Bioenergy Corp; VELEZ DE LA ROCHA, José Martin ; ECOPETROL S.A.; ECOPETROL S.A.; ENI S.P.A.; CONSEJO DE CIENTÍFICOS E INDUS; WR Grace & Co.- Conn; UOP LLC, Des Plains, IL (US);;	Presión <70 bar >70 bar	 <table border="1"> <caption>Publicación de Tendencias de Publicaciones</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>&lt;70 bar</th> <th>&gt;70 bar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2008</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>2009</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>2010</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2013</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>2014</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2015</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>1</td><td>2</td></tr> </tbody> </table>	Año	<70 bar	>70 bar	2008	1	0	2009	2	1	2010	0	0	2011	1	0	2012	1	1	2013	2	2	2014	1	1	2015	2	1	2016	1	2
Año	<70 bar	>70 bar																															
2008	1	0																															
2009	2	1																															
2010	0	0																															
2011	1	0																															
2012	1	1																															
2013	2	2																															
2014	1	1																															
2015	2	1																															
2016	1	2																															

Países [# Artículos]	Instituciones [# Artículos]	Tema de Interés	Tendencias de Publicaciones
Estados Unidos[5] Panamá[1] México[2] España[1] Suiza[1] Dinamarca[1] Colombia[2] Italia[1] India[1] Estados Unidos[5] España[3]	WR Grace & Co.- Conn; UOP LLC, Des Plaines, IL (US); Als Bioenergy Corp; VELEZ DE LA ROCHA, José Martin ; GONZÁLEZ ESTRADA, Pedro Gabriel; ECOPETROL S.A [2]; ENI S.P.A.; CONSEJO DE CIENTÍFICOS E INDUS; WR Grace & Co.- Conn; Neste Oil Oyj. Espoo (FI);	Temperatura <200°C >200°C	

Fuente: Autoría propia.

## 5.2. Acondicionamiento de la materia prima.

El biodiesel, es una mezcla de monoacilésteres de ácidos grasos de una larga cadena, ya sea animal o vegetal para que con este se pueda realizar el proceso de combustión. [22]

El gran inconveniente que tiene este biocombustible es su alto costo de realización ya que en términos de comparación este es el doble de costoso que el diésel de

origen fósil, como también que el uso de las grasas ya sean vegetales o animales, representa un 75 u 85% del costo total de este.

Ahora bien, existen alternativas más económicas, pero menos estudiadas para poder hacer biodiesel, como pueden ser los residuos grasos de los animales y plantas, siendo estos la materia prima ideal y de bajo costo para obtener el preciado biocombustible. [22]

Algunos estudios se han realizado en los residuos grasos vegetales, pero en los residuos de origen animal existen muy pocos estudios haciendo uso de estos, por lo que se hace necesario y/o conveniente realizar estudios con esta materia prima.

### **5.2.1. Diésel Verde.**

El método de la invención se puede utilizar para la producción de diésel verde. La fabricación de diésel verde en el método de la invención tiene características deseadas como aceite diésel o con mezcla de diésel de petróleo. El producto que es sustancialmente de cadena recta tiene un alto valor de hexadecano, el motor diésel mantiene la potencia necesaria y efectiva para dar la vuelta.

El diésel verde aumenta el número de cetano y no puede afectar negativamente a la densidad. Al seleccionar el catalizador de concreto y las condiciones de procesamiento, puede controlar el valor de cetano. Esto puede hacer que cuando se mezcle en diésel de petróleo a baja temperatura, se pueda usar para ser baja a moderada en la aplicación de temperatura más baja de -40 °C. [22]

### **5.2.2. Procedimiento Analítico.**

Salvo que se indique lo contrario, la muestra se disuelve en cloroformo, y analiza la identificación en el pico por GC / MS (Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas), y cuantifica el componente independiente con GC / FID (cromatografía de gases acoplada a un detector de ionización de llama). Con respecto a estas formas de realización, debido a la similitud (siendo completamente hidrocarburo, de cadena lineal y cadena lateral) del componente, suponga que el porcentaje de área de pico de FID y el porcentaje en peso son adecuados. Sea inferior al 0.1% de pico No se identifique y tal vez no pueda cuantificarse, por lo tanto, la suma está en el alcance

del 90% al 95%. En la tabla 1, etanol y un poco otras impurezas traza son los contaminantes en el solvente de cloroformo. Debido a la evaporación del material de bajo punto de ebullición cuando los tubos de reacción disminuyen, y debido a la reacción completa y el recipiente descrito todavía tiene algo de producto de fondo para permanecer en la tubería después de vaciarlo, por lo tanto, en todas las realizaciones, la gran mayoría carece de rendimiento, especialmente en las realizaciones 5 a 8. [22]

### 5.2.3. Hidrodesoxigenación de Aceite de *Jatropha Curcas*.

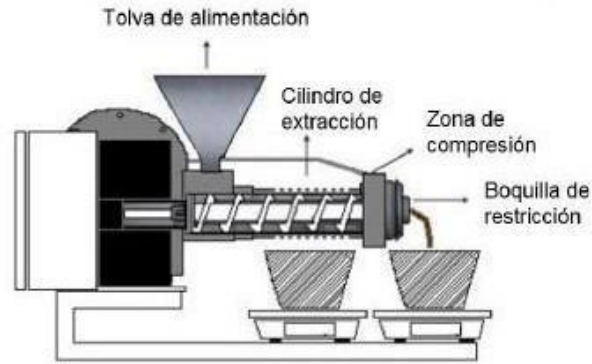
En esta se utilizaron 1kg de semillas de *Jatropha Curcas* limpias, enteras y que no tuvieran ningún tratamiento químico. Para la extracción debía tenerse en consideración las siguientes condiciones:

- Velocidad de Tornillo.
- Temperatura. [23]

Temperatura (°C)	Velocidad del tornillo (rpm)		
	40	30	20
70	Lote 1	Lote 2	Lote 3
80	Lote 4	Lote 5	Lote 6

*Ilustración 2 Condiciones de Extracción de aceite de *Jatropha Curcas*.*

Para la extracción utilizaron una extractora de tipo cilindro con tornillo sin fin de baja presión. Equipada con una resistencia eléctrica variable, este equipo cuenta con un motor de 7.5 HP acoplado a un reductor 60:1, el cual hace girar al tornillo sin fin. Para poder obtener los datos que se requerían en el estudio de las variables que influyen en la acidez del aceite, el equipo tiene instalado un controlador Trane TR200 que permite varias las revoluciones por minuto (rpm). Y para proporcionar los datos sobre el rendimiento de la extracción, del aceite obtenido fue pesado en una balanza analítica VELAB VE-5000. [23]



*Ilustración 3 Tornillo Sin Fin de Baja Presión.*

#### **5.2.4. Limpieza del Aceite.**

Con la finalidad de eliminar impurezas. Después de que se extrajo el AJC (Aceite de *Jatropha curcas*), este fue decantado para así remover partículas pesadas, luego filtrado para remover partículas suspendidas y por último secado para remover la humedad. [23]

- Decantación: El aceite extraído fue colocado en recipientes de plástico de 500 ml, posteriormente el aire contenido en los recipientes de plástico fue desplazado con corriente gaseosa de nitrógeno, para así ser almacenado en un cuarto frío a 7°C durante 48. Para después ser llevado a los recipientes de filtrado.



*Ilustración 4 Decantación del AJC Extraído.*

- Filtración: Para la filtración del AJC, se realizó con un doble filtro de tela de manta blanca en un embudo Büchner de 10CM de diámetro en un matraz Kitasato de 1 L, mediante la asistencia de una bomba para generar vacío de marca Bio-Rad. Luego de esta filtración los lotes de aceite extraídos bajo las mismas condiciones fueron mezclados y secados. [23]



*Ilustración 5 Equipo de Filtración de Aceite.*

- Remoción de Humedad: Con la finalidad de eliminar la humedad, se realizó una des-humificación mediante el uso de una columna de adsorción empacada con 250 ml de sílica gel orange (Sigma Aldrich). Posteriormente fueron almacenados en contenedores de plástico de 500ml con atmósfera de nitrógeno, sin ninguna fuente luminosa en un cuarto frío a 7°C. [23]



*Ilustración 6 Columna de Adsorción de Humedad.*

### **5.3. Diésel Renovable a partir de grasa de pollo.**

El pollo es uno de los alimentos con un mayor índice de consumo en gran parte del mundo y Colombia no está exenta en este consumo pues el pollo es una parte importante dentro de la canasta familiar, por ende usar la parte que no es consumida por el ser humano de uno de los alimentos más consumidos en la población colombiana para realizar un proceso de producción de biodiesel a partir de la grasa de este es un gran acierto puesto que no estaría afectando a la demanda del consumo y si se estaría aprovechando al máximo el sacrificio del pollo . [19]

Como se mencionó anteriormente el biodiesel es un biocombustible líquido, el cual fue descrito por la ASTM<sup>45</sup> (American Society for Testing and Materials), como “una cadena larga de derivados de lípidos renovables, tales como aceites vegetales o grasas animal”, el uso de este tiene una serie de ventajas tales como.

- Prolongación de la vida útil de un motor, reducción de mantenimiento de este.
- Se reducirá considerablemente la producción de gases de efecto invernadero y sustancias perjudiciales.
- Mayor facilidad a la hora de transportar.
- Amigable con el medioambiente.

Pero, así como tiene ventajas, también cuenta con una serie de desventajas las cuales son.

- Muy poca aplicación en los motores que actualmente están siendo usados en el mercado.
- Costo elevado de producción “depende de cómo se realiza y con que se realizan”.
- Se solidifican a bajas temperaturas, lo cual causa formación de cristales.
- Obstrucción de los filtros por la presencia de sodio (k) [19]

Actualmente existen 11 fábricas/plantas de producción de biodiesel operando en Colombia, estas refinerías y plantas de producción producen diesel utilizando aceite de palma como materia prima, la Ilustración 6 muestra la producción de biodiesel del país desde 2009 hasta 2017 y las ventas.. [27]

Indicador	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Producción Biodiésel (Toneladas)	163.077	337.713	443.037	489.990	503.337	518.093	513.354	458.800	460.121
Ventas Biodiésel (Toneladas)	169.065	337.718	273.170	488.187	505.709	518.745	523.403	506.990	513.336

*Ilustración 7 Producción de biodiésel de aceite de palma. [24]*

La federación nacional de biocombustibles declara, qué la demanda existente a nivel nacional es igual a las importaciones más la demanda de producción nacional, ha superado las 40.000 toneladas desde el año 2018 hasta comienzos del año 2020 (a excepción de octubre y noviembre del 2019) como se evidencia en la ilustración 8. [24]



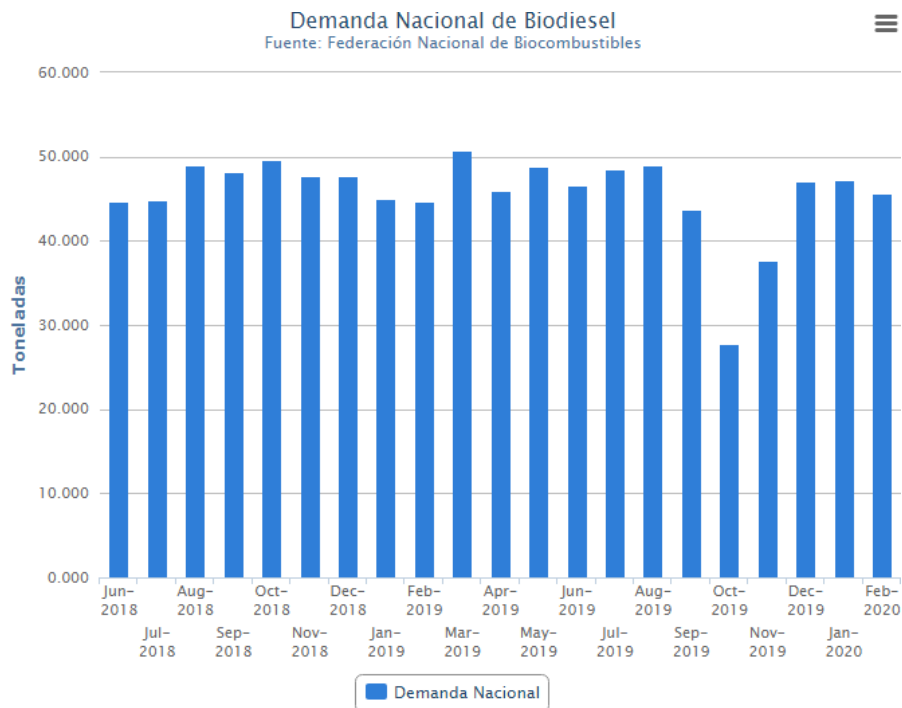


Ilustración 8 Demanda nacional de Biodiésel. [25]

En la actualidad Colombia es el primer país a nivel Latinoamérica con mayor capacidad de producción de aceite de palma y a nivel mundial Colombia esta posicionado en el cuarto lugar en esta producción.

