

	<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 7</b>

Código de la dependencia.

<b>FECHA</b>	martes, 4 de agosto de 2020
--------------	-----------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<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>
HURTADO MARTINEZ	CRISTIAN NICOLAS	1069751632

	<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 7</b>

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

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
MUJICA RODRIGUEZ	LEONARDO
CASAS DÍAZ	CÉSAR AUGUSTO
ESCOBAR VELAZQUEZ	ALEXANDER
MUJICA RONCERY	LAIS

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS MEJORES CONDICIONES DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS MEDIANTE HIDRÓLISIS Y EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE FLUJO Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN EL PROCESO DE HIDRÓLISIS</b>

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

<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>
26/08/2020	266

<b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS</b> (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
1.HIDROTRATAMIENTO	HYDRO TREATMENT
2.MODULO DE FLUJO	FLOW MODULE
3.DIESEL VERDE	GREEN DIESEL
4.BIOCOMBUSTIBLES	BIOFUELS
5.GRASAS ANIMALES	ANIMAL FATS
6.MEDIDOR DE FLUJO MASICO	MASS FLOW METER

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 7</b>

### RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

A través de este proyecto se pretende generar un biocombustible tipo diésel (energía renovable no convencional) mediante un proceso de producción mejorado, a partir de fuentes biológicas, específicamente los ácidos grasos de residuos grasos animales. Se pretende dar a conocer de la manera más clara posible las diferentes investigaciones, artículos y patentes sobre la obtención de nuevas alternativas de biocombustible que han sido realizadas en el mundo, centrada y/o con una mayor preferencia en latino América. Si bien la cantidad de investigaciones o artículos, es bastante extensa se pretende seleccionar los mejores de estos para que así, se pueda conocer las diferencias entre las energías convencionales que son derivadas del petróleo o en su defecto el mismo, con respecto a las energías renovables, vegetal o de residuos grasos animales, también las tendencias relacionadas con la producción de biocombustibles. Esto con el fin de demostrar que actualmente es posible y se cuenta con la tecnología suficiente, para hacer que estas energías sean más fáciles y menos costosas de producir, y de esta manera lograr la masificación del uso de estas fuentes alternativas de energía.

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

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

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

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

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

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

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

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: 4 de 7</b>

<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) 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



<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 7</b>

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 X NO \_\_\_.**

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

### LICENCIA DE PUBLICACIÓN

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

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



<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 7</b>

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

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

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

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

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

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



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



**Nota:**

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



<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 7</b>

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 (Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
1.TESIS CRISTIAN NICOLAS HURTADO MARTINEZ.pdf	Texto con imágenes (Documento tesis)

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

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafo)</b>
HURTADO MARTINEZ CRISTIAN NICOLAS	

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).

**IDENTIFICACIÓN DE LAS MEJORES CONDICIONES DE PRODUCCIÓN DE  
ÁCIDOS GRASOS MEDIANTE HIDRÓLISIS Y EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE  
UN MÓDULO DE FLUJO Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN EL PROCESO DE  
HIDRÓLISIS**

**CRISTIAN NICOLÁS HURTADO MARTÍNEZ**

**Codigo: 162213126**

**Auxiliar de investigación**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**FUSAGASUGÁ.**

**2020**

**IDENTIFICACIÓN DE LAS MEJORES CONDICIONES DE PRODUCCIÓN DE  
ÁCIDOS GRASOS MEDIANTE HIDRÓLISIS Y EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE  
UN MÓDULO DE FLUJO Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN EL PROCESO DE  
HIDRÓLISIS**

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

**AUTOR:**

**CRISTIAN NICOLÁS HURTADO MARTÍNEZ**

**DIRECTOR:**

**ING. LEONARDO RODRÍGUEZ MÚJICA**

**CO-DIRECTOR:**

**ING. CÉSAR AUGUSTO CASAS DÍAZ**

**ASESORES:**

**ING. ALEXANDER ESCOBAR VELÁSQUEZ**

**ING. LAIS MÚJICA RONCERY**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**FUSAGASUGÁ.**

**2020**

# Índice

<b>Índice de figuras</b>	<b>6</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>8</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
<b>1. CONTEXTO</b>	<b>14</b>
1.1. Planteamiento del problema . . . . .	14
1.2. Justificación . . . . .	15
1.3. Alcances y Limitaciones . . . . .	16
1.3.1. Alcances . . . . .	16
1.3.2. Limitaciones . . . . .	16
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
2.1. Objetivo General . . . . .	20
2.2. Objetivos Específicos . . . . .	20
<b>3. MARCO REFERENCIAL</b>	<b>21</b>
3.1. Estado del arte . . . . .	21
3.1.1. A nivel nacional. . . . .	21
3.1.2. A nivel internacional. . . . .	24

3.1.3. Tendencias de publicación de producción de ácidos grasos por el proceso de hidrólisis. . . . .	26
3.2. Fundamentos teóricos . . . . .	35
3.2.1. Hidrólisis . . . . .	35
3.2.2. Diésel verde . . . . .	46
3.2.3. Ion . . . . .	46
3.2.4. Base . . . . .	46
3.2.5. Ácido fuerte . . . . .	46
3.2.6. Ácido graso . . . . .	47
3.2.7. Éster . . . . .	47
3.2.8. Hidrotratamiento . . . . .	47
<b>4. METODOLOGÍA</b>	<b>48</b>
4.1. Recolección de información . . . . .	48
4.2. Identificación de las condiciones de producción . . . . .	48
4.3. Desarrollo del proceso de diseño . . . . .	48
4.4. Generación de resultados del diseño . . . . .	48
4.5. Selección de elementos de recolección de datos del diseño de la planta experimental . . . . .	49
4.6. Validación de condiciones del módulo de flujo. . . . .	49
4.7. Revisión de los resultados . . . . .	49
<b>5. PLAN DE TRABAJO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>50</b>
5.1. Análisis del estado del arte de la hidrólisis . . . . .	50
5.2. Análisis de condiciones para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales . . . . .	51

5.3. Condiciones de reacción en proceso de hidrólisis . . . . .	53
5.4. Condiciones de hidrólisis obtenidas de manera experimental para la obtención de los ácidos grasos . . . . .	54
5.5. Diseño del módulo de flujo para la adquisición de datos en el proceso. . . . .	55
5.6. Propuesta de diseño planta experimental . . . . .	57
5.7. Validación de condiciones de operación de planta experimental. . . . .	63
5.8. Desarrollo de la etapa Adquisición de datos y registro histórico para la planta experimental. . . . .	63
5.8.1. Marco conceptual . . . . .	64
5.8.2. Diseño del sistema de supervisión . . . . .	65
5.8.3. Variables importantes que inciden en el proceso de hidrotratamiento de ácidos grasos de origen animal: . . . . .	66
5.8.4. Diagrama de bloques del sistema . . . . .	67
5.8.5. Etapa de instrumentación . . . . .	68
5.8.6. Etapa de visualización local y remota Node-red: . . . . .	80
5.8.7. Costo de elementos y recursos para diseño del sistema de supervisión ilustrativo . . . . .	85
5.9. Transductores industriales y unidad central de procesamiento recomendadas . .	85
5.9.1. Flujo . . . . .	85
5.9.2. Temperatura . . . . .	86
5.9.3. Presión . . . . .	87
5.9.4. Unidad de procesamiento central . . . . .	87
5.10. Apropiación social del conocimiento. . . . .	89
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>90</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>91</b>

<b>Referencias</b>	<b>92</b>
<b>Anexos</b>	<b>96</b>
<b>A. Anexo I: Simulación en Aspen hysys del proceso.</b>	<b>96</b>
<b>B. Anexo II: Cronograma de Actividades.</b>	<b>107</b>
<b>C. Anexo III: Eventos científicos .</b>	<b>111</b>
C.1. Certificado y artículo ponencia en el ITFIP. . . . .	111
C.2. Taller de sensibilización ponencia en el ITFIP. . . . .	123
C.3. Solicitud de certificado de ponencia. . . . .	133
C.4. II simposio de ciencia, tecnología e innovación. . . . .	137
C.5. Postulación articulo Waste Management. . . . .	144
C.6. Postulación de registro de software ante DNDA. . . . .	159
<b>D. Anexo IV:Hojas de datos dispositivos electrónicos.</b>	<b>160</b>
D.1. Hojas de datos SmartTrak 100. . . . .	160
D.2. Hojas de datos OPTIMASS 1000. . . . .	168
D.3. Hojas de datos PGT 23.100 y PGT 23.160. . . . .	197
D.4. Hojas de datos Pt100 WTR 140. . . . .	202
D.5. Hojas de datos TS2453. . . . .	211
D.6. Hojas de datos PGT43HP.100 Y PGT43HP.160. . . . .	213
D.7. Hojas de datos MPS20N0040D-S. . . . .	219
D.8. Hojas de datos caudalímetro. . . . .	222
D.9. Hojas de datos DS18B20. . . . .	223
D.10.Hojas de datos SIMATIC S7-1200 Siemens. . . . .	243

D.11.Hojas de datos Raspberry Pi3 B. . . . . 251

D.12.Hojas de datos SIMATIC S7-200 Siemens. . . . . 259

## Índice de figuras

1.	Dinámica de publicaciones en artículos para producto. 2005-2018. . . . .	27
2.	Participación de los países líderes en publicaciones en artículos para producto. 2011-2018. . . . .	28
3.	Transductor de flujo másico para adquisición de datos . . . . .	56
4.	Sistema de derivación de flujo másico para adquisición de datos . . . . .	56
5.	Módulo de control de flujo másico para adquisición de datos . . . . .	57
6.	Simulación del diagrama P&ID de la planta experimental usando visual paradigm herramienta online. . . . .	58
7.	Diseño previo planta experimental . . . . .	59
8.	Diagrama de recolección de datos en el sistema de supervisión de variables físicas. . . . .	66
9.	Diagrama de bloques general del sistema. . . . .	67
10.	Conexión DS18B20 a Raspberry pi 3. . . . .	69
11.	Caudalímetro DN32 . . . . .	71
12.	Conexión Caudalímetro DN32 a Raspberry pi 3 . . . . .	72
13.	Sensor de presión (MPS20N0040D-D) . . . . .	74
14.	Simulación amplificador diferencial para el sensor de presión . . . . .	74
15.	Conexión serial Raspberry y Arduino . . . . .	79
16.	Sistema de supervisión de variables físicas en Node-red . . . . .	80
17.	Sección de configuración del nodo. . . . .	81
18.	Nodo de salida del sensor de flujo. . . . .	82
19.	Nodo salida del sensor de temperatura del reactor . . . . .	83
20.	Nodo salida del sensor de temperatura de la bomba . . . . .	83

21. Nodo salida del sensor de presión . . . . .	84
22. Interfaz gráfica de todos los sensores . . . . .	84
23. Entorno inicial de simulación Aspen Hysys. . . . .	96
24. Ingreso de componentes al Aspen Hysys. . . . .	97
25. Metodología de Carlson para selección del modelo termodinámico [3]. . . . .	98
26. Selección del modelo termodinámico en Aspen Hysys. . . . .	98
27. Gráfica de Arrhenius para la determinación de la energía de activación en la obtención de diésel renovable a partir de grasa [4]. . . . .	99
28. Reacción de hidroxigenación y parámetros en el simulador Aspen Hysys. . .	99
29. Reacción de hidrocabonilación y parámetros en el simulador Aspen Hysys. .	100
30. Reacción de hidrocaboxilación y parámetros en el simulador Aspen Hysys. .	100
31. Interfaz de simulación Aspen Hysys. . . . .	101
32. Corriente de entrada de ácidos grasos en el simulador Aspen Hysys. . . . .	102
33. Corriente de entrada de hidrógeno en el simulador Aspen Hysys. . . . .	102
34. Primera etapa proceso simulación de producción de diésel renovable en Aspen Hysys. . . . .	103
35. Segunda etapa proceso simulación de producción de diésel renovable en Aspen Hysys. . . . .	104
36. Tercera etapa proceso simulación de producción de diésel renovable en Aspen Hysys. . . . .	105
37. Proceso final simulación de producción de diésel renovable en Aspen Hysys. . .	106
38. Aprobación Postulación Artículo. . . . .	157
39. Correcciones necesarias Artículo. . . . .	157
40. Correcciones necesarias Artículo. . . . .	158
41. Correcciones necesarias Artículo. . . . .	158

## Índice de cuadros

1.	Impacto pandemia desarrollo del proyecto . . . . .	17
2.	Principales temas de interés sobre investigación. . . . .	30
3.	Diferentes condiciones de operación de los principales métodos de hidrólisis. . . . .	54
4.	Descripción diagrama P&ID y diseño previo planta experimental . . . . .	59
5.	Resolución en bits del sensor DS18B20 . . . . .	68
6.	Función de pines sensor DS18B20 . . . . .	68
7.	Funciones de pines del sensor de flujo . . . . .	71
8.	Calibración sensor de Presión . . . . .	77
9.	Costo de elementos del sistema de supervisión de variables . . . . .	85
10.	Comparativa de transductores de flujo. . . . .	86
11.	Comparativa de transductores de temperatura. . . . .	86
12.	Comparativa de transductores de presión. . . . .	87
13.	Comparativa de PLC. . . . .	88

## Listings

1.	Algoritmo lectura de temperatura DS18B20 . . . . .	69
2.	Algoritmo lectura de flujo DN32 . . . . .	72
3.	Algoritmo lectura sensor de presión en Arduino . . . . .	75
4.	Algoritmo de calibración . . . . .	76
5.	Función de calibración del sensor . . . . .	78
6.	Código del sensor de presión calibrado . . . . .	78
7.	Código de comunicación serial entre placas . . . . .	79

## **Agradecimientos**

Como primera medida el agradecimiento mas que merecido a mi familia que me brindó el apoyo durante el transcurso de esta etapa de aprendizaje. De igual manera a mi director de proyecto Leonardo Rodríguez, por los aportes realizados durante la ejecución del proyecto.

## RESUMEN

En atención a convocatoria 802-2018 proyectos de I+D para el desarrollo tecnológico de base biológica del departamento de Cundinamarca, la Universidad de Cundinamarca por medio del grupo de investigación GIGATT en alianza con el grupo de investigación PQI de la Universidad de Antioquia. Participa para el desarrollo de producción de diésel renovable mediante hidrotreatmento de ácidos grasos derivados de residuos animales con el fin de documentar las mejores condiciones de hidrólisis para la obtención de ácidos grasos. A su vez realizar el diseño de un módulo de flujo y sistema de supervisión en el proceso de la planta con el fin de acondicionarlo al diseño de una planta experimental de hidrotreatmento de ácidos grasos. Se recurrió a la investigación en base a documentación indexada para determinar las mejores condiciones de producción de ácidos grasos a su vez se realizaron investigaciones para el diseño del módulo de flujo y planta experimental enfocándonos en el mejor funcionamiento para la producción de diésel verde. Teniendo como resultado de investigación un estado del arte de la hidrólisis citando los tipos de hidrólisis más usados en diversas aplicaciones para terminar enfocándonos en los procesos más usados para la obtención de ácidos grasos resaltando sus mejores condiciones para su aplicación en la planta. Para la realización del diseño del módulo de flujo y planta experimental se opta por usar un software de diseño gráfico en tres dimensiones (SketchUp) por su fácil uso teniendo como resultado el diseño en tres dimensiones de la planta experimental con cada componente que se emplea para el hidrotreatmento. Con el fin de obtener las mejores condiciones para el hidrotreatmento se desarrollo de un prototipo de módulo de sistema de supervisión de datos con el fin de monitorear las variables implicadas en el proceso (presión, temperatura, flujo).

## **ABSTRACT**

In response to the call for 802-2018 RD projects for the biological-based technological development of the department of Cundinamarca, the University of Cundinamarca through the GIGATT research group in alliance with the PQI research group of the University of Antioquia. It participates in the development of renewable diesel production by hydrotreating fatty acids derived from animal waste in order to document the best hydrolysis conditions for obtaining fatty acids. Once the design of a flow module and supervision system in the plant process has been carried out in order to condition it to the design of an experimental fatty acid hydrotreatment plant. Research based on indexed documentation was used to determine the best fatty acid production conditions. In turn, research for the design of the flow module and experimental plant will be investigated, focusing on the best performance for the production of green diesel. Having as a result of research a state of the art of hydrolysis citing the types of hydrolysis most used in various applications to end up focusing on the most used processes for obtaining fatty acids highlighting their best conditions for application in the plant. To carry out the design of the flow module and experimental plant, it is chosen to use three-dimensional graphic design software (SketchUp) for its easy use, resulting in the three-dimensional design of the experimental plant with each component used to hydrotreatment. In order to obtain the best conditions for hydrotreating, a prototype of a data supervision system module was developed in order to monitor the variables involved in the process (pressure, temperature, flow).

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo exhibe los resultados de investigación de las mejores condiciones de producción de ácidos grasos mediante hidrólisis. A su vez el diseño de un módulo de flujo y un sistema de supervisión en el proceso de la planta. Este diseño se integra por 4 etapas.

Recolección de información de artículos arbitrados: En esta se realiza un estado del arte de la hidrólisis y dispositivos electrónicos, junto con su análisis correspondiente.

Selección y acondicionamiento de la materia prima: la cual consiste en identificar de manera teórica y de simulación de las mejores condiciones de producción para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales.

Diseños experimentales para la obtención de diésel renovable: El cual consiste en realizar un diseño de un módulo para la adquisición de datos dados por un transductor de flujo de la planta experimental.

Sistema de supervisión: Se opta por el desarrollo de un sistema de supervisión en la producción de diésel renovable. Para el monitoreo 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, esta es una herramienta de programación basada en el flujo. Es un editor basado en el navegador lo que favorece el empalme de flujos mediante una amplia gama de nodos en los cuales se tienen presentes las variables, flujo, temperatura, presión con el fin de entregar datos cuantificables al productor que le permiten encontrar el índice de extracción e índice de producción contribuyendo con la mejora del producto.

De igual modo es importante resaltar que el presente documento es el resultado de un proceso de investigación conjunto entre la Universidades de Antioquia UdeA y la Universidad de Cundinamarca UdeC bajo la convocatoria 802-2018 Proyectos de I+D para el Desarrollo Tecnológico de Base Biológica Cundinamarca orientado al campo de identificación y promoción del uso de energías renovables no convencionales, bajo la línea temática de investigaciones para la generación de energía renovable no convencional derivada de residuos animales. Resaltando al interior del documento los procedimientos documentados y soportados bajo lineamientos establecidos en el cronograma de actividades desarrolladas, las cuales implicaron el desarrollo de subprocesos entre los cuales destacan el desarrollo de un sistema de supervisión de variables físicas que influyen en en la planta, presentación de ponencias en instituciones de educación superior donde se socializaron las diferentes etapas junto con sus resultados experimentales y de análisis comportamental a través de simulación de procesos.

# 1. CONTEXTO

## 1.1. Planteamiento del problema

A medida que el tiempo pasa el uso de la energía se ha vuelto indispensable. Gran parte del consumo de esta energía tiene su origen en fuentes fósiles no renovables aproximadamente un 80%. La explotación de estas fuentes crecen al paso del tiempo[6]. Lo cual está generando una reducción de estas fuentes de energía. Por lo cual el costo de extracción crece y este se ve reflejado en desastres medioambientales irreversibles causada por la explotación de esas fuentes de energía fósiles las cuales son perjudiciales para el ambiente. Por esta razón obliga a los países a redefinir sus estrategias energéticas para dar solución a la problemática.

En la búsqueda de estrategias para combatir el incremento en el consumo energético a nivel mundial y a su vez combatir el cambio climático. surgieron los biocarburantes como una alternativa a los combustibles fósiles, las cuales son fuentes renovables como aceites vegetales y biomasa. Los cuales tienen como razón de ser, el disminuir las emisiones al ambiente teniendo en cuenta sus ciclos de vida. El término renovable puede comprender diversas formas de producción de energía como geotérmica, hidroeléctrica, eólica , biocombustibles [39]. Entre los biocombustibles que existen hoy día, se tienen [3].

- Biocombustibles sólidos: - leña, Pellets de madera, briquetas, bagazo.
- Biocombustibles líquidos: -biodiésel, bioetanol, diésel verde.
- Biocombustibles gaseosos: -biogás, biohidrógeno

El mayor problemas de un biocombustible es la obtención de su materia prima por su elevado costo. Por lo cual se opta por la segunda generación, la cual está establecida por material procedente de animales y plantas. El cual comprende entre un cincuenta por ciento (50%) de la biomasa actual, lo cual estima una producción de 10 a 50 millones de toneladas anuales [2].

Con base en las consideraciones anteriormente descritas se desarrolla el proyecto diésel renovable derivado de residuos animales el cual tiene como centro el diésel verde, también nombrado como diésel renovable o BTL ( “Biomass To Liquid”) El cual tiene como objetivo el diseño de una planta generadora de diésel renovable. En la Universidad de Cundinamarca municipio de Fusagasugá. El presente proyecto se encuentra vinculado a la producción de diésel renovable mediante hidrotreamiento de ácidos grasos derivados de residuos animales.

## 1.2. Justificación

Según el Plan Estratégico Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación de Cundinamarca [18]. Cundinamarca presenta diversos retos de suma atención. Dentro de este plan está el desarrollo de iniciativas para disminuir los impactos ambientales y de cambio climático buscando la implementación de prácticas sostenibles de energía limpia, con una adecuada disposición de residuos, dado esto la investigación se centra en producción de nuevos biocombustibles a partir de biomasa del departamento.

La producción de un diésel renovable utilizando residuos grasos animales es una alternativa viable en el departamento por su potencial de biomasa el cual al ser transformado por medio de hidrotatamiento se puede dar obtención de diésel renovable dándole una utilidad a estos residuos.

El hidrotatamiento conocido formalmente como hidrodesulfuración (HDS). Toma la materia en forma de triglicérido para la obtención de diésel renovable obteniendo tiempos en la reacción bastante elevados lo cual dificulta los procesos de producción [10].

Si se transforma la materia de residuos grasos a ácidos grasos la obtención del diésel renovable logra ser menos compleja, lo cual nos brindaría beneficios en cuanto a tiempo y reutilización de estos residuos.

Esta reacción nos brindaría una molécula más simple para el tratamiento con el hidrógeno ya que al ser hidrolizado el triglicérido ayuda en la purificación de los compuestos polares. Lo cual reduce tiempos de reacción lo que brindaría tiempos de producción más reducidos.

Este tratamiento de hidrólisis a la materia nos brinda unas variables cuantificables (tiempo de reacción, temperatura, presión), las cuales al variar altera la producción de los ácidos grasos.

Al medir estas variables del proceso aplicando un sistema de supervisión de variables, ayuda con la corrección de errores en el momento adecuado evitando fallas en la producción de los ácidos grasos.

### **1.3. Alcances y Limitaciones**

En esta sección se verán los alcances que tiene el presente proyecto y las limitaciones que presento a la hora de su desarrollo.

#### **1.3.1. Alcances**

Consultar y documentar la investigación obtenida realizando un estado del arte de los procesos de hidrólisis aplicados a la obtención de ácidos grasos.

Diseño de un módulos de flujo para la obtención de diésel verde mediante hidrólisis de residuos grasos de animales, los cuales serán evaluados experimentalmente con el fin de obtener una valoración de rendimiento de la materia mediante evaluaciones comparativas.

Desarrollo de un sistema de supervisión de variable físicas aplicando a la planta experimental con el fin de monitorear las variables que influyen en el procesos de producción (presión, temperatura, flujo).

Socializar los resultados obtenidos a partir de simulaciones de procesos químicos y CAD (Diseño Asistido por Computador) con el fin de dar a conocer los diferentes resultados de acuerdo a las variables (presión, temperatura, flujo).

#### **1.3.2. Limitaciones**

El proyecto en cuanto a su parte presupuestal se ha visto afectado por concepto al impacto del virus COVID 19, que en su fase inicial obligó a que el desembolso del recurso económico estimado para el proyecto se suspendiera con lo cual las fases de consolidación, evaluación y parametrización de la planta de diésel renovable se vea en la obligación de prorrogarse.

Si bien es cierto la pandemia ha afectado en gran medida los objetivos trazados para la planta experimental de diésel renovable, se resalta que las actividades propuestas en la Cuadro 1, sufrieron un grado de impacto debido al evento.

Cuadro 1: Impacto pandemia desarrollo del proyecto

<b>Actividad</b>	<b>Producto entregado</b>	<b>Nivel de logro</b>	<b>Impacto del evento imprevisto</b>	<b>Concepto</b>
Análisis del estado del arte de la hidrólisis y dispositivos electrónicos	Informe técnico sobre el análisis del estado del arte.	100%	Bajo	N/A
Identificar de manera teórica las mejores condiciones de producción para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales.	Informe técnico que especifica las mejores condiciones de producción para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales	100%	Bajo	N/A
Identificar de manera experimental las mejores condiciones de producción para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales.	Informe técnico del Diseño experimental de la reacción de hidrólisis para la obtención de ácidos grasos animales	100%	Alto	El informe del diseño experimental se documentó bajo parámetros de la planta experimental del grupo PQI (procesos químicos industriales) de la Facultad de Química de la Universidad de Antioquia

Continúa en la Página siguiente

Cuadro 1 – Continuación de la página anterior

<b>Actividad</b>	<b>Producto entregado</b>	<b>Nivel de logro</b>	<b>Impacto del evento imprevisto</b>	<b>Concepto</b>
Diseño del módulo de flujo para la adquisición de datos en el proceso de hidrólisis.	Informe técnico y simulación del módulo de flujo para la adquisición de datos en el proceso de hidrólisis.	100 %	Bajo	N/A
Implementación del módulo de flujo en la planta experimental para realizar el proceso de hidrólisis.	Informe técnico de los resultados del rendimiento del módulo de flujo en la planta experimental para el proceso de hidrólisis.	100 %	Alto	Debido al impacto de la pandemia en la suspensión del desembolso económico se realizó una simulación la cual es documentada y anexada al final del documento.
Postulación de un artículo en revista indexada	Artículo Sometido a evaluación por pares	100 %	Bajo	El artículo fue presentado al supervisor del proyecto dentro de los términos establecido
Realización de una ponencia en evento científico nacional o internacional.	Capítulo en las memorias, certificado de la ponencia.	100 %	Bajo	Se realizó ponencia del proyecto en la Universidad sede de Cundinamarca Fusagasugá y en el Instituto Tolimense Tecnico de Formación Técnica Profesional ITFITP

Continúa en la Página siguiente

Cuadro 1 – Continuación de la página anterior

<b>Actividad</b>	<b>Producto entregado</b>	<b>Nivel de logro</b>	<b>Impacto del evento imprevisto</b>	<b>Concepto</b>
Taller de sensibilización con la comunidad académica	Registro de asistencia y material audiovisual	100%	Bajo	Se plantearon ponencias del proyecto en la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá y en el Instituto Tolimense de Formación Técnica Profesional ITFITP donde se incluyen talleres de sensibilización, (ver Anexo II)

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Identificar las mejores condiciones hidrólisis para la obtención de ácidos grasos acoplado un módulo de flujo y un sistema de supervisión de variables en el proceso.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Realizar el análisis del estado del arte a partir de publicaciones arbitradas sobre el proceso de hidrólisis.
- Realizar el análisis de los dispositivos electrónicos para la adquisición de datos en la planta experimental de producción de diésel renovable.
- Diseñar un módulo de flujo para la planta experimental.
- Diseñar un sistema de supervisión de variables para la planta experimental de diésel renovable para la toma de datos vinculados a la planta experimental (temperatura, presión y caudal).

### **3. MARCO REFERENCIAL**

#### **3.1. Estado del arte**

En esta sección veremos el estado del arte actual a nivel nacional e internacional, un análisis de las tendencias de publicación, participación de los países y un análisis de los clústers.

##### **3.1.1. A nivel nacional.**

Se plantea la extracción de biodiésel a partir de los residuos grasos de animales como el pollo, el cerdo y las reses; en este artículo se destaca que para una canalización óptima de dichos residuos es importante analizar los porcentajes molares (es decir cantidad concentrada por área determinada) alcohol/grasa. En preliminar se destaca que de la grasa del pollo se obtiene un porcentaje productivo del 70,5 %, en cambio, del cerdo se obtiene un porcentaje productivo del 90 %, haciendo que la grasa porcina sea más eficiente para una canalización óptima de biodiésel. En este proceso de transformación de las grasas animales se utiliza la siguiente forma: La obtención del combustible se realiza utilizando: micro emulsión, pirolisis, dilución y transesterificación, siendo esta la más usada para producir el combustible, por su económica, brindando ventajas: conversiones de hasta un (98 %) con escasas transformaciones secundarias acortando el tiempo de obtención y conversión del éster de forma directa sin procesos derivados[8].

Se realiza un análisis estructural a nivel nacional para determinar las tecnologías y empresas que trabajan en el ámbito de producción de biodiésel, por otro lado, se estudian los procesos industriales para el procesamiento y sus metodologías implementadas; del documento en su introducción se destaca lo siguiente: En este estudio se presenta un completo informe de la situación actual del sector; haciendo uso de una herramienta conocida como vigilancia tecnológica, para reconocer el estado del arte de la investigación en el tema de biocombustibles. Para ello se hace uso de las más calificadas bases de datos con información científica para poder describir con precisión el entorno del trabajo académico sobre el tema; esta revisión no se realiza únicamente para el plano internacional, sino que también hace un diagnóstico de la investigación en el país. Según la autora en contexto se destaca que Colombia es el segundo mayor productor de biocombustibles en América Latina, después de Brasil. Está planeada una expansión significativa, con más de 5 millones de hectáreas de tierra potencialmente disponibles para el cultivo de agricultura energética. Consecuentemente, el Gobierno de Colombia ha aprobado directrices de mezclas para biodiésel (B10) y para etanol (E10) con la opción de incrementar la proporción de mezclas. Dejando claro una necesidad significativa

para un cambio inmediato en el consumismo de combustibles fósiles en el mercado nacional. Como resultado de la investigación, la autora destaca que: La información obtenida a través de la revisión bibliográfica permite identificar que además de los biocombustibles convencionales ya hay en el mercado biocombustibles avanzados que tienen ventajas tecnológicas y ambientales sobre los de primera generación. Dejando abierta la posibilidad de producción y la viabilidad económica y nacional para la implementación de dichos biocombustibles; en otra instancia se destaca también que: Al analizar la evolución de la actividad científica en biocombustibles se identifica el año 2007 como el año del boom a nivel mundial en este tema, esto se explica quizás, por la preocupación global ante los cambios climáticos originados por la producción de residuos contaminantes por parte de los combustibles fósiles que ha generado la necesidad de buscar alternativas que cuiden el medio ambiente. Sin embargo a partir de ese año ha habido un crecimiento constante en las publicaciones científicas, contrario a la idea de que el tema está decreciendo en interés. Es importante analizar que en este último párrafo traído a colación se muestra que es a partir del año 2007 en donde existe la entrada fuerte del tema de los biocombustibles a raíz de los fenómenos posiblemente generados a futuros ocasionados por el cambio climático en el mundo[25].