Colombia al tener la capacidad suficiente para producir la materia prima y la adecuada infraestructura organizada, según la federación nacional de biocombustibles, esto facilita que la oferta de biodiesel sea mayor y genere excedentes muy importantes en el mercado colombiano y así surge la oportunidad de exportar materia prima.

### 5.3.1. Materias primas en la producción de biodiesel.

La materia prima para la producción de biocombustibles como el biodiesel es generada o producida a partir de diferentes fuentes de energía como lo es el excremento que generan los cerdos y el excremento producido por las gallinas también se puede generar a partir de las algas, de aceites desechados en la cocina,

de desechos industriales entre otros, en la ilustración 9 se puede apreciar a más profundidad las diferentes materias primas. [19]

Tipo de aceite		Ejemplos
Aceite de origen vegetal	Convencionales	Girasol, colza, soya, coco, palma y ricino
	Alternativos	Brassicacarinata, Cynaracurdunculus, Camelina sativa, Crambeabyssinica, Pogianus, Jatropha curca
Aceites usados		Aceites vegetales usados Aceites de fritura/cocina usados
Aceites de otras fuentes		De producciones microbianas, micro algas, grasas residuales provenientes de plantas de tratamiento de aguas
Grasas animales		Sebo de vaca, ovino y caprino, manteca de cerdo, grasa de pollo, grasa de pescado

*Ilustración 9 Aceites más usados en la producción de biocombustibles. [26]*

### 5.3.2. Composición del aceite.

Los componentes que están presentes en el aceite o grasa son determinados mediante técnicas usadas en el análisis de aceites esenciales, una de estas es la cromatografía de gases, la cual separa e identifica cada uno de los compuestos que están presentes en los aceites y grasas. [19]

### 5.3.3. Caracterización de residuos grasos de un pollo.

La caracterización de los residuos grasos provenientes del pollo, es una composición nutricional que se basa solo en la carne del pollo, los autores Galeano y Guapacha realizaron esta esta identificación para la caracterización haciendo uso del análisis proximal, Análisis con el cual se puede observar el contenido existente de humedad, la cantidad de ceniza, la cantidad de proteína cruda (nitrógeno total), el porcentaje de lípidos crudos (grasa total), la cantidad de fibra cruda o bruta y, la cantidad de extracto libre de nitrógeno presente en la muestra, en la ilustración 10,

se puede apreciar el promedio de estos residuos, los cuales obtuvieron los señores Galeno y Guapacha. [19]

Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasa total (%)	Fibra Bruta (%)	Porcentaje no reportado (%)	Total (%)
14,29	0,1	6,97	48,53	7,03	23,08	100

*Ilustración 10 Contenido de residuos grasos de pollo "Caracterización". [27]*

Cada uno de estos ítems, fueron descritos de manera puntual y separada, la cual se puede observar a continuación.

#### **5.3.4. Humedad.**

El agua es una componente fundamental en los alimentos, porque con esta se ve afectado el aspecto, olor, sabor y textura del mismo, los autores encontraron poca cantidad de esta ya que, en el aceite extraído, existe la posibilidad de que reaccione en el catalizador e hidrolizado, haciendo esto que se presentes perdidas en el rendimiento de la transesterificación. [19]

#### **5.3.5. Cenizas.**

Esta representa la cantidad de agentes contaminantes presentes en el la muestra, estos pueden reaccionar y causar una serie de inconvenientes durante el proceso de generación y almacenamiento del resultado o producto final, entre menos sea la cantidad de ceniza encontrada en el materia prima indica una baja presencia de minerales contaminantes. [19]

#### **5.3.6. Proteína.**

Esta no presenta mejora o empeoramiento a la hora de obtención del biodiesel como tampoco la cantidad de se obtiene de este. Los autores mencionan que esta mejoría

se produjo por el proceso de eliminación de grasa siendo esto un valor agregado para la industria agropecuaria. [19]

#### **5.3.7. Grasa total.**

Esta depende del método que se utilizara para analizar la materia prima por ende se explica y se deja implícito que el método usado por ellos el cual es Hexano como solvente de extracción, causo la gran variación a la hora de obtener la cantidad de grasa total que la materia tiene. [19]

#### **5.3.8. Fibra bruta.**

Esta característica no se aplica a los alimentos que provienen de un origen animal, pero aun así los autores Galeano y Marulanda, decidieron realizarle la verificación de la prueba con el fin de que toda la caracterización fuese de forma integral. [19]

#### **5.3.9. Extracción de grasa animal**

Las grasas obtenidas de una materia prima animal se encuentran unidas y fusionadas al tejido membranoso o estructura celular del animal, los cuales forman la membrana grasa, para poder lograr la separación de la grasa del tejido membranoso del animal, se necesita llevar el producto a temperaturas altas, para así modificar su viscosidad y densidad del aceite y así ocasionar el rompimiento de las paredes celulares. [19]

#### **5.3.10. Tipos de extracción.**

Aun no se han establecido los tipos de extracción para obtener la grasa animal, sin embargo gran parte de los autores aciertan en una misma forma de clasificación. Las cuales son mediante la utilización de solventes, fusión húmeda y fusión seca. [19]

#### **5.3.11. Fusión seca.**

Este tipo de extracción es realizada y ejecutada sin un contacto directo con el agua, esto se puede hacer a una temperatura elevada y también se puede realizar a una temperatura baja este proceso es realizado en los molinos coloidales y también el procedimiento puede ser ejecutado en recipientes cerrados a temperaturas elevadas. De esta forma la humedad de los tejidos es expulsada mediante un efecto de respiradero o también se extrae generando vacío o condensándola. [19]

#### **5.3.12. Fusión humedad.**

En este tipo de extracción el agua tiene un contacto directo con la materia prima puesto que la mayoría de los casos se coloca la materia prima en un recipiente que soporte temperaturas elevadas y una presión muy alta con el fin de separar de la materia prima los tejidos carnosos y la grasa, el inyectar agua a vapor se hace con el fin de que estos fluidos aporten la temperatura necesaria para derretir la grasa dando como resultado final la separación de carne agua y grasa en forma de aceite. [19]

#### **5.3.13. Calentamiento por microondas.**

En esta forma de extracción el calentamiento mediante microondas da como resultado una rápida y eficiente transformación de energía aprovechando al máximo la interacción molecular que generan los campos electromagnéticos entre solventes y la materia prima el cual reduce el tiempo requerido para la extracción. [19]

#### **5.3.14. Ultrasonido.**

Al hacer uso de ondas de presión de sonido oscilantes con frecuencias más altas para realizar la separación de aceites contenidos dentro de una materia prima es

una técnica de extracción no térmica, puesto que esta utiliza las vibraciones dentro de una cavidad para separar la grasa de las paredes celulares [19]

#### **5.3.15. CO2 supercrítico.**

En este se mantiene el alcohol en una temperatura elevada generando una presión alta para separar el aceite en ausencia del catalizador. [19]

#### **5.3.16. Caracterización del aceite.**

En la fabricación del biocombustible diésel el aceite obtenido para la producción del mismo debe contar con ciertas características determinantes para que así el resultado final del biodiesel cumpla con las especificaciones para que así mismo poder alimentar un motor diésel con un resultado satisfactorio . [19]

#### **5.3.17. Densidad del aceite.**

El aceite no cuenta con una normatividad exacta en cuanto a la medición de la densidad del mismo, ya que se encuentran una gran variedad de aceites existentes, estos oscilan entre 0.840 y 0.96 g/cm<sup>3</sup> dependiendo del tipo de aceite, pero debe ser menor a la cantidad de agua para que favorezca el proceso de separación. [19]

#### **5.3.18. Viscosidad del aceite.**

Este parámetro va directamente ligado a la calidad del biodiesel, ya que el resultado final en cuanto a la viscosidad del biodiesel es directamente proporcional en a la viscosidad del aceite utilizado para su producción, y en cuanto al funcionamiento de este biocombustible entre más viscoso sea más alta será la perdida de potencia y así mismo más baja será la lubricación de este. [19]

#### **5.3.19. Índice de acidez.**

Este parámetro se refiere a la cantidad necesaria de hidróxido potásico en miligramos necesario para neutralizar un gramo de grasa o aceite, es acertado expresarlo como grado de acidez el cual representa el porcentaje de ácidos grasos libres existentes y presentes en dicho aceite o grasa [19]

#### **5.3.20. Índice de saponificación.**

Este parámetro indica la cantidad de NaOH o KOH necesaria en miligramos para convertir 1g de ácidos grasos libres en jabón, este índice es una medida de masa molecular de los ácidos grasos presentes en la materia prima proveniente de grasa animal para la elaboración y producción del biocombustible biodiesel. [19]

#### **5.3.21. Índice de yodo.**

En este parámetro se encuentra inmerso la cantidad de yodo en gramos que se pueden ajustar por cada 100 gramos de aceite o aceite solidificada conocida como grasa este parámetro influirá directamente en la producción del biodiesel para definir su calidad ya la oxidación del biocombustible se da entre más altos sean los índices de yodo [19]

#### **5.3.22. Índice de peróxido.**

Esta variable es medida en menor cantidad en relación a las anteriores pues esta se mide en mili-equivalentes de oxígeno por cada kilo de aceite destinado para la producción del biocombustible, ya que este parámetro se encarga de medir en qué estado de oxidación se encuentra el aceite destinado para iniciar la producción del biodiesel , un aceite con un alto índice de peróxido tiene una capacidad bajo o inferior de antioxidante esta capacidad será la encargada de determinar la vida que

soportara el biocombustible al estar almacenado al igual que su degradación en las mismas condiciones de almacenamiento [19]

#### **5.3.23. Proceso de obtención de biodiesel.**

Es necesario realizar unas modificaciones químicas a los aceites que serán utilizados como materia prima para la producción del biocombustible esto se realiza por que dicho aceite es contenedor de ácidos grasos libres, agua, fosfolípidos y esteroides. [19]

#### **5.3.24. Pre-tratamiento.**

La transterificación usa una reacción en la que los aceites a usar para ser convertidos en biodiesel deben ser sin presencia de agua y son de muy baja acidez, a este tipo de aceite se le llaman aceites anhidros, son aceites con un bajo contenido de ácidos grasos libres denominados por sus siglas (AGL) la utilización de este tipo de aceites favorece la formación de jabones por la reacción de saponificación y la neutralización del catalizador. [19]

#### **5.3.25. Neutralización de ácidos grasos.**

La grasa y aceites son contenedores de triglicéridos y también cuentan con cantidades pequeñas de ácidos grasos libres los cuales al entrar en relación con los catalizadores utilizados para la producción de biodiesel en contacto o presencia de agua se saponifican, formando agua y grandes porciones de jabón estos catalizadores son (NaOH o KOH). [19]

Para lograr la neutralización de los ácidos grasos libres (AGL) presentes en el aceite para la producción del biodiesel, es necesario tratarlos con diferentes soluciones de concentración de catalizadores de (NaOH o KOH), esto va ligado al grado de acides



existente en el aceite también es necesario elevar la temperatura asegurando que supere los 70°C. [19]

#### **5.3.26. Esterificación.**

En el caso que la materia prima utilizada para generar el biocombustible biodiesel, contenga un índice elevado de acidez superior al 4% será necesario llevar dicho grado de acidez a un porcentaje inferior al 2% esto se logra mediante el uso de esterificación, en esta reacción los ácidos grasos libres (AGL) se esterifican para ser transformados en alquiler-teres o mejor llamados esteres. [19]

#### **5.3.27. Transesterificación.**

Para la producción del biocombustible biodiesel existen diferentes métodos los cuales varían o son dependientes del tipo de materia prima a utilizar el tipo de catalizador a ser utilizado o el uso de resinas de intercambio iónico, los métodos que más suelen emplearse son pirolisis (ácida, básica y enzimática), la transesterificación ácida es el método más utilizado por ser la forma con mayor factibilidad por ser el método más económico y con buenos resultados. [19]

#### **5.3.28. Purificación.**

El objetivo de realizar este proceso de purificación del biocombustible biodiesel consiste en llevar el PH de la mezcla de metilesteres y las concentraciones contaminantes este proceso se ejecuta en dos pasos

- **Lavado.** En este punto es purificado el biodiesel obtenido el cual tendrá varias etapas de lavado con agua con el fin de eliminar residuos de metanol, de el catalizador sin reacción utilizado en la producción del biodiesel y la glicerina que no reacciono dentro de la mezcla

- **Secado.** En este proceso se elevará la temperatura del biodiesel esta temperatura será controlada en un rango de 95°C y 100°C para evitar que el biodiesel no llegue al punto de ignición el cual se da sobre los 120°C este proceso lleva un tiempo estimado de 1 a 3 horas. [19]

#### **5.4. Principios de transducción, transductores de presión.**

##### **5.4.1. Elementos Electromecánicos**

Los elementos electromecánicos generan la señal correspondiente mediante la combinación de un elemento mecánico elástico combinado con un elemento transductor electico. [28]

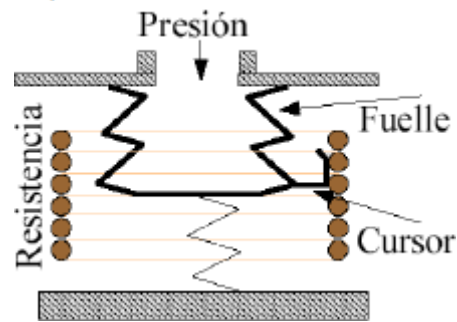
Estos pueden ser agrupados de la siguiente forma:

- Equilibrio de Fuerzas.
- Resistivos.
- Magnéticos.
- Capacitivos.
- Extenso métricos.
- Piezoeléctricos.

##### **5.4.1.1. Resistivos.**

En estos elementos un potenciómetro será el encargado de variar la resistencia a su vez es combinada la variación de movimiento del elemento mecánico que en la mayoría de estos elementos resistivos es un tubo de Bourdon, este tipo de transductores son simples ya que arrojan salidas altas para su lectura y toma de datos por este motivo no es necesario el uso de amplificadores. Pero aun así estos tienen ciertas limitaciones ya que no poseen una alta resolución y son muy sensibles a las vibraciones y perturbaciones también son dependientes a las condiciones ambientales. [28]

En este tipo de elementos resistivos el rango de trabajo está definido o limitado por el transductor mecánico.



*Ilustración 11 Transducción Resistiva. [28]*

Las ecuaciones que rigen este comportamiento resultan.

$$P = kx/A \quad R(x) = rx$$

$k$  = Constante del fuelle.

$a$  = Sección del fuelle.

$x$  = Elongación del fuelle.

$r$  = Variación de Resistencia [ $\Omega$ /mm]

Valores usuales de error: 1-2% span.

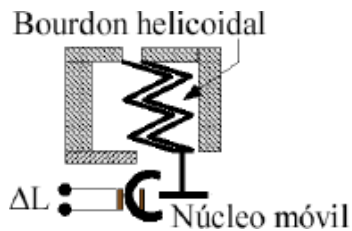
Rango: 0 a 300Kg/cm<sup>2</sup>

- **Inductancia Variable.**

Para la toma de información mediante este tipo de sensor por lo general se utilizan sensores de posición lineal este tipo de sensores toman el nombre de LVDT(transductor de desplazamiento variable lineal), en los cuales el funcionamiento parte de la siguiente estructura en la cual el núcleo va a estar vinculado a un diafragma, el cual será el encargado de variar según la presión latente en el punto de medición, estas lecturas se dan mediante la deformación del diafragma debido a la presión el núcleo se mueve y de esta forma el nivel de acoplamiento generado entre el primario y el secundario también lo hace de esta forma es correcto decir que la presión es directamente proporcional a la deformación en el diafragma, el uso de este tipo de sensores es muy favorable por el hecho de que son pequeños y tienen una muy buena resolución y cuenta con un margen de error muy pequeño casi despreciable pues de solo 1%. [28]

- **Reluctancia Variable.**

La estructura de este tipo de sensor se encuentra un imán permanente también puede ser un electroimán y un núcleo ferromagnético desplazable o móvil , dicho núcleo se desplazara por medio del tubo Bourdoun o un diafragma, variando así la reluctancia del circuito magnético y de forma proporcional la inductancia de una bobina presente en el circuito. [28]



*Ilustración12*

*Transducción Magnética.*

$$P = \frac{k\alpha}{A}$$

$$L(\alpha) = \frac{N^2}{R} = \frac{N^2 A \mu_0 \mu_r}{l_b}$$

$$\mu_r = m\alpha$$

$$P = \frac{kL(\alpha)I_b}{N^2 A^2 \mu_0 m}$$

*Ilustración13 Ecuaciones Del Comportamiento.*

$\alpha$  = Angulo de giro del núcleo.

$m$  = Es la variación de permeabilidad relativa por cada grado de giro.

Error usual 0.5% span. [28]

#### 5.4.1.2. Capacitivos.

Los capacitivos tienen como fundamento principal la variación que pueda ser producida en un condensador al generar desplazamiento en alguna de sus placas de presión esa placa tiene una forma de diafragma la cual está en medio de placas fijas dando como resultado dos condensadores el primero con una capacitancia fija y el segundo con una capacitancia variable, la característica de los sensores capacitivos y ventajas que ofrecen son tamaño reducido y construcción robusta, por otro lado su limitación más grande es el hecho de que la señal para la toma de datos es débil motivo por el cual es necesario implementar amplificadores para ampliar la potencia de la señal pero el riesgo de esto es introducir ruidos los cuales pueden

afectar la toma de datos ya que este tipo de sensores también encuentran entre sus limitantes el ser sensibles a las variaciones de temperatura y oscilaciones mecánicas . [28]

#### **5.4.1.3. Galgas Extensométricas.**

Las galgas extenso métricas son sensores construidos a partir de un metal con la capacidad de elasticidad al cual se le une un alambre y caminos conductores, las datos se producen al deformar el soporte de la galga extenso métrica ya que el sensor se estirara o sufrirá alguna deformación, obteniendo como resultado una variación en su resistencia, la variación de dicha resistencia es directamente proporcional a la deformación producida en la galga extenso métrica y la deformación de dicha galga extenso métrica es proporcional a la presión que le sea ejercida, el valor en resistencia la salida es el dato que se tomara para saber la presión medida en la siguiente ilustración se tiene la fórmula de una galga . [28]

$$F = AE\varepsilon = \frac{AE \Delta R}{G R}$$

*Ilustración 14 Formula De Galgas.*

Donde se ha atribuido una constante “G”, la cual es la constante que definirá la galga extensométrica estas presentan variaciones oscilan entre 2 ha 2.2 en galgas de soporte metálico.

se utilizan de forma habitual en circuitos en forma de puentes, los cuales son circuitos diseñados para los valores típicos de estas galgas, para resistencias normales de 120W, 350W, 600W y 1000W, utilizando corrientes que no excedan los 10mA. [28]

#### **5.4.2. Elementos Electrónicos.**

Entre los sensores con elementos electrónicos se encuentran equipos con membranas de silicio, de acero fino o con materiales dilatables de otras formas. [28]

También existen elementos electrónicos de vacío. Clasificados como:

- Mecánicos.
- McLeod.
- Térmicos.
- Ionización.

##### **5.4.2.1. Sensor capacitivo.**

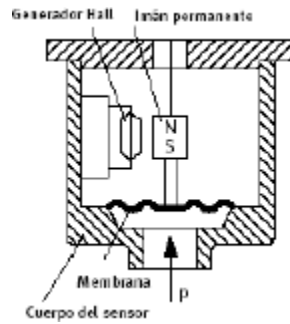
Este tipo de sensores es basado a partir de la tecnología del silicio, estos sensores evalúan el cambio capacitivo de una membrana la cual es de cerámica, variación que es ocasionada por el movimiento en relación contra un electrodo paralelo

Los sensores de presión capacitivos con procesamiento de señales son utilizados en micro tecnología en las siguientes áreas: [28]

- Técnica de películas delgadas para los electrodos.
- Técnica de películas gruesas para el híbrido de procesamiento de señales.
- ASIC para el procesamiento de señales.
- Técnica de micro montaje para la membrana de cerámica.

##### **5.4.2.2. Sensor Hall**

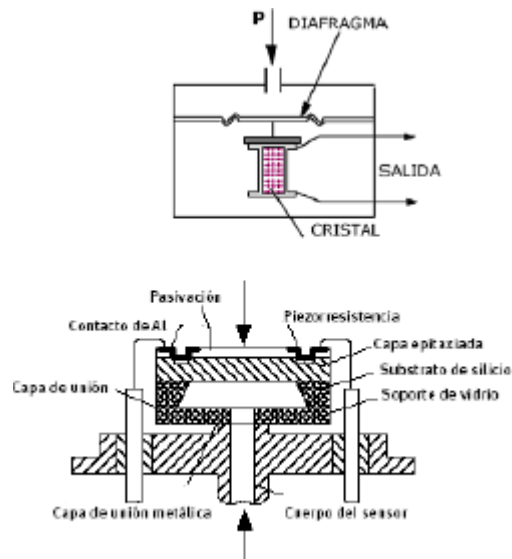
Este tipo de sensores aprovecha el efecto hall el cual se caracteriza por producir un campo eléctrico al separar dos piezas conductoras o cargas en el interior de un conductor en el cual circula una corriente en presencia de un campo magnético, este tipo de sensores para medir la variable presión tienen dentro de su cuerpo un pequeño imán fijo este imán va unido a la membrana y es en este que se genera el cambio de tensión hall [28]



*Ilustración 15 Sensor Hall.*

### 5.4.2.3. Sensor Piezorresistivo.

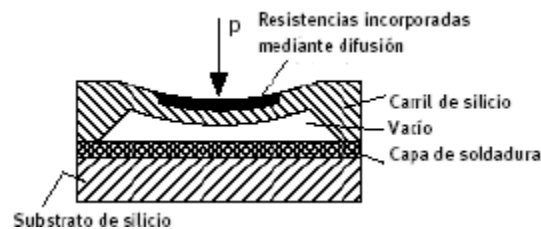
Este sensor para la toma de datos utiliza una placa conformada por resistencias que se obtienen implantación de iones, su toma de lecturas del cambio de presión en sistema a medir se da por la presión que se genere en la placa a si variando el valor de la resistencia eléctrica dando como resultado un valor proporcional a la presión ejercida en la placa resistiva [28]