Se hace una catalización y procesamiento de aceite de higuera para la obtención de diésel renovable, por otro lado, se hace una comparación entre dicho proceso y un catalizador comercial para evaluar algunos criterios químicos entre ambos productos finales, en el resumen del presente artículo se destaca: Los catalizadores fueron caracterizados mediante DRX, adsorción-desorción de N<sub>2</sub> a 77 K, XRF y TPR. Las pruebas catalíticas fueron llevadas a cabo en un reactor de alta presión (Parr, 500 mL), operando en modo semi-batch. El mayor rendimiento másico hacia diésel renovable (C<sub>9</sub>-C<sub>24</sub>) fue del 82.9% y se obtuvo con el catalizador sintetizado que contiene 4.5% NiO y 20% MoO<sub>3</sub>, evaluado a 350°C, 90 bares y una concentración del 10%. Del cual se pueden detallar el rendimiento del aceite tratado y sus derivados como también la presión a la que es expuesto el material para su procesamiento. Los resultados descritos por los autores fueron los siguientes, resaltado inicialmente: Se sintetizaron dos catalizadores tipo NiMo/-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con diferente contenido de las especies Ni y Mo (catalizador 1: 6% NiO y 25% MoO<sub>3</sub> y catalizador 2: 4,5% NiO y 20% MoO<sub>3</sub>), y su actividad catalítica en la reacción de desoxigenación del aceite de higuera fue evaluada bajo diferentes condiciones experimentales y comparada con las propiedades catalíticas de un catalizador comercial (3,0% NiO y 10% MoO<sub>3</sub>). Y en forma general los autores concluyen que: De forma general se puede concluir que se obtuvieron altas conversiones y rendimientos hacia el producto de interés, diésel renovable, a condiciones típicas de desoxigenación: 350 °C, 90 bar de presión de H<sub>2</sub> y 4 h de reacción. El mejor rendimiento (82,9%) y selectividad hacia diésel renovable (82,9%), así como la mayor pureza (94,8%), se obtuvieron con el catalizador sintetizado 2 operando a 350°C, 10% de catalizador, 90 bar de presión, 350 rpm y 4 horas de reacción

en sistema semi-batch. Bajo estas condiciones la conversión del aceite de higuera fue del 100%.[27].

Se discuten los aspectos básicos de la producción de biocombustibles, como alcohol carburante y biodiésel, incluyendo sus principales ventajas y desventajas, materias primas, tecnologías, perspectivas de desarrollo y retos, para su correcta implementación en el contexto nacional e internacional. Adicionalmente, se analiza de manera resumida los impactos de los biocombustibles en el medio ambiente como principal aporte a la movilidad sostenible. Se plantea también una estrategia diseñada con la FAO para evaluar el impacto de los biocombustibles en la seguridad alimentaria de un país. El contexto de Colombia en el tema de los biocombustibles no ha tenido mucho impacto ya que no se garantizan alternativas viables que puedan garantizar un trabajo rentable y económicamente viable para las personas que participen en el proceso, el autor en el documento resalta un aspecto que sería de gran importancia tenerlo en cuenta por el gobierno y que tendría aspectos discutibles tanto para los productores como para la economía del país, dicho segmento está a continuación: En alguna época, el gobierno colombiano proponía que en regiones rurales donde existían los cultivos ilegales debía sembrarse maíz para producir alcohol y seguir el ejemplo de Estados Unidos. Argumentos técnicos demuestran que el maíz nunca va a servir en Colombia para producir alcohol carburante. Esa sería una utopía comparada con Estados Unidos, que tiene una productividad cuatro veces mayor y con unos subsidios increíbles. Tendríamos una hecatombe rural si especulaciones de ese tipo hubiesen tenido eco en las zonas rurales y la gente hubiese sembrado basada en unos precios de compra para alcohol. Éste es solo un ejemplo del manejo inadecuado de la información y de qué tan peligroso puede ser para el futuro del país. Otro aspecto que resalta el autor es que a lo largo del incremento de la demanda de combustibles fósiles va ser muy necesario implementar el uso de los biocombustibles, como lo resalta el siguiente párrafo: En el Tratado de Libre Comercio (TLC) se establece que los biocombustibles no pagarán aranceles. Además, Colombia cuenta con una legislación favorable, precios controlados y exención de impuestos. Sin embargo, la realidad es que la disminución de reservas de petróleo del país obligará a un mayor consumo de biocombustibles en los próximos años y una limitación al potencial exportador. Como resultados el autor destaca lo siguiente: En lo referente a movilidad sostenible, Colombia se verá influenciada positivamente por el uso masivo del biodiésel y el alcohol al disminuir una gran cantidad de efluentes gaseosos contaminantes. No obstante, se debe tener en cuenta el posible aumento en la producción de NOx debido al uso del biodiésel y aldehídos de la combustión del etanol. Las emisiones de material particulado en el caso del biodiésel varían dependiendo el tipo de materia prima. Todo esto debe analizarse según la especificidad colombiana y las soluciones de tipo post combustión que se requieran. En general, las posibilidades de producción de biocombustibles en Colombia hacia la exportación están limitadas, no solo por la velocidad de crecimiento o

implantación de nuevos cultivos energéticos, sino también por restricciones que podrían ser impuestas en ciertos mercados. Si Colombia quiere exportar, debe trabajar profundamente en solucionar este tipo de problemas[9].

### **3.1.2. A nivel internacional.**

la importancia de los biodiésel y su impacto ambiental en específico en Argentina, lugar donde se realizó la presente investigación; según los autores para su desarrollo tuvieron en cuenta el aceite de soja (materia prima para la producción de biodiésel en Argentina), por otro lado, En esta tesis se estudia en profundidad la reacción de esterificación de materias primas de alta acidez. Se utilizan distintos alcoholes, con especial énfasis en el etanol, ya que a diferencia del metanol es un recurso renovable. Según su autora el objetivo final de esta tesis es lograr mejorar la producción de biodiésel para los procesos agropecuarios en donde se utilice maquinaria a base de este combustible, en esta tesis se logra un conocimiento básico desde el punto de vista fisicoquímico de los sistemas reaccionantes involucrados en los procesos de producción de biodiésel, con el objetivo de mejorar el diseño de las plantas y procesos con énfasis en materias primas alternativas. Esto impactará 3 favorablemente en el diseño de plantas de baja y pequeña escala, las cuales utilizan este tipo de materia prima. Estas plantas son hoy una alternativa de remediación a la falta de combustibles en el sector agropecuario, y al incremento de la contribución de las energías renovables en la matriz energética. Una conclusión que se destaca de esta tesis es la siguiente: Se ha mostrado que es posible utilizar un modelo simple para estimar la dependencia de la acidez con el tiempo durante la reacción de esterificación de materias primas ácidas con etanol. En este modelo simplificado sólo se tiene en cuenta la reacción reversible de esterificación, habiéndose determinado los parámetros cinéticos para ambos alcoholes. Ya que según la autora es posible una catalización y una esterificación particular para la obtención tanto de biodiésel como de algunos otros derivados como lo son jabones y glicerina [23].

Se realiza un reporte de estado acerca de los avances internos en México acerca de la innovación en materia de combustibles y generación de energía alternativa, es por ello que en dicho país se ha venido implementando una campaña a nivel nacional para determinar un estado inicial en dicha investigación para dar apoyo logístico por parte del país para impulsar dichos proyectos, en su introducción los autores postulan lo siguiente: Una de las iniciativas consideradas estratégicas para este propósito, es la creación de los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIEs). El propósito fundamental de los CEMIEs es coordinar de una manera más efectiva el aprovechamiento del potencial de energía renovable de que dispone el país. Dentro del CEMIE enfocado en el aprovechamiento de la biomasa (CEMIE-Bio) se encuentra

el Clúster Biodiésel Avanzado (Clúster BDA) que desde 2016 inició operaciones y que dentro de sus objetivos busca desarrollar, validar y asimilar tecnologías de vanguardia para la producción de biodiésel. La propuesta de investigación planteada en este documento, se base en levantar toda la información con respecto al procesamiento y producción de biodiésel, en la etapa 3 del mismo se destaca lo siguiente: El análisis de la información se dividió en 2 grandes aspectos: identificación de la situación actual de la industria de biodiésel y avances en el desarrollo de alternativas tecnológicas para la producción de biodiésel. En el segundo caso, se utilizaron técnicas bibliométricas para explorar la evolución de la intensidad de las actividades de investigación desarrollo. De los resultados obtenidos, los autores destacan unos retos principales que son los objetivos alcanzar en unos próximos años, entre ellos están: El biodiésel será una alternativa sustentable en el futuro cuando se supere el reto de contar con una fuente de suministro económica, tan sólo los insumos representan entre el 70 y el 90 % del costo total de producción. Optimizar los procesos para maximizar el valor de los productos secundarios que se obtienen y así potencialmente incrementar las ganancias generales del proceso[1].

Se hace un análisis mundial con el objetivo de analizar el crecimiento que tiene el tema de producción de biocombustibles, ya que el tema requiere una gran importancia por parte de cada una de las naciones debido a los cambios climáticos que se están presentando actualmente y su crecimiento latente en los próximos años, los autores en su resumen destacan lo siguiente: Se obtuvieron 1 022 artículos, firmados por un total de 1 857 autores. El índice de co-autoría fue de 3,04. Los artículos fueron publicados en 232 revistas. Se identificó un total de 565 instituciones de 56 países. Se observó un crecimiento exponencial de la producción científica durante los últimos 15 años. De lo cual se analiza que, habido un crecimiento, pero no lo suficiente como para pasar un margen de impacto que logre abarcar un cambio en el uso de los combustibles fósiles. La magnitud del problema estriba en las cifras astronómicas de consumo anual de carbón, gas y petróleo. En el año 2002, por ejemplo, se consumieron 8 034 millones de toneladas de petróleo, cifra que representó un aumento del consumo de 1,3%, con respecto al 0,3% del año anterior. Nada parece indicar que ese crecimiento se detenga (actualmente se consumen 10 000 millones por año), pues no sólo los países desarrollados consumen más, sino que los menos desarrollados requieren incrementos aún mayores para su propio desarrollo, como es el caso de China, la India o Brasil. Lo cual la problemática se puede evidenciar que para los países de menor desarrollo el crecimiento es más alto que en los desarrollados, debido a que el petróleo es una fuente de desarrollo para los países. Como resultado de esta investigación, los autores describen lo siguiente: La producción científica mundial sobre biodiésel creció a lo largo de los últimos 15 años, y fundamentalmente a partir del comienzo del siglo XXI. Se recuperaron un total de 1 022 artículos publicados en el período 1992-2006, de los cuales más del 80 % (839 artículos) se publicaron durante el presente

siglo. El coeficiente de determinación observado ( $R^2 = 0,89$ ) evidenció a lo largo del período una significativa tendencia exponencial de crecimiento, típica de los campos o temáticas de investigación en desarrollo, y ello demuestra la intensidad con la que se realizan las investigaciones a nivel internacional. Por otro lado, otro aspecto importante en sus resultados es el siguiente: Uno de los aspectos más interesantes observados en el presente estudio fue la distribución de la tipología documental sobre biodiésel registrada en las bases de datos de Thomson Scientific, donde se destaca no sólo que el 80% fueran artículos de investigación original (810 artículos), sino que el segundo tipo de documento más frecuente fueron las noticias (87 noticias, 9%). Sin lugar a dudas, esto demuestra el estado emergente de la investigación sobre el tema y el amplio debate científico que ha generado su posible utilización a escala global, fruto de variadas críticas y aproximaciones desde múltiples puntos de vista en el entorno académico[20].

Una de las alternativas más factibles para reemplazar el diésel de petróleo es la producción de biodiésel. Éste es un combustible renovable derivado de aceites vegetales (comestibles o no comestibles; nuevos o usados) y grasas animales que posee propiedades similares a las del petróleo. Además, se ha encontrado que con el uso de biodiésel se logran reducir las emisiones de monóxido de carbono, azufre, hidrocarburos aromáticos y partículas sólidas. La manera convencional de sintetizar biodiésel es mediante la transesterificación de aceites vegetales con metanol y catálisis homogénea básica. El presente trabajo describe los fundamentos de la producción de biodiésel sintetizado a partir de aceites vegetales, grasas animales o aceites de reúso, además del análisis de la factibilidad técnica y económica de la producción del mismo. Y como conclusión a la investigación se resalta lo siguiente: La implementación de rutas sintéticas para la producción de biodiésel es un tema que ha despertado gran interés en últimas fechas, ya que este biocombustible, además de ser el óptimo candidato para reemplazar los hidrocarburos fósiles, es renovable y ambientalmente benigno. A pesar de que en la literatura existen numerosos reportes relacionados con la síntesis de este biocombustible, la industrialización del proceso está aún limitada debido a los costos globales en la producción del mismo; es por esto que existe la necesidad de implementar un proceso a nivel industrial económicamente viable[15].

### **3.1.3. Tendencias de publicación de producción de ácidos grasos por el proceso de hidrólisis.**

A través del proceso de hidrólisis se pueden obtener los ácidos grasos derivados de diferentes fuentes biológicas, como lo son vegetales, animales o aceites usados de origen vegetal, un ácido graso tiene una naturaleza lipídica, la cual está formada por una cadena hidrocarbonada

lineal, esto lo hace una biomolécula, en la que al final de esta se encuentra un grupo carboxilo (una cadena larga de ácidos orgánicos).

En los desarrollos del biocombustible encontramos que Colombia y México son uno de los principales países que se dedican a la investigación del desarrollo del proceso de hidrólisis para la producción de ácidos grasos. En la Figura 1 se observa la tendencia de las publicaciones sobre la producción de ácidos grasos, el cual presenta unos periodos de un alto número de publicaciones y en promedio un índice creciente de investigaciones sobre este proceso, se encuentra un promedio de 2 artículos por año, aunque en algunos años no se encontró documentación, en otros años se encontró u pico máximo de 3 artículos en los años 2013, 2017 y 2018.



Figura 1: Dinámica de publicaciones en artículos para producto. 2005-2018.

La dinámica de publicaciones nos permite identificar el desarrollo tecnológico del proceso de hidrólisis, ya que se puede visualizar la actividad por periodos de tiempo que ha tenido la investigación del proceso para la obtención de ácidos grasos.

En la Figura 2 tenemos la participación en la publicación de desarrollo de ácidos grasos de los principales países, que han desarrollado investigaciones sobre la producción de esta biomolécula. Colombia encabeza el índice de participación con un 37%, aunque muy parejo con México el cual cuenta con un 32% de las publicaciones de este campo, seguido por España con un 21%, Argentina y Cuba con un 5% ambos.



Figura 2: Participación de los países líderes en publicaciones en artículos para producto. 2011-2018.

La Cuadro 2, enseña el perfil de los principales temas de interés sobre investigación de la producción de ácidos grasos, en el clúster 1, se enfoca en el proceso de hidrólisis en el cual se encuentran 10 publicaciones apoyando este proceso, junto con la tendencia de las publicaciones.

El clúster 2, expone la tendencia de producción de ácidos grasos, a través de los procesos de hidrólisis de diferentes formas enzimática, química, ácido fuerte base fuerte, ácido fuerte base débil, ácido débil base fuerte, ácido débil base débil, básica o Saponificación el que se usa en el proyecto como el principal. El clúster 3 se enfoca en la identificación de los catalizadores comúnmente usados para este proceso de obtención de ácidos grasos, en el cual se encuentra que el más usado y el que permite una mayor conversión en ácidos grasos es el Ni/Mo (Níquel de Molibdeno) soportado en alúminas.

Los 3 últimos están enfocados en determinar las mejores condiciones de producción de ácidos grasos en cuanto al tiempo, presión y temperatura.

En el clúster 4 se encuentran las temperaturas utilizadas en el proceso de producción de ácidos grasos, en este se puede observar que está separado en rangos de temperatura menor a 200°C de temperatura, los cuales se encuentran asociados a la materia prima de origen vege-

tales y aceites reutilizados para la obtención de ácidos grasos, en los rangos de temperatura superiores a 200°C, se tiene que son más relacionados a materias primas como lo son grasas extraídas de origen animal y crudo de petróleo que aunque no produce ácidos grasos es utilizado de manera experimental para un proceso de refinamiento de mismo.

El clúster número 5 está enfocado a la duración promedio en tiempo y flujo que debe cumplir el proceso de hidrólisis para la transformación de la materia prima en ácidos grasos, en este se evidencian una relación de tiempos menores a dos horas, con flujos de 10 ml que están relacionados con procesos de transformación de material orgánico vegetal, y en procesos de obtención de ácidos grasos a partir de origen animal con tiempos superiores a dos horas, con flujos de 10 ml.

Por último se tienen las presiones necesarias para la hidrólisis en la cual se encuentra que para presiones inferiores a 70 bar se obtiene una menor transformación de ácidos grasos y una menor eficiencia en el proceso, y para presiones de 70 bar o más llegando hasta 150 bar, se obtiene una mayor transformación de ácidos grasos, aunque igualmente están relacionados con la materia prima por lo que para las materias primas de origen animal llegan a requerir una presión de 70 bar hasta 150 bar.

Cuadro 2: Principales temas de interés sobre investigación.

<b>Países</b> [ # Artículos]	<b>Autores</b> [# Artículos]	<b>Instituciones</b> [# Artículos]	<b>Tema de Interés</b>	<b>Tendencias de publicaciones</b>																
España [4] Colombia [3] México [1] Argentina [1] Venezuela [1]	M. L. P.; L. P. T.; S. O; M. L.; G. A. C; R. J. M.; C. A. C. A.; A. G.; E. J. A.; M. E. S. B; N. M. P; T. G. L. A; A. B. J; H. V. M.; R. B; A. I; J. P; S. M. R.; L. I. B. G; A. C. R. G.	Universidad Nacional del Litoral; Pontificia Universidad Javeriana; Facultad de Química de la; revista de ingeniería. Universidad de los Andes; Universidad Central de Venezuela; Universidad de Alcalá; Universidad Politécnica de Valencia; Acta bioquímica clínica latinoamericana; Universidad Autonoma de Madrid; Universidad de la Salle.	Hidrólisis	<table border="1"> <caption>hidrolisis</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Publicaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>1</td></tr> <tr><td>2007</td><td>1</td></tr> <tr><td>2009</td><td>2</td></tr> <tr><td>2011</td><td>1</td></tr> <tr><td>2013</td><td>1</td></tr> <tr><td>2015</td><td>2</td></tr> <tr><td>2017</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Año	Publicaciones	2005	1	2007	1	2009	2	2011	1	2013	1	2015	2	2017	1
Año	Publicaciones																			
2005	1																			
2007	1																			
2009	2																			
2011	1																			
2013	1																			
2015	2																			
2017	1																			

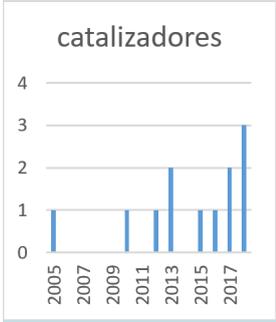
Continúa en la página siguiente

Cuadro 2 – Continuación de la página anterior

Países [# Artículos]	Autores [# Artículos]	Instituciones [# Artículos]	Tema de Interés	Tendencias de publicaciones																
Colombia [6] México [6] Argentina [1]	C. T. T; L. T. B; Á. V. O; L. M. R.; B. M. O; L. C. C; W. R. P; M. A. M; E. R. A.; M. L. P; L. S; B. A. L; L. A. R.; E. A; A. V; A. G.; S. O; M. L; G. A. C; R. J. M.; B. C; E. M.; M. G. O. G.; A. C. R; R. A. J; A. B. G; J. A. A. R.; C. A. C. A.; I. E. M. R; N. A. C. V; J. J. R.; A. I. C. E.; L. I. B. G; A. C. R. G.	Luna Azul; Biotecnol; Universidad Nacional del Litoral; Información Tecnológica; Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas; Facultad de Química de la; Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica; Instituto Mexicano del Petróleo; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C [2]; revista de ingeniería. Universidad de los Andes; Universidad Autónoma de Aguascalientes; ; Universidad de la Salle.	Ácidos grasos	 <table border="1"> <caption>ácidos grasos</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th># Publicaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>1</td></tr> <tr><td>2007</td><td>0</td></tr> <tr><td>2009</td><td>1</td></tr> <tr><td>2011</td><td>1</td></tr> <tr><td>2013</td><td>2</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1</td></tr> <tr><td>2017</td><td>3</td></tr> </tbody> </table>	Año	# Publicaciones	2005	1	2007	0	2009	1	2011	1	2013	2	2015	1	2017	3
Año	# Publicaciones																			
2005	1																			
2007	0																			
2009	1																			
2011	1																			
2013	2																			
2015	1																			
2017	3																			

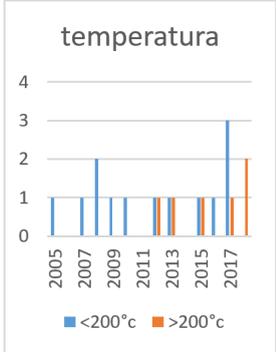
Continúa en la página siguiente

Cuadro 2 – Continuación de la página anterior

<b>Países</b> [ # Artículos]	<b>Autores</b> [# Artículos]	<b>Instituciones</b> [# Artículos]	<b>Tema de Interés</b>	<b>Tendencias de publicaciones</b>																
Colombia [5] México [4] Argentina [1] Cuba [1] España [1]	C. T. T; L. T. B; Á. V. O; L. M. R.; B. M. O; L. C. C; W. R. P; M. A. M; E. R. A.; M. L. P; L. S; B. A. L; L. A. R.; E. A; A. V; A. G.; S. O; M. L; G. A. C; R. J. M.; B. C; E. M.; M. G. O. G.; I. E. M. R; N. A. C. V; J. J. R.; A. I. C. E.; S. M. R.; L. I. B. G; A. C. R. G.	Luna Azul; Biotecnol; Universidad Nacional del Litoral; Información Tecnológica; Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas; Facultad de Química de la; Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica; Instituto Mexicano del Petróleo; Universidad Autónoma de Aguascalientes; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.; Universidad Autonoma de Madrid; Universidad de la Salle.	Catalizadores	 <table border="1"> <caption>catalizadores</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Publicaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>1</td></tr> <tr><td>2007</td><td>0</td></tr> <tr><td>2009</td><td>1</td></tr> <tr><td>2011</td><td>1</td></tr> <tr><td>2013</td><td>2</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1</td></tr> <tr><td>2017</td><td>3</td></tr> </tbody> </table>	Año	Publicaciones	2005	1	2007	0	2009	1	2011	1	2013	2	2015	1	2017	3
Año	Publicaciones																			
2005	1																			
2007	0																			
2009	1																			
2011	1																			
2013	2																			
2015	1																			
2017	3																			

Continúa en la página siguiente

Cuadro 2 – Continuación de la página anterior

Países [# Artículos]	Autores [# Artículos]	Instituciones [# Artículos]	Tema de Interés	Tendencias de publicaciones
<p>Mexico [4] España [3] Colombia [3] Argentina [1] Venezuela [1] Cuba [1] Mexico [3] Colombia [2] España [1]</p>	<p>C. T. T; L. T. B; Á. V. O; L. M. R.; M. L. P; L. S; B. A. L; L. A. R.; E. A; A. V; A. G.; S. O; M. L; G. A. C; R. J. M.; A. C. R; R. A. J; A. B. G; J. A. A. R.; E. C. M; H. S. M; S. P. C.; I. E. M. R; N. A. C. V; J. J. R.; A. I. C. E.; A. G.; E. J. A.; R. B; A. I; J. P; S. M. R. B. M. O; L. C. C; W. R. P; M. A. M; E. R. A.; B. C; E. M.; I. E. M. R; N. A. C. V; J. J. R.; A. I. C. E.; S. M. R.; L. I. B. G; A. C. R. G.</p>	<p>Nacional del Litoral; Información Tecnológica; Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas; Facultad de Química de la; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C [2]; Red de Estudios Cienciométricos para la Educación Superior; Universidad Autónoma de Aguascalientes.; Universidad Central de Venezuela; Universidad de alcalá; Acta bioquímica clínica latinoamericana; Universidad Autonoma de Madrid. Biotecnol; Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica; Universidad Autónoma de Aguascalientes; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.; Universidad Autonoma de Madrid; Universidad de la Salle.</p>	<p>Temperatura &lt;200°C &gt;200°C</p>	

Cuadro 2 – Continuación de la página anterior

Países [# Artículos]	Autores [# Artículos]	Instituciones [# Artículos]	Tema de Interés	Tendencias de publicaciones																								
<p>España [3] Colombia [3] Mexico [2] Argentina [1] Mexico [2] Colombia [1] España [1]</p>	<p>B. M. O; L. C. C; W. R. P; M. A. M; E. R. A.; M. L. P; L. S; B. A. L; L. A. R.; I. E. M. R; N. A. C. V; J. J. R.; A. I. C. E.; E. J. A.; R. B; A. I; J. P; S. M. .; L. I. B. G; A. C. R. G. C. T. T; L. T. B; Á. V. O; L. M. R.; B. C; E. M.; A. I. C. E.; S. M. R.</p>	<p>Biotecnol; Universidad Nacional del Litoral; Información Tecnológica; Universidad Autónoma de Aguascalientes; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.; Universidad de alcalá; Acta bioquímica clínica latinoamericana; Universidad Autonoma de Madrid; Universidad de la Salle.</p> <p>Luna Azul; Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.; Universidad Autonoma de Madrid.</p>	<p>Tiempo</p> <p>&lt;2H &gt;2H</p>	<table border="1"> <caption>Tiempo</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>&lt;2H</th> <th>&gt;2H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2007</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2009</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>2.0</td><td>0.0</td></tr> </tbody> </table>	Año	<2H	>2H	2005	1.0	0.0	2007	1.0	0.0	2009	1.0	0.0	2011	1.0	0.0	2013	1.0	0.0	2015	1.0	0.0	2017	2.0	0.0
Año	<2H	>2H																										
2005	1.0	0.0																										
2007	1.0	0.0																										
2009	1.0	0.0																										
2011	1.0	0.0																										
2013	1.0	0.0																										
2015	1.0	0.0																										
2017	2.0	0.0																										

Continúa en la página siguiente

Cuadro 2 – Continuación de la página anterior

Países [# Artículos]	Autores [# Artículos]	Instituciones [# Artículos]	Tema de Interés	Tendencias de publicaciones
México [4] España [3] Colombia [3] Argentina [1] Venezuela [1] Cuba [1] México [3] Colombia [2] España [1]	C. T. T; L. T. B; Á. V. O; L. M. R.; L. P. T; E. A; A. V; A. G.; B. C; E. M.; S. M. R.; L. I. B. G; A. C. R. G. C. T. T; L. T. B; Á. V. O; L. M. R.; M. L. P; B. C; E. M.; I. E. M. R; N. A. C. V; J. J. R.; A. I. C. E.; S. M. R.; L. I. B. G; A. C. R. G.	Luna Azul; Pontificia Universidad Javeriana; Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas; Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica; Universidad Autonoma de Madrid; Universidad de la Salle. Luna Azul; Universidad Nacional del Litoral; Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica; Universidad Autónoma de Aguascalientes; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.; Universidad Autonoma de Madrid; Universidad de la Salle.	Presion <70 bar >70 bar	

### 3.2. Fundamentos teóricos

En esta sección se ven las definiciones teóricas de los términos que influyen en el proceso de transformación de los desechos grasos animales en diésel verde.

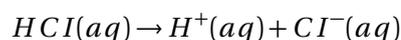
#### 3.2.1. Hidrólisis

Reacción en la cual una sustancia reacciona con uno o ambos iones del agua para generar dos productos, sin que se produzca transferencia de electrones [32]. La hidrólisis es una reacción química, en la que moléculas de agua se dividen en sus átomos formando uniones distintas

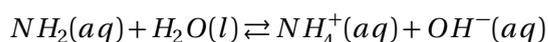
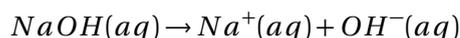
con alguna otra sustancia involucrada, alterándola en el proceso, en otras palabras, cuando el agua es usada como disolvente [31]. Su nombre proviene de los vocablos griegos hydro (“agua”) y lysis (“ruptura”), en química orgánica, es el proceso exactamente opuesto a una reacción de condensación, que es la juntura de dos moléculas orgánicas que produce una molécula de agua [32]. Existen tres formas de hidrólisis principales, dependiendo de la reacción de estas sustancias con el agua:

- **Hidrólisis ácido-base.**

- **Ácido-** Es cualquier sustancia que al disolverse en agua aumenta la condensación de iones hidrógeno [31].



- **Base-** Es cualquier sustancia que al disolverse en agua aumenta la condensación de iones hidróxido. Esta sustancia podría ser básica porque aporta iones (OH-) al medio o por razón de que tome (H+) del medio [31].



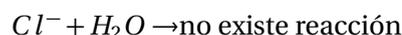
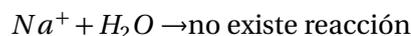
En la reacción el agua se fracciona en un ion de hidroxilo ( $OH^-$ ) y un protón ( $H^+$ ) que es conocido como un hidratado para conformar hidronio ( $H_3O^+$ ), en asistencia de sustancias tales como las sales, la cual posee iones que se mezclan con las anteriores, dependiendo del grado de disolubilidad que tiene estas sales con respecto al agua [37].

Esto permite dar pie a cuatro escenarios distintos:

- **Hidrólisis de sal de ácido base fuerte-** La sal que posee los siguientes requerimientos es el  $NaCl$ . Al disolver en agua, se separa completamente [31].



Los iones originados ( $Na^+$  y  $Cl^-$ ), tienen su origen de una base fuerte ( $NaOH$ ) y de un ácido fuerte ( $HCl$ ), esto es porque son variables conjugadas tan débiles que no logran hacer reacción con el agua. Como no se realiza ni  $H_3O^+$  ni  $OH^-$ , la separación producida posee el pH inicial del agua, por esta razón el  $NaCl$  es una sal neutra [31].



Por tanto, las separaciones líquidas de sales originarias de un ácido fuerte y una base fuerte no logran hidrolizarse, y su pH es neutro (pH = 7) [31].

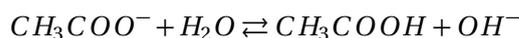
Por eso se realizan pocas hidrólisis, por lograr que los cationes y aniones sean suficientemente reactivos, debido a que son endebles. El pH en este caso será neutro [37].

- **Hidrólisis de sal de ácido débil-base fuerte-** Acetato sódico,  $NaCH_3COO$  esta sal que tiene origen de un ácido débil, el ácido acético ( $CH_3COOH$ ,  $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$ ) y junto a una base fuerte, hidróxido sódico ( $NaOH$ ). En el momento en que la sal entra en contacto con agua experimenta los siguientes procesos [31].

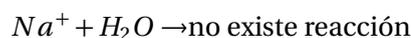
1) Reacción de disolución:



2) Reacción de hidrólisis: como el ión  $CH_3COO^-$  resulta ser la base conjugada de un ácido débil posee inclinación a reaccionar con el agua:



Entretanto el ion sodio no produce reacción:



El ion de acetato (que es de origen de un ácido débil), se puede hidrolizar, en cambio el ion de sodio (que es de origen de una base fuerte), no padece ninguna reacción de hidrólisis. Por esto, el pH obtenido de una disolución acuosa de esta sal es alcalino, ya que se genera  $OH^-$ , por lo que esta sal es una sal básica [31].

Por tanto, las separaciones líquidas de sales originarias de un ácido débil y una base fuerte poseen un pH básico ( $\text{pH} > 7$ ) [31].

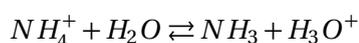
Por eso en esta ocasión la debilidad del ácido (y por ende de la anión) genera iones de hidroxilo, entretanto que el catión, siendo fuerte, no generara una reacción. Como resultado el pH será básico [37].

- **Hidrólisis de sal de ácido fuerte-base débil.** - Un modelo de esta variedad de sal es el cloruro amónico ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), que es originario de un ácido fuerte ( $\text{HCl}$ ) y de una base débil ( $\text{NH}_3$ ,  $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$ ). Este al disolverse en el agua, como primera medida se separa y después el ion amonio (originario de una base débil) se hidroliza [31].

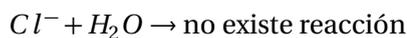
1) Reacción de disolución:



2) Reacción de hidrólisis:



Esta reacción posee un pH ácido debido a que se producen protones. Esto se ocasiona al momento en el que el ion amonio, es el ácido combinado de una base débil tiene inclinación a producir una reacción con el agua. De otra forma, el ion cloruro, como es originario de un ácido fuerte, no tiene inclinación a producir una reacción con el agua [31].



En la formula anterior se puede observar el ion de amonio (que es originario de una base débil), este se puede hidrolizar, en cambio que el cloruro (que tiene origen de un ácido fuerte) el cual no padece ninguna reacción de hidrólisis. Por esto el pH de una disolución líquida de esa sal es ácida, ya que se genera  $\text{H}_3\text{O}^+$ , por lo que esta sal es una sal ácida [31].

Por lo cuál la separación líquida de sales originarias de un ácido fuerte y una base débil son ácidas y su es ( $\text{pH} < 7$ ) [31].

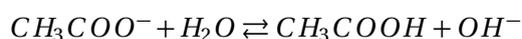
La debilidad de la base (y por esto del catión) producirá iones de hidronio (hidroxonio), en cambio que los aniones no producirán reacción. El pH resultante será ácido [37].

**Hidrólisis de sal de ácido débil-base débil-** La distinta conducta de dos sales de esta variedad, el nitrito amónico ( $NH_4CH_3COO$ ) y el acetato amónico ( $NH_4NO_2$ ). La primera es una sal ácida, en cambio la segunda es neutra. El acetato amónico, que es de origen de un ácido débil (ácido acético) y de una base débil (amoníaco). En como primera medida, se disuelve y después los dos iones padecen el proceso de hidrólisis [31].

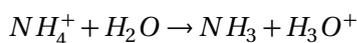
1) Reacción de disolución:



2) Reacciones de hidrólisis: Los dos iones pasan por un proceso de hidrólisis, porque son originarios de un ácido débil y una base débil [31].



$$K_b = \frac{(CH_3COOH)(OH^-)}{(CH_3COO^-)} = \frac{10^{(-14)}}{K_a} = 5,5 * 10^{(-10)}$$



$$K_a = \frac{(NH_3)(H_3O^+)}{(NH_4^+)} = \frac{10^{(-14)}}{K_b} = 5,5 * 10^{(-10)}$$

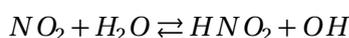
Debido a que la estequiometría de esta sal es 1:1, el concentramiento original de ion acetato y de ion amonio es igual, de esta manera se ve que el pH de la disolución que resulta el valor de las constantes de los dos procesos de hidrólisis. En este particular caso, las dos constantes poseen valores iguales, por lo que la conglomeración de hidroxilos y protones que dan las dos reacciones son iguales. Por esto el pH que se obtiene será neutro (pH = 7) [31].

Las reacciones que tienen lugar son: [31].

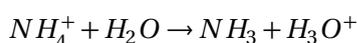
1) Reacción de disolución:



2) Reacciones de hidrólisis:



$$K_b = \frac{(HNO_2)(OH^-)}{(NO_2^-)} = \frac{10^{-14}}{K_a} = 2,2 * 10^{-11}$$



$$K_a = \frac{(NH_3)(H_3O^+)}{(NH_4^+)} = \frac{10^{-14}}{K_b} = 5,5 * 10^{-10}$$

Por esto se puede observar, en el particular caso actual, la condensación original de ambos iones es igual, pero las constantes de hidrólisis no lo son ( $K_a NH_4^+ = 5,5 * 10^{-10} > K_b NO_2^- = 2,2 * 10^{-11}$ ). Esto se debe a que la cantidad de protones que da es mayor que el de hidroxilos, por lo que el resultado será un pH ácido (pH <7) [31].

Las separaciones líquidas de sales originarias de un ácido débil y una base débil poseen un pH que está definido por la estabilidad que presente más constante de hidrólisis [31].

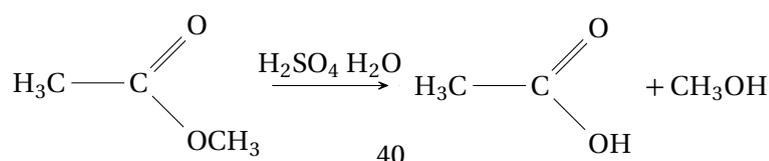
La elevada reactividad de los cationes tanto como de los aniones, hace que se logre una estabilidad superior o inferior de la reacción y se generaran iones hidroxilos como hidronios. El pH obtenido será neutro

#### ■ Hidrólisis de ésteres y amidas

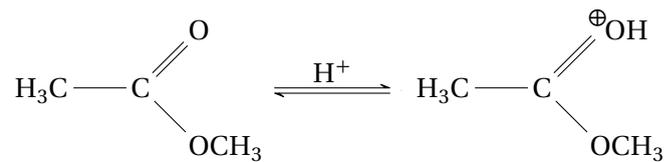
Con sustancias de tipo orgánicas, la existencia del agua o de un ion hidróxido producen una reacción con los átomos de carbono, dividiéndolos en los elementos que los componen: las amidas se dividen en aminas y ácidos carboxílicos, los ésteres se dividen en alcoholes y ácidos carboxílicos. Como ocurre en el ejercicio de la saponificación (hidrólisis de triglicéridos y generación de jabones) [32].

#### ■ Hidrólisis ácida de ésteres

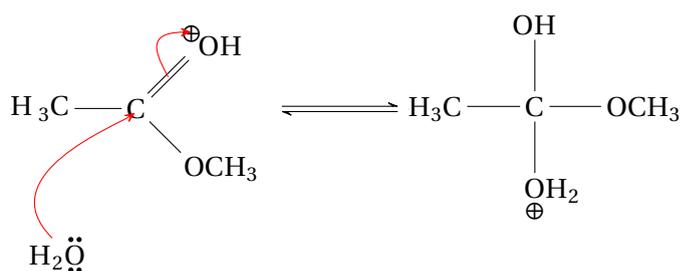
Los ésteres que sufren una reacción de hidrólisis, creando ácidos carboxílicos y alcoholes, en el momento en que se les excita térmicamente en medios ácidos o básicos. La hidrólisis de los ésteres es el procedimiento contrario a la esterificación [37].



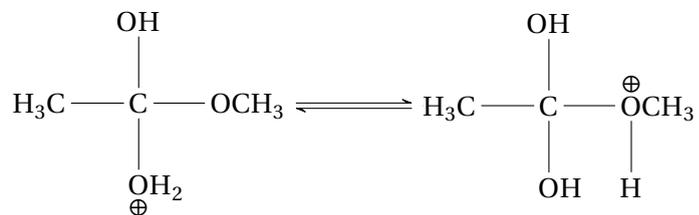
**Etapa 1. Protonación.**



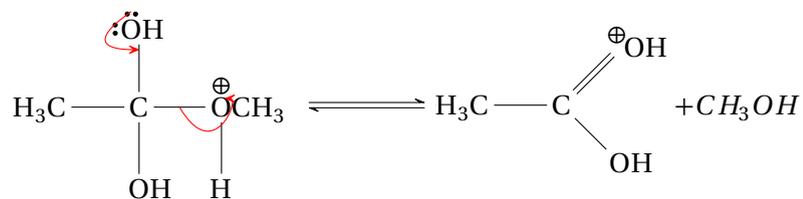
**Etapa 2 Ataque nucleófilo del agua**



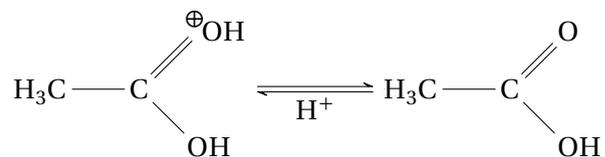
**Etapa 3 Equilibrio ácido-base**



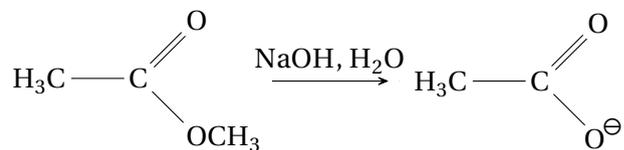
**Etapa 4 Equilibrio ácido-base**



**Etapa 5 Equilibrio ácido-base**

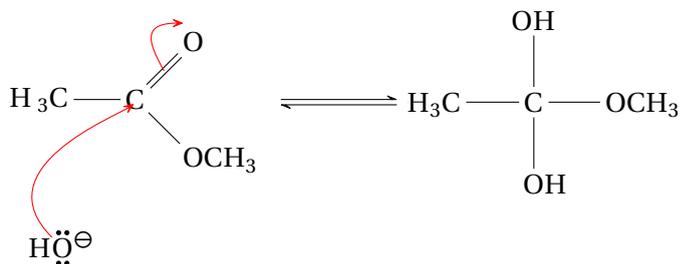


■ **Hidrólisis básica de ésteres o saponificación**

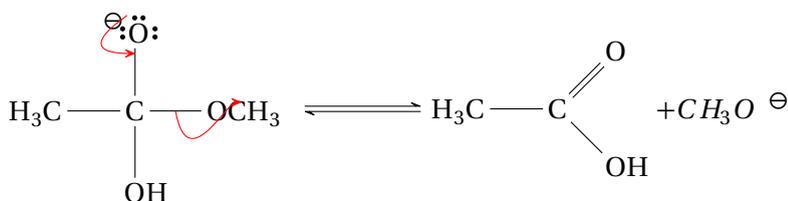


Este procedimiento pasa por un mecanismo de añadidura y supresión. En la primera etapa se agrega el grupo de hidróxido al carbonilo del éster, y en la siguiente etapa se genera la eliminación de metóxido [37].

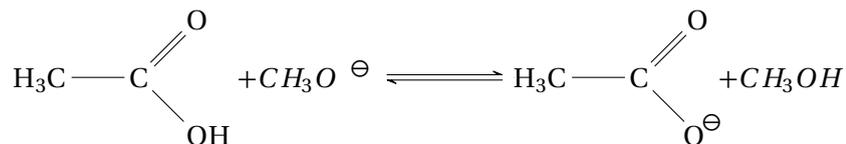
### Etapa 1 Ataque nucleófilo



### Etapa 2 Eliminación



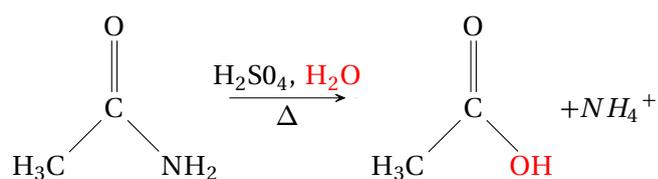
### Etapa 3 Equilibrio ácido-base



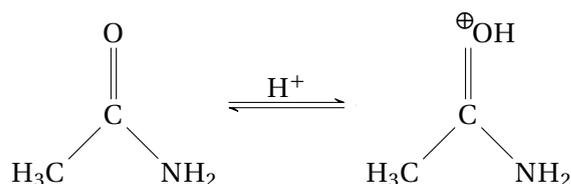
Por último, en la etapa final, de significativa inalterabilidad, produce que la hidrólisis básica sea la más funcional en comparación con la ácida. Esta etapa traslada la estabilidad con destino al producto final [37].

■ **Hidrólisis ácida de amidas**

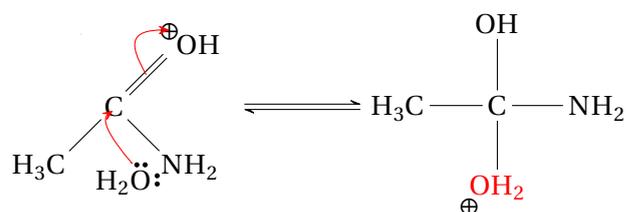
Las amidas se transforman por una hidrólisis en ácidos carboxílicos. El proceso de reacción se puede generar tanto en métodos ácidos así como en básicos altamente concentrados y necesita excitar térmicamente mientras pasan varias horas. Estas condiciones tan extremas son requeridas porque es limitada la reactividad de las amidas en comparación a los ataques nucleófilos porque principalmente a la cesión del par solitario del nitrógeno [19].



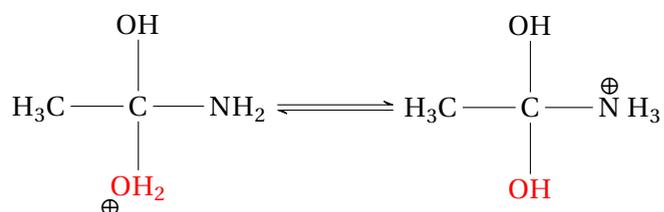
**Etapla 1** Protonación del oxígeno carbonílico.



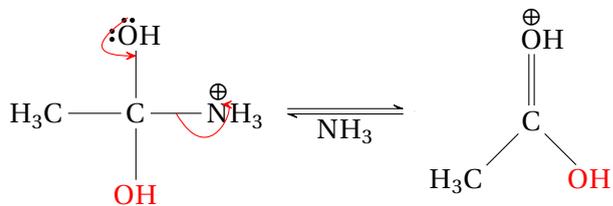
**Etapla 2** Ataque nucleófilo del agua al carbono carbonilo.



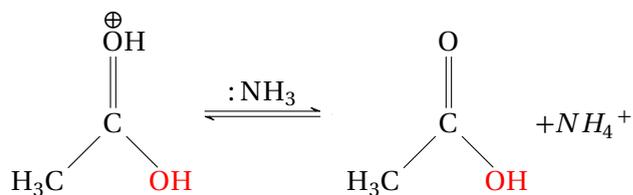
**Etapla 3** Desprotonación del agua y protonación del grupo amino.



**Etapla 4** Eliminación de amoniaco.

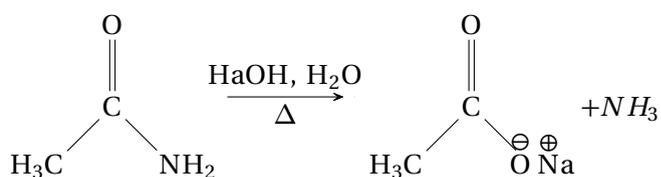


**Etapa 5** Desprotonación del oxígeno carbonílico.

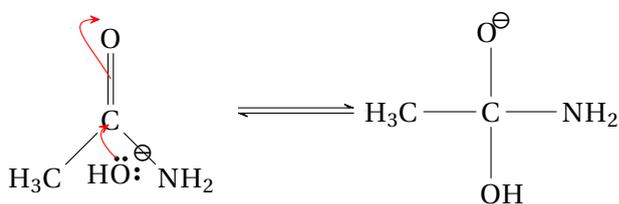


• **hidrólisis básica de amidas**

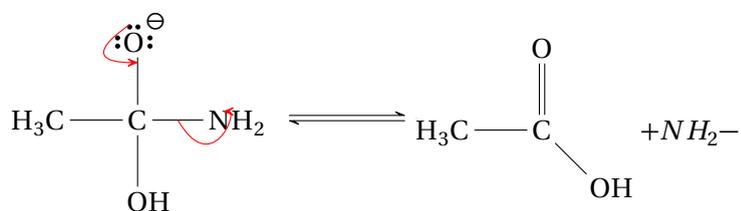
Las amidas se transforman en carboxilatos por tratamiento con sosa acuosa bajo calefacción [19].



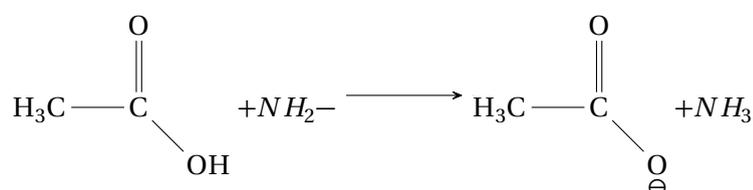
**Etapa 1** Ataque nucleófilo.



**Etapa 2** Eliminación.



**Etapa 3** Equilibrio ácido base desplazado.



Esta última etapa desplaza los equilibrios anteriores favoreciendo el rendimiento de la reacción [37].

#### • Hidrólisis de polisacáridos

La reacción de hidrólisis, consiste en el rompimiento de uniones covalentes por medio de una molécula de agua. La hidrólisis de un enlace glucosídico se lleva a cabo mediante la disociación de una molécula de agua. El hidrógeno del agua se une al oxígeno del extremo de una de las moléculas de azúcar; el OH se une al carbono libre del otro residuo de azúcar. El resultado de esta reacción, es la liberación de un monosacárido, si la molécula hidrolizada fue un disacárido o bien el polisacárido, depende de la molécula original [24].

Diversos azúcares como disacáridos o polisacáridos pueden ser descompuestos al disolverse en agua, cuando el hidrógeno de ésta se une al oxígeno del extremo de la molécula de azúcar, mientras el ion hidroxilo (OH<sup>-</sup>) se une al resto de la misma. De este modo se simplifica el azúcar, lo cual permite llevar moléculas complejas a otras semejantes mucho más simples, y es un proceso llevado a cabo regularmente por las formas de vida [24].

#### • Hidrólisis empleadas en fabricación de biocombustibles

Principalmente son usadas dos tipos de hidrólisis estas son la química en medio básico o ácido y la enzimática.

• **Hidrólisis química e Hidrólisis enzimática** de ésteres de ácidos grasos presentes en aceites de distintos orígenes, seguida de reesterificación. La doctora de la Universidad de Buenos Aires Albertina Moglioni, profesora adjunta de la Cátedra de Química Medicinal, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, explica que: [34].

- **La hidrólisis química en medio básico o ácido** presenta como ventaja ser económica. La hidrólisis en medio ácido, además permite trabajar con aceites de mala calidad y obtener combustibles de calidad aceptable. En lo que se refiere a la hidrólisis en medio alcalino, se trata de un proceso de saponificación utilizando una base, generalmente hidróxido de sodio o de potasio, seguido de una reesterificación con metanol, precisa la investigadora. Esta última metodología es la más utilizada actualmente en la obtención de biodiésel a nivel industrial [35].

- **La hidrólisis enzimática** requiere el uso de enzimas (lipasas) para obtener el combustible. “ Esta forma es ventajosa porque genera desechos orgánicos durante el proceso productivo y porque, además, las enzimas pueden ser “recicladas” volviendo a utilizarse en un próximo proceso productivo”, señala Moglioni. En consecuencia, es un proceso mucho menos contaminante, dado que se obtiene un producto biodegradable con el uso de un reactivo que también es biodegradable. Ahora bien, en la actualidad la hidrólisis enzimática se produce mediante una enzima soportada proveniente de *Cándida antarctica*. “Esta enzima se importa y es notablemente costosa” [28].

### 3.2.2. Diésel verde

El diésel verde representa una combinación de n-parafinas, la cual tiene átomos de carbono ordenados de una manera aleatoria características de cada uno de los ácidos grasos o triglicéridos (derivado de la lignocelulosa) que proviene la materia prima [5].

### 3.2.3. Ion

Es un átomo o molécula que ha obtenido o perdiendo una carga. Las partículas de carga eléctrica negativa o un átomo o molécula que posee una falta de electrones, poseen un tipo de carga netamente positiva y se conoce como catión. Uno con electrones de más, tiene una carga netamente negativa y es conocido como anión [37].

### 3.2.4. Base

Es una sustancia molecular apta para aceptar un protón de una sustancia ácida, o las variedades químicas que correspondan [33].

### 3.2.5. Ácido fuerte

Es una sustancia ácida que se separa totalmente en iones de hidrógeno y aniones en solución. Los ácidos fuertes son electrolitos fuertes. Sólo existen seis diferentes ácidos fuertes usuales estos son: HCl (ácido clorhídrico), HBr (ácido bromhídrico), HI (ácido yodhídrico),  $H_2SO_4$  (ácido sulfúrico),  $HClO_4$  (ácido perclórico) y  $HNO_3$  (ácido nítrico) [4].

### **3.2.6. Ácido graso**

Ácidos alifáticos monocarboxílicos derivados o contenidos en su forma esterificada en ceras, aceites o grasas animales o vegetales. Los ácidos grasos naturales tienen de 4 a 28 carbonos (usualmente en número par y en cadena no ramificada) y pueden ser saturados o insaturados [21].

### **3.2.7. Éster**

Es uno de los compuestos químicos que surgen de sustituir átomos de hidrógeno de un ácido por radicales alcohólicos; es como una sal en que los átomos metálicos están reemplazados por radicales orgánicos. Los disolventes son ésteres [38].

### **3.2.8. Hidrotratamiento**

Hidrotratamiento, conocido formalmente como hidrosulfuración (HDS), es un proceso químico que se utiliza en el gas natural y el petróleo refinado. El objetivo de este proceso es disminuir la cantidad de azufre en el petróleo mediante el aumento de la cantidad de hidrógeno en el producto. Esto se hace para una variedad de razones, tales como la disminución del impacto ambiental cuando se utilizan estos productos derivados del petróleo, y para mantener las unidades de reformación que procesan el petróleo de ser envenenado. La mayor parte del azufre producido anualmente viene de este proceso [14].

## **4. METODOLOGÍA**

En el desarrollo del presente proyecto se sigue la siguiente metodología de diseño y desarrollo, a continuación se describen los procedimientos realizados.

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

Esta etapa se realiza una búsqueda de publicaciones arbitradas para hacer un estado del arte, analizándolo, teniendo en cuenta sus tendencias de publicación, año de publicación y país donde se investigaron, además de realizar un estudio de clúster de investigación, con el fin de conocer el estado actual de publicaciones sobre el proceso de la hidrólisis.

### **4.2. Identificación de las condiciones de producción**

Esta se centra en realizar una investigación y determinar las mejores condiciones de síntesis para el proceso de hidrólisis a partir de la materia prima de origen animal, además de realizar un estudio experimental de esas condiciones de síntesis realizado en los laboratorios químicos de la Universidad de Antioquia.

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

Se realizó una búsqueda de alternativas de solución, se analizan las alternativas y se toma una decisión sobre el transductor de flujo adecuado para la lectura de la variable flujo de acuerdo con sus características y los componentes que lo constituyen, implementando un diseño 3D.

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

En esta etapa se desarrolló la implementación de un software de supervisión de variables en la plataforma Node-Red, en la cual se incluyen lecturas de las tres variables que influyen en el proceso estas son, temperatura, presión y flujo, este diseño es ilustrativo al no poder realizar la implementación de la planta por las limitaciones expuestas.

#### **4.5. Selección de elementos de recolección de datos del diseño de la planta experimental**

En esta etapa se determinaron los requisitos propios de cada una de las variables que influyen en el proceso de hidrotreatmento (temperatura, presión y flujo). Para la selección de los elementos de recolección de datos se tuvieron en cuenta como condiciones de entrada, los antecedentes de fuentes consultadas y el conocimiento de asesores expertos en el tema, en este caso se tomó el concepto de los investigadores ingenieros químicos del grupo de investigación PQI de la Universidad de Antioquia.

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

En esta sección se realiza una validación de las condiciones necesarias de la planta en cuanto a la variable: Flujo, estas se realizan en el entorno de simulación HYSYS ASPEN, y en los laboratorios químicos de la Universidad de Antioquia.

#### **4.7. Revisión de los resultados**

Con el software realizado como diseño de módulo de adquisición de datos de la variable flujo, 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.

## 5. PLAN DE TRABAJO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Análisis del estado del arte de la hidrólisis

La hidrólisis de residuos grasos animales para la obtención de ácidos grasos se encuentra estructurada en tres etapas diferentes.

- Hidrólisis de los triglicéridos: consiste en desdoblar los triglicéridos del tejido adiposo para poder obtener ácidos grasos libres. Para ello las enzimas que se encargan de dicha fusión son llamadas lipasas, es decir enzimas que degradan grasa, la degradación de grasa también se conoce como lipolisis. La lipasa que encontramos en el tejido adiposo también se conoce como lipasa sensible-hormona es denominada así debido a que para que esta pueda ejercer su función, esta lipasa tiene que ser activada, para que se realice la activación se requiere la presencia de determinadas hormonas adrenalina, norepinefrina, glucagón y la hormona adrenocorticotrópica. Estas cuatro hormonas pueden desencadenar la activación de las lipasas. El mecanismo de activación de dichas enzimas explicado de manera sencilla existen receptores específicos para las hormonas antes mencionadas. Cuando la hormona se une a su receptor desencadena una serie de señales que liberan cAMP cíclico esta liberación permite la activación de una proteína llamada proteína de quinasa esta proteína es de gran importancia ya que esta activa las lipasas las cuales al activarse van rompiendo los enlaces éster de los triglicéridos y de esta forma generar ácidos grasos libres y glicerol.
- Activación y transporte de ácidos grasos: El objetivo es generar una molécula llamada Acil-CoA la cual es un ácido graso activo en el que se esta suministrando energía. Lo primero que ocurre es una reacción de condensación entre un compuesto de alta energía el cual es ATP con el ácido graso este ácido proviene de la lipolisis anterior esta reacción es catalizada por acil-CoA este genera un producto llamado Acil-adenilato a su vez liberando pyrophosphate. El Acil-adenilato recibe CoA-SH por medio de la misma enzima acil-CoA el cual libera AMP lo cual produce nuestro compuesto Acil-CoA el cual se encuentra activo. El transporte del ácido graso se da hacia el interior de las mitocondrias normalmente los ácidos grasos que son de cadena corta pasan sin problema a la matriz pero los ácidos de cadena larga que son los principales no pasan de forma sencilla ya que la membrana interna mitocondrial es muy selectiva para ello se tiene que conjugar con carnitina esta es una amina cuaternaria que se sintetiza gracias a la lisina y metionina debido a la carnitina los ácidos grasos pueden ser transportados atravesando la membrana mitocondrial para dirigirse a la matriz para su posterior oxidación.

- Oxidación de los ácidos grasos: Al estar en la matriz estas moléculas de acil-CoA se degradadas usando reacciones como tiolisis por CoA, Hidratación, Oxidación por NAD<sup>+</sup>, oxidación por FAD. El resultado de las reacciones de la cadena del ácido se suprime a dos carbonos y genera NADH, FADH<sub>2</sub> y Acetil-CoA. Esta serie es llamada oxidación.

## **5.2. Análisis de condiciones para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales**

El hidrotreamiento habitual toma la materia en forma de triglicérido si transformamos la materia de residuos grasos a ácidos grasos nos brindaría una molécula más simple para el tratamiento con el hidrógeno. Al ser hidrolizado el triglicérido ayuda en la purificación de los compuestos polares lo cual reduce tiempos de reacción por lo cual se hace el tratamiento de hidrólisis a la materia.

Lípidos hidrolizables simples: Son esterés de ácidos grasos superiores con distintos alcoholes. Llamados Lípidos neutros [29].

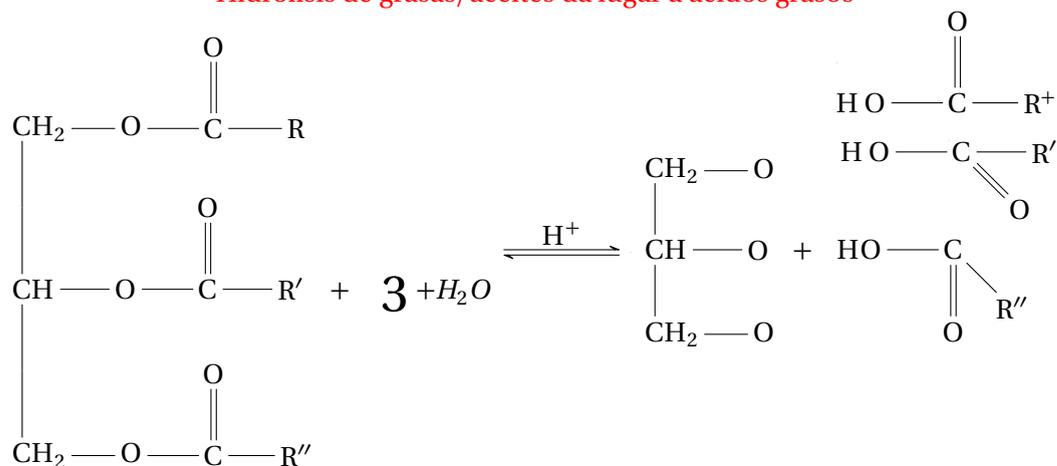
Los ácidos grasos esterificados pueden ser : Saturados, no saturados o insaturados, otros (ramificados, hidroxilados, con enlace triple, cíclicos) [29].

Los ácidos grasos saturados son monocarboxílicos de cadena lineal, generalmente de número par de átomos de carbono, mayor que 10.

Los ácidos grasos insaturados tienen uno (monoinsaturados) o más dobles enlaces (poliinsaturados)

Hidrólisis: Dado que los lípidos hidrolizables son esterés, esta reacción puede llevarse a cabo tanto en medio ácido, como en medio alcalino. La hidrólisis puede también ser enzimática (La enzima específica se llama Lipasa) [29].