*Ilustración 16 Sensor Piezorresistivo.*

#### 5.4.2.4. Sensor Monolítico.

Los sensores monolíticos también son llamados sensores de silicio este tipo de sensores son elementos que usan como base las propiedades térmicas de las uniones semiconductoras miden la variación de presión mediante la temperatura generada en la separación de las uniones semiconductoras este tipo de sensores regularmente traen o cuentan con un circuito integrado para el procesamiento y lectura de señales [28]



*Ilustración 17 Sensor Monolítico.*

#### 5.4.2.5. Térmicos.

Los sensores térmicos tienen como principio fundamental el equilibrio entre la energía disipada desde la superficie caliente por un filamento el cual es calentado por una carga constante bajo la presión del gas ambiental cuando dicho gas es sometido a presiones absolutas.[28]

#### 5.4.2.6. Bimetálico.

Este tipo de sensores utiliza como principio fundamental dos laminas metálicas de diferente tipo y de características totalmente diferentes con el fin de que estas reaccionen a la presión dentro de un sistema de formas diferentes por lo general una de las láminas debe ser de bronce y la otra de algún acero para así garantizar que en una presión y temperatura, la lámina de bronce trate de sufrir un cambio



físico tratando de tomar una curva y la de acero trata de mantener sus propiedades físicas así generándose presión de una lámina contra la otra por lo general el calentamiento mediante una fuente de tensión estable de la espira o lamina de bronce , la toma de datos se genera mediante cualquier cambio que sufra la presión se verá reflejada mediante una deflación en la espiral de bronce. [28]

#### **5.4.2.7. Transductores de Ionización.**

Este tipo de sensores aprovechan las colisiones existentes entre las moléculas y los electrones pues estas colisiones generan iones y la velocidad de generación de estos iones depende de la corriente iónica y este tipo de corriente iónica es variante y proporcional a la presión de medida la toma de datos se basa en la medida de corriente ionizada. [28]

#### **5.4.2.8. Filamento Caliente.**

Este tipo de sensores parten del cambio de variable de medida pus la toma de datos de este se basa en la temperatura encontrada en los filamentos de su estructura para así saber a qué presión están sometida, la temperatura de estos filamentos es directamente proporcional a la presión en la que se encuentran sometidos por ende las variaciones de presión en la medida o toma de datos se verán reflejadas como variaciones de temperatura. [28]

#### **5.4.2.9. Radiación.**

El sensor de radiación utiliza una fuente de radio sellada que será la encargada de producir partículas alfas que ionizan las moléculas del gas en la cámara de vacío y que por lo tanto, es proporcionada la presión total del sistema. [28]

## 5.5. SIMULACIONES Y RESULTADOS.

Según los tipos y principios de transducción de los transductores de presión, se opta por elegir un Manómetro con muelle tubular con señal de salida eléctrica de referencia PGT23, como se observa en la Ilustración 18 junto a su diseño en 3D, este está hecho en acero inoxidable y posee las siguientes características:



*Ilustración 18 Sensor PGT23, con diseño 3D.*

### Aplicaciones

- Detección e indicación de procesos
- Señal de salida 4....20 mA para la transmisión de valores de proceso al puesto de mando
- Indicación analógica in situ, de fácil lectura sin energía auxiliar
- Industria de procesos: química, petroquímica, de petróleo y gas, generación de energía, agua y tratamiento de aguas residuales

Características:

- No requiere configuración, “Plug and Play“
- Transmisión de señal según NAMUR
- Rangos de medida desde 0 ... 0,6 bar a 0 ... 1.600 bar
- Indicación analógica de buena lectura, diámetro nominal 100 ó 160
- Instrumento de seguridad S3 según EN 837-1

El transductor PGT23 es ideal para aplicaciones que requieren una indicación en el sitio y a la vez una transmisión de señal para ser procesada en una parte de control o puesto de mando.

La unión del sistema mecánico de medición con salida en transmisión electrónica permite medición ante cualquier interrupción de energía

El PGT23 cumple con la normatividad de seguridad para la indicación en el sitio de la presión de servicio de contenedores de presión. Este sistema permite manejar un punto de medición adicional con indicación mecánica.

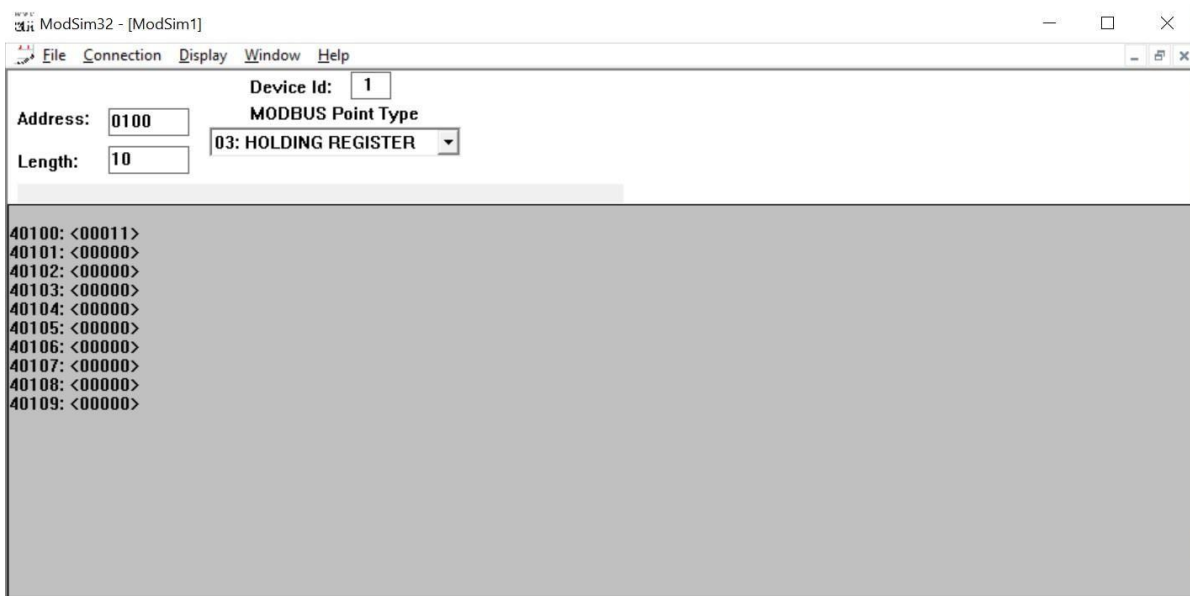
El diseño del PGT23 es un manómetro de alta calidad en acero inoxidable, El instrumento es fabricado según EN 837-1.

El sistema de medición con muelle, completamente soldado, genera un movimiento giratorio proporcional a la presión. Un sensor de ángulo de giro, probado en aplicaciones críticas de la automoción, capta la posición del árbol indicador sin contacto y por lo tanto sin desgaste. De esta manera se genera la señalización eléctrica de 4...20 mA proporcional a la presión.

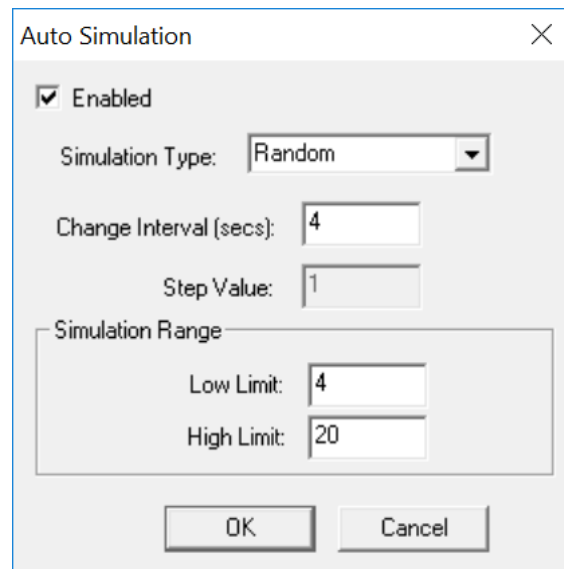
#### **5.5.1. ADQUISICIÓN DE DATOS DE PRESIÓN**

Se realiza una simulación en el software de desarrollo ModSim32, en el que se puede simular la recolección de información de diferentes transductores, y su

procesamiento a través de un PLC, o diferentes tarjetas de adquisición de datos, en la Ilustración 19 se observa la simulación de los registros de memoria de un plc con el que se recolecta y procesa a información del sensor PGT23, en la ilustración 20 se observa la configuración de los límites del señal de salida del transductor.



*Ilustración 19 Simulador de registros de memoria de plc.*



*Ilustración 20 Configuración de rango de señal en el transductor designado este es de 4 a 20 mA.*

```

1 'Declaracion de variables'
2 Dim m, x, b
3 'Este procedimiento es ejecutado continuamente mientras esta pantalla esta abierta.
4 Sub Screen_WhileOpen()
5 'Programacion de escalamiento de la entrada alanaloga de 4-20 mA a valores de presion de 0-150 Bares'
6 m=9.375
7
8 x=$AnalogInput
9 b=-37.5
10 $presion =m*x+b
11 'Programacion de alarma por alta presion '
12 If $presion > 120 Then
13 $pump = 0
14 Else
15 $valve = 1
16 $pump = 1
17 End If
18 End Sub

```

*Ilustración 21 Código utilizado para el procesamiento de la señal del transductor.*

En la ilustración 21 se ve la programación de las entradas y salidas según el transductor en esta parte se configura una variable que lleva el nombre de x = a analog input en esta se carga la función de para realizar el escalamiento según el transductor para ello se toma la ecuación de la recta y pendiente, en este punto según el valor leído en miliamperios por el procesador dará como resultado el valor de la presión, en la ilustración 22 se tiene la configuración realizada para la adquisición de datos en el software de desarrollo ScanSim32.

Descripción:

Deshabi

Read Completed:  Estado de

Write Completed:  Estado de

Min:

Max:

Nombre de Tag	Estación	I/O Address	Acción	Escanear	Div	Añadir
1 AnalogInput	192.168.0.105:502:1	4X:100	Read+Write	Siempre		
2			Read+Write	Siempre		
*			Read+Write	Siempre		
*			Read+Write	Siempre		
*			Read+Write	Siempre		
*			Read+Write	Siempre		
*			Read+Write	Siempre		

Ilustración 22 Configuración del driver para la adquisición de datos

En la Ilustración 23 se evidencia los elementos y las alarmas programadas

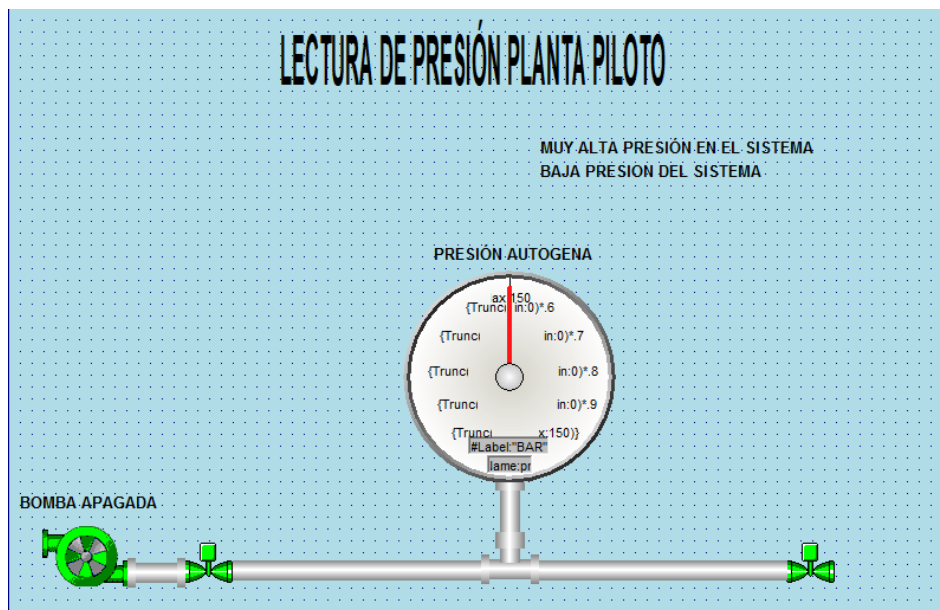


Ilustración 23 Interfaz gráfica de lectura del transductor de presión.