### Hidrólisis de grasas/aceites da lugar a ácidos grasos

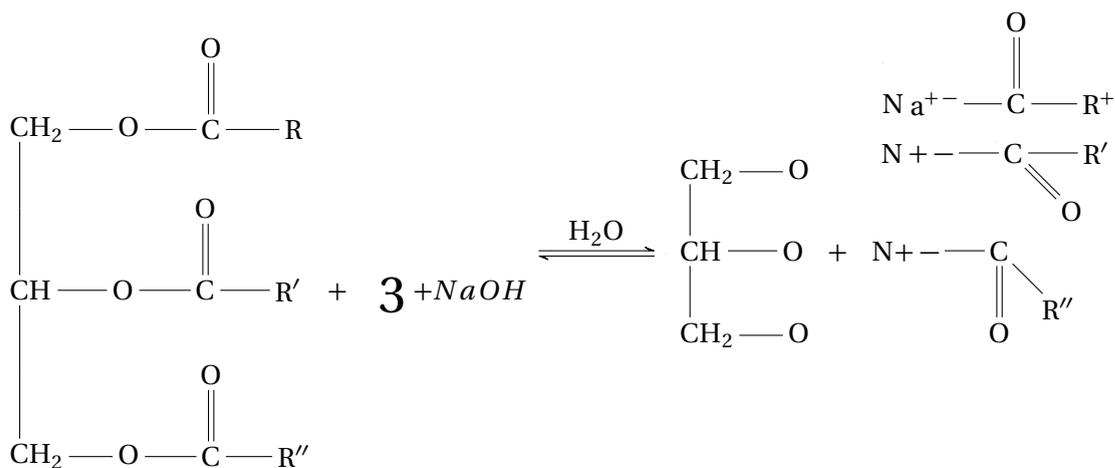


Triglicéridos

Medio ácido

Glicerol

Ácidos grasos



Triglicéridos

Medio alcalino

Glicerol

Salas de ácidos grasos

Las sales de los ácidos grasos se llaman jabones y la hidrólisis alcalina que los forma, se llama "Saponificación". Los jabones de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  son solubles en  $\text{H}_2\text{O}$ ; los de  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y metales pesados son insolubles en  $\text{H}_2\text{O}$  [29].

Índice de Saponificación: Es el número de mg de KOH necesarios para saponificar completamente 1 gramo de grasa.[31].

Índice de acidez: Es análogo al índice de saponificación. La presencia de ácidos grasos libres, acidificarán el medio lo que llevara a un consumo de KOH en la valoración, una vez neutralizado, la gota en exceso de álcali moverá el indicador fenolftaleína desde medio ácido y neutro hacia el medio básico [31].

Índice de Iodo (número de Iodo): Es la cantidad de Iodo (expresada en gramos), que reacciona con 100 g de grasa -o aceite-. Esta definición es formal, ya que el reactivo no es el I<sub>2</sub> sino el monoclóruo de yodo (ICl) o monobromuro de yodo. Este parámetro da una idea del número de (insaturaciones) en la muestra [31]. En la actualidad, la determinación de los ácidos grasos se efectúa por medio de métodos cromatográficos, por ej. : Cromatografía en capa fina (cualitativo) o cromatografía gaseosa (cuantitativo) [31]. Hidrogenación: las reacciones de los triacilglicérols no solo implican al enlace éster, ya que los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados pueden adicionar halógenos (como en índice de I<sub>2</sub>), oxígeno (ocasiona la rancidez).

Este es un proceso muy usado en la industria en la preparación de margarina, que implica una hidrogenación parcial de un aceite vegetal líquido (maíz, soja), donde algunos dobles enlaces se transforman en simples y el aceite se transforma en un sólido firme, de consistencia comparable a la de la manteca [31].

### **5.3. Condiciones de reacción en proceso de hidrólisis**

Las condiciones cambian de acuerdo al tipo de grasa animal que se emplee. La grasa de pollo nos brinda mejores beneficios en la obtención de ácidos grasos insaturados ya que esta constituida en un 74% de estos ácidos superior a otras fuentes animales [5,6]. Al usar la grasa de pollo se recomienda usar una hidrólisis básica de ésteres ya que estos se hidrolizan en medios líquidos bajo catálisis ácida o básica. Para este tipo de hidrólisis se emplea un reactor tipo batch con una relación grasa: agua 1:15 a una temperatura de 210 °C a presión autógena por 150 min lo cual brindaría conversiones de un 82% hasta un 92% de estos ácidos.

Por consiguiente las mejores condiciones de síntesis para la hidrólisis cambian de acuerdo a la materia prima utilizada ya que la composición química es diferente a su vez cambia en el método de hidrólisis que se aplique como se ve en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Diferentes condiciones de operación de los principales métodos de hidrólisis.

Hidrólisis	Descripción	Temperaturas de operación (°C)	Tiempo	Efectos	Referencia
Ácidos fuertes	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> en concentraciones 30 % - 70 %	20 - 50	<10 minutos.	Solubilidad total de la celulosa, generando oligosacáridos y glucosa. Se forman aldehídos por degradación.	Camacho (1996)[16].
Ácidos diluidos	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> en concentraciones 10 % - 15 %	180 – 200	>1 hora.	Es necesario llevar el proceso en dos etapas y la selectividad de la glucosa no supera el 50%.	Nguyen (2000) [11]
Básica de ésteres	Relación aceite/agua 1:12	<210	2 horas	94,2 % de producción de ácidos grasos	Salazar (2018)[36]
Hidrotérmica	Sin necesidad de catalizador ácido, a 100 bar – 150 bar.	>300	<1 segundo.	Se obtiene la hidrólisis completa de la hemicelulosa y la celulosa	Fang (2008)[40]
Enzimática	Utiliza enzimas tipo celulosas (endoglucanasa, exoglucanasa y colobiohidrolasas)	50	72 horas.	Pequeñas concentraciones de ácidos pueden inhibir la actividad enzimática	Zhang (2010)[22]

#### 5.4. Condiciones de hidrólisis obtenidas de manera experimental para la obtención de los ácidos grasos

Estos datos se obtuvieron en el laboratorio de química de la Universidad de Antioquia. Se utilizó un reactor tipo parr para la obtención de los ácidos grasos. Empleando aceite de pollo como fuente renovable y biológica debido a su alta composición de ácidos grasos insaturados del cual esta compuesto un (74%) siendo superior al porcentaje que contienen otras fuentes de grasa animal. Se coloca una porción de aceite de pollo en el vaso del reactor aplicando una hidrólisis por carga empleando una relación de aceite y agua 1:15 empleando una temperatura constante de 200 °C estando este sometido a presión autógena durante 120 minutos. El resultado fue satisfactorio con una conversión del 90%. Esto nos brinda un producto semisólido con un índice de acidez de 179.63 mg KOH/g. Para efectos de comparación se realizó una segunda prueba cambiando el tipo de hidrólisis. Empleando una hidrólisis-saponificación

más conocida como hidrólisis de ésteres bajo las mismas condiciones.

Siendo el resultado muy satisfactorio con una conversión del 96%. Con un índice de acidez de graso de 204 mg KOH/g sin embargo, esta ruta requiere gasto adicional de reactivos y procesos. Diseño del módulo de flujo para la adquisición de datos en el proceso.

### **5.5. Diseño del módulo de flujo para la adquisición de datos en el proceso.**

El módulo de adquisición de datos para la planta experimental se realiza mediante el software de desarrollo gráfico en 3D, SketchUp 2020. Se emplea por su flexibilidad y fácil manejo.

Se opta por el diseño de un controlador de flujo másico el cual mide el flujo del gas. Estos incorporan una válvula de derivación y una válvula cierre de suministro para el control del flujo. Esto garantiza flujos proporcionales a un ajuste electrónico. Por lo general estos controles funcionan a un control constante pero da la opción de regular el paso del flujo conforme la presión disminuya abriendo más la válvula con el fin de obtener un flujo constante. Estos controles de flujo son de alta fiabilidad, fabricados en materiales inoxidables, cuentan con una cubierta robusta, sus pulsadores en el panel y su interfaz gráfica facilitan su manejo. Su rango de medición este puede ser configurado en el menú a su vez tiene una salida análoga de (1-5V, 0-5V, 0-10V) DC su memoria puede almacenar hasta 10 parámetros diferentes. Se puede poner una contraseña de seguridad para limitar el acceso. Para su alimentación se emplea un enchufe RS-232, la conexión al panel de control se realiza por medio de un conector RS-485. Como se ilustra en la Figura 3 hay un transductor de flujo másico que censa el paso de el gas que en este caso es hidrógeno  $H_2$ , este transductor posee las siguientes características, un flujo de hidrógeno máximo de 20L/min (litro estándar por minuto) y un flujo mínimo de 10 ml/min (mililitros por minuto), esta basado en el transductor industrial SmartTrack 100 (medidor de flujo másico), permitiendo una calibración a 70 ml/min permitiendo la correcta operación de la planta, al ser este el flujo necesario para el hidrógeno, para realizar la calibración de este transductor se debe conocer el  $C_p$  (capacidad calorífica) del gas que va a manejar, en este caso el  $C_p$  es de 14.3193[kJ/(kg\*K)], teniendo el valor de  $C_p$  del hidrógeno, se ingresa en el transductor y se calibra para permitir un flujo correcto y constante a la presión de entrada, maneja una presión estándar de 34.5 bar y una presión máxima de 333 bar, este rango de presión permite una operación óptima a 70 bar de presión, y para finalizar tiene un manejo estándar de temperatura del gas de 0 a 60°C, el gas entra a la línea de alimentación de flujo gaseoso de la planta a una temperatura ambiente por lo que tiene un rango de temperatura óptimo.

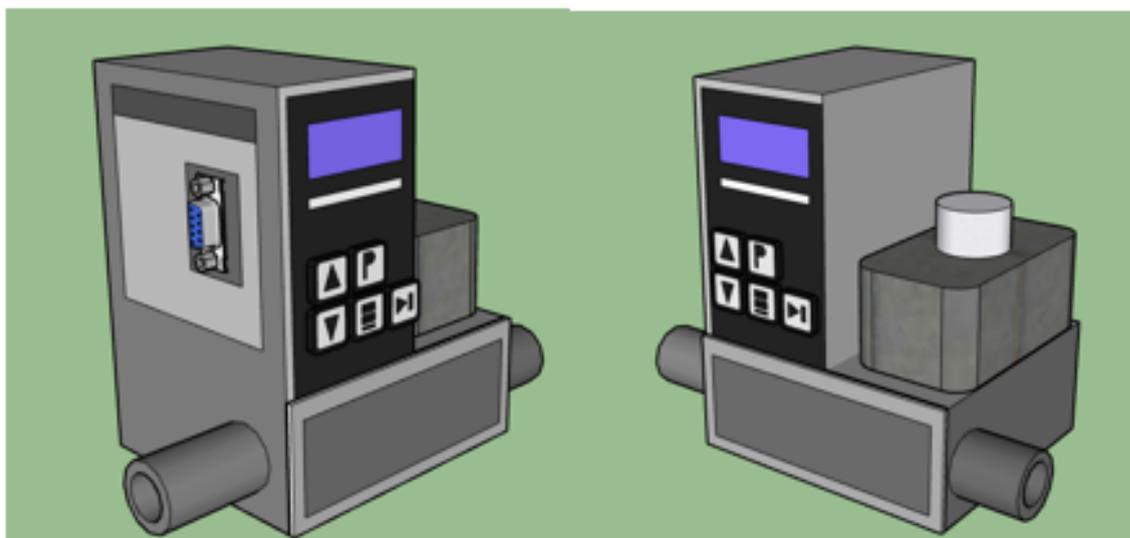


Figura 3: Transductor de flujo másico para adquisición de datos

En la Figura 4 se tiene el sistema de soporte y derivación para la medición del transductor, este posee una válvula de derivación para un llenado rápido del reactor con hidrógeno a una presión de 70 bar garantizando una operación a 70 bar y un flujo constante a 70ml/min. En la salida se tiene otra válvula para cierre de la línea de entrada de hidrógeno para detener el proceso de alimentación.

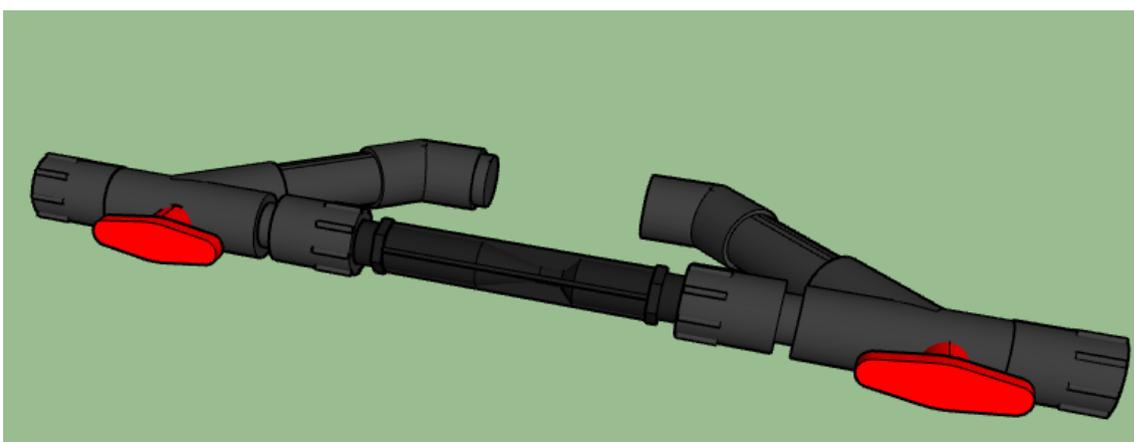


Figura 4: Sistema de derivación de flujo másico para adquisición de datos

En la Figura 5, el modulo completo para lectura de la variable de flujo y la forma en la que queda implementado el transductor en el soporte, válvula de derivación y válvula de cierre,

esta cuenta con una tubería de 1/4 de pulgada y su transductor de flujo con las características adecuadas anteriormente mencionadas y se pueden evidenciar en el Anexo D.

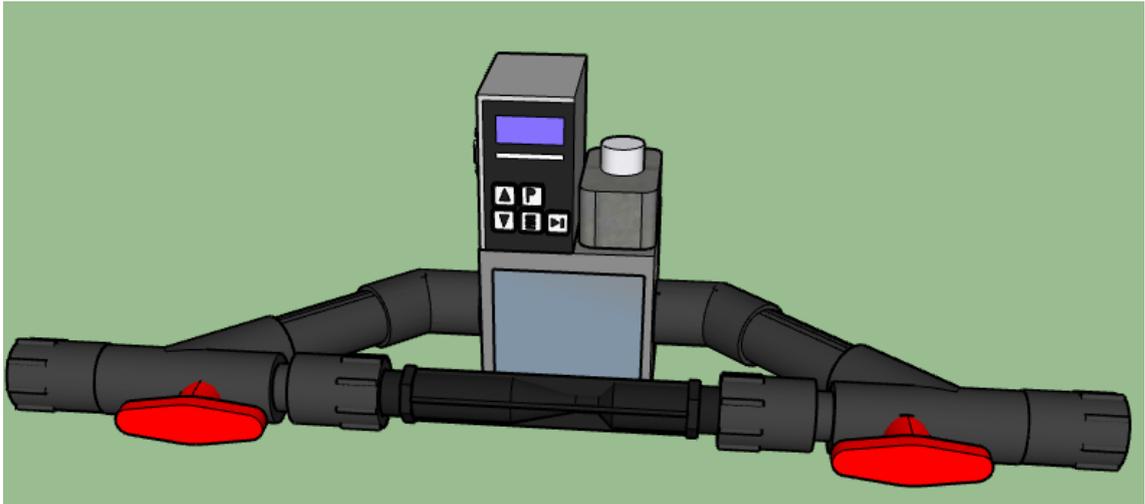


Figura 5: Módulo de control de flujo másico para adquisición de datos

## 5.6. Propuesta de diseño planta experimental

Planta piloto tipo reactor de dos fases una líquida y una fase gaseosa. La fase líquida es un aceite hidrolizado de ácidos grasos la fase gaseosa es un gas de hidrógeno unidos en un proceso de reacción de flujo descendente. Como se observa en la Figura 6. tenemos el diagrama general del proceso o el P&ID del proceso donde se identifican cada uno de los diferentes componentes de la planta experimental ver en el Cuadro 4.

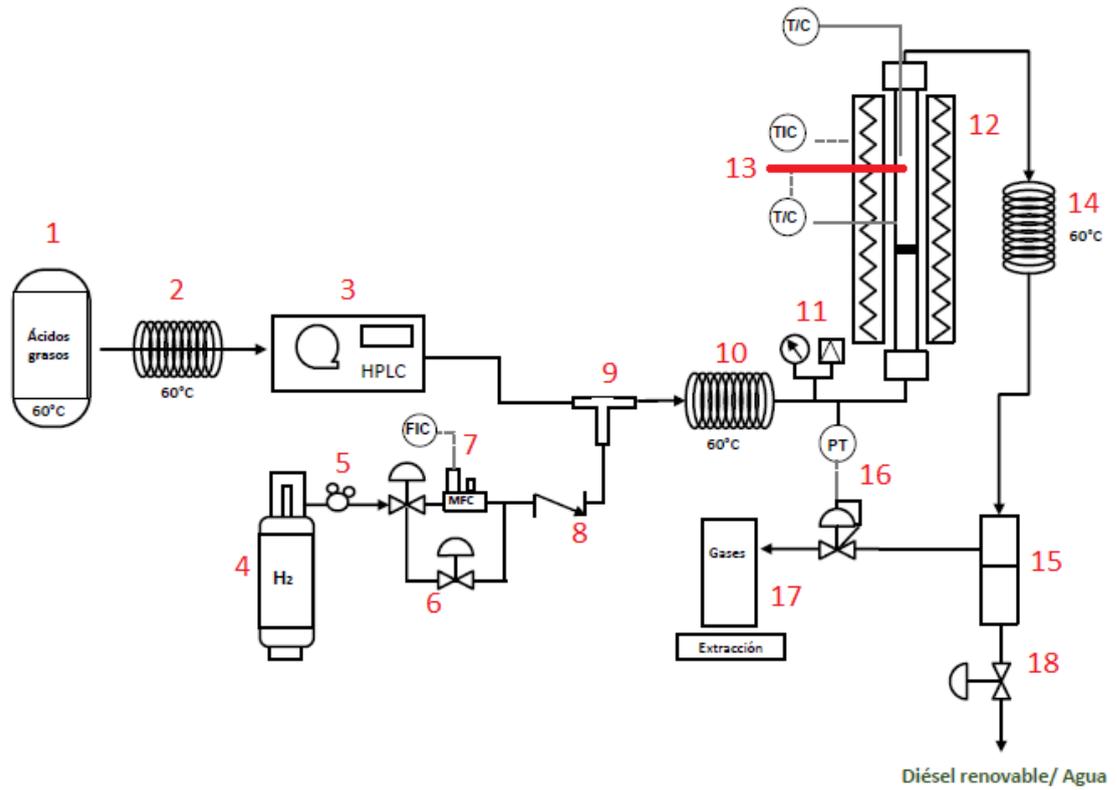


Figura 6: Simulación del diagrama P&ID de la planta experimental usando visual paradigm herramienta online.

En la Figura 7 se tiene el modelo en 3D de la propuesta de diseño de la planta experimental con todos los elementos para su correcto funcionamiento y su sistema de medición de variables, con numeración descrita en el Cuadro 4.

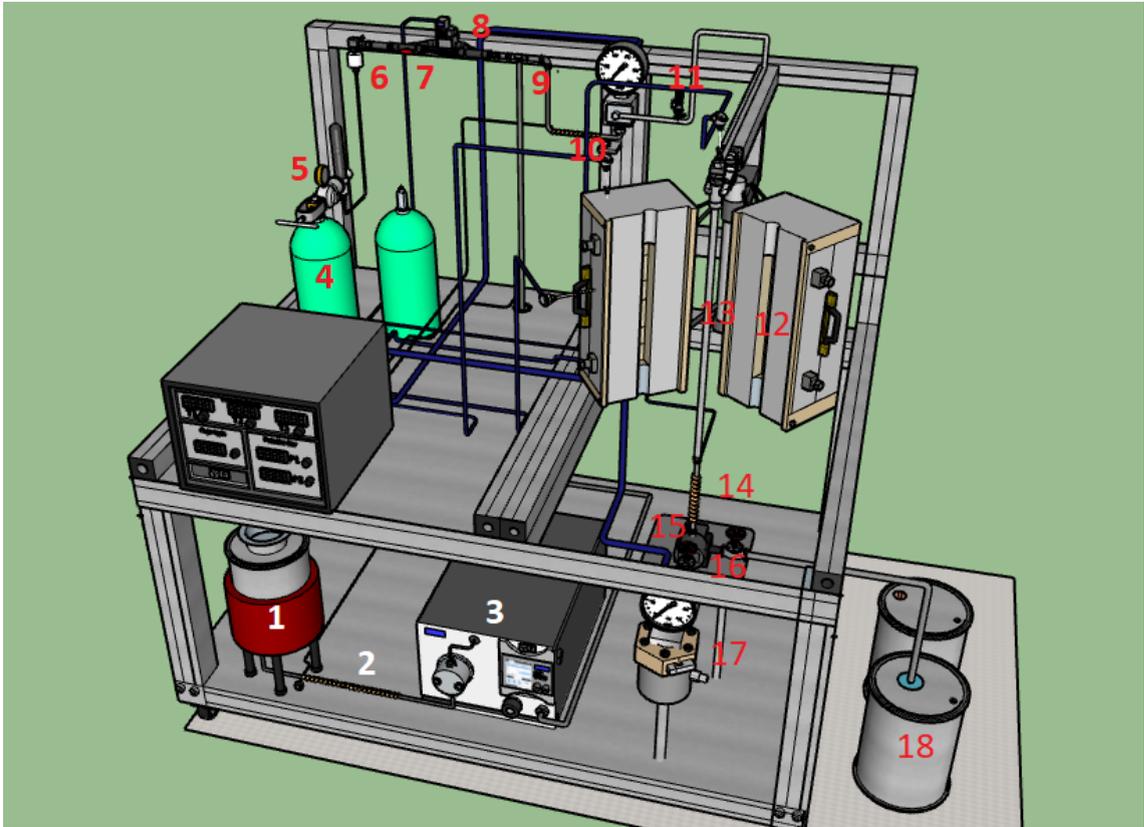


Figura 7: Diseño previo planta experimental

Cuadro 4: Descripción diagrama P&ID y diseño previo planta experimental

Etapa	Estado	Presión	Temperatura	Descripción	Salida
1	L	AT	60°C	Tanque de ácidos grasos con chaqueta de calentamiento en acero inoxidable	Ácidos grasos a 60°C
2	L	AT	60°C	Cinta de precalentamiento	Ácidos grasos a 60°C

Continúa en la página siguiente

Cuadro 4 – Continuación de la página anterior

<b>Etapa</b>	<b>Estado</b>	<b>Presión</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Salida</b>
3	L	AT	60°C	Bomba de alta presión tipo HPLC de un solo canal	Flujo volumétrico bombeado 0,01-10 ml/min
4	G	<207 B	TA	Tanque de hidrógeno tipo bala	hidrógeno <207 B
5	G	<207 B	TA	Medición analógica tipo manómetro	Interfaz de presión analógica
6	G	70-90 B	TA	Válvula de seguridad de alivio de presión	atmósfera
7	G	70-90 B	TA	Controlador de flujo másico Regulador de Presión	70-90 B
8	G	70-90 B	TA	Válvula de seguridad tipo corte de precio	hidrógeno 70-90 B en estado abierto en estado cerrado no hay flujo.
9	LG	<100 B	<60°C	Unión principal de alimentación tipo T	Ácidos grasos hidrolizados
10	LG	<100 B	<60°C	Cinta de precalentamiento	Ácidos grasos a 60°C
11	LG	<100 B	<60°C	Válvula de alivio presión tipo disco de ruptura	atmósfera

Continúa en la página siguiente

Cuadro 4 – Continuación de la página anterior

<b>Etapa</b>	<b>Estado</b>	<b>Presión</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Salida</b>
12	N/A	N/A	350°C	Calefactor eléctrico tipo horno Split tubular	350°C potencia <750W
13	LG	<100 B	350°C	Reactor tubular de lecho fijo encargado de la reacción de hidrot ratamiento	Diésel renovable, Agua, Gases
14	LG	<100 B	60°C	Cinta de precalentamiento	Ácidos grasos a 60°C
15	LG	<100 B	<60°C	Separador bifásico encargado de separar líquidos inmiscibles y gases	(Gases del proceso a presión. Diésel renovable, agua) presión <100 B temperatura <60°C
16	L	<100 B	<60°C	Válvula de paso de flujo gaseoso tipo cierre	Gases del proceso
17	G	<100 B	<60°C	Tanque de extracción de gases tubular	Recolección de gases del proceso
18	G	<100 B	<60°C	Válvula de paso de flujo líquido tipo cierre	Diésel renovable, agua

### **Glosario del cuadro**

L = líquido.

G = gaseoso.

LG = líquido/gaseoso.

N/A= No aplica.

AT= Atmosférica.

B = bar (Medida de medición de presión).

TA=Temperatura ambiente.

W= Watt.

### **Memoria descriptiva de la planta experimental**

La planta experimental de diésel verde consta de dos tanques de alimentación en dos estados de la materia diferentes, el primer tanque contiene ácidos grasos obtenidos por medio de un tratamiento de hidrólisis en un estado de la materia líquida, estos ácidos pasan por una cinta de precalentamiento a 60 °C, la cual es la encargada de que estos ácidos sigan en un estado líquido para que sigan su recorrido hacia la bomba HPLC, encargada del bombeo de los ácidos grasos hacia la etapa de hidrotreatmento a presiones elevadas.

El segundo tanque de alimentación se encuentra en un estado de la materia gaseoso el cual contiene hidrógeno este pasa por válvulas de alivio de presión las cuales se activan, si las presiones llegan a ser muy riesgosas, tanto para el personal de manejo de la planta, como para la planta este hidrógeno, pasa por un módulo de presión másico el cual se encarga del control de presión para que este se suministre a las presiones adecuadas esta se dirige hacia una válvula de cierre por si las presiones en la etapa de hidrotreatmento son muy altas, el pazo del hidrógeno se le pueda cerrar.

Al salir de esta válvula se dirige hacia la etapa de hidrotreatmento, el cual mezcla los ácidos grasos con el hidrógeno a 70 bar de presión para ayudar a que esta mezcla se de esta sustancia pasa por una cinta de precalentamiento a 60 °C, seguido de una válvula de alivio de presión tipo disco de ruptura la cual se activa a presiones peligrosas para el manejo de la planta, liberando la presión que se encuentre en la planta.

Al pasar por la válvula tipo ruptura se dirige al reactor tubular de lecho fijo el cual se encarga de la separación de la reacción con el fin de obtener el diésel verde, este proceso se da porque

en la parte central del tubo de reacción se encuentra ubicado el catalizador, este se encarga del separado de los ácidos grasos hidrolizados convirtiéndolo la materia en diésel verde y gases del proceso, con el fin de facilitar este tipo de reacción se calienta el reactor con un sistema de calentamiento tipo chaqueta el cual calienta los ácidos hidrolizados en el tubo del reactor a una temperatura de 350 °C.

En la salida del reactor se encuentra una cinta de precalentamiento a 60 °C, para mayor fluidez del diésel verde este se dirige a un separador bifásico, encargado de la separación del diésel verde y gases estas dos sustancias se almacenan en tanques de almacenamiento distintos en la salida de la planta.

### **5.7. Validación de condiciones de operación de planta experimental.**

Se realiza una simulación en el entorno de desarrollo químico HYSYS ASPEN, las evidencias se pueden ver en el Anexo I, donde se configura la operación de un reactor tubular de lecho fijo teniendo en cuenta las diferentes variables implicadas en el procedimiento como variables de entrada y de proceso, como entradas se tiene dos, un flujo líquido representado por ácidos grasos, a temperatura de 60°C, presión de 70 bar y un flujo de 10ml/min, un flujo de hidrógeno en estado gaseoso, a condiciones de temperatura de 25°C, presión de 70 bar y un flujo másico de 70ml/min, sus condiciones de reacción se tiene una temperatura de 350°C, una presión entre 70 bar y 90 bar al poder generarse aumentos de presión por la reacción del hidrotreamiento por el catalizador de NiMo(Níquel de Molibdeno) soportado en alúminas, y un flujo de 80ml/min, con estas condiciones de entrada y de proceso se logra una eficiencia de 89 % de eficiencia en el proceso.

En los laboratorios químicos de la Universidad de Antioquia se realizó una prueba experimental en un proceso continuo, con un flujo de entrada de ácidos grasos de 0.05ml/min y una presión de 70 bar, una entrada gaseosa de hidrógeno a un flujo másico de 70ml/min y una presión de 70 bar, con una temperatura de reacción de 350°C, lo cual les dio una eficiencia del 98.46 %, con esto validamos las condiciones de operación, para la selección de los transductores tipo industriales para un futuro diseño de un sistema de adquisición de datos.

### **5.8. Desarrollo de la etapa Adquisición de datos y registro histórico para la planta experimental.**

Se presenta los resultados de la investigación y desarrollo de un sistema de supervisión para el monitoreo y registro de variables físicas que actúan sobre el proceso de la planta experi-

mental de fabricación de diésel renovable por hidrotratamiento de ácidos grasos de origen animal, con el fin de llevar un proceso de telemetría para la adquisición de datos en la planta piloto, necesario para el macro proyecto, Producción de Diesel Renovable Mediante Hidrotratamiento de Ácidos Grasos Derivados de Residuos Animales , este prototipo se compone de tres secciones, las cuales son: el módulo de instrumentación para lectura de las variables físicas mediante sensores , el envío de datos obtenidos vía internet, por último el procesamiento de datos, el cual se realiza mediante una Raspberry Pi 3b en base de un sistema operativo Raspbian, esta es la base de operación del sistema, el cual permite la visualización local y remota mediante del sistema de supervisión de variables físicas desarrollado en la plataforma basada en la red Node-Red.

Frente a la necesidad de visualización de las variables influyentes en una planta piloto tipo reactor tubular de lecho fijo encargada del proceso de hidrotratamiento de ácidos grasos de origen animal. Se opta por el desarrollo de un sistema de supervisión de variables físicas, el cual es de gran importancia para la lectura en tiempo real de las diferentes variables, para conocer las condiciones en las que se encuentra el reactor en cada momento de operación.

### 5.8.1. Marco conceptual

- **Raspberry Pi 3 B:** La Raspberry Pi 3 modelo B es uno de los productos en el rango de las tarjetas Raspberry pi 3, tiene una transferencia de datos de 64-Bit, con un procesador de cuatro núcleos con velocidad de procesamiento de 1.4 Ghz, posee dos bandas de internet LAN estas son a 2.4 y 5 GHz, cuenta con Bluetooth 4.2/BLE, fast Ethernet.

Esta tarjeta es un ordenador de bajo costo, con un sistema operativo basado en la distribución de Debian llamado Raspbian, su ventaja radica en su capacidad de cálculo y la facilidad para instalación de un servidor web, base de datos, su desventaja radica en que no posee entradas de señal analógica lo que implica utilizar hardware adicional para poder trabajarla .

- **Raspbian** El Sistema operativo Raspbian ahora llamado Raspberry pi OS, es el Sistema operativo oficial de la función de la Raspberry, se puede instalar con NOOBS o descargar de la página oficial de Raspberry, este viene con unos pre-instalados de software para educación, programación y uso general, como por ejemplo lo son Python, Scratch, Sonic Pi y java.
- **Node Red** Esta herramienta de programación está basada en el flujo, se desarrolló originalmente por el equipo de servicios tecnológicos emergentes de IBM, aunque ahora forma parte de la Fundación JS. Esta puede conectar diferentes dispositivos de hardware, API y servicios online de diferentes formas. Se presenta en un editor basado en un

navegador que facilita la conexión de flujos por su amplia gama de nodos de paleta que puede implementar en tiempo de ejecución.