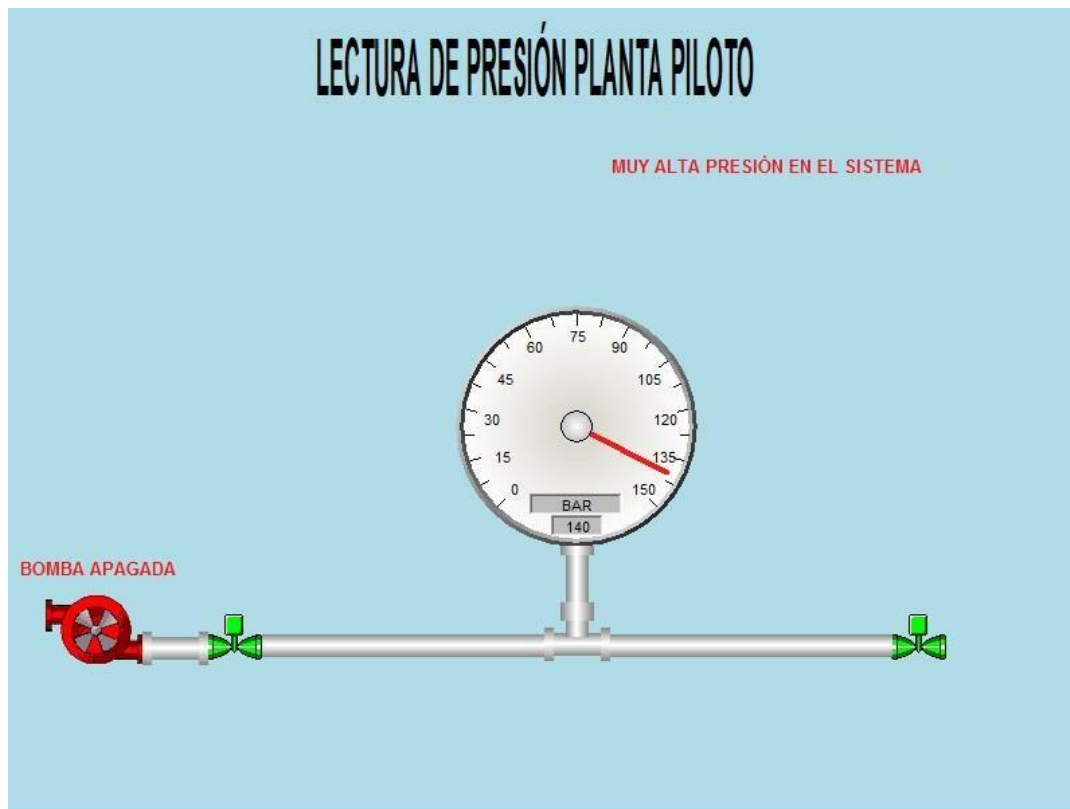


Ilustración 24 Interfaz gráfica de alerta de sobre presión en el sistema.

La Ilustración 24 muestra una de las alarmas programadas en este caso cuando hay una alta presión apaga la bomba y deja activa las válvulas de paso para llevar el sistema a un valor ideal.



*Ilustración 25 Interfaz gráfica con mensaje de presión normal.*

La Ilustración 25 muestra el medidor en punto estable los cuales serían entre los 90 y 120 bares de presión en ese punto las válvulas y la bomba se encuentran encendidas y en operación ideal en ella se evidencia la alarma o mensaje de presión autógena.

Adicional se realizan actividades complementarias de investigación para el desarrollo del prototipo del módulo de adquisición de datos de la variable presión, lo cual es una simulación realizada en el software simulador de procesos Hysys Aspen, en el cual se pueden ver las presiones utilizadas en el proceso de hidrotratamiento de ácidos grasos, esta se puede evidenciar en el Apéndice 2 y en la Ilustración 26.



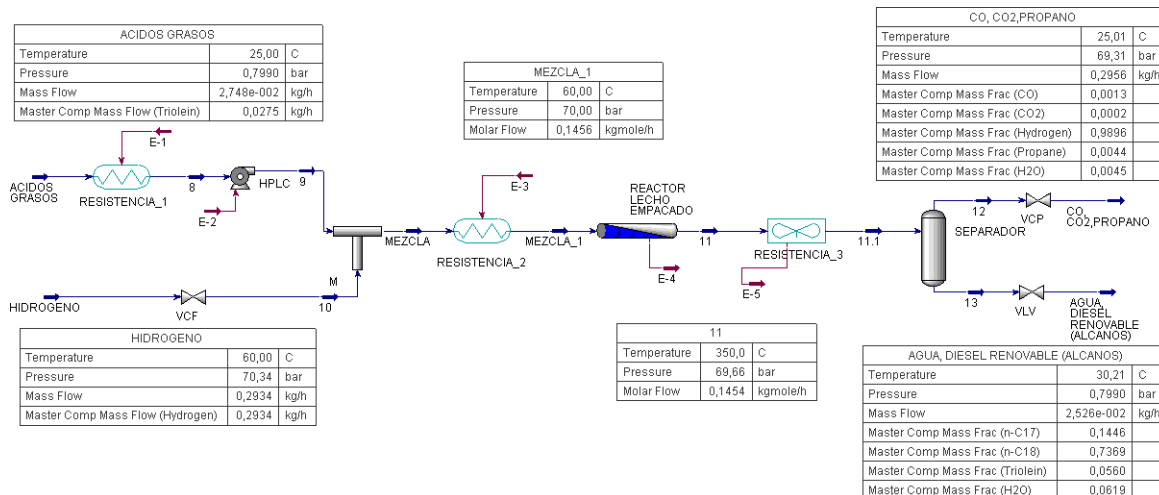


Ilustración 26 Simulación del proceso de Hidrotratamiento de acidos grasos en Hysys Aspen.

La simulación que se muestra en la Ilustración 26 se realizó con base a las contristes del proceso de hidrotratamiento de aceite de pollo de la tabla 4.

Tabla 4 Corrientes del proceso de hidrotratamiento de aceite de pollo.

Estado de Agregación	Composición	T (°C)	P (bar)	Flujo (ml/min)
Líquido	Ácidos grasos y triglicéridos	60	Atmosférica	0,05
Gaseoso	H <sub>2</sub>	60	70	70
Gaseoso	CO, CO <sub>2</sub> , vapor de agua y propano	350	70	0,05
Líquido	Diésel renovable (alcanos saturados)			
Gaseoso	CO, CO <sub>2</sub> , propano	25		
Líquido	Agua +Diésel renovable (alcanos saturados)	25	Atmosférica	..

En la simulación realizada en el software de desarrollo químico Hysys Aspen se obvio que a una presión constante de operación de 70Bar, con temperaturas de 350°C y un flujo de 10ml/min, se logró una transformación del 88.15% de transformación de los ácidos grasos en hidrocarburos tipo C-17 y C-18, adicional a estos se obtienen los subproductos como lo son un 5.65% de trioleina y un 6.19% de agua, estos son los productos obtenidos en la fase liquida, en la fase gaseosa se obtiene un 98.96% de Hidrogeno y el restante está compuesto por gases de CO, CO<sub>2</sub>, Propano y vapor de agua.

En la Tabla 5 y en la Tabla 6 se muestran los pre-ensayos realizados en conjunto con el grupo PQI de la Universidad de Antioquia, en 2 reactores diferentes, el primero un reactor tipo batch con calentamiento y agitación, y el reactor tipo semi-batch o reactor continuo, ambos con un catalizador de NiMo soportado en Aluminas:

Nomenclatura:

NiMo: Catalizador de NiO-MoO<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

ME: Metilésteres

AG: Ácidos grasos

w<sub>i</sub>: Fracción másica del componente i

P: Presión

T: Temperatura

t: Tiempo

m<sub>AG</sub>: masa de ácidos grasos

m<sub>Cat</sub>: masa de catalizador

**Tabla 5 Pre-ensayos reacción deoxigenación de ácidos grasos en reactor Batch.**

Ensayo	Tipo de reactor	m <sub>AG</sub> (g)	m <sub>Cat</sub> (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

**Tabla 6. Pre-ensayos reacción deoxigenación de ácidos grasos en reactor continuo.**

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

En los pre-ensayos de reacción de hidrotreatment se obtuvo una conversión superior al 90% de los ácidos grasos en hidrocarburos.

## 5.6. APROPIACION SOCIAL DEL CONOCIMIENTO

En esta sección se mencionan las actividades desarrolladas para mostrar el proyecto ante la comunidad académica, científica nacional e internacional, en culminación de las tareas presentadas en la Tabla 2 del cronograma de actividades, y se realiza un registro de software.

- Postulación de un artículo a una revista indexada: En el desarrollo de esta actividad se presentan diversas evidencias de cumplimiento, estas están expuestas en el anexo A, los cuales son Postulación de un artículo titulado “PRODUCTION OF RENEWABLE DIESEL THROUGH HYDROTREATMENT OF FATTY ACIDS DERIVED FROM ANIMAL WASTE” ante la revista “Waste Management 2020” en la cual fue aprobado el resumen pero no publicada, Postulación de un artículo titulado “PRODUCCIÓN DE DIÉSEL RENOVABLE MEDIANTE HIDROTRATAMIENTO DE

ÁCIDOS GRASOS DERIVADOS DE RESIDUOS ANIMALES” ante la revista “Revista Electrónica de Investigación de Tecnologías Educativas Vol. IV Núm4 2019” del ITFIP con registro ISSN: 2539-2506, la cual fue aprobada y publicada en la revista en las hojas de 44 a la 48, Postulación de un artículo titulado “PRODUCTION OF RENEWABLE DIESEL THROUGH HYDROTREATMENT OF FATTY ACIDS DERIVED FROM ANIMAL WASTE” en la revista “Revista de METROLOGIA Encuentros de Saberes ESDIME 2020” del SENA con registro ISSN: 2590-4752, la cual fue aprobada y publicada en las hojas 32 a 38.

- Realización de una ponencia en evento científico nacional o internacional: En el desarrollo de esta actividad se presentan diversas evidencias de cumplimiento en el Anexo B. Como lo son, Ponencia realizada en la Universidad ITFIP de la Ciudad del Espinal, el 6 de noviembre de 2019, en el evento científico “3 CONGRESO INTERNACIONAL Y 4 CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA”, y Ponencia realizada en el SENA- Centro de Diseño y Metrología de Bogotá, por medio virtual, el 11 de Diciembre de 2020, en el evento científico “Encuentro de saberes ESDIME - 2020”.
- Realización de un taller de sensibilización con la comunidad académica: La evidencia de la realización de esta actividad se encuentra en el Anexo C. Esta es un taller de sensibilización realizado en la Universidad de Cundinamarca, en la ciudad de Fusagasugá, el 23 de octubre de 2019, en el evento científico “VIII Congreso Internacional de Ingeniería CIIUDEEC 2019”.
- Realización de la Socialización de Resultados: El cumplimiento de esta actividad se tiene condensado en el Anexo D. Ponencias realizadas en la Universidad de Cundinamarca, en la ciudad de Fusagasugá, el 19 de noviembre de 2019, en el evento científico “II SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN” y de manera virtual el 29 de octubre de 2020, en el evento científico “III SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN”.
- Adicional se realiza un Software de adquisición de datos en el proceso de hidrotratamiento de ácidos grasos de origen animal, el cual fue enviado a revisión para registro de software ante la DNDA, el cual fue aprobado y registrado, esta evidencia se encuentra en el Apéndice 3.