El objetivo del entorno de programación Node-Red es posibilitar la capacitación de los desarrolladores de sistemas e ingenieros, para programar con facilidad usando bloques gráficos que tienen por nombre Nodos, esta aplicación incluye variados escenarios para la adquisición de datos, monitoreo y análisis.

### **5.8.2. Diseño del sistema de supervisión**

Se opta por el desarrollo e implementación de un sistema supervisión de variables físicas en la producción de diésel renovable de forma ilustrativa, al no lograr la implantación por las limitaciones anteriormente mencionadas, este no es el prototipo a implementar, es realizado para observar un método de supervisión de variables. Para el monitoreo y registro de variables implícitas que influyen en el proceso de producción las cuales se visualizan en una interfaz gráfica realizada en Node Red el cual es una herramienta de programación basada en el flujo. La cual brinda un editor basado en navegador que facilita la conexión de flujos mediante una amplia gama de nodos en las cuales se tienen en cuenta las variables, flujo, temperatura y presión. Con el fin de visualizar datos cuantificables que permiten ver en todo momento las condiciones que mantiene el proceso. 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 diésel renovable.

El control y procesamiento de datos se realiza mediante una Raspberry pi 3 usando un sistema operativo Raspbian 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 como se ve en la Figura 8. Se observa un diagrama de proceso del sistema de supervisión de variables físicas para la obtención de datos para proceso de obtención de diésel renovable.

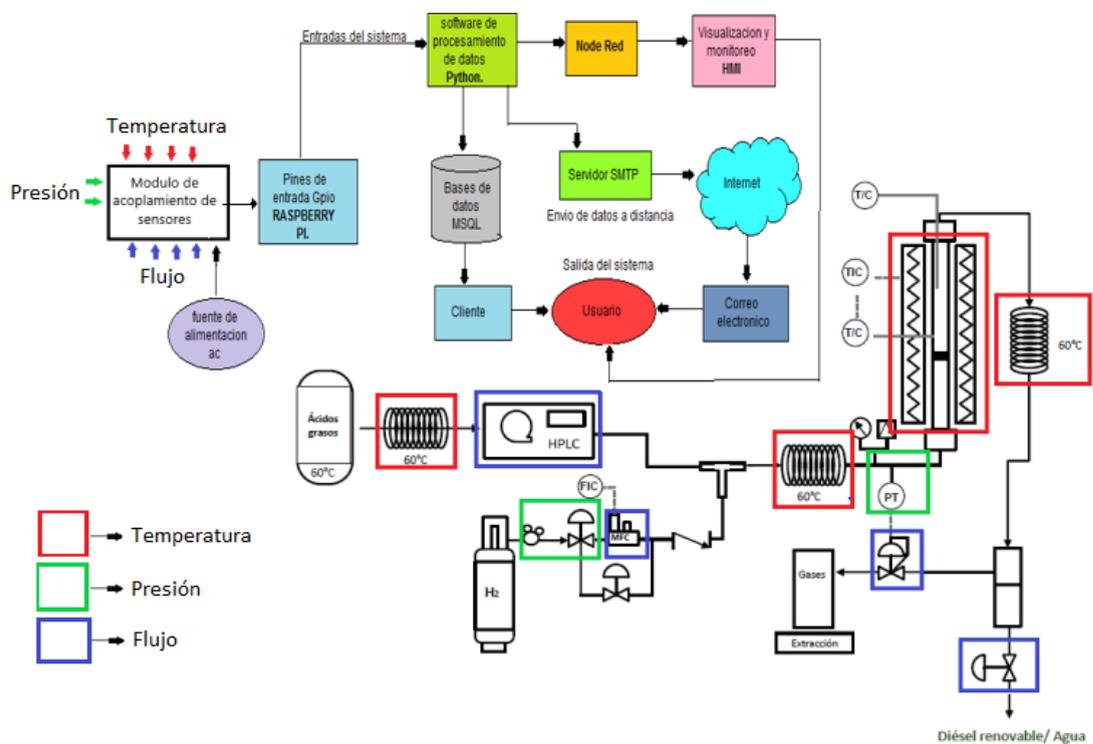


Figura 8: Diagrama de recolección de datos en el sistema de supervisión de variables físicas.

### 5.8.3. Variables importantes que inciden en el proceso de hidrot ratamiento de ácidos grasos de origen animal:

- Temperatura:** Se tendrán los siguientes elementos de medición los cuales son 4 transductores de temperatura, éstas permiten la lectura de temperatura en cada una de las partes del horno y el reactor. El transductor superior mide la temperatura interna del reactor a su vez la temperatura en la que se encuentra la mezcla del hidrógeno y los ácidos grasos, el segundo transductor que está ubicado en la parte superior del calefactor mide la temperatura los otros transductores miden la temperatura en las cintas de precalentamiento ver la transferencia de calor hacia el reactor. Estos transductores tienen señal de salida para control a través de tarjetas de adquisición de datos, permitiendo lecturas de información de la temperatura en tiempo real.
- Flujo:** Es importante en dos puntos ya que miden 2 tipos de flujo diferentes, el primero es aquel que está conectado al tanque de hidrógeno, este mide el paso de flujo másico a 70 bar de presión.

El segundo es el flujo de la bomba HPLC esta opera a un flujo líquido de 0.01ml/min

hasta 10ml/min a una presión de operación máxima de 207 bar, esta mide el flujo de ácidos grasos hacia el reactor.

- **Presión:** Se implementa un transductor de presión analógico encargado del censado en la parte de hidrólisis de la planta ya que esta zona es la que presenta mayor riesgo debido a las altas presiones que puede alcanzar acondicionado con un conversor análogo digital.

#### 5.8.4. Diagrama de bloques del sistema

La medición de variables que inciden en la calidad y eficiencia de extracción de diésel renovable es importante, por ello se realiza un diagrama enfocado en el sistema de supervisión de variables físicas. El cual cuenta con acondicionadores de señal con sus respectivos sensores, dispositivos que almacenan, visualizan y transmiten la información a la board central de procesamiento la cual se encarga de la manipulación, conversión, transmisión y recepción de datos a los módulos conectados, esto se ilustra en un diagrama de bloques expuesto en la Figura 9.

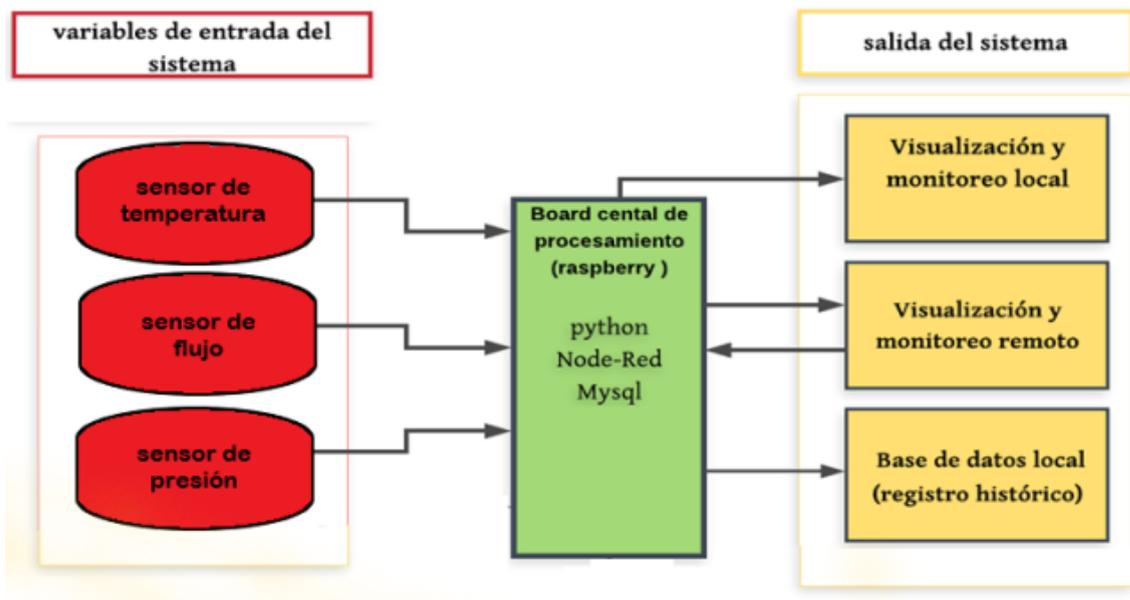


Figura 9: Diagrama de bloques general del sistema.

### 5.8.5. Etapa de instrumentación

En esta veremos los sensores utilizados para el desarrollo del sistema de supervisión desarrollado de forma ilustrativa, para la adquisición de datos de las variables que influyen en el proceso de hidrotreamiento.

- **Sensor de temperatura:** Se elige el sensor de temperatura DS18B20 ya que el sensor alcanza hasta 125 °C, Debido a que es un sensor digital, no recibe ningún tipo de degradación de la señal incluso a largas distancias. El DS18B20 proporciona 9 a 12-bits (configurable), por otro lado es compatible con sistemas de 3.0v o 5.5V ideal para trabajar con puertos Gpio de la Raspberry pi 3, en el Cuadro 5 tenemos las resoluciones que maneja el transductor de temperatura y en el Cuadro 6 se tiene la descripción de los pines del transductor.

Cuadro 5: Resolución en bits del sensor DS18B20

Resolución (Bits)	Temperatura (°C)
9	0,5 °C
10	0,25 °C
11	0,125 °C
12	0,0625 °C

Fuente: Tomado de Hernández, Programar fácil.com, n.d.

Cuadro 6: Función de pines sensor DS18B20

Pin	Función
GND	Pin de voltaje de referencia tierra, normalmente 0V.
DQ	Pin de salida de datos digitales serial por medio del protocolo de comunicación OneWire.
VDD	Pin asignado para la alimentación de voltaje del sensor, el rango de voltaje permitido es de 3.3V a 5V.

Una vez identificado los pines del sensor se conectó a la Raspberry con una configuración Pull-up: el cual consiste en una resistencia para controlar el bus de comunicación. Ya que el sensor usa un FET de drenaje abierto que se comporta como una compuerta AND; cuando el sensor o los múltiples sensores conectados al bus OneWire (pin DQ) no envíen datos, el voltaje de esta línea de datos del pin DQ será igual a la tensión de alimentación del sensor (3.3V a 5V), debido a la resistencia pull-up. Al momento en que un sensor empiece a enviar

datos, la línea cambia su estado (HIGH) y ya se sabe que existe una transmisión de datos, en la Figura 10 se tiene el diagrama de conexión del transductor de temperatura.

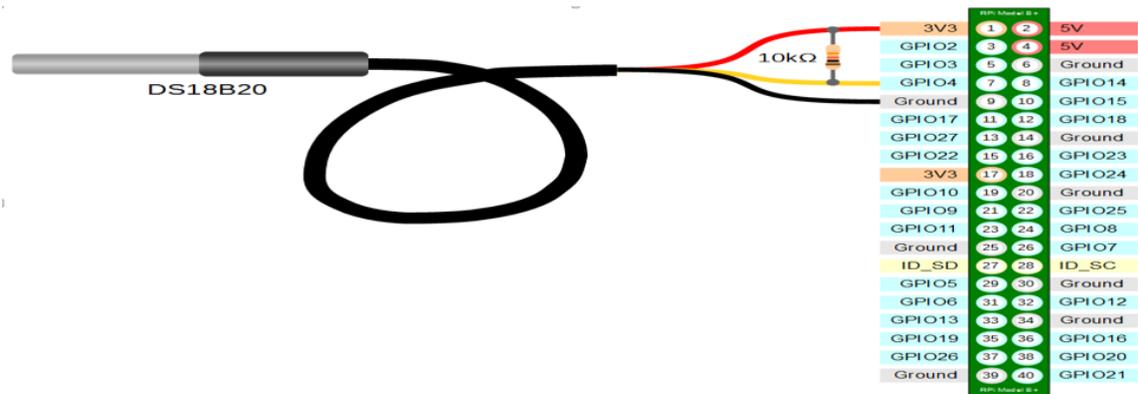


Figura 10: Conexión DS18B20 a Raspberry pi 3.  
Fuente: Tomado de Jacho Zambrano, 2017.

Para la lectura de estos sensores se utilizó la plataforma de programación de código abierto Python, ya que esta es compatible con el sistema operativo de la raspberry. Realizando el Listing 1, en el cual declara el puerto GPIO 4 como entrada de lectura del sensor de temperatura.

```

1 """Copyright (C) Ingenieria Electronica. 2020 Ucundinamarca
2 Calcula temperatura DS18B20
3 Author: Jacho Zambrano <JaZambrano@gmail.com>
4 Created: 2017
5 modified by: cristian hurtado <nicrihumar@hotmail.com>
6 Date: 2020 """
7 import os
8 import glob
9 import time
10
11 os.system('modprobe w4-gpio')
12 os.system('modprobe w4-therm')
13
14 base_dir = '/sys/bus/w4/devices/'
15 device_folder = glob.glob(base_dir + '28*')[0]
16 device_file = device_folder + '/w1_slave'
17
18 def read_temp_raw():
19     f = open(device_file, 'r')
20     lines = f.readlines()
21     f.close()
22     return lines

```

```

23
24 def read_temp():
25     lines = read_temp_raw()
26     while lines[0].strip()[-3:] != 'YES':
27         time.sleep(0.2)
28         lines = read_temp_raw()
29     equals_pos = lines[1].find('t=')
30     if equals_pos != -1:
31         temp_string = lines[1][equals_pos+2:]
32         temp_c = float(temp_string) / 1000.0
33
34         return temp_c
35
36 while True:
37     print(read_temp())

```

Listing 1: Algoritmo lectura de temperatura DS18B20

- Sensor de flujo:** Sensor de flujo DN32, en la Figura 11 se ve una ilustración del sensor, es una turbina de alto rendimiento, este tiene una señal de salida de pulsos, en donde la frecuencia de esta es proporcional a la cantidad de flujo que atraviese al sensor. Dicha señal digital tiene un rango de frecuencia entre 0Hz y 100Hz, en el Cuadro 7 se tiene la descripción de los pines del sensor y en la Figura 12 la forma de conexión.



Figura 11: Caudalímetro DN32  
Fuente: Tomado de AliExpress, n.d.

Cuadro 7: Funciones de pines del sensor de flujo

Pin	Color	Función
VCC	Rojo	voltaje sensor de 3.0 a 24 (V)
DP	Amarillo	Pin de salida digital
GND	Negro	tierra

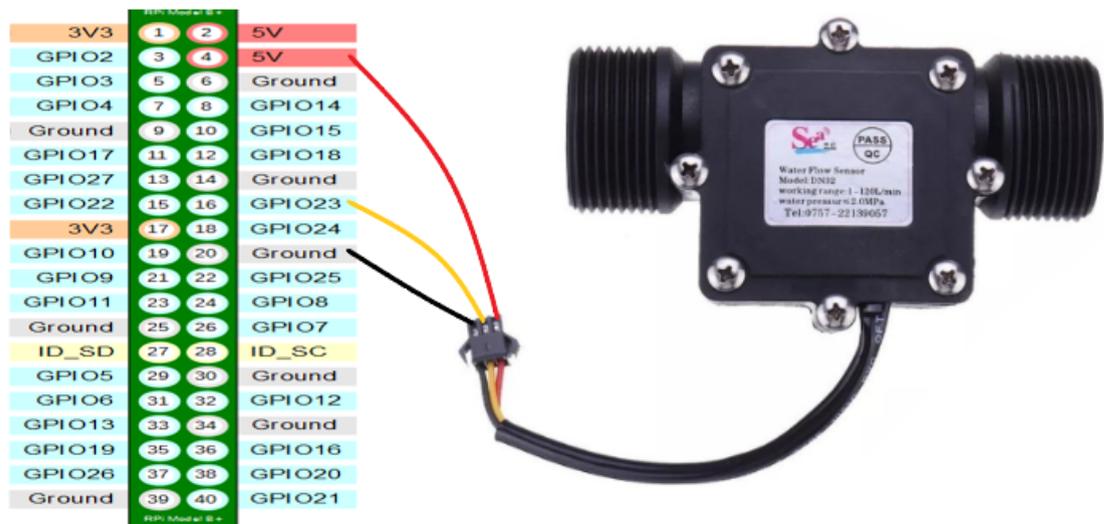


Figura 12: Conexión Caudalímetro DN32 a Raspberry pi 3

Para la lectura de datos del sensor es realizando el Listing 2, código que declara el puerto GPIO 22 como entrada de lectura del sensor de flujo.

```

1  """Copyright (C) Ingenieria Electronica. 2020 Ucundinamarca
2  Calcula flujo DN32
3  Author: Jacho Zambrano <JaZambrano@gmail.com>
4  Created: 2017
5  modified by: cristian hurtado <nicrihumar@hotmail.com>
6  Date: 2020 """
7
8  import RPi.GPIO as GPIO
9  import os
10 import time
11 import RPi.GPIO as GPIO
12 contaA = 0
13 factorK=0.47
14 volttotal=0
15 #Setup
16 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
17 GPIO.setup(23,GPIO.IN)
18
19
20 #Callbacks
21 def CuentaA(chanel):
22     global contaA
23     contaA += 1
24     os.system("clear")

```

```

25     #print (contaA)
26
27     return contaA#
28 #Interrupciones
29 GPIO.add_event_detect(23, GPIO.RISING, callback = CuentaA)
30
31
32 def GetFrequency():
33     global contaA
34     fre= contaA
35     contaA=0
36     time.sleep(1)
37     return (fre)
38
39 def principal():
40     global volttotal
41     frecuencia=GetFrequency()
42     litrosmin=frecuencia/7.5
43     vol = contaA*0.047
44     volttotal=volttotal+vol;
45     return volttotal
46
47
48 while True:
49     print(principal())
50     pass

```

Listing 2: Algoritmo lectura de flujo DN32

- **Sensor de presión:**

Sensor de presión (MPS20N0040D-D) este tiene una señal de salida análogica. Dicha señal tiene un rango de salida de 0-25 mV, este se visualiza en la Figura 13.



Figura 13: Sensor de presión (MPS20N0040D-D)

Al tener una señal muy pequeña en la salida, al conectarse directamente al microcontrolador, no mediríamos la señal. Por lo cual es necesario amplificar la salida para registrar la señal del sensor correctamente.

Hay diversas formas de amplificar una señal, para este caso se utiliza un amplificador diferencial. El cual consiste en amplificadores operacionales configurados para proporcionar ganancia, el cual mide la diferencia entre la señal aplicada a la entrada.

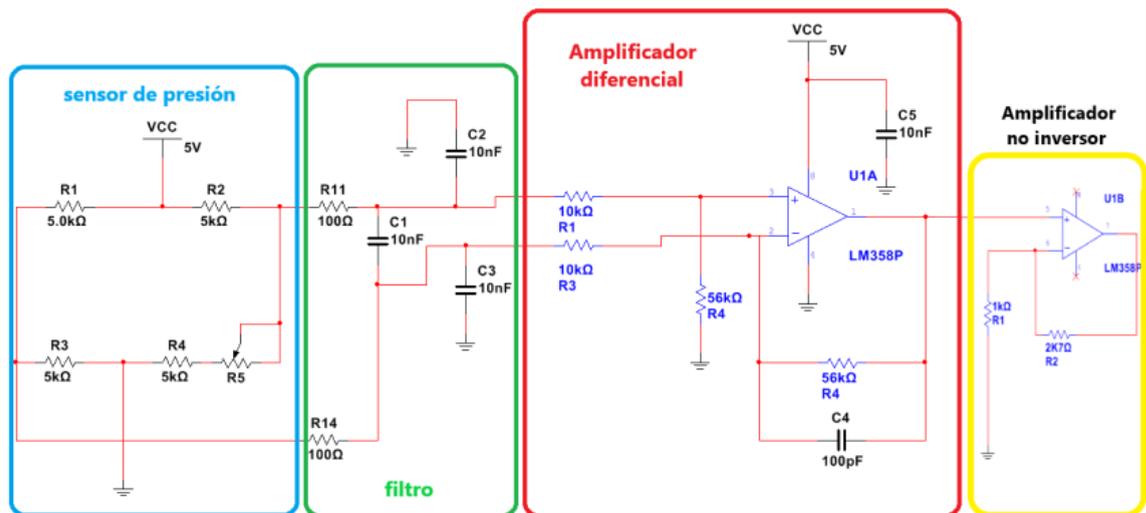


Figura 14: Simulación amplificador diferencial para el sensor de presión

En la Figura 14. Se tiene seccionado el amplificador por cuadros de colores, el cuadrado azul

representa el funcionamiento del sensor de presión. La cantidad que varía el puente de Wheatstone es de  $1\text{ k}\Omega$ .

El cuadrado verde funciona como un filtro para evitar el ruido eléctrico externo ya que este afecta la medición.

El cuadrado rojo es un amplificador de diferencial con un condensador de retroalimentación y algunos condensadores de desacoplamiento de suministro nuevamente para evitar interferencias externas que afecten el circuito.

El cuadro amarillo es un amplificador no inversor ya que la salida anterior aún era muy pequeña. Brindándonos una salida de 200 mV a 3.5 Vcc.

Al tener el circuito implementado se conecta a un Arduino ya que el sensor tiene una salida analógica y la Raspberry Pi 3, no cuenta con pines de comunicación analógica. Para luego hacer comunicación serial entre el Arduino y la Raspberry Pi 3, para probar el funcionamiento del sensor de presión se tiene el Listing 3, código desarrollado para la comunicación con Arduino.

```
1 /*
2 Prueba del sensor
3 */
4
5 // Estas constantes no cambian. Se usan para dar nombres
6 // a los pines utilizados:
7 const int analogInPin = A0; // Pin de entrada analógica que el
   potencimetro est conectado a
8
9 int sensorValue = 0; // valor le do desde el sensor de presi n a
   trav s de la etapa de amplificac i n
10 float outputValue = 0; // valor de salida al puerto serie
11
12 void setup()
13 {
14 // inicializa las comunicaciones en serie a 9600 bps:
15 Serial.begin(9600);
16 }
17
18 void loop()
19 {
20 // lee el valor anal gico en:
21 sensorValue = analogRead(analogInPin);
22 outputValue = map(sensorValue, 10, 1023, 0, 100); //El valor cero del
   sensor es alrededor de 10
23
```

```

24 // imprime los resultados en el monitor en serie:
25 Serial.print("sensor = " );
26 Serial.print(sensorValue);
27 Serial.print("\toutput = ");
28 Serial.println(outputValue);
29
30 // espera de 500 milisegundos antes del siguiente ciclo
31 // para que se establezca el convertidor anal gico a digital
32 // despu s de la ltima lectura:
33 delay(100);
34 }

```

Listing 3: Algoritmo lectura sensor de presión en Arduino

Al probar el funcionamiento del sensor que este censando pasamos a la calibración del sensor usando el Listing 4.

```

1 /*
2 prueba del sensor
3 */
4
5 const int analogInPin = A0; // Sensor conectado a A0
6
7 int sensorValue = 0; // valor leído desde el sensor a traves de la
8 // etapa del amplificador
9 float outputValue = 0; // valor de salida al puerto serie
10
11 void setup() {
12 // inicializa las comunicaciones en serie a 9600 bps:
13 Serial.begin(9600);
14 }
15
16 void loop() {
17 // lee el valor analogo:
18 sensorValue = analogRead(analogInPin);
19
20 //imprime los resultados en el monitor serial:
21 Serial.print("sensor = " );
22 Serial.print(sensorValue);
23
24 Serial.println();
25
26 delay(1000);
27 }

```

Listing 4: Algoritmo de calibración

Al abrir el monitor serie en el IDE de Arduino. Se observa el valor de bit recibido cuando no se aplica presión al sensor. Este es el valor cero. Al introducir presión al sensor usando una jeringa. El medidor externo cambia, este valor se registra en el Cuadro 8.

**Cuadro 8: Calibración sensor de Presión**

<b>Presión de entrada</b> (PSI)	<b>ADC</b> (Bits)	<b>Voltaje ADC</b> (voltios)
0	61	0.283295132
1	82	0.4001820137
2	96	0.4740954967
3	116	0.5620723363
4	141	0.6742689746
5	163	0.7817888563
6	191	0.9386412512
7	242	1.183020528
8	269	1.329648094
9	329	1.632903226
10	420	2.052785924
11	450	2.19941349
12	470	2.2971652
13	510	2.492668622
14	540	2.639296188
15	570	2.785923754
16	605	2.956989247
17	630	3.079178886
18	660	3.225806452
19	690	3.372434018
20	720	3.519061584
21	740	3.616813294
22	765	3.739002933
23	800	3.910068426
24	850	4.154447703
25	900	4.398826979
26	920	4.49657869
27	950	4.643206256
28	969	4.736070381
29	980	4.789833822
30	995	4.863147605
31	1000	4.887585533
32	1006	4.916911046

Podemos usar la información del Cuadro 8, para mostrar la presión medida en psi, visto en el Listing 5.

```
1
2 outputValue = map(sensorValue, 60, 1006, 0, 32);
```

Listing 5: Función de calibración del sensor

Por tanto en el Listing 6, se tiene el código del sensor de presión calibrado.

```
1
2 /*
3 prueba del sensor
4 */
5
6 const int analogInPin = A0; // Sensor conectado a A0
7
8 int sensorValue = 0; // valor leído desde el sensor en la etapa
   del amplificador
9 float outputValue = 0; // valor de salida al puerto serial
10
11 void setup() {
12 // inicializa la comunicacion en serial a 9600 bps:
13 Serial.begin(9600);
14 }
15
16 void loop() {
17 // lee el valor analogo:
18 sensorValue = analogRead(analogInPin);
19
20 // imprime los resultados en el monitor serial:
21 Serial.print("sensor = " );
22 Serial.print(sensorValue);
23
24 outputValue = map(sensorValue, 60, 1006, 0, 32); // convierte el
   valor de bit sin procesar
25
26 Serial.print("sensor = " );
27 Serial.print(outputValue);
28
29 Serial.println();
30
31 delay(1000);
32 }
```

Listing 6: Código del sensor de presión calibrado

Al ya tener el sensor calibrado se procede a la comunicación serial entre el Arduino y la Raspberry.

Para la comunicación serial se requiere una conexión por usb entre las placas como se observa en la Figura 15.

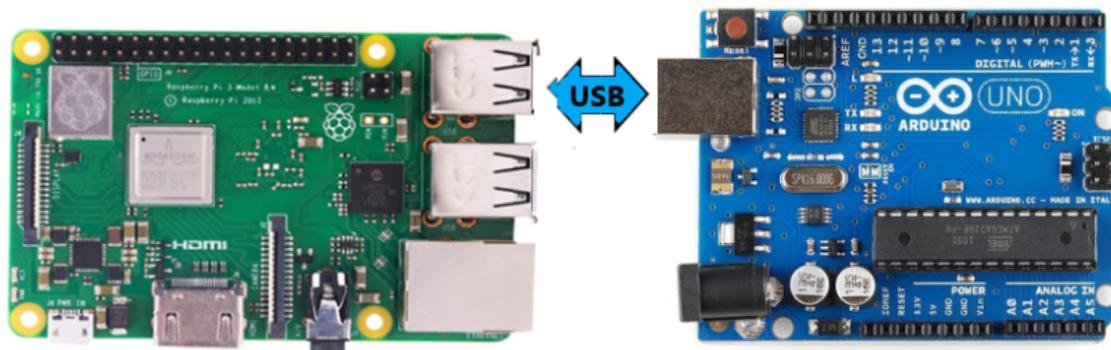


Figura 15: Conexión serial Raspberry y Arduino

Al conectar el Arduino con un cable USB, aparece como / dev / ttyACM0 Permisos de hardware para serie

```
1 sudo adduser your_username dialout
```

Una vez se dan los permisos se debe reiniciar la Raspberry. Se debe instalar una biblioteca para poder utilizar la interfaz en serie con Python.

```
1 python3 -m pip install pyserial
2 sudo apt install python3-pip.
```

Para la comunicación serial entre el Arduino y la Raspberry para la adquisición de datos del sensor de presión análogo de desarrollo el Listing.

```
1 #!/usr/bin/env python3
2 import serial
3 if __name__ == '__main__':
4     ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600, timeout=1)
5     ser.flush()
6     while True:
7         if ser.in_waiting > 0:
8             line = ser.readline().decode('utf-8').rstrip()
9             print(line)
```

Listing 7: Código de comunicación serial entre placas

### 5.8.6. Etapa de visualización local y remota Node-red:

Con la necesidad de supervisar los datos recolectados en el proceso, se diseñó un diagrama de bloques ilustrado en la Figura 16, este fue desarrollado usando en la herramienta Node-red.

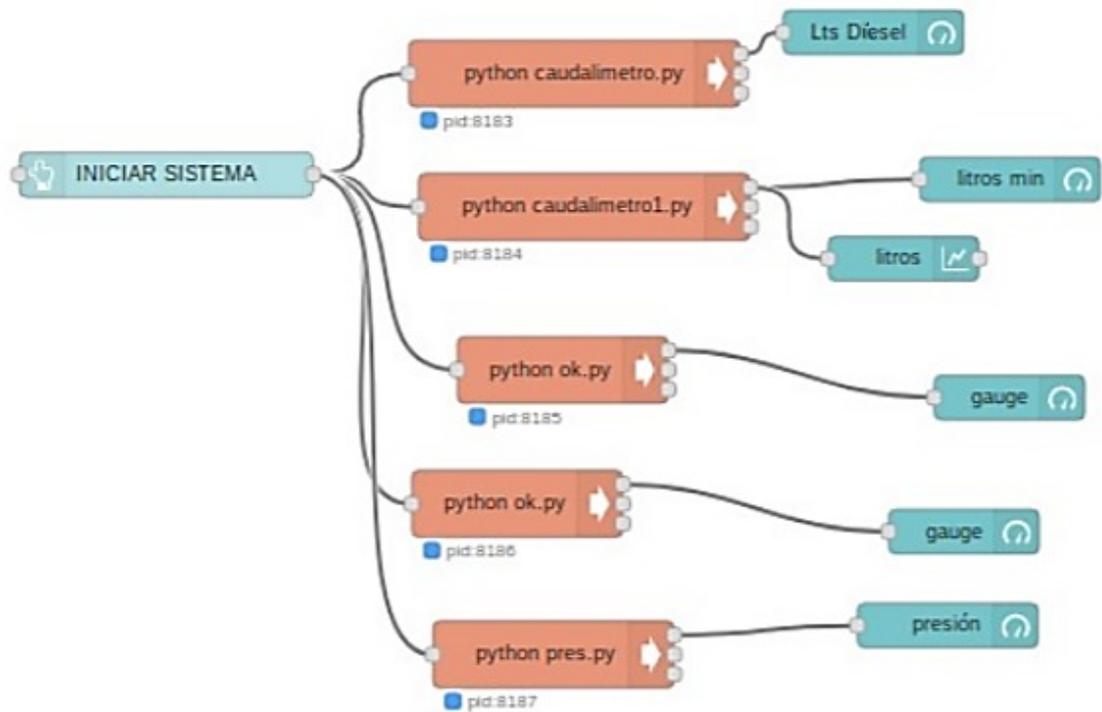


Figura 16: Sistema de supervisión de variables físicas en Node-red

- **Nodo exec:** Permite llamar los códigos desarrollados en Python para cada sensor. Para llamar cada código basta con ingresar en la sección de comando del nodo la palabra Python más el nombre de cada script que se desee llamar.