## 6. CONCLUSIONES

---

Gracias a la búsqueda de patentes se determinó que, para la producción de diésel renovable a partir de residuos grasos animales, realizada por el método de hidrotratamiento en un reactor tipo semi-batch o de flujo continuo, requiere elevadas condiciones de operación como lo son una temperatura alrededor de los 350°C, una presión alrededor de los 70Bar y un flujo lento alrededor de 0.05ml/min.

Es importante el monitoreo y sistema de alerta de la presión manejada en el sistema de la reacción de hidrotratamiento de ácidos grasos de origen animal, debido a que este proceso utiliza una presión base de 70Bar, pero al generarse la reacción de los ácidos grasos con el catalizador, en la sección del reactor tubular de lecho fijo, a 350°C se genera un incremento en la presión autógena a unos 90Bar, por ende es necesario monitorear y alertar de forma rápida al personal que controla el prototipo de planta experimental sobre posibles incrementos de presión no previstos, para que el usuario pueda tomar las medidas correctivas, de igual manera el prototipo de planta experimental cuenta con válvulas de alivio que aseguran la protección del mismo.

Se realizan pruebas de simulación con el software de desarrollo ModSim32, en conjunto con ModScan32 que simulan la recolección de datos de un transductor de presión y generan alertas visuales para el usuario del prototipo planta experimental, esta se validan con las presiones de operación generadas en la simulación del proceso de hidrotratamiento en un reactor de lecho fijo, realizadas en el entorno de desarrollo químico Hysys Aspen, adicional se validan con los resultados que se obtuvieron en los pre-ensayos realizados en conjunto con el grupo PQI de la Universidad de Antioquia, validando que las presiones normales de operación son de 70Bar y al generar la reacción se genera un aumento en la presión autógena de 90Bar.

La Viabilidad técnica y financiera del proyecto, puede servir de referencia para ofrecer al país un combustible alternativo que pueda sustituir en alguna medida al diésel petroquímico consumido. Se espera que los resultados brinden una excelente

alternativa para reducir ciertos contaminantes, como los productos de azufre en el combustible Diesel derivado de la petroquímica.

## 7. REFERENCIAS

- [1] E. (. Volonterio, J. (. Bussi, J. (. Castiglioni, I. (. Vieitez y I. (. Jachmanián, *Hidrotratamiento catalítico de aceites vegetales para la producción de biocombustibles líquidos*, Uruguay: REVISTA DEL LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY ISSN 1688-6593 · INNOTEC 2017, No. 14 (37- 43) · DOI 10.26461/14.01, 2017.
- [2] Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., *éster*, 2019.
- [3] Universidad de tarapaca, , 3. *Sensores y Transductores*, 2015.
- [4] E. Salinas Callejas y V. Gasca Quezada, *Los biocombustibles*, Distrito Federal, México: El Cotidiano, núm. 157, septiembre-octubre, 2009, pp. 75-82, 2009.
- [5] G. E. L. A. Henry Oswaldo Benavides Ballesteros, *INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO*, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM , 2007.
- [6] C. C. C.-Z. B. C. H.-T. M. Vargas-Zárate, *Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial*, Bogotá, D.C. - Colombia: Rev. Fac. Med. 2016 Vol. 64 No. 4: 761-8, 2016.
- [7] J. Rico, *Biocarburantes en el transporte*, Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2006.
- [8] Ministerio de Minas y Energía Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, *Biocombustibles en Colombia.*, Bogota D.C: UPME, 2009.
- [9] A. C. L. B. A. L. M. CAROLINA ANDRADE, «PROCESOS BIOQUIMICOS UTILIZADOS PARA LA PRODUCCION DE BIOETANO, BIODIESEL Y BIOGAS Y SU ESTADO EN COLOMBIA.» Semilleros Formación Investigativa vol. 3, Bogota D.C., 2017.



- [10] R. Balan-Chan y Elizalde-Martinez, «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, Merida, Yucatan, 2017.
- [11] N. C. Plaza, «DETERMINACIÓN DE LA CORROSIÓN Y ESTABILIDAD DE MEZCLAS DE CORRIENTES DE REFINERÍA Y ACEITES VEGETALES EN PROCESOS DE HIDROTRATAMIENTO,» Universidad rey juan carlos, Madrid, 2011.
- [12] A. P. Marin, «OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN QUE INTEGRAN LA GLICERINA,» Universidad de Cordoba, Cordoba, 2015.
- [13] A. I. C. Escobedo, «Desoxigenacion catalitica de aceite de cocina usado para la obtencion de biocombustible,» Centro de investigacion cientifica de yucatan, A.C., Merida, Yucatan, 2017.
- [14] B. A. L. y. L. A. R. Lorena Sánchez, «Producción de Diésel Renovable a partir de Aceite de Higuera mediante Catalizadores de Níquel-Molibdeno Soportados sobre Alúmina,» Inf. tecnol. vol.28 no.1 La Serena , Medellín, Colombia, 2017.
- [15] SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO, «Biocombustibles Avanzados (Proceso de Hidrotratamiento),» SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO, BOGOTA D.C., 2013.
- [16] E. A. d. I. R. Reyna, «Hidrotratamiento de Aceite Vegetal Jatropha Curcas L. para la Producción de Combustibles Verdes,» Instituto Politecnico Nacional, Mexico D.F., 2013.

- [17] C. T. TOVAR, L. T. BENÍTEZ, Á. V. ORTIZ y L. M. RODRÍGUEZ, *OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE DIFERENTES TIPOS DE GRASA RESIDUAL DE ORIGEN ANIMAL*, Cartagena: Luna Azul, 2013.
- [18] R. F. P. P. L. T. R. G. GILMA CONCEPCIÓN MARTÍNEZ ANAYA, *DISEÑO DEL PROCESO QUÍMICO A ESCALA DE LABORATORIO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE GRASA DE POLLO*, San Salvador: CIUDAD UNIVERSITARIA, 2007.
- [19] V. N. T. G. EILEEN TATIANA SÁNCHEZ PATIÑO, *DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL PARTIENDO DE RESIDUOS GRASOS DE POLLO*, BOGOTÁ D.C.: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, 2020.
- [20] E. Volonteiro, *Hidrotratamiento catalítico de aceites vegetales para la producción de*, Innotec, 14, 2018.
- [21] S. K. T. T. A. H. I. W. & H. J. Kovács, *Fuel production by hydrotreating of triglycerides on NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/F catalyst.*, Hungary: Chemical Engineering Journal, 2011.
- [22] G. V. G. S. Ivanna Rivera, *Producción de biodiesel a partir de residuos grasos animales por vía enzimática*, Guadalajara, Jalisco, México.: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), 2009,.
- [23] J. P. R. López, *IDRODESOXIGENACIÓN DE ACEITE DE JATROPHA CURCAS SOBRE Pt/HZSM-22- $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> PARA LA OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLES SINTÉTICOS*, Yucatán A.C. Mexico: Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., 2018.
- [24] FEDEBIOCOMBUSTIBLES, *Biodiesel de palma en aceite*.

- [25] FEDEBIOCOMBUSTIBLES, *Demanda nacional de biodiesel*, 2020.
- [26] A. M. Vivas Castaño, *Estudio y obtención de biodiesel a partir de residuos grasos de origen bovino*, PEREIRA RISARALDA : UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2010.
- [27] E. G. M. Cristhian Alfredo Galeano León, *Aprovechamiento y caracterización de los residuos grasos del pollo para la producción de un biocombustible (Biodiesel)*, PEREIRA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA , 2011.
- [28] M. Vizcay, *Taller de Proyecto en Control I*, Universidad de Chile, 2005.
- [29] V. A. M. S. M. Kirubakaran, *A comprehensive review of low cost biodiesel production from waste*, Tiruchirapalli, India: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018.

## 8. ANEXOS

---

### Anexo A Postulación de un artículo en revista indexada.

*Ilustración 27 Resumen del artículo presentado en la revista "Waste Management 2020".*

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

CRISTIAN ARIAS<sup>2</sup>, PABLO MUNOZ<sup>2</sup>, CESAR CASAS<sup>1</sup>, EDWIN PALACIOS<sup>1</sup>, LEONARDO MUJICA<sup>1</sup>,  
CRISTIAN HURTADO<sup>2</sup>, CESAR QUINTERO<sup>1</sup>, FAIDER HUMBERTO<sup>1</sup>, CARLOS VARGAS<sup>2</sup>.

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 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

**Fuente: Realizada por grupo de investigación.**

## Ilustración 28 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](mailto: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.**

## Ilustración 29 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](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](mailto: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.**

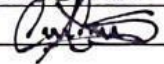
Ilustración 30 Correcciones necesarias Artículo

**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 MUNOZ, EDWIN PALACIOS, LEONARDO RODRIGUEZ

SIGNATURE: CESAR AUGUSTO CASAS DIAZ  Date: 23/03/20

Author/Authorised Agent for Joint Authors

<b>US GOVERNMENT EMPLOYEE CERTIFICATION (WHERE APPLICABLE)</b>	
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) _____	Date _____
Authorised Signature	
<b>CROWN COPYRIGHT CERTIFICATION (WHERE APPLICABLE)</b>	
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) _____	Date _____
Authorised Signature	

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, Cristian Hurtado2.

1: Universidad de Cundinamarca. Docente Catedrático, 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, Diésel Renovable, Hidrotratamiento, Grasas Animales, Hidrólisis, Catalizadores.

### 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.

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.

### 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 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 [12] 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 [13], 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 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.

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

El desarrollo del proyecto se realizará en cinco etapas:

- 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.
- En una segunda etapa se separaran los ácidos grasos de la grasa animal empleando un proceso de hidrólisis ampliamente trabajado en la literatura científica e industrial:
- En una tercera etapa se realizará un diseño experimental factorial multinivel para evaluar las reacciones de hidrot ratamiento de los ácidos grasos obtenidos en la etapa de hidrólisis, empleando un catalizador comercial de molibdeno modificado con azufre.

- 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.
- 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.

## METODOLOGIA

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

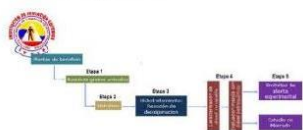


Figura 1. El esquema general de la metodología

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 (ASTM D-5354), 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 GC-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 [80–83]. La reacción se realizará en un reactor batch de alta presión por 30 minutos, con temperaturas entre 200 a 400 °C y manteniendo una presión autógena que no debe ser mayor a 100 bares. La reacción se muestra en la figura 2.



Figura 2. Hidrólisis de grasas/aceites.

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

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

### Tercera Etapa

Con el fin de realizar el proceso mejorado de hidrotreamiento, se realizan reacciones de desoxigenación, empleando como materia prima los ácidos grasos de la anterior etapa (Figura 3).

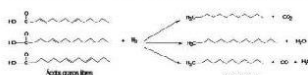


Figura 3. Hidrotreamiento de ácidos grasos

Como catalizador se emplea a NiCo-Molibdeno, el cual es comercial y está 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.

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 hidrógeno 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 desoxigenación 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:

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.

### 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), Gravidad API (ASTM D4052, ASTM D 298),

Aguas y Sedimentos (ASTM D1796 ó ASTM D2709), punto de fluidez máximo (ASTM D 97 ó D5943), Punto de inflamación, Cenizas (ASTM D 482), Estabilidad térmica (ASTM D 3466) y Estabilidad de oxidación (ASTM D 2274), entre otros.

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 explorar 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 Hidrotratamiento 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.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Tendencias en producción de ácidos grasos por el proceso de hidrotratamiento

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 importante 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.