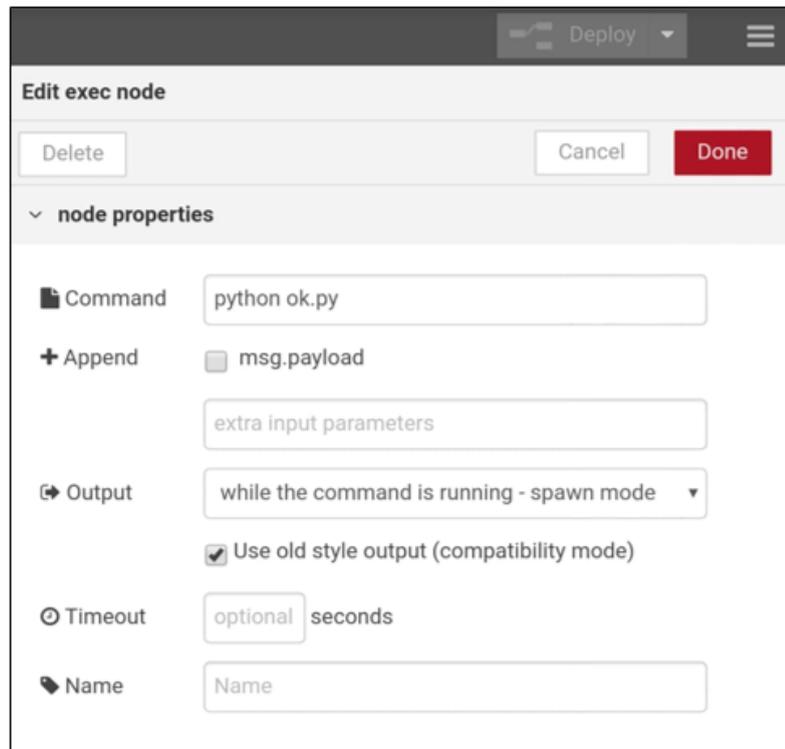


Figura 17: Sección de configuración del nodo.

Por último se agregan los nodos de visualización los cuales se clasifican en nodos dos tipos como lo muestra la Figura 17. Nodos de entrada y nodos de salida. Los nodos de entrada permiten iniciar cada script de Python y los nodos de salida entregan la información proveniente de cada código.

En la Figura 18 se ve el resultado de la configuración de lectura del sensor de flujo que mide los litros que pasan por minuto por el sensor, hace un conteo de la cantidad de litros que han salido del sensor y presenta un gráfico histórico de los litros que pasan por el.

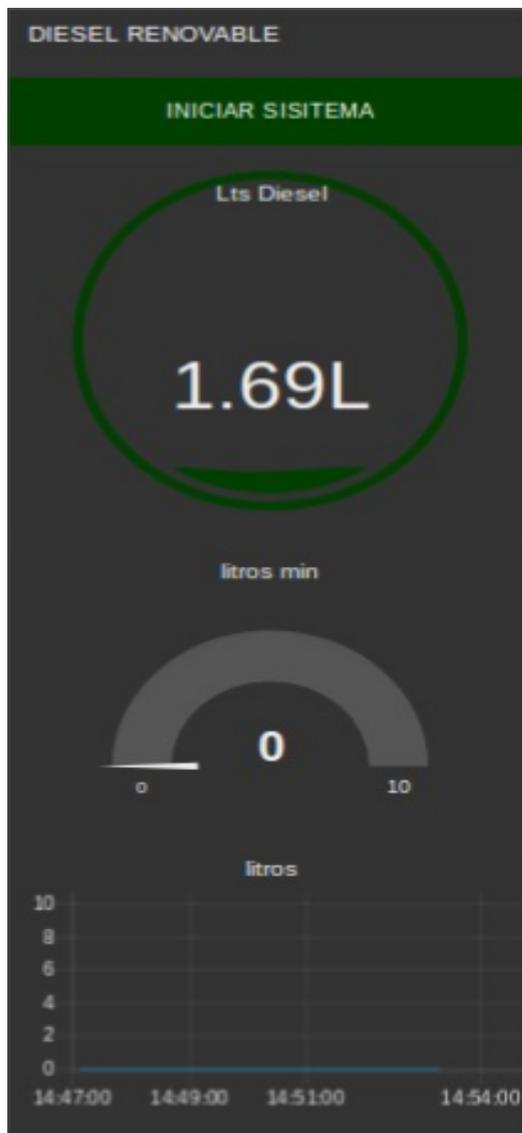


Figura 18: Nodo de salida del sensor de flujo.

En la Figura 19, se ve la lectura del sensor de temperatura en el transductor de temperatura que ira en el reactor, este deberá medir hasta 350°C, aunque este sistema de supervisión fue desarrollado de manera ilustrativa para contemplar el tipo de visualización que debe tener la planta.

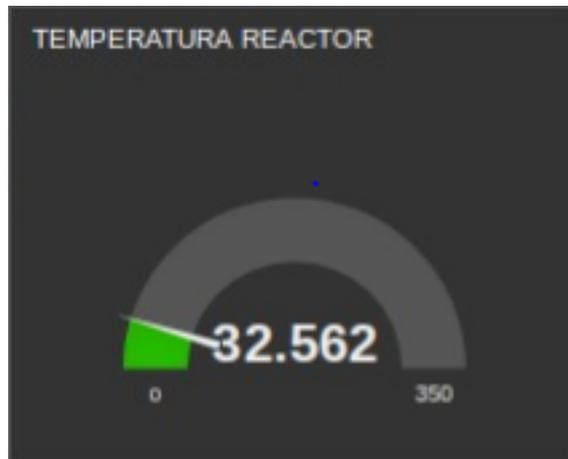


Figura 19: Nodo salida del sensor de temperatura del reactor

En la Figura 20, se tiene la lectura de la temperatura de la bomba HPLC, esta calienta la sustancia a 60°C.



Figura 20: Nodo salida del sensor de temperatura de la bomba

En la Figura 21, se tiene la medición del sensor de presión implementado para visualización de la lectura, de manera ilustrativa al no lograr la implementación del prototipo de planta experimental.



Figura 21: Nodo salida del sensor de presión

Finalizando se tiene la interfaz gráfica del sistema de supervisión con la visualización de la medición de los sensores como se observa en la Figura 22, esta es el entorno gráfico para la supervisión del sistema.

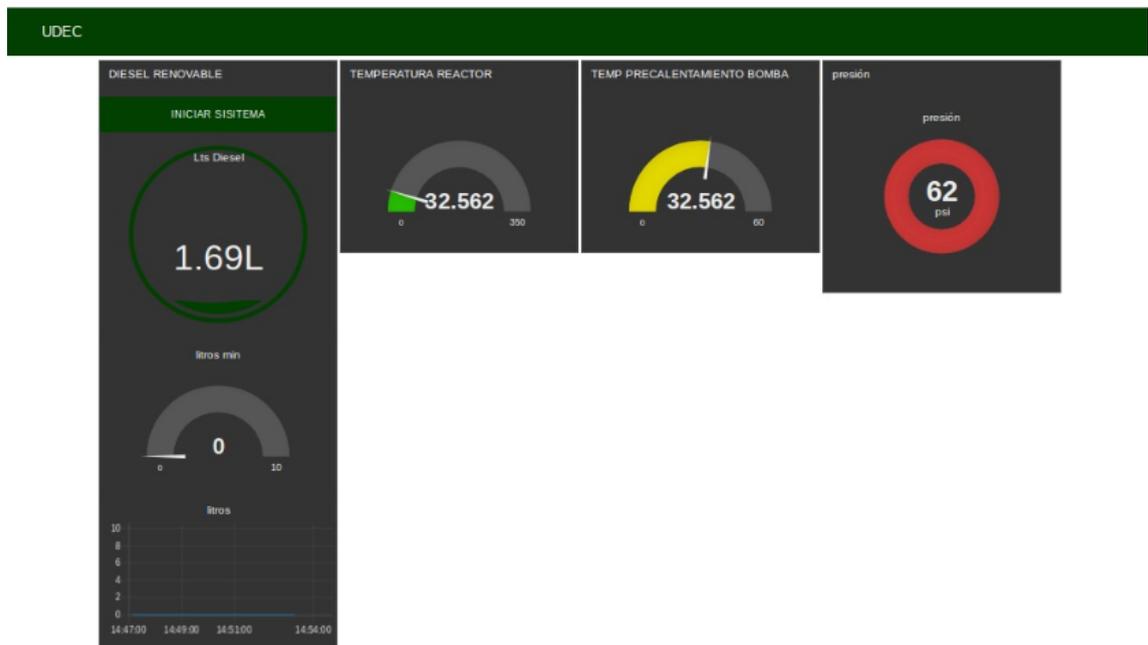


Figura 22: Interfaz gráfica de todos los sensores

### 5.8.7. Costo de elementos y recursos para diseño del sistema de supervisión ilustrativo

En la Cuadro 9 se tiene el costo de los elementos y recursos utilizados para el diseño del sistema de supervisión desarrollado, para la visualización de recolección de datos de sensores que manejan las mismas variables de la planta experimental, al no poder implementar la planta y no lograr adquirir los sensores de gama industrial que cumplen los requerimientos de la planta.

Cuadro 9: Costo de elementos del sistema de supervisión de variables

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO (\$ pesos)
Sensor de temperatura DS18B20	2	18,000
Sensor medidor de flujo DN32	1	82,100
Board Raspberry Pi 3	1	215.000
Memoria SD 32GB	1	60.000
Sensor de presión MPS20N0040D-D	1	17,000
10k Resistencias	2	300
56k Resistencias	2	300
1k Resistencia	1	150
2.7k Resistencia	1	150
LM358 Op-Amp	1	4,300
Condensadores 100nF	2	1,500
Condensadores electrolíticos 10uF	2	1,500
Cables para Arduino	1	4,400
		Total
		404,700

## 5.9. Transductores industriales y unidad central de procesamiento recomendadas

En esta sección veremos y compararemos transductores de flujo, temperatura y presión, incluyendo los utilizados para el sistema de supervisión para la ver la adaptación que tienen al sistema con los seleccionados para el prototipo de planta experimental.

### 5.9.1. Flujo

En el Cuadro 10, se ve una comparativa de los transductores de flujo los cuales se pueden ver sus hojas de especificaciones en el Anexo IV en los apartados D.1, D.2 Y D.8.

Cuadro 10: Comparativa de transductores de flujo.

TRANSDUCTOR	RANGO DE MEDICIÓN	PRECISIÓN	RANGO DE TEMPERATURA	RANGO DE PRESIÓN	MATERIAL	VALOR
<b>Caudalímetro DN32</b>	0L/min ↔ 30L/min	2%	-10°C ↔ 120°C	0 bar ↔ 7 bar	Plástico	\$ 85.400
<b>SmartTrack 100</b>	0L/min ↔ 20L/min	1%	0°C ↔ 50°C	0 ↔ 333 bar	Acero inoxidable 316	\$ 1.700.000
<b>Optimass 1000</b>	0L/min ↔ 108L/min	0.35%	-40°C ↔ 130°C	-1 bar ↔ 100 bar	Acero inoxidable 316	\$ 3.000.000

Teniendo en cuenta el Cuadro 10, se ve que el transductor más adecuado es el SmartTrack 100 ya que cumple las condiciones de operación que tendrá dentro del prototipo de planta experimental, posee un valor intermedio y tiene una precisión aceptable, además posee posibilidad de configuración de salida análoga o digital, lo que permite realizar la adaptación al sistema de supervisión desarrollado con el caudalímetro DN32, configurando la salida del SmartTrack 100 como salida digital 0-5V.

### 5.9.2. Temperatura

En el Cuadro 11, se ve una comparativa de los transductores de temperatura los cuales se pueden ver sus hojas de especificaciones en el Anexo IV en los apartados D.4, D.5 Y D.9.

Cuadro 11: Comparativa de transductores de temperatura.

TRANSDUCTOR	RANGO DE MEDICIÓN	PRECISIÓN	RANGO DE PRESIÓN	MATERIAL	VALOR
<b>DS18B20 con revestimiento</b>	-10°C ↔ 85 °C	0.5%	0 bar ↔ 10bar	Revestimiento metálico	\$ 10.000
<b>PT100 de Clase B de 4 Hilos</b>	-50°C ↔ 500 °C	0.05%	0 bar ↔ 100 bar	Acero inoxidable 316	\$ 350.000
<b>PT100 TS2453</b>	-100°C ↔ 600 °C	0.35%	0 bar ↔ 100bar	Acero inoxidable 316	\$ 480.000

Teniendo en cuenta el Cuadro 11, se ve que la PT100 de clase B de 4 hilos es la mejor opción para la medición de las temperaturas del reactor, ya que su material le permite estar dentro

de las sustancias del reactor sin afectarse, tiene una gran precisión, un rango de presión suficiente para su operación en el prototipo planta piloto, esta cuenta con una salida análoga, por lo que para su adaptación al sistema de medición se debe realizar el circuito ADC (conversor análogo a digital), para lograr una similitud con la salida digital del sensor DS18B20.

### 5.9.3. Presión

En el Cuadro 12, se ve una comparativa de los transductores de presión los cuales se pueden ver sus hojas de especificaciones en el Anexo IV en los apartados D.3, D.6 y D.7.

Cuadro 12: Comparativa de transductores de presión.

TRANSDUCTOR	RANGO DE MEDICIÓN	PRECISIÓN	RANGO DE TEMPERATURA	MATERIAL	VALOR
<b>MPS20N0040D-S</b>	0 bar ↔ 0.4 bar	0.25 %	-40°C ↔ 85 °C	Plástico	\$ 14.000
<b>PGT43HP100</b>	0 bar ↔ 400 bar	1.6 %	-20°C ↔ 100 °C	Acero inoxidable 316	\$ 1.500.000
<b>PGT 23.100</b>	0 bar ↔ 1600 bar	1 %	-20°C ↔ 100 °C	Acero inoxidable 316	\$ 2.500.000

Teniendo en cuenta el Cuadro 12, se ve que el transductor de presión PGT43HP.100, es el más adecuado para la lectura de la variable presión, ya que soporta las condiciones del proceso de hidrotreamiento, sin sobredimensionar demasiado la lectura, además puede traer una configuración de lectura de máximo 100 bar lo que lo acercaría aún más a la presión de operación del prototipo de planta experimental, este tiene una señal de salida análoga que debe llevar acondicionamiento y un circuito ADC, para lograr la adaptación al sistema de supervisión, al igual que se realizó con el sensor MPS20N0040D-S.

### 5.9.4. Unidad de procesamiento central

En el Cuadro 13, se ve una comparativa de dos PLC industriales de la marca SIEMENS, de los cuales se pueden ver sus hojas de especificaciones en el Anexo IV en los apartados D.10 y D.12.

El S7-200 y el S7-1200 son similares en cuanto a entradas y salidas análogas y digitales, el primero tiene la posibilidad de integrar 7 módulos de ampliación junto con un procesador

de comunicación, y el segundo permite integrar 3 módulos de comunicación y 8 módulos de ampliación, además la CPU 1214C presenta en 2 de sus entradas y 2 de sus salidas digitales una conexión signal board permitiendo una acoplarse en el frente de la CPU permitiendo ampliar el numero de entradas o salidas digitales o análogas, sin aumentar el tamaño de la CPU.

Cuadro 13: Comparativa de PLC.

<b>PLC</b>	<b>Entradas Digitales</b>	<b>Salidas Digitales</b>	<b>Entradas Análogas</b>	<b>Salida Análoga</b>	<b>PWM / PTO</b>	<b>HSC</b>	<b>PID</b>	<b>PRECIO</b>
<b>S7-200 CPU 224XP</b>	14	10	2	1	2	6	8	\$ 2.150.000
<b>S7-1200 CPU 1214C</b>	14	10	2	1	2	6	16	\$ 1.600.000

En cuanto a la unidad de procesamiento central se recomienda un PLC para el desarrollo de recolección de datos de las variables (flujo, temperatura y presión), como lo es la SIMATIC S7-1200 con CPU 1214C, debido a que tiene mas prestaciones que la S7-200, a un precio menor, para la supervisión de las variables, se recomienda ya que es un controlador lógico programable tipo industrial óptimo para este tipo de procesos, aunque para el desarrollo de un sistema de supervisión en esta PLC, es necesario la adquisición del entorno de programación TIA PORTAL, lo cual junto con el precio de la PLC eleva el costo del sistema de monitoreo, aunque el PLC es la mejor opción, se decidió realizar una prueba de implementación de un sistema de supervisión en la computadora de placa única Raspberry Pi 3b las especificaciones se encuentran en el Anexo IV en los apartados D.11, por la limitaciones presentes del proyecto a la hora de aprobación de los recursos y de la pandemia COVID-19, además su precio es muy inferior y posee un entorno de desarrollo gratuito, además de presentar muy buenas prestaciones para la lectura de los datos y el entorno gráfico que nos brinda la plataforma Node-Red.

### **5.10. Apropiación social del conocimiento.**

Realizando el cumplimiento de las actividades dispuestas en el Anexo II, se tienen las siguientes participaciones en eventos científicos, taller de sensibilización, postulación de un artículo y postulación de registro de software.

- Postulación de un artículo a una revista indexada: Se realizó la postulación del artículo titulado "PRODUCTION OF RENEWABLE DIESEL THROUGH HYDROTREATMENT OF FATTY ACIDS DERIVED FROM ANIMAL WASTE", la evidencia se encuentra en el Anexo III apartado C.5.
- Socialización de Resultados: Se realizó la socialización del estado de resultados en el II SIMPOSIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, en la Universidad de Cundinamarca el 19 de noviembre de 2019. Las evidencias se encuentran en el Anexo III apartado C.4.
- Realización de una ponencia en evento científico nacional o internacional: se realizó la ponencia en el "VIII Congreso Internacional de Ingeniería" "CIUDEDEC 2019" en la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá el día 23 de octubre de 2019. Las evidencias se encuentran en el Anexo III apartado C.3.
- Taller de sensibilización: Se realizó una ponencia en el "3 CONGRESO INTERNACIONAL Y 4 CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA" realizado en la Universidad ITFIP en la ciudad del Espinal el día 6 de noviembre de 2019 las evidencias se encuentran en el Anexo III en el apartado C.1. Se realizó un taller de sensibilización en el "3 CONGRESO INTERNACIONAL Y 4 CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA" realizado en la Universidad ITFIP en la ciudad del Espinal el día 6 de noviembre de 2019 las evidencias se encuentran en el Anexo III en el apartado C.2.
- Postulación de registro de software ante la DNDA: Se realizó la postulación de registros del software desarrollado para la supervisión de variables, las evidencias se encuentran en el Anexo III en el apartado C.6.

## 6. CONCLUSIONES

- En el estado del arte del proceso de transformación de los desechos grasos de origen animal a ácidos grasos, se dan a conocer los clúster identificados sobre el proceso de hidrólisis, en gran parte de los clústers se tienen las condiciones utilizadas para este proceso.
- Se encontraron las mejores condiciones de producción de ácidos grasos en el proceso de hidrólisis en desechos grasos de pollo, estas son, una relación grasa:agua de 1:15, una temperatura de 210°C, una presión autógena, por un tiempo de 150 minutos, con esta se tiene un promedio de conversión de 82 % hasta un 92 %.
- Se realiza la validación de las condiciones determinadas teóricamente en los laboratorios de química de la Universidad de Antioquia, donde se utilizó un reactor tipo batch con grasa de pollo, a condiciones de temperatura de 200°C, una relación 1:15 de aceite:agua, con una presión autógena con una duración de proceso de 120 minutos, donde se obtuvo una conversión del 90%.
- Se realiza la validación de la selección que se hizo para el diseño del módulo de flujo presentado en el diseño 3D, a partir de los resultados de la simulación en HYSYS ASPEN, utilizado para validar las condiciones de operación necesarias del transductor de flujo.
- Se realiza la validación de las condiciones de operación necesarias del módulo de flujo en los laboratorios químicos de la Universidad de Antioquia, demostrando que la elección del transductor es correcta para la operación del prototipo planta experimental.
- Se realiza una comparativa para la selección de transductores tipo industrial recomendados, para la implementación del sistema de supervisión del prototipo planta experimental, donde se tiene en cuenta las variables que intervienen en el proceso de hidrotratamiento (flujo, temperatura y presión) y el PLC industrial para la adquisición de datos.

## **7. RECOMENDACIONES**

Con base en los conocimientos adquiridos en el transcurso del proyecto se plantean las siguientes recomendaciones:

- Tener en cuenta la capacidad de los dispositivos de la planta en cuanto al rango de medición de sus variables físicas ya que dichos equipos podría presentar limitaciones ya que están expuestas a temperatura elevada y altas presiones las cuales podrían generar fallas en el proceso.
- Realizar pruebas experimentales a diferentes temperaturas y presiones con el fin de identificar el funcionamiento óptimo de la planta.
- Probar diferentes catalizadores con el fin de evaluar su eficiencia en el proyecto.
- Realizar pruebas con diferentes procesos de hidrólisis con el fin de evaluar comportamientos de reacción.

## Referencias

- [1] Torres Rivero Ligia Adelayda, Ben Youssef Brants Cheriff, and Péez gasca María. Características de la glicerina obtenida del proceso de la reacción del metóxido de sodio en la producción del biodiesel characteristics of glycerin obtained from the reaction process of sodium methoxide in the production of biodiesel. *RevistadeEnergía Química y Física*, 6(18):18–28, 2019.
- [2] Budí Orduña Alicia. Estimación del potencial energético de la biomasa residual agrícola y análisis de aprovechamiento en los municipios de la comarca del alto palancia. 2016.
- [3] Guerra Isabel Ana, Herguedas Silvio, and Peso Taranco Carlos. Biomasa, biocombustibles y sostenibilidad. 2012.
- [4] Martín Ana María. Introducción al equilibrio ácido base. *Recuperado de: <http://materias.fi.uba.ar/6305/Acido-Base.pdf>*. (Abril 2013), 2000.
- [5] Chanand Balan and Martínez Elizalde. Algunos aspectos de producción de diésel verde a partir de materias primas de segunda generación y la tecnología del hidrotreatmento. *RIIT. Revista internacional de investigación e innovación tecnológica*, 6(31):0–0, 2018.
- [6] Datos bancomundial. Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (% del total). [urlhttps://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.COMM.FO.ZS?end=2015start=2010](https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.COMM.FO.ZS?end=2015start=2010), 2015.
- [7] OrdoñezMurcia Betselene, Moreno Chaves Luis Carlos, Pérez Rodríguez Wilson, Murcia Miguel Andredy, and Alvarado Edna Rocío. Caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1):61–70, 2013.
- [8] Tovar Tejada Candelaria, Benítez Tejada Lesly, Ortiz Villabona Ángel, and Rodríguez Monroy Luis. Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. *Revista luna azul*, (36):10–25, 2013.
- [9] Alzate Cardona Carlos Ariel. Perspectivas de la producción de biocombustibles en colombia: contextos latinoamericano y mundial. *Revista de ingeniería*, (29):109–120, 2009.
- [10] Martinez Cristina. *Síntesis de sulfuros matálicos modificados y su actividad catalítica en reacciones de interés comercial*. PhD thesis, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, 2013.
- [11] Nguyen DL, Nagasawa N, and Kume T. Efecto de la radiación y el tratamiento fúngico sobre las lignocelulosas y su actividad biológica. *Radiación física y química*, 59(4):393–398, 2000.

- [12] Amado Eliseo, Villamizar Alvaro, and Gafaro Alexis. Evaluación del procesos de producción de biodiesel a partir de grasas amarillas con altos contenidos de acidos grasos libres. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 3(1):54–60, 2005.
- [13] Castro Elver. *FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FISICOQUÍMICAS Y NATURALES DEPARTAMENTO DE QUÍMICA*. PhD thesis, UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO, 2019.
- [14] Breto Emma. Evaluación del comportamiento del sistema cobalto-molibdeno soportado sobre mcm-41 en reacciones de hidrotratamiento. B.S. thesis, 2008.
- [15] Ramírez Medina Iliana Ernestina, Norma Chávez Angélica Vela, and Rincón Juan Jáuregui. Biodiesel, un combustible renovable. *Investigación y ciencia*, 20(55):62–70, 2012.
- [16] Camacho F, González Tello, Jurado E, and Robles A. Hidrólisis de celulosa microcristalina con ácido sulfúrico concentrado, 1996.
- [17] Vargas Diego Fernando and Betancur Jhon Fredy. 6. estado del arte sobre producción de biocombustibles en colombia: Pasado, presente y futuro. *Texto y Contexto en el Desarrollo Sostenible*, page 91.
- [18] Sandra Lorena Fonseca Rodríguez, Aida Mayerly Fúquene Montañez, Paula Liliana Bello Rodríguez, Ivonne Andrea Otálora Guerrero, Edna Patricia Giraldo Téllez, Oscar Fernando Castellanos Domínguez, Gobernación de Cundinamarca, et al. Plan estratégico departamental de ciencia, tecnología e innovación de cundinamarca: construyendo calidad de vida con conocimiento. 2016.
- [19] Fernández Germán. concepto de hidrolisis-acida-amidas, 2009. conceptos quimicos.
- [20] Collymore Rodríguez Andrea, Arencibia Jorge Ricardo, Blanco García Armando, and Araújo Ruiz Juan. Producción científica mundial sobre biodiesel. *Acimed*, 18(5):0–0, 2008.
- [21] Espinosa Ivanna Yvonne Rivera, Viramontes Gerardo Villanueva, and Coral Sandoval Fabián Georgina. Producción de biodiesel a partir de residuos grasos animales por vía enzimática. *Grasas y aceites*, 2009.
- [22] Zhang Juanhua, Zhang Beixiao, Zhang Jingqiang, Lin Lu, Liu Shijie, and Ouyang Pingkai. Efecto del pretratamiento con ácido fosfórico sobre la hidrólisis enzimática de celulosa microcristalina. 28(5):613–619, 2010.
- [23] Pisarello María Laura. *Producción de biodiesel: equilibrio fisicoquímico y cinética de esterificación y transesterificación con diferentes catalizadores y alcoholes*. PhD thesis, 2010.

- [24] Eder Líder, Ballesteros Durango, Jiménez Cepeda Ibeth, and Guzmán Tobón Héctor Alberto. Producción de enzima amilasa microbiana mediante fermentación en sustrato líquido.
- [25] Pinilla Torres Liliana. Análisis de tendencias en biocombustibles para la definición de líneas estratégicas de investigación y desarrollo en Colombia. 2014.
- [26] Fanny Vianney Lizama Rodríguez. Síntesis de un catalizador bifuncional para (hidro) desoxigenación de aceites. 2017.
- [27] Sánchez Lorena, Llano Biviana A, and Ríos Luis A. Producción de diésel renovable a partir de aceite de higuerilla mediante catalizadores de níquel-molibdeno soportados sobre alúmina. *Información tecnológica*, 28(1):13–24, 2017.
- [28] Bustos Granados Lukas Ignacio and Ramírez Garnica Andrea Carolina. Hidrólisis batch de residuos de papel periódico para la producción de azúcares reductores por medio de agua subcrítica. 2018.
- [29] Hoyos Serrano Maddelaine. Lípidos: Características principales y su metabolismo. *Revista de Actualización Clínica* 2014, 41:2142–2145, 2014.
- [30] Cortés Marín Elkin, Mahecha Suarez Hector, and Carrasco Pardo Sandra Pardo. Biocombustibles y autosuficiencia energética. *Dyna*, 76(158):101–110, 2009.
- [31] Raffino María Estela. concepto de hidrólisis, 2020. conceptos químicos.
- [32] Sergi Beñat Morais, Ezquerro, Noguera Murray Patricia Silvestre, Tortajada Genaro Luis Antonio, Atienza Boronat M<sup>a</sup>, and Herrero Villen María Asunción. Propiedades ácido-base de las sales. 2015.
- [33] TP Laboratorio Químico. concepto de base, 2020. conceptos químicos.
- [34] Benítez Ricardo, Ibarz Albert, and Pagan Jordi. Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 42(2):227–236, 2008.
- [35] Silvia Rosa Morales. Hidrólisis ácida de celulosa y biomasa lignocelulósica asistida con líquidos iónicos. 2015.
- [36] Salazar Sandoval Iván Alberto Sandoval, Silva Mejía Enna Rocío, and Guzmán Angie Paola. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la obtención de biocombustibles en el sur del departamento del Huila use of agro-industrial residues for the obtaining of biofuels in the south of the department of Huila. *ENCUENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN DESARROLLO TECNOLÓGICO, SOCIAL Y CIENCIAS AFINES–INDETSCA 2018*, page 110, 2018.

- [37] alicante servidor. concepto de ion, 2020. conceptos quimicos.
- [38] Sánchez Herrera Sonia. *Facultad de Ingeniería Química Escuela Profesional de Ingeniería Química*. PhD thesis, Universidad Nacional del Callao, 2006.
- [39] Labandeir Xaviera, Linares Pedro, and Würzburg Klaas. Energías renovables y cambio climático. *Cuadernos económicos de ICE*, 83:37–60, 2012.
- [40] Fang Zhen, Sato Takafumi, Smith Jr Richard L, Inomata Hiroshi, Arai Kunio, and Kozinski Janusz A. Química de reacción y comportamiento de fase de la lignina en agua a alta temperatura y supercrítica. 99(9):3424–3430, 2008.

# Anexos

## A. Anexo I: Simulación en Aspen hysys del proceso.

Se opta por la realización de una simulación debido a los imprevistos en la obtención de los recursos para la compra de la planta experimental. Esta simulación se hace en conjuntos con los auxiliares de investigación del proyecto con el fin de evidenciar el proceso químico para la transformación de los residuos animales a diésel renovable Aspen hysys: Es un sistema de modelado de procesos el cual está orientado a la industria de la ingeniería petroquímica [1]. La cual es una herramienta de simulación de procesos bastante completa esta fue específicamente creada teniendo en cuenta: La arquitectura del programa, diseño de la interfaz, capacidades ingenieriles y operación interactiva. [1]. Simulación del proceso químico en aspen hysys de la producción de diésel renovable a partir de ácidos grasos por hidrot ratamiento.