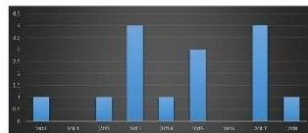


Figura 4. Dinámica de publicaciones en artículos para producto, 2010-2018

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%.

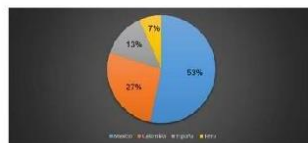


Figura 5. Participación de los países líderes en publicaciones en artículos para producto, 2011-2018

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 esto 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 serán 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 la seriar 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.

Etapa	Descripción	Variables	Tipos de Datos	Visualización
1. Instrumentación	Instalación de sensores y adquisición de datos en tiempo real.	Temperatura, Presión, RPM, Flujo.	Analógicos y Digitales.	Gráficos de líneas y barras.
2. Desarrollo de Software	Programación de la interfaz de usuario y procesamiento de datos.	Flujo de datos, Estado de variables.	Binarios y Scripts.	Diagramas de flujo y tablas.
3. Implementación y Pruebas	Pruebas de funcionamiento y validación de los datos.	Resultados de pruebas, Errores.	Logfiles y Datos de Prueba.	Reportes de errores y gráficos de rendimiento.

### 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 los 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 inicio 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.



### 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.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Documento Corpes 3510 2008. [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/corpes/2008/corpes\\_3510\\_2008.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/corpes/2008/corpes_3510_2008.pdf) (accessed April 24, 2018).
- [2]. UPME. PLAN ENERGÉTICO NACIONAL (PFN) 2006-2025 Contexto y Estrategias 2007.
- [3]. Bailey A. Aceites y grasas industriales. Reverté, S. Madrid 1979.
- [4]. Krcschwitz JI, Seidel A. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. Volume 5 2004.
- [5]. Illner Martin Hill. Hydrolysis of fats and oils. US2139589A, 1936.
- [6]. Sonntag NO V. Fat splitting. J Am Oil Chem Soc 1979; 56:723A-732A.



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

CRISTIAN ARIAS  
ALEXANDER ESCOBAR

University of Cundinamarca. TCO co-investigator, Fusagasuga, Colombia

CESAR CASAS  
EDWIN PALACIOS  
LEONARDO MUJICA  
CESAR QUINTERO  
FAIDER HUMBERTO

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

PABLO MUÑOZ  
, CARLOS VARGAS  
CRISTIAN HURTADO

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 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 ob-

tain 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.

## 1 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.

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

- 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.
- In a second stage, fatty acids are separated from animal fat using a hydrolysis process widely studied in the scientific and industrial literature;
- 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.
- 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.
- 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.

## 2 GENERAL PURPOSE

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

## 3 SPECIFIC OBJECTIVES

- Select and characterize the most suitable raw material for this process that is available as waste in the department of Cundinamarca.
- Determine the best synthesis conditions for obtaining fatty acids by hydrolysis of animal fatty residues.
- To evaluate the performance of catalysts for the production of diesel-type hydrocarbons by hydrotreating fatty acids derived from animal waste.
- Analyze the properties of the obtained diesel biofuels.
- 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.
- Design a prototype of an experimental plant for the production of renewable diesel from fatty residues.

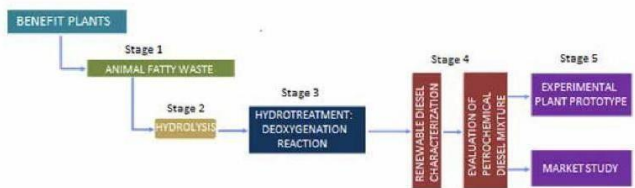


Figure 1: General outline of the methodology.

- Carry out a market study that allows establishing the market potential to be exploited beyond the temporality of the project.

## 4 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.

## 5 RESULTS AND DISCUSSION

### 5.1 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 2 we observe the behavior that publications on renewable diesel production.

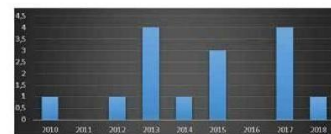


Figure 2: Dynamics of publications in articles for product. 2010-2018

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 3 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.

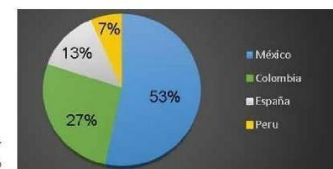


Figure 3: Participation of leading countries in publications on articles for products. 2010-2018.

Table 1. 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.

Table 1: Profile of the identified Clusters.

Countries	Authors	Institutions	Subject of Interest	Publishing trends
[# Articles]	[# Articles]	[# Articles]		
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. JAVERIANA, M. F. V. R. L., E. C. C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. DIGITAL CIENCIA@UAQRO, 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.	Luna Azul. Fundación Internacional Oil Palm Conferencie. Innovación Tecnológica. Universidad de Córdoba. 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.	Renewable diesel	
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].	Catalyst	
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. [2]. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. [2].	Temperatures	

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. R. M., E. M., A. P. M.	Luna Azul. Fundación Universidad De América. 18th Internacional Oil Palm Conferencie. Innovación Tecnológica. Universidad de Córdoba.	Raw Material Animal Fat	
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. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [3]. Pontificia Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS.	Raw Material Vegetable Oils	

## 6 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 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](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.



### Centro de Diseño y Metrología - SENA

- [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 HYDRODESOUXYGENATION 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 INGENIERÍA 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] M. E. Gamarra Condori, «Optimizing the Diesel Desulfurization Process in Peru, » UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, 2012.

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

*Ilustración 33 Diapositiva de ponencia realizada en el “3 CONGRESO INTERNACIONAL Y 4 CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA”.*

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

 **ITFIP**  
INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

6 Noviembre de 2019, Espinal

**Fuente: Realizada por grupo de investigación.**

Ilustración 34 Resumen del artículo presentado en el “3 CONGRESO INTERNACIONAL Y 4 CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA”.



“ITFIP” INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
Establecimiento público adscrito al Ministerio de Educación Nacional  
NIT 800.173.719.0  
[www.itfip.edu.co](http://www.itfip.edu.co)

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

*Cristian Arias<sup>1</sup>, Pablo Muñoz<sup>2</sup>, Cesar Casas<sup>1</sup>, Edwin Palacios<sup>2</sup>, Leonardo Mujica<sup>1</sup>, Cristian Hurtado<sup>2</sup>, Cesar Quintero<sup>1</sup>, Fajder Humberto<sup>1</sup>, Carlos Vargas<sup>2</sup>.*

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

\* [epalaciosy@ucundinamarca.edu.co](mailto: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, Diésel 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.

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**.

**Fuente: Realizada por grupo de investigación.**

*Ilustración 35 Certificado de ponencia realizada en el “SENA – Encuentro de saberes ESDIME - 2020”.*



Ilustración 36 Diapositiva de ponencia realizada en el “SENA – Encuentro de saberes ESDIME - 2020”.

**Encuentro de Saberes ESDIME 2020**

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

CRISTIAN ARIAS, CESAR CASAS, ALEXANDER ESCOBAR, EDWIN PALACIOS, LEONARDO MUJICA, FAIDER BARRERO, CESAR QUINTERO, CARLOS VARGAS

ENTIDAD EJECUTORA – UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA.  
ENTIDAD COEJECUTORA – UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
carnulfoarias@ucundinamarca.edu.co  
ccasas@ucundinamarca.edu.co  
aescobarv@ucundinamarca.edu.co

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
Generación Siglo 21  
Grupo de Investigación SIGATT

**Fuente: Realizada por grupo de investigación.**

## Anexo C Realización de un taller de sensibilización con la comunidad académica.

*Ilustración 37 Agenda del taller de sensibilización con la comunidad académica en el “VIII Congreso Internacional de Ingeniería CIIUDEC 2019”.*



### LUGAR DE REALIZACIÓN

**Lunes:** Auditorio Centro Académico Deportivo CAD, Universidad de Cundinamarca  
**Ponencias:** 15 Minutos Presentación Oral – 5 minutos preguntas

Hora	Título	Autor 1	Autor 2	Autor 3	Autor 4	Autor 5	Autor 6
9:00 - 9:20	Comparación En La Planeación De Redes Inalámbricas Rurales (India, Escocia Y Colombia)	Santiago Casallas Bohórquez	Danifer Sebastián Espinel Chacón	Leonardo Rodríguez Mujica			
9:20- 9:40	Producción de diésel Renovable mediante Hidrotrotamiento de Ácidos Grasos Derivados de Residuos Animales	C. A. Arias Vargas	C. A. Casas Díaz	P. A. Muñoz Avila	E. Palacios Yepes		
9:40 - 10:00	Método De Adquisición De Datos En Pequeñas Aplicaciones Híbridas Edíca-Fotovoltaica En La Región Del sumapaz	William A. Bonilla D.	Jenny Paola Flórez Matamoros	Cesar Augusto Casas Díaz	Falder Humberto Barrero Sánchez		
10:00 - 10:20	Espacios Blancos De Televisión -TV WHITE SPACE- En La Construcción De La Red Digital Comunitaria, Vereda San Pablo (Pasca Cundinamarca).	Jennifer Pilar García Susa	Marco Antonio Rodríguez Rojas	Wilson Daniel Gordillo Ochoa	Marcia Catalina Pulido Córdoba		
10:20 - 10:40	Estudio De Caso Éxito O Fracaso -Torre De Telecomunicaciones Y Obra Civil Costa Caribe- Colombia	Rubiela Bello Rodríguez	Paola Andrea Valencia Achury				
10:40 - 11:00	Diseño De Un Prototipo Para La Notificación De Perdida De Resas En Un Hato Análisis De Tecnologías Para La Gestión De La Trazabilidad En La Producción De Café	Martínez Cera Federico	Ortagón Criollo Sergio Hernan				
11:00-11:20	Identificación de las mejores condiciones de síntesis de ácidos grasos y adquisición de datos en el proceso de hidrólisis para la obtención de biodiesel a partir de residuos grasos animales	Olga Marina García Norato	Edison Reyes	Segio Esteban Delgado	Kevin José Tausa	Pedro Luis Cifuentes G.	Nelson Enrique Carraño F.
11:20-11:40	Influencia Del Transporte Intermodal En El Corredor Logístico Bogotá - Costa Caribe	C. N. Hurtado Martínez	L. Rodríguez Mujica	C. A. Vargas Vásquez	C. A. Quintero Obando		
11:40 - 12:00	Estudio de cobertura para una red comunitaria En la vereda de Bosachoque	Angie Paola Ramírez H.	Derly Andrea Sacristán Martínez	Jefferson A. Rubiano Forero			
12:00- 12:20	Diseño de políticas de gestión y prevención para aumentar la disponibilidad de la red de Bosachoque libre	Yerson Gilberto Calderon Vargas	Zaira katherin Luna Córdoba	Angel David Villarraga Villaiba			
12:20 - 12:40	Identificación de las mejores condiciones de síntesis de ácidos grasos y adquisición de datos en el proceso de hidrólisis para la obtención de biodiesel a partir de residuos grasos animales	Andrés Camilo Cruz Baquero	Johan Fernando Cruz Guevara				
12:40 - 13:00		C. N. Hurtado Martínez	L. Rodríguez Mujica	C. A. Vargas Vásquez	C. A. Quintero Obando		

**Fuente: Realizada por grupo de investigación.**

*Ilustración 38 Diapositiva del taller de sensibilización con la comunidad académica en el “VIII Congreso Internacional de Ingeniería CIIUDEC 2019”.*




LINK DE LA PONENCIA:

[https://www.emaze.com/@AZRTLZTL/copy1?fbclid=IwAR0vbicRh8MyV5fC5ltqmFphftoKG8vCIW2ZeqVpPYm\\_zDikmjRCvNdRK-A](https://www.emaze.com/@AZRTLZTL/copy1?fbclid=IwAR0vbicRh8MyV5fC5ltqmFphftoKG8vCIW2ZeqVpPYm_zDikmjRCvNdRK-A)

## Anexo D Realización de la Socialización de Resultados.


Ilustración 39 Diapositiva de socialización de resultados en el “II SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN” y en el “III SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN”.