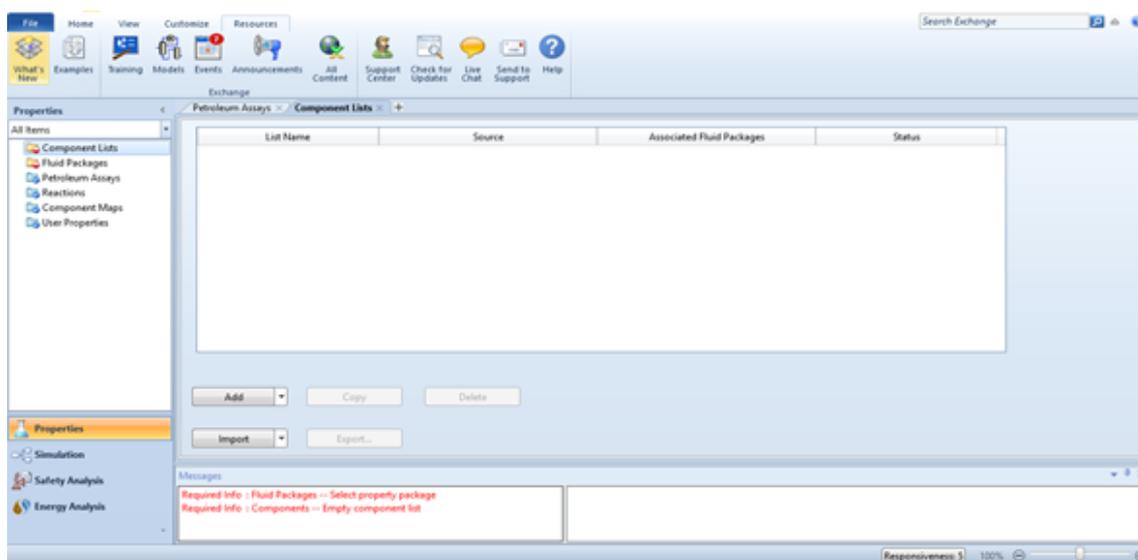
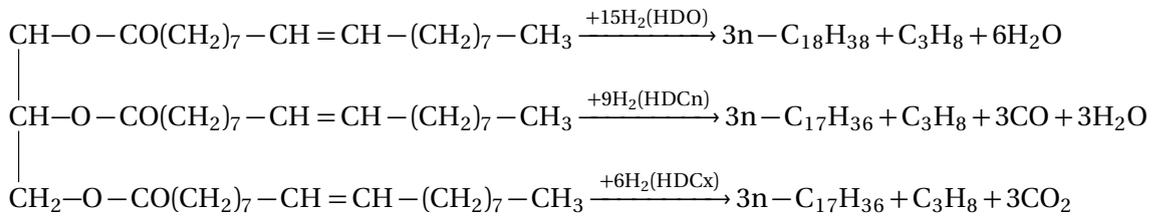


Figura 23: Entorno inicial de simulación Aspen Hysys.

Este entorno nos lo brinda el programa al iniciar. Este necesita condiciones iniciales para el cálculo de propiedades de los compuestos asociados al proceso y su respectiva especificación.

Para agregar componentes al proceso se identifican los compuestos involucrados en la reacción de hidrot ratamiento.



Esquema de las tres principales reacciones para la conversión de trioleína a diésel renovable mediante hidrotratamiento: hidrodeoxigenación (HDO), hidrodecarbonilación (HDCn), hidrodecarboxilación (HDCx)

### Ingreso de componentes a partir de reacción-Aspen Hysys

Se añaden los componentes del proceso

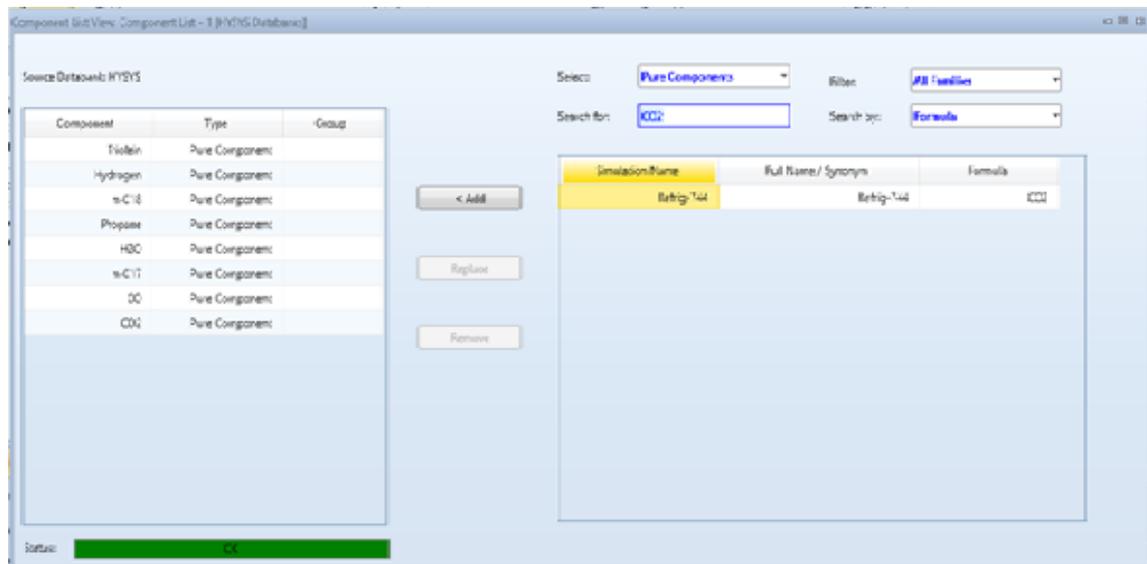


Figura 24: Ingreso de componentes al Aspen Hysys.

Selección del modelo termodinámico con la metodología de Carlson para cálculo de propiedades de las sustancias asociadas.

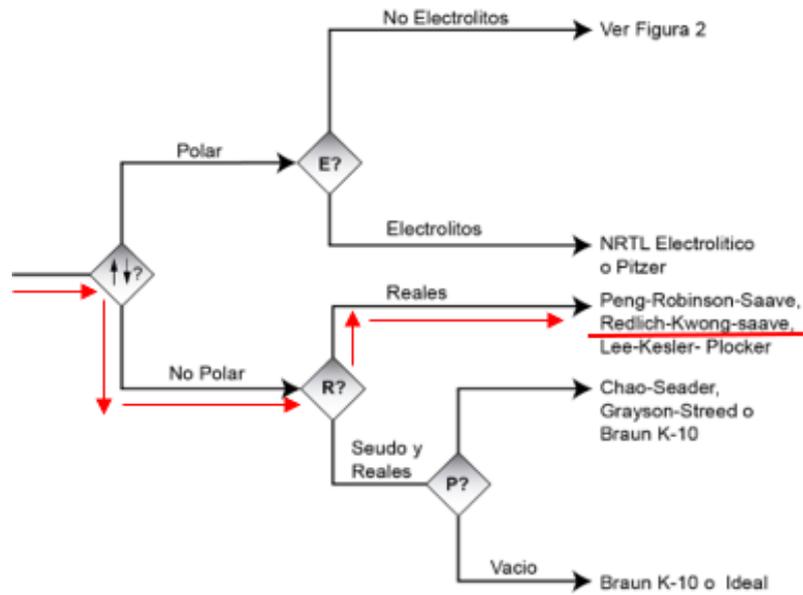


Figura 25: Metodología de Carlson para selección del modelo termodinámico [3].

Al tener sustancias apolares y reales, se elige el método SRK (Soave-Redlich-Kwong), por describir mejor el comportamiento en mezclas oleosas y de hidrocarburos.

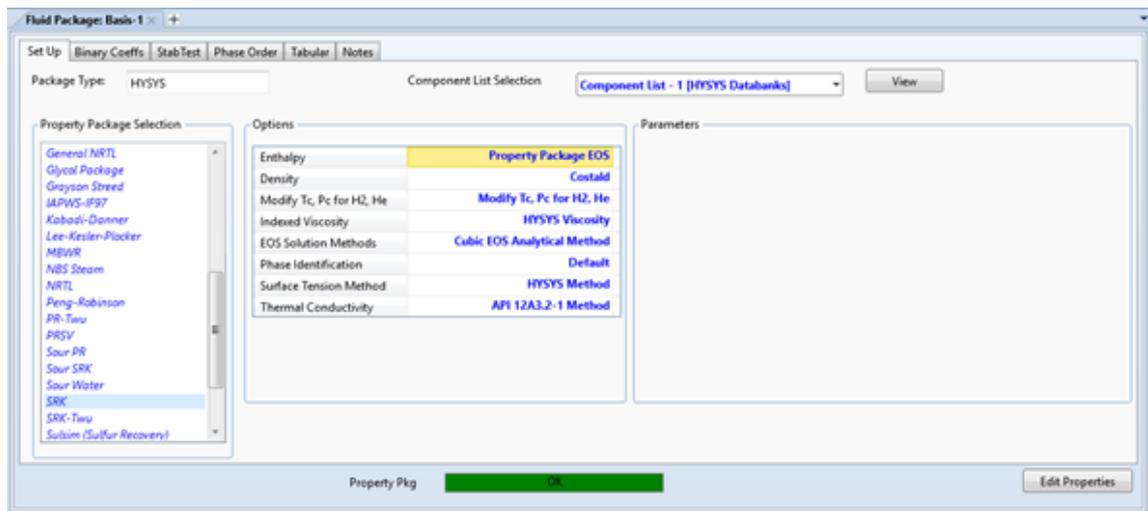


Figura 26: Selección del modelo termodinámico en Aspen Hysys.

El proceso tiene asociado un reactor para la conversión de la materia prima, esto hace necesario un set de las tres reacciones principales que ocurren simultáneamente para el caso

del hidrotratamiento de los ácidos grasos: hidrodeoxigenación (HDO), hidrodecarbonilación (HDCn), hidrodecarboxilación (HDCx) [2].

Para especificar el set de reacciones, Es necesario agregar los parámetros con respecto a la cinética: energía de activación y el factor pre-exponencial A, a partir de la gráfica de Arrhenius.

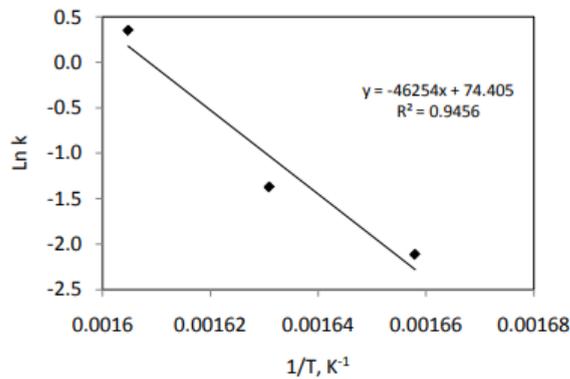


Figura 27: Gráfica de Arrhenius para la determinación de la energía de activación en la obtención de diésel renovable a partir de grasa [4].

Reacción de: hidrodeoxigenación (HDO).

Interfaz de usuario del simulador Aspen Hysys para la configuración de la reacción de hidrodeoxigenación (HDO). La ventana muestra la estequiometría y la información de velocidad de la reacción.

Component	Mole Wt.	Stoich Coeff	Fwd Order	Rev Order
Triolein	885,449	-1,000	1,00	0,00
Hydrogen	2,016	-15,000	15,00	0,00
n-C18	254,479	3,000	0,00	<empty>
Propane	44,097	1,000	0,00	<empty>
H2O	18,015	6,000	0,00	<empty>

Parámetros de la reacción:

- Basis: Molar Conc
- Base Component: Triolein
- Rxn Phase: Overall
- Min. Temperature: -273,1 C
- Max Temperature: 3000 C
- Basis Units: kgmole/m3
- Rate Units: kgmole/m3-h

Parámetros de la reacción:

Parameter	Value
A	2,0590e+032
E	3,8451e+005
b	<empty>
A'	<empty>
E'	<empty>
b'	<empty>

Equation Help:

$$r = k^*f(\text{Basis}) - k'^*f(\text{Basis})$$

$$k = A * \exp(-E / RT) * T^b$$

$$k' = A' * \exp(-E' / RT) * T^{b'}$$

T in Kelvin

Balance Error: 0,00000  
Reaction Heat (25 C): -9,6e+05 kJ/kgmole

Figura 28: Reacción de hidrodeoxigenación y parámetros en el simulador Aspen Hysys.

Reacción de: hidrodecarbonilación (HDCn).

Kinetic Reaction: Rxn-2

Stoichiometry and Rate Info

Component	Mole Wt.	Stoich Coeff	Fwd Order	Rev Order
Triolein	885,449	-1,000	1,00	0,00
Hydrogen	2,016	-9,000	9,00	0,00
n-C17	240,457	3,000	0,00	3,00
Propane	44,097	1,000	0,00	1,00
CO	28,011	3,000	0,00	3,00
H2O	18,015	3,000	0,00	3,00
**Add Comp**				

Balance Error: 0,00000  
Reaction Heat (25 C): -5,0e+05 kJ/kgmole

Basis: Molar Conc'n  
Base Component: Triolein  
Rxn Phase: Overall  
Min. Temperature: -273,1 C  
Max Temperature: 3000 C  
Basis Units: kgmole/m3  
Rate Units: kgmole/m3-h

Forward Reaction: A: 2,0590e+032, E: 3,8451e+005, b: <empty>  
Reverse Reaction: A': <empty>, E': <empty>, b': <empty>

Equation Help:  
 $r = k^*(f(\text{Basis}) - k'^*(f(\text{Basis}))$   
 $k = A * \exp(-E / RT) * T^b$   
 $k' = A' * \exp(-E' / RT) * T^{b'}$   
 T in Kelvin

Ready

Figura 29: Reacción de hidrodecarbonilación y parámetros en el simulador Aspen Hysys.

Reacción de: hidrodecarboxilación (HDCx).

Kinetic Reaction: Rxn-3

Stoichiometry and Rate Info

Component	Mole Wt.	Stoich Coeff	Fwd Order	Rev Order
Triolein	885,449	-1,000	1,00	0,00
Hydrogen	2,016	-6,000	6,00	0,00
n-C17	240,457	3,000	0,00	3,00
Propane	44,097	1,000	0,00	1,00
CO2	44,010	3,000	0,00	3,00
**Add Comp**				

Balance Error: 0,00000  
Reaction Heat (25 C): -6,2e+05 kJ/kgmole

Basis: Molar Conc'n  
Base Component: Triolein  
Rxn Phase: LiquidPhase  
Min. Temperature: -273,1 C  
Max Temperature: 3000 C  
Basis Units: kgmole/m3  
Rate Units: kgmole/m3-h

Forward Reaction: A: 2,0590e+032, E: 3,8451e+005, b: <empty>  
Reverse Reaction: A': <empty>, E': <empty>, b': <empty>

Equation Help:  
 $r = k^*(f(\text{Basis}) - k'^*(f(\text{Basis}))$   
 $k = A * \exp(-E / RT) * T^b$   
 $k' = A' * \exp(-E' / RT) * T^{b'}$   
 T in Kelvin

Ready

Figura 30: Reacción de hidrodecarboxilación y parámetros en el simulador Aspen Hysys.

El ajuste en general es bueno ( $R=0.972$ ). De la pendiente de la recta se puede obtener la energía de activación como se muestra a continuación:  $EA = 46,254 \times 1.987 = 91,900 \text{ cal/mol}$ . El factor pre-exponencial es:  $\ln A = 74.405$  por lo tanto,  $A=2.059 \times 10^{32}$ .

Con los parámetros iniciales ingresados, se pasa a la interfaz de simulación.

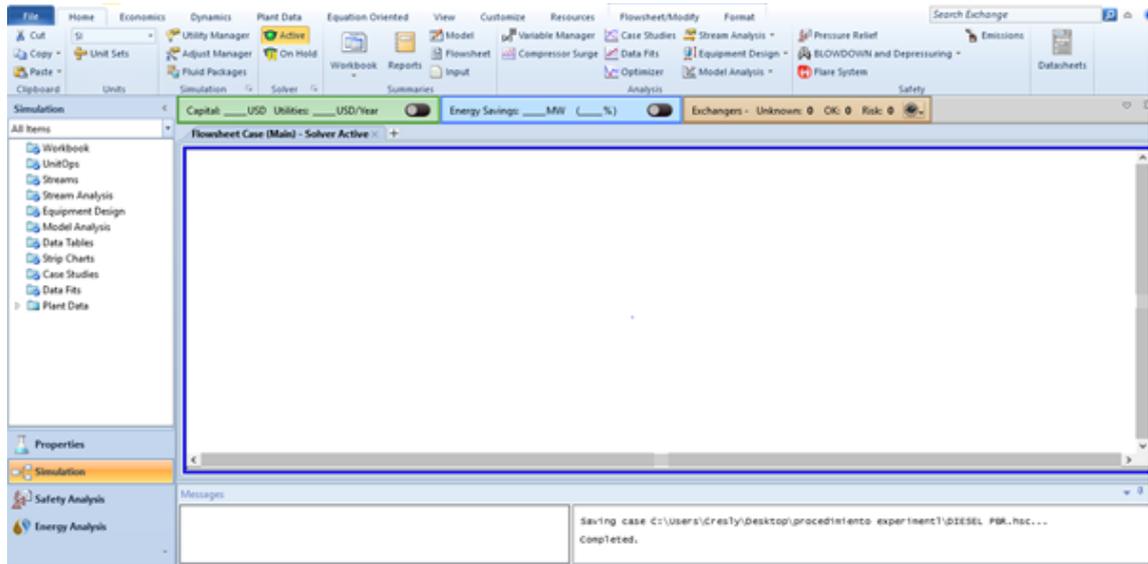


Figura 31: Interfaz de simulación Aspen Hysys.

El paso siguiente es incluir corrientes del proceso, equipos y corrientes de energía. Se incluyen condiciones iniciales para las corrientes de entrada Ácidos grasos e hidrógeno. Incluyendo tres variables (Temperatura, Presión y flujo), A la vez de especificar composiciones de las sustancias que componen la corriente.

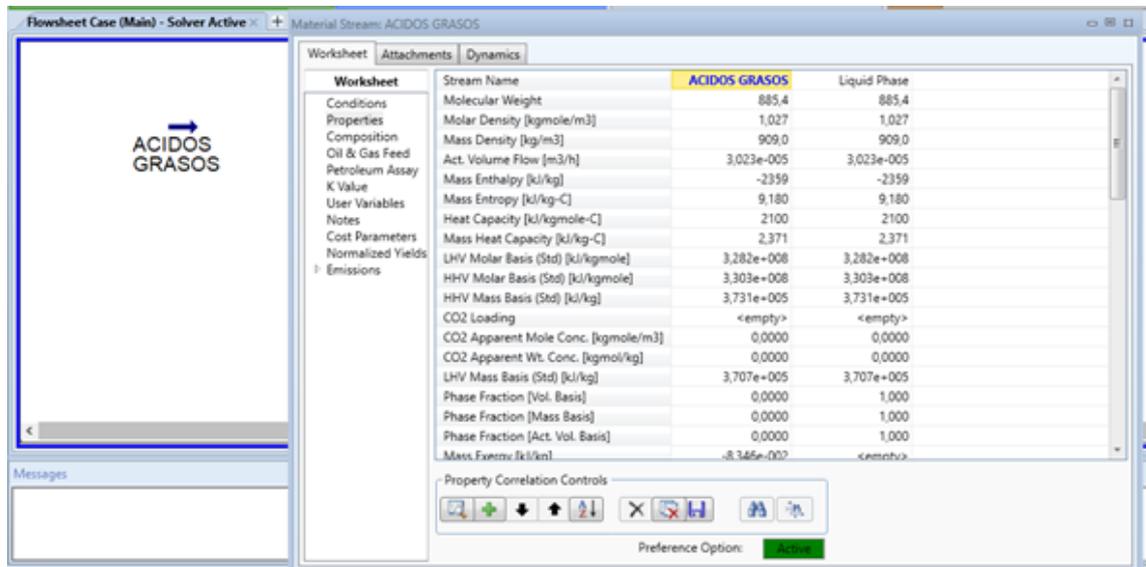


Figura 32: Corriente de entrada de ácidos grasos en el simulador Aspen Hysys.

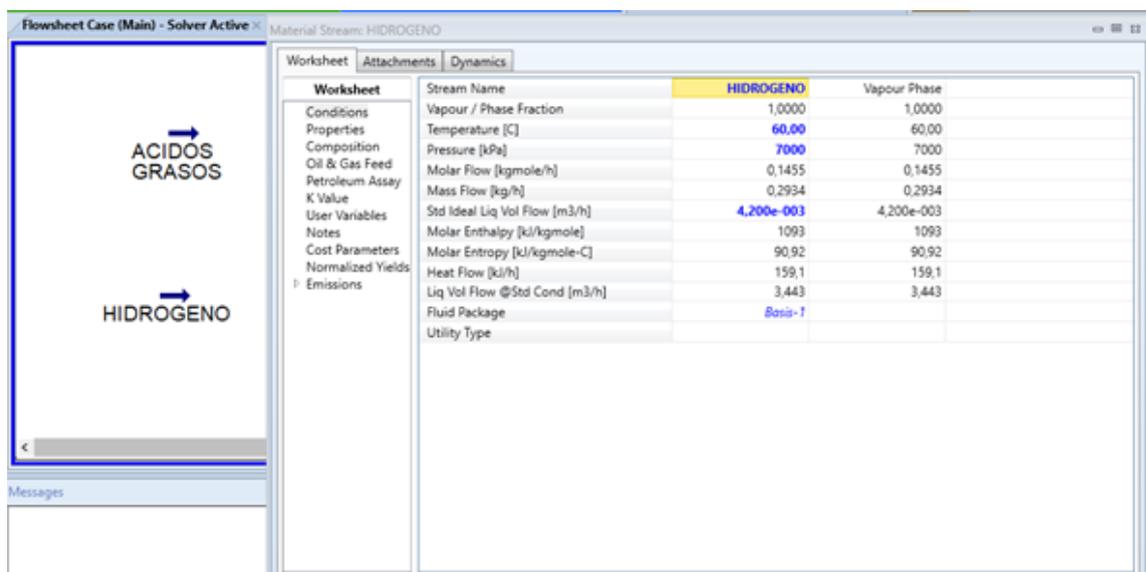


Figura 33: Corriente de entrada de hidrógeno en el simulador Aspen Hysys.

Por último se incluyen los equipos y sus respectivos parámetros, las corrientes en cada equipo con las condiciones deseadas a la salida de cada bloque de proceso.

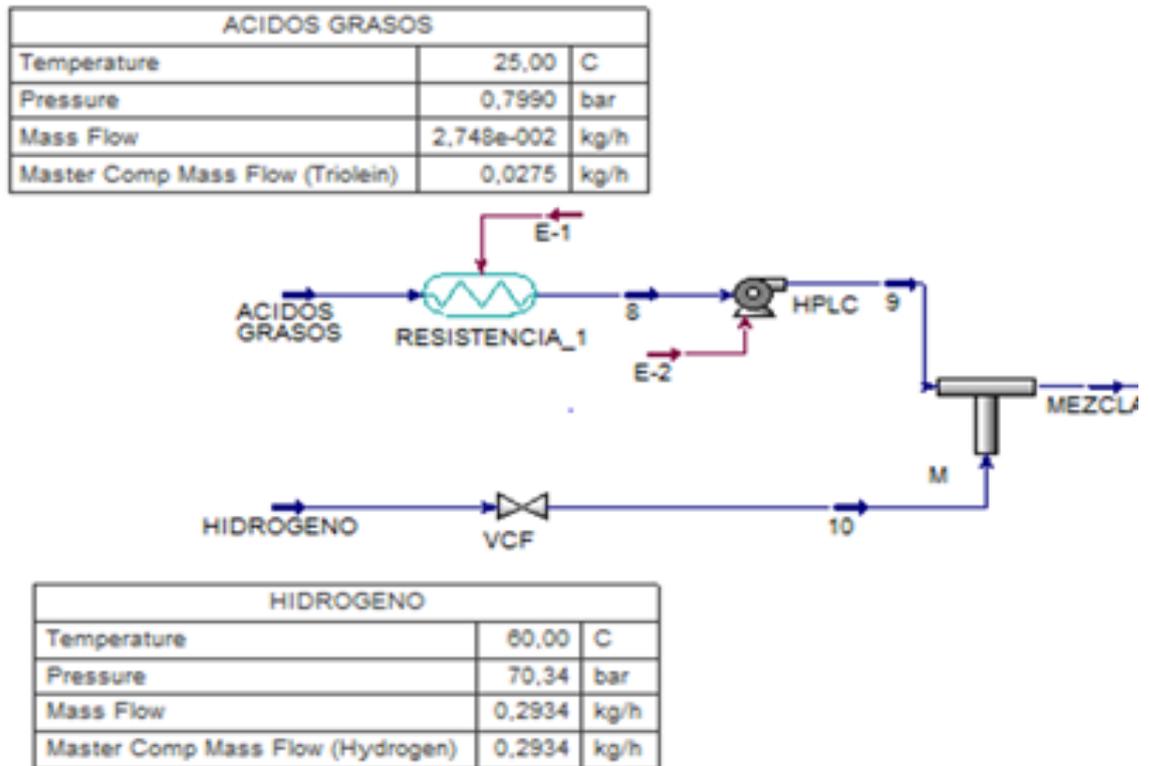


Figura 34: Primera etapa proceso simulación de producción de diésel renovable en Aspen Hysys.

En esta etapa se observa el ingreso de ácidos grasos los cuáles pasan por una cinta de calentamiento estos siguen hacia la bomba de HPLC para respectivamente hacer la mezcla con el hidrógeno. En la parte de abajo se muestra la entrada de hidrógeno la cual pasa por una válvula de control de flujo como mecanismo de seguridad debido a las altas presiones. Este hidrógeno se mezcla con la materia que sale de la bomba HPLC lo cual genera una mezcla hidrolizada.

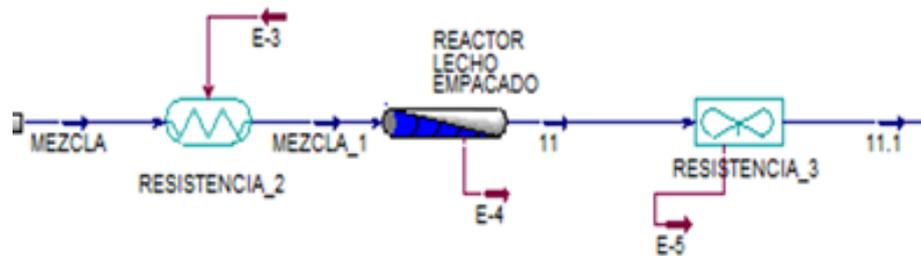


Figura 35: Segunda etapa proceso simulación de producción de diésel renovable en Aspen Hysys.

La mezcla hidrolizada pasa por una cinta de calentamiento la cual se dirige al reactor de lecho en el cual el catalizador solido sulfurado se encuentra a temperatura de 350 °c. El cual se encarga de la separado de la mezcla para la obtención del diésel renovable esta mezcla genera gases CO/CO2/Propano por lo cual se calienta la mezcla para la separación del diésel renovable de los gases.

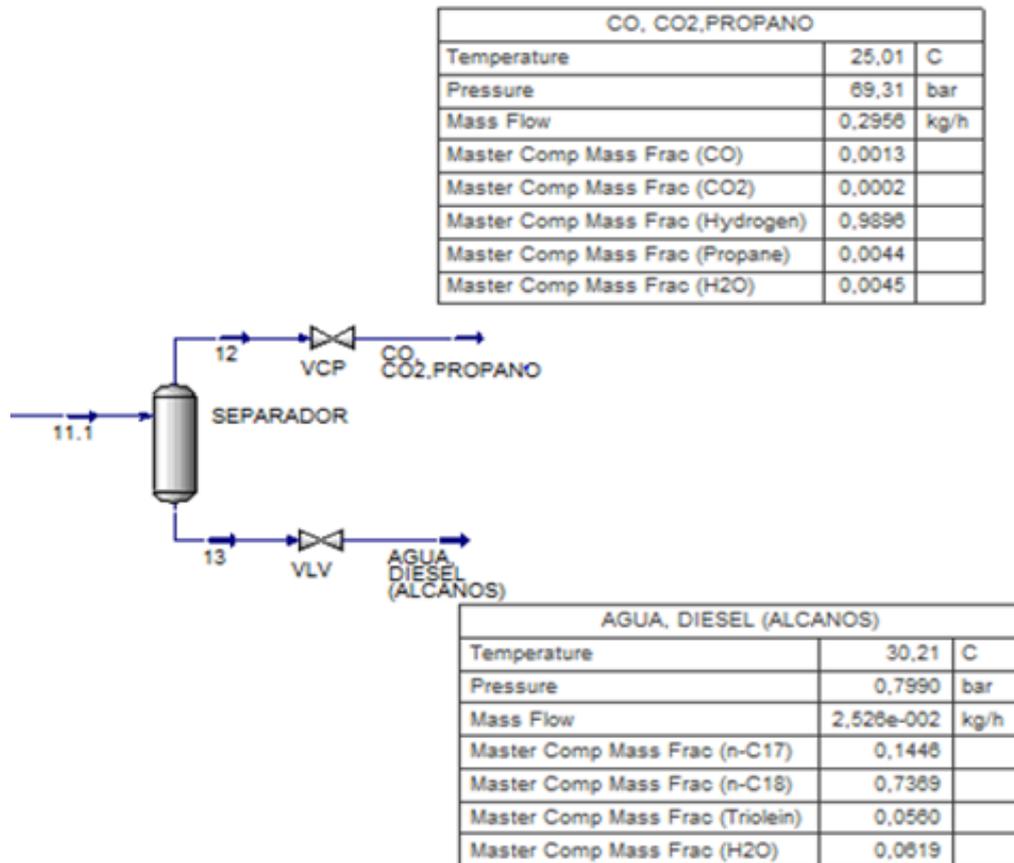


Figura 36: Tercera etapa proceso simulación de producción de diésel renovable en Aspen Hysys.

En esta etapa llega el diésel renovable mezclado con gases por lo cual es necesario separarlos esto se hace mediante calentamiento o más conocido como decantación debido a el punto de ebullición de estos. Al calentarse los gases tienden a subir hacia la válvula de control de presión la cual se encarga de dar salida al gas para que la mezcla de diésel renovable quede. Esta mezcla al estar en estado líquido pasa por una válvula de control de volumen en ocasiones esta mezcla sale con residuos de agua por lo cual se calienta la mezcla al estado de ebullición del agua.

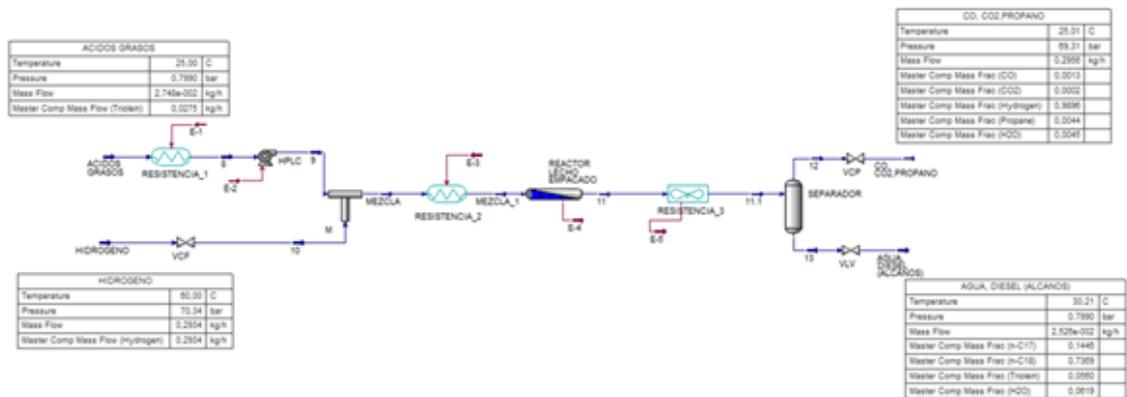


Figura 37: Proceso final simulación de producción de diésel renovable en Aspen Hysys.