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 hidrotamiento (deoxigenación) de ácidos grasos derivados de residuos animales.

**Justificación:** De acuerdo al documento Pecti-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
<b>CONTRAPARTIDA</b>	
ENTIDAD EJECUTORA – UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	\$ 57.115.520
ENTIDAD COEJECUTORA – UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	\$ 192.539.800
<b>COSTO TOTAL DEL CONTRATO</b>	<b>\$ 599.420.006</b>




UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA




Vigilancia MinEducación



UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
Generación Siglo 21



Grupo de Investigación GIGATT



marca.edu.co



*Ilustración 40 Resumen del artículo presentado en el “II SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN” y en el “III SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN”.*

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

*Cristian Arias<sup>2</sup>, Cesar Casas<sup>1</sup>, Pablo Muñoz<sup>2</sup>, Edwin Palacios<sup>1</sup>, Leonardo Mujica<sup>1</sup>, Cristian Hurtado<sup>2</sup>, Cesar Quintero<sup>1</sup>, Fajier Humberto<sup>1</sup>, Carlos Vargas<sup>2</sup>.*

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

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

\* ccasas@ucundinamarca.edu.co

Resumen

A través del 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: Biocombustibles, Diesel, Renovable, Hidrotratamiento, Grasas Animales, Hidrolisis.

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. 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.

## **APENDICES**

### **Apéndice 1: Informes bimestrales.**

Los informes bimestrales se presentaron en las fechas definidas 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 de variable presión.

#### **A.1.1 Informe bimestral 1.**

Este documento incluye la información de las patentes utilizadas en el estado de la técnica que fueron usadas para determinar los clústeres, conteniendo el autor, año, institución, tema de interés, se encuentra en el Apéndice A.1.1.

#### **A.1.2 Informe bimestral 2.**

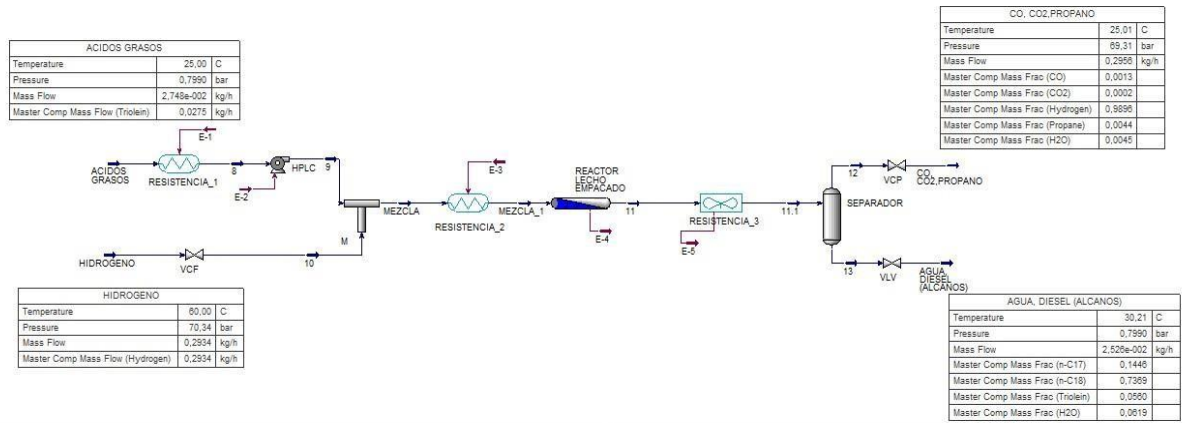
Este documento tiene la información del proceso de acondicionamiento necesario de las grasas de origen animal para producción de diésel renovable, se encuentra en el Apéndice A.1.2.

#### **A.1.3 Informe bimestral 3.**

En este documento se plasma todo el proceso del diseño del prototipo de módulo de adquisición de datos de la variable presión, en el proceso de hidrotreatmento para la producción de diésel renovable a partir de ácidos grasos de origen animal, se encuentra en el Apéndice A.1.2.

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

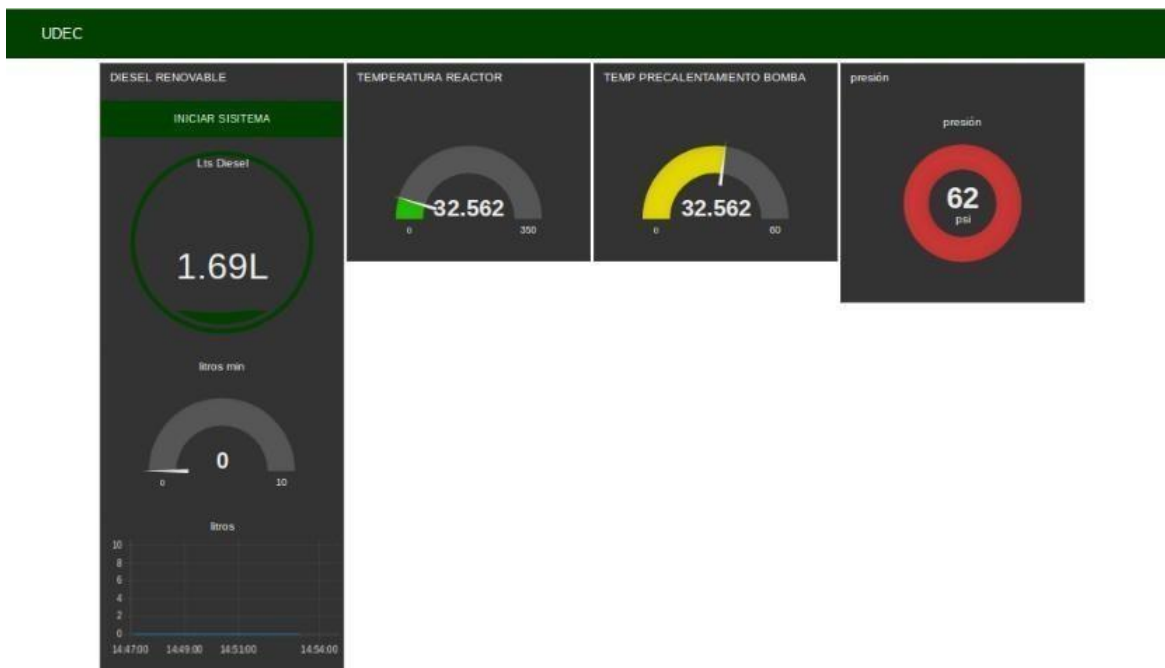
Ilustración 41 Simulación creada en Hysys Aspen V11



Fuente: Simulación realizada por grupo de investigación.

### Apéndice 3: Software de adquisición de datos en el proceso de hidrot ratamiento de ácidos grasos de origen animal.

Ilustración 42 Interfaz gráfica del software de adquisición de datos en el proceso de hidrot ratamiento de ácidos grasos de origen animal.



Fuente: Software realizado por grupo de investigación.

Ilustración 43 Registro ante la DNDA del software de adquisición de datos en el proceso de hidrotratamiento de ácidos grasos de origen animal.

MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCIÓN NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida <b>13-80-439</b> Fecha Registro 10-ago.-2020	
<b>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</b>			
Page 1 of 2			
<b>1. DATOS DE LAS PERSONAS</b>			
<b>AUTOR</b>			
Nombres y Apellidos	CRISTIAN ARNULFO ARIAS VARGAS	No de identificación CC	1069756421
Nacional de Dirección	COLOMBIA CALLE 4A #11-44 BARRIO ISAIAS OLI	Ciudad:	ESPINAL
<b>AUTOR</b>			
Nombres y Apellidos	CRISTIAN NICOLAS HURTADO MARTINEZ	No de identificación CC	1069751632
Nacional de Dirección	COLOMBIA --	Ciudad:	FUSAGASUGA
<b>AUTOR</b>			
Nombres y Apellidos	PABLO ANDRES MUÑOZ AVILA	No de identificación CC	1069764286
Nacional de Dirección	COLOMBIA --	Ciudad:	FUSAGASUGA
<b>AUTOR</b>			
Nombres y Apellidos	CARLOS ARTURO VARGAS VASQUEZ	No de identificación CC	1024559177
Nacional de Dirección	COLOMBIA --	Ciudad:	FUSAGASUGA
<b>PRODUCTOR</b>			
Nombres y Apellidos	LEONARDO RODRÍGUEZ MÚJICA	No de identificación CC	79418086
Nacional de Dirección	COLOMBIA FINCA EL RINCÓN DE FELIPE. CHINA	Ciudad:	FUSAGASUGA
<b>PRODUCTOR</b>			
Nombres y Apellidos	CESAR AUGUSTO CASAS DIAZ	No de identificación CC	11255333
Nacional de Dirección	COLOMBIA --	Ciudad:	FUSAGASUGA
<b>PRODUCTOR</b>			
Nombres y Apellidos	FAIDER HUMBERTO BARRERO SANCHEZ	No de identificación CC	93134643
Nacional de Dirección	COLOMBIA BARRIO SAN MATEO CONJUNTO TOF	Ciudad:	BOGOTA D.C.
<b>PRODUCTOR</b>			
Nombres y Apellidos	CESAR AUGUSTO QUINTERO OBANDO	No de identificación CC	79969145
Nacional de Dirección	COLOMBIA DIAGONAL 19 BIS. NO 11C 10. APTO	Ciudad:	FUSAGASUGA
<b>PRODUCTOR</b>			
Nombres y Apellidos	EDWIN PALACIOS YEPEZ	No de identificación CC	79956745
Nacional de Dirección	-- DIAGONAL 18 NO. 20-29	Ciudad:	FUSAGASUGA
<b>2. DATOS DE LA OBRA</b>			
Título Original	SCADA ADQUISICION DE DATOS FLUJO TEMPERATURA Y PRESIÓN PARA HIDROTRATAMIENTO		
Año de Creación	2020	País de Origen	COLOMBIA
Año Edición			

MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCIÓN NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida <b>13-80-439</b> Fecha Registro 10-ago.-2020	
<b>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</b>			
Page 2 of 2			
CLASE DE OBRA	INEDITA		
CARACTER DE LA OBRA	OBRA DERIVADA		
CARACTER DE LA OBRA	OBRA EN COLABORACION		
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA		
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	MATERIAL AUXILIAR		
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA</b>			
IMPLEMENTACIÓN DE LECTURA DE LAS VARIABLES EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL DIESEL RENOVABLE. ENVIÓ DE DATOS VÍA CORREO ELECTRÓNICO EL CUAL SE ENCARGA DE LA COMUNICACIÓN ENTRE EL USUARIO Y LOS DATOS OBTENIDOS EN EL PROCESO. EL 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.			
<b>4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA</b>			
<b>5. DATOS DEL SOLICITANTE</b>			
Nombres y Apellidos	CRISTIAN ARNULFO ARIAS VARGAS	No de Identificación	1069756421
Nacional de Dirección	COLOMBIA CALLE 4A #11-44 BARRIO ISAIAS OLIVAR	Medio Radicación	REGISTRO EN LINEA
Ciudad	ESPINAL	Teléfono	3152968336
Correo electrónico	CARNULFOARIAS@UCUNDINAMARCA.EDU.CO	Radicación de entrada	1-2020-82729
En representación de	EN NOMBRE PROPIO		
 <b>MANUEL ANTONIO MORA CUELLAR</b> JEFE OFICINA DE REGISTRO			
MZP			

Nota: El derecho de autor protege exclusivamente la forma mediante la cual las ideas del autor son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras. No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias y artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su aprovechamiento industrial o comercial (artículo 7o. de la Decisión 351 de 1993).

Fuente: Software realizado por grupo de investigación.