**FACULTAD DE INGENIERÍA – PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
DOCUMENTO INTERNO DE TRABAJO

**PROYECCIÓN DE ACTIVIDADES COMO INVESTIGADOR AUXILIAR EN PROYECTO DE CONVOCATORIA EXTERNA PARA EL I.P.A. DE 2019**

**Título del Proyecto:** PRODUCCIÓN DE DIESEL RENOVABLE MEDIANTE HIDROTREATAMIENTO DE ÁCIDOS GRASOS DERIVADOS DE RESIDUOS ANIMALES  
**Convocatoria No.:** convocatoria 802-2018 Proyectos de I+D para el desarrollo tecnológico de base biológica departamento de Cundinamarca.

**Grupo de Investigación:** Grupo de Investigación en Generación Aprovechación y Transferencia de Tecnología (GIGATI)

**Docentes:** Ing. Faider Barrero - Ing. Cesar Augusto Casas-Ing. Leonardo Mujica

ACTIVIDAD GENERAL DEL PROYECTO	SUB ACTIVIDADES QUE VA A DESARROLLAR EN EL PROYECTO	TIEMPO EN SEMANAS (6 MESES) 15 de mayo de 2019 al 16 de noviembre de 2019																								PRODUCTOS/ENTREGABLE	RESPONSABLE	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Recolección de información	a. Análisis del estado del arte de la hidrólisis y dispositivos electrónicos																										Informe técnico sobre el análisis del estado del arte (A partir de publicaciones arbitradas).	Estudiante Cristian Nicolás Hurtado Martínez. Ing. Leonardo Rodríguez Mujica



## FACULTAD DE INGENIERÍA – PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DOCUMENTO INTERNO DE TRABAJO

ACTIVIDAD GENERAL DEL PROYECTO	SUB ACTIVIDADES QUE VA A DESARROLLAR EN EL PROYECTO	TIEMPO EN SEMANAS (6 MESES ) 15 de mayo de 2019 al 16 de noviembre de 2019																PRODUCTOS/ENTREGABLE	RESPONSABLE									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			17	18	19	20	21	22	23	24	
Selección y acondicionamiento de la materia prima	a. Identificar de manera teórica las mejores condiciones de síntesis para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales.																											
	b. Identificar de manera experimental las mejores condiciones de síntesis para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales.																										Informe técnico que especifique las mejores condiciones de síntesis para la obtención y diseño experimental de la reacción de ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales.	Estudiante Cristian Nicolás Hurtado Martínez, Ing. Leonardo Rodríguez Mujica



## FACULTAD DE INGENIERÍA – PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DOCUMENTO INTERNO DE TRABAJO

ACTIVIDAD GENERAL DEL PROYECTO	SUB ACTIVIDADES QUE VA A DESARROLLAR EN EL PROYECTO	TIEMPO EN SEMANAS (6 MESES ) 15 de mayo de 2019 al 16 de noviembre de 2019												PRODUCTOS/ENTREGABLE	RESPONSABLE													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Desarrollo de diseños experimentales para la obtención de biocombustible tipo diésel mediante desoxigenación a alta presión.	a. Diseño del módulo de flujo para la adquisición de datos en el proceso de hidrólisis.																											
	b. Implementación del módulo de flujo en la planta experimental para realizar el proceso de hidrólisis.																											Informe técnico de los resultados de desempeño del módulo de flujo en la planta experimental y simulación del módulo de flujo para la adquisición de datos en el proceso de hidrólisis.



## FACULTAD DE INGENIERÍA – PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DOCUMENTO INTERNO DE TRABAJO

ACTIVIDAD GENERAL DEL PROYECTO	SUB ACTIVIDADES QUE VA A DESARROLLAR EN EL PROYECTO	TIEMPO EN SEMANAS (6 MESES ) 15 de mayo de 2019 al 16 de noviembre de 2019																PRODUCTOS/ENTREGABLE	RESPONSABLE									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			17	18	19	20	21	22	23	24	
Realización de Informes, generación de productos de nuevos conocimientos y apropiación social del conocimiento.	a. Entrega de informes técnicos y/o financieros.																										Informes bimestrales y finales	Estudiante Cristian Nicolás Hurtado Martínez, Ing. Leonardo Rodríguez Mujica
	b. Postulación de un artículo en revista indexada.																										Artículo sometido a evaluación por pares.	Estudiante Cristian Nicolás Hurtado Martínez, Ing. Leonardo Rodríguez Mujica
	c. Realización de una ponencia en evento científico nacional o internacional.																										Capítulo en las memorias, certificado de la ponencia.	Estudiante Cristian Nicolás Hurtado Martínez, Ing. Leonardo Rodríguez Mujica
	d. Taller de sensibilización con la comunidad académica.																										Registro de asistencia y material audiovisual.	Estudiante Cristian Nicolás Hurtado Martínez, Ing. Leonardo Rodríguez Mujica

## C. Anexo III: Eventos científicos .

### C.1. Certificado y artículo ponencia en el ITFIP.



INSTITUCIÓN DE EDUCACION SUPERIOR ITFIP  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROINDUSTRIALES



# IV Congreso Nacional y III Internacional de Ingeniería 2019

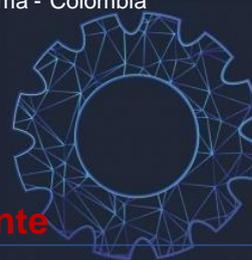
“Desafíos y tendencias de Ingeniería”

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

Certifica que:

Cristian Nicolás Hurtado Martínez

Participo en calidad de: **Ponente**

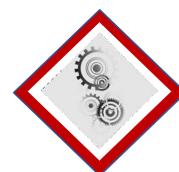


**ITFIP**  
INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

  
Mario Fernando Díaz Pava  
Rector

  
Holman Reyes Puentes  
Decano Ingeniería

“Educación Superior con Calidad para todos”





## “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>2</sup>, Pablo Muñoz<sup>2</sup>, Cesar Casas<sup>1</sup>, Edwin Palacios<sup>1</sup>, Leonardo Mújica<sup>1</sup>, Cristian Hurtado<sup>2</sup>, Cesar Quintero<sup>1</sup>, Faider 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

### Resumen

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

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

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

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

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

### 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.**

### 1 Descripción del problema

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

Como alternativa a los combustibles fósiles, han surgido los biocombustibles, que son provenientes de fuentes renovables como aceites vegetales o biomasa en general. Los primeros tipos de biocombustibles

1



## “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)

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 [1] se presentan las directrices orientadas a promover la producción de biocombustibles en Colombia, proponiendo las estrategias a seguir. Dentro de estas estrategias se pueden resaltar: "incorporar los desarrollos previstos del mercado de biocombustibles como una variable para la planeación de la infraestructura de transporte, definir un plan de investigación y desarrollo en biocombustibles, armonizar la política nacional de biocombustibles con la política nacional de seguridad alimentaria y desarrollar acciones específicas para abrir nuevos mercados y diferenciar el producto colombiano en los mercados internacionales".

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

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

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



## “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)

### 2 OBJETIVO GENERAL

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

### 3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

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

### 4 INTRODUCCIÓN

La grasa animal que se desecha producto del tratamiento o acondicionamiento de la explotación pecuaria constituye una materia prima de bajo costo y con alta disponibilidad en el departamento de Cundinamarca. De acuerdo a la información reportada en la literatura científica y técnica se pueden obtener biocombustibles tipo diésel por reacciones de hidrot ratamiento, a partir de aceites vegetales, grasas animales. La investigación propuesta presentará un componente novedoso partiendo desde los ácidos grasos de residuos grasos animales buscando con esto: a) reducir tiempos de reacción comparado con los procesos convencionales; b) reducir gastos de energía en el proceso, debido a que se pueden tener condiciones de reacción menos drásticas que los procesos de hidrot ratamiento convencionales; c) minimizar el consumo de hidrógeno en el hidrot ratamiento; d) el producto obtenido se puede categorizar como un nuevo biocombustible para realizar mezclas con combustibles comerciales tipo diésel que actualmente se emplean en el país y complementarían o reemplazarían el empleo de biocombustibles como el biodiesel (Metilésteres de ácidos grasos).

El desarrollo del proyecto se realizará en cinco etapas:

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



## “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)

- e) Finalmente, se desarrollará el diseño y la implementación de un prototipo de planta experimental para la obtención de diésel renovable, además de un estudio de mercado para identificar el potencial de mercado a explotar más allá de la temporalidad del proyecto.

### 5 METODOLOGÍA

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



Figura 1. Esquema general de la metodología.

A continuación se describen por objetivo específico las actividades planteadas.

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

#### Primera Etapa

Se realiza la selección de la materia prima, teniendo en cuenta aspectos como propiedades, impacto ambiental, oferta y disponibilidad. La cual será luego caracterizada según los requerimientos con sus respectivos métodos de ensayo: Índice de Yodo (ASTMD-5554), Índice de Saponificación (ASTM D5558), Porcentaje de acidez (ASTM D-1980), Material insaponificable (ASTM D-1965), Humedad (ASTM D-4377) y Composición de ácidos grasos (Cromatografía CG-MS).

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

#### Segunda Etapa

Se realiza la transformación de los residuos grasos animales (Triglicéridos) a ácidos grasos y glicerol. El proceso experimental para la hidrólisis de las grasas animales se realiza a partir de condiciones tomadas de la literatura [3-6].

La reacción se realizara en un reactor batch de alta presión por 30 minutos, con temperaturas entre 200 a 400 °C y manejando una presión autógena que no debe ser mayor a 100 bares. La reacción se muestra en la figura 2.

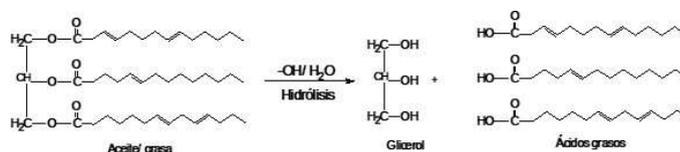


Figura 2. Hidrólisis de grasas/aceites.

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



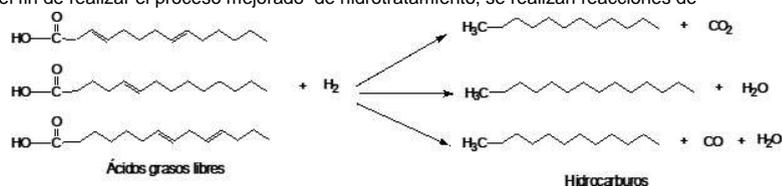
## “ITFIP” INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Establecimiento público adscrito al Ministerio de Educación Nacional  
NIT 800.173.719.0 [www.itfip.edu.co](http://www.itfip.edu.co)

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

### Tercera Etapa

Con el fin de realizar el proceso mejorado de hidrotratamiento, se realizan reacciones de



desoxigenación, empleando como materia prima los ácidos grasos de la anterior etapa (Figura 3).

**Figura 3. Hidrotratamiento de ácidos grasos**

Como catalizador se empleará Níquel-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<sup>3</sup> 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 hidrogeno y categorizar como un nuevo biocombustible no isomerizado para realizar mezclas con combustibles comerciales tipo diésel que se emplean en el país.

- Analizar las propiedades de los biocombustibles tipo diésel obtenidos.  
El producto obtenido de esta etapa de deoxigenación será caracterizado mediante la medición de índices claves de calidad de combustibles de acuerdo a la tabla 3C resolución 90963 del 10 de septiembre de 2014 que rige en el país.
- Determinar el grado de mezcla para la producción de un biocombustible a partir de diésel y diésel renovable cuyas propiedades se encuentren dentro de las especificaciones de calidad establecidas en la normativa nacional.

### Cuarta etapa

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

- Diseñar un prototipo de planta experimental para la producción de diésel renovable a partir de residuos grasos.



## “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)

7. Realizar estudio de mercado que permita establecer el potencial de mercado a explotar más allá de la temporalidad del proyecto.

### Quinta etapa

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

## 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

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

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

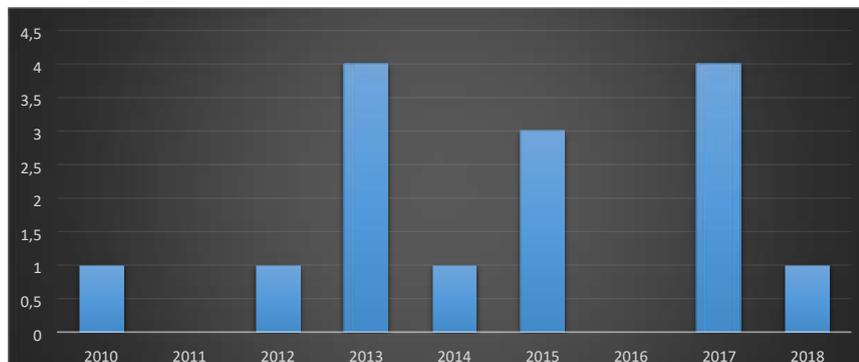


Figura 4. Dinámica de publicaciones en artículos para producto. 2010-2018

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

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



## “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)

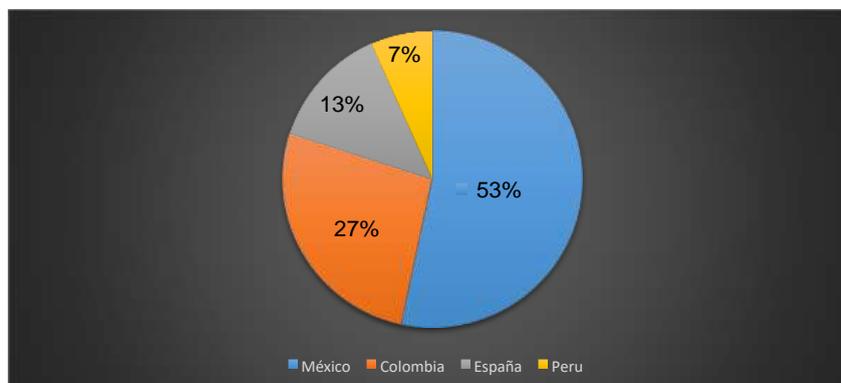


Figura 5. Participación de los países líderes en publicaciones en artículos para producto. 2011-2018

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 hidrot ratamiento, el cual es Biodiesel o diésel verde, ya que hay publicaciones que enfatizan la producción de diésel tradicional con el proceso.

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

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

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

Tabla 1. Perfil de los Clúster identificados.

Países	Autores	Instituciones	Tema de Interés	Tendencias de publicaciones
[# Artículos]	[# Artículos]	[# Artículos]		
México[6]	J. P. R. L., L. P. T., E.	Centro de Investigación Científica de		



**“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)

Colombia[4] España[2]	A. D. L. R. R., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., F. V. R. L., E. C., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., A. I. C. E.	Yucatán A.C. [3], Pontificia Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. 18th internacional Oil Palm Conferencie. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología.	Biodiesel y el diésel verde	<table border="1"> <caption>Biodiesel y el diésel verde</caption> <thead> <tr><th>Año</th><th>Valor</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>2</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>3</td></tr> <tr><td>2014</td><td>0</td></tr> <tr><td>2015</td><td>2</td></tr> <tr><td>2016</td><td>0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>4</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Año	Valor	2010	2	2011	0	2012	0	2013	3	2014	0	2015	2	2016	0	2017	4	2018	1										
Año	Valor																																	
2010	2																																	
2011	0																																	
2012	0																																	
2013	3																																	
2014	0																																	
2015	2																																	
2016	0																																	
2017	4																																	
2018	1																																	
México[7] Colombia[2] España[2]	J. P. R. L., N. A. R. M., N. A. R. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A. A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.[3], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS.[2], Luna Azul, Fundación Universidad De América, Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad de Córdoba, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.	Catalizador	<table border="1"> <caption>Catalizador</caption> <thead> <tr><th>Año</th><th>Valor</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>1</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>3</td></tr> <tr><td>2014</td><td>1</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>4</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Año	Valor	2010	1	2011	0	2012	0	2013	3	2014	1	2015	1	2016	0	2017	4	2018	1										
Año	Valor																																	
2010	1																																	
2011	0																																	
2012	0																																	
2013	3																																	
2014	1																																	
2015	1																																	
2016	0																																	
2017	4																																	
2018	1																																	
México[2] Colombia[2] Perú[1] México[6] España[2]	A. I. C. E., M. E. G. C., C. A., A. C., L. B., A. L. M., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., J. P. R. L., N. A. R. M., E. A. D. L. R. R., F. V. R. L. B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C.	Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [2], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. [2], Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad de Córdoba. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.	Temperatura  < 200°  > 200°	<table border="1"> <caption>Temperatura</caption> <thead> <tr><th>Año</th><th>&gt;200°</th><th>&lt;200°</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2012</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2013</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>2014</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>2017</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Año	>200°	<200°	2010	0	0	2011	1	1	2012	1	1	2013	1	2	2014	1	1	2015	1	1	2016	2	2	2017	2	2	2018	1	1
Año	>200°	<200°																																
2010	0	0																																
2011	1	1																																
2012	1	1																																
2013	1	2																																
2014	1	1																																
2015	1	1																																
2016	2	2																																
2017	2	2																																
2018	1	1																																
México[1] Colombia[3] España[1]	C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., E. C., B. C., R. M., E. M., A. P. M.	Luna Azul. Fundación Universidad De América. 18th internacional Oil Palm Conferencie. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad de Córdoba.	Materia prima Grasa Animal	<table border="1"> <caption>Grasa Animal</caption> <thead> <tr><th>Año</th><th>Valor</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>1</td></tr> <tr><td>2014</td><td>0</td></tr> <tr><td>2015</td><td>2</td></tr> <tr><td>2016</td><td>0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>2</td></tr> <tr><td>2018</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Año	Valor	2010	0	2011	0	2012	0	2013	1	2014	0	2015	2	2016	0	2017	2	2018	0										
Año	Valor																																	
2010	0																																	
2011	0																																	
2012	0																																	
2013	1																																	
2014	0																																	
2015	2																																	
2016	0																																	
2017	2																																	
2018	0																																	
México[5]	J. P. R. L., L. P. T., E.	Centro de Investigación Científica de	Materia prima	<table border="1"> <caption>Materia prima</caption> <thead> <tr><th>Año</th><th>Valor</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>0</td></tr> <tr><td>2014</td><td>0</td></tr> <tr><td>2015</td><td>0</td></tr> <tr><td>2016</td><td>0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>0</td></tr> <tr><td>2018</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Año	Valor	2010	0	2011	0	2012	0	2013	0	2014	0	2015	0	2016	0	2017	0	2018	0										
Año	Valor																																	
2010	0																																	
2011	0																																	
2012	0																																	
2013	0																																	
2014	0																																	
2015	0																																	
2016	0																																	
2017	0																																	
2018	0																																	



**“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)



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

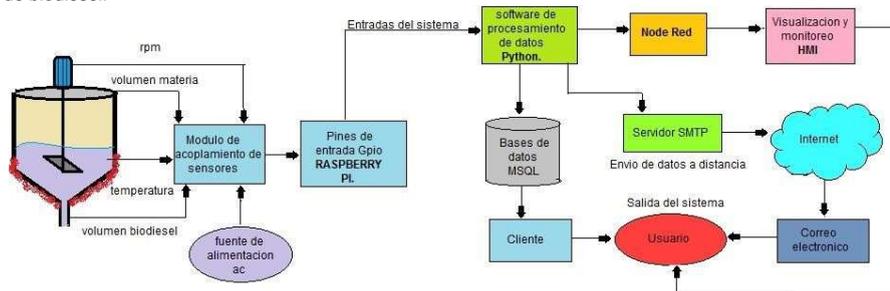
Se opta por el desarrollo e implementación de un sistema scada en la producción de biodiesel. para el monitoreo y registro de variables implícitas que influyen en el proceso de producción que se obtienen en la producción las cuales se visualizan en una interfaz gráfica realizada en node red el cual es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

El sistema se divide en tres etapas:

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

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

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



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

**7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## “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)

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

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

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

### 8 REFERENCIAS

- [1]. Documento Conpes 3510 2008.  
[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. PLAN ENERGÉTICO NACIONAL (PEN) 2006-2025 Contexto y Estrategias 2007.
- [3]. Bailey A. Aceites y grasas industriales. Reverté, S. Madrid: 1979.
- [4]. Kroschwitz JI, Seidel A. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. Volume 5 2004.
- [5]. Ittner Martin Hill. Hydrolysis of fats and oils. US2139589A, 1936.
- [6]. Sonntag NO V. Fat splitting. J Am Oil Chem Soc 1979; 56:729A–732A.
- [7]. J. P. Rodríguez López, «HIDRODESOXIGENACIÓN DE ACIETE DE JATROPHA CURCAS SOBRE Pt/HZSM-22-  $\text{Al}_2\text{O}_3$  PARA LA OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLES SINTÉTICOS,» Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., 2018.
- [8]. N. A. Ramos Meléndez, «Hidrotratamiento de un destilado intermedio de aceite crudo Maya (200-300°C) utilizando catalizadores NiMo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$  con diferente concentración de  $\text{SiO}_2$ ,» ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS, 2014.
- [9]. L. Pinilla Torres, «Análisis de tendencias en biocombustibles para la definición de líneas estratégicas de investigación y desarrollo de Colombia,» Pontificia Universidad JAVERIANA, 2013.
- [10]. E. A. De La Rosa Reyna, «Hidrotratamiento de Aceite Vegetal Jatropha Curcas L. Para la Producción de Aceites Verdes,» ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS, 2013.
- [11]. C. Tejada Tovar, L. Tejada Benítez, Á. Villabona Ortiz y L. Monroy Rodríguez, «Obtención De Biodiesel A Partir De Diferentes Tipos De Grasa Residual De Origen Animal,» Luna Azul, 2013.
- [12]. S. Ornelas, M. Lisette, A. C. Gutiérrez y J. M. Rodríguez, «Biocombustibles De Cara Al Futuro: Un Panorama Actual,» DIGITAL CIENCIA@UAQRO, 2015.
- [13]. C. Andrade, A. Corredor, L. Buitrago y A. Lache Muñoz, «Procesos Bioquímicos Utilizados Para La Producción De Bioetanol, Biodiésel Y Biogás Y Su Estado En Colombia,» Fundación Universidad De América, 2017.
- [14]. F. V. Rodríguez Lizama, «Síntesis De Un Catalizador Bifuncional Para (Hidro) Desoxigenación De Aceite,» Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., 2017.
- [15]. E. Castillo, «Biocombustibles Avanzados A Partir Del Aceite De Palma,» 18th international Oil Palm Conference, 2015.
- [16]. B. Chan, R.M y E. Martínez, «Algunos Aspectos De Producción De Diésel Verde A Partir De Materias Primas De Segunda Generación Y La Tecnología Del Hidrotratamiento,» Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, 2017.



## “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)

- [17]. N. Cantero Plaza, «Determinación De La Corrosión Y Estabilidad De Mezclas De Corrientes De Refinería Y Aceites Vegetales En Procesos De Hidrotratamiento,» Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, 2010.
- [18]. A. Posadillo Marín, «Optimización De Las Condiciones Experimentales Para La Producción De Biocombustibles De Segunda Generación Que Integran La Glicerina,» Universidad de Cordoba, 2015.
- [19]. U. Medina Castañeda, «Influencia De Aditivo Orgánico En El Desempeño Catalítico De Un Catalizador Comercial Convencional En Reacción De Hidrodesulfuración, Para La Obtención De Diesel Ultra Bajo Azufre,» UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2013.
- [20]. M. E. Gamarra Condori, «Optimizar El Proceso De Desulfuración Del Diesel En El Perú,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, 2012.
- [21]. A. I. Castillo Escobedo, «Desoxigenación Catalítica De Aceite De Cocina Usado Para La Obtención De Biocombustible,» Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., 2017.

**C.2. Taller de sensibilización ponencia en el ITFIP.**

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



**ITFIP**  
INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

5 Noviembre de 2019, Espinal

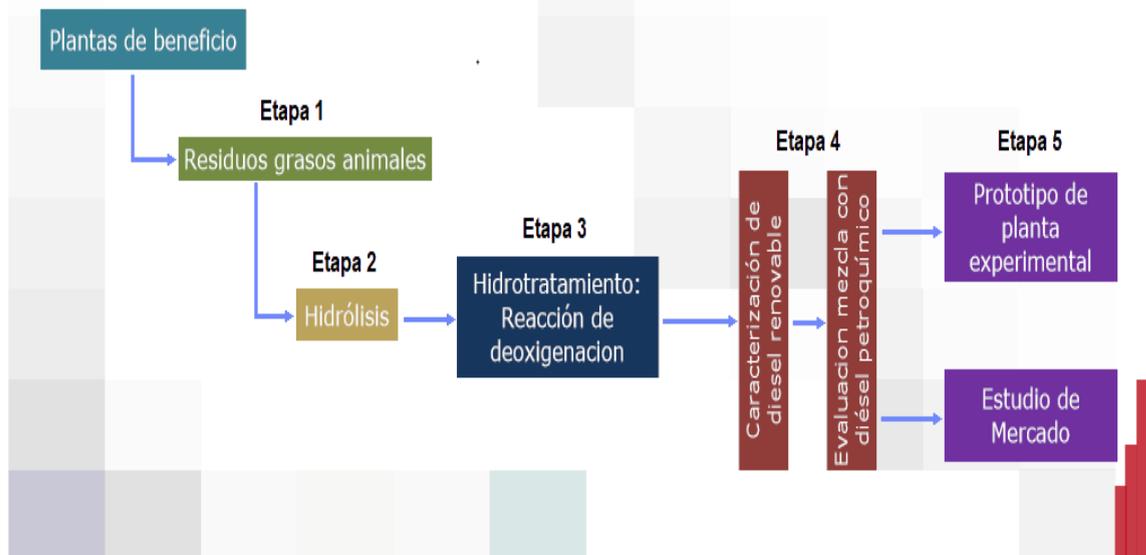
## **BIODIESEL DE RESIDUOS GRASOS ANIMALES**

- 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.

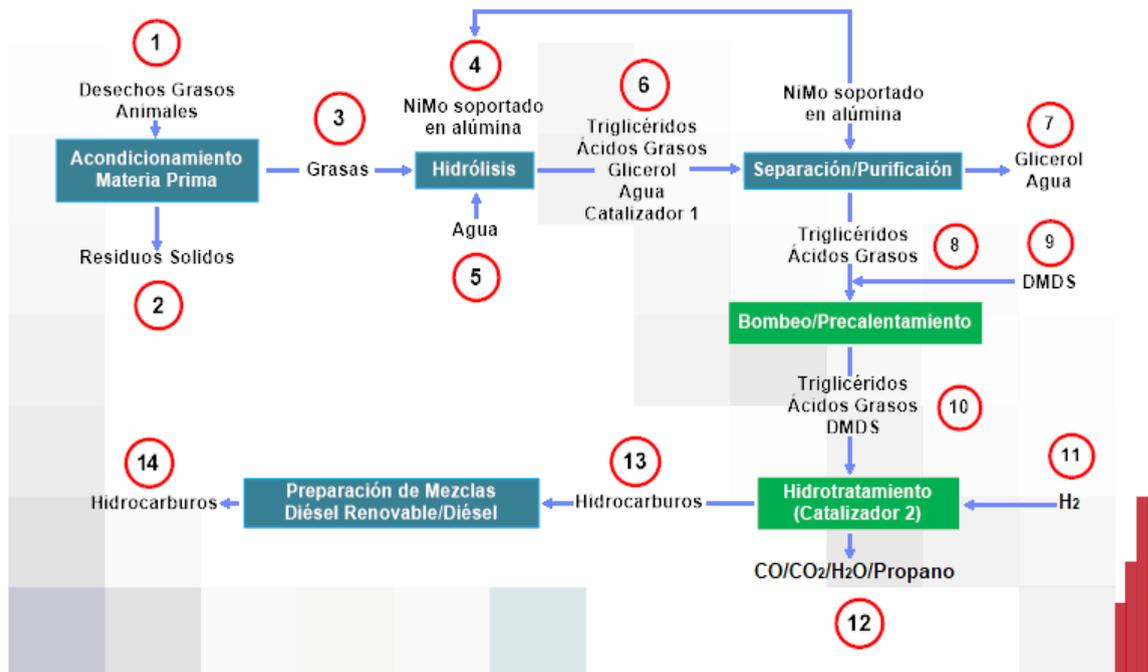
## **BIODIESEL DE RESIDUOS GRASOS ANIMALES**

- 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.

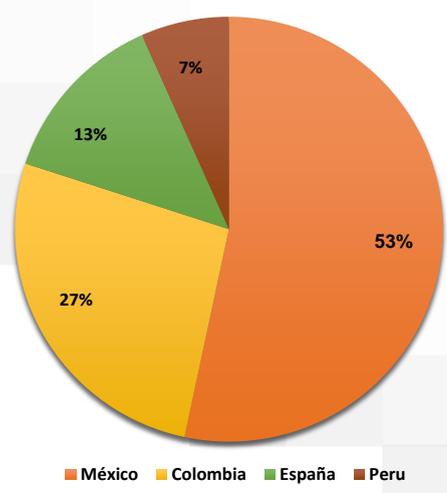
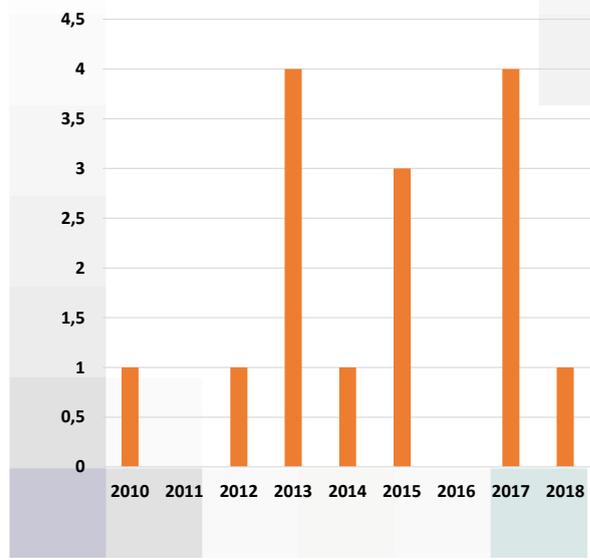
# Metodología Establecida para el Desarrollo del Proyecto



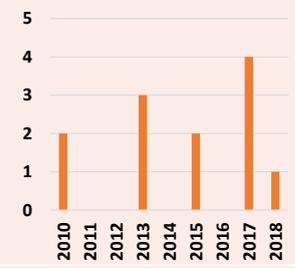
# Diagrama General del Proceso



## Dinámica de publicaciones y Participación de los países en artículos para producto. 2010-2018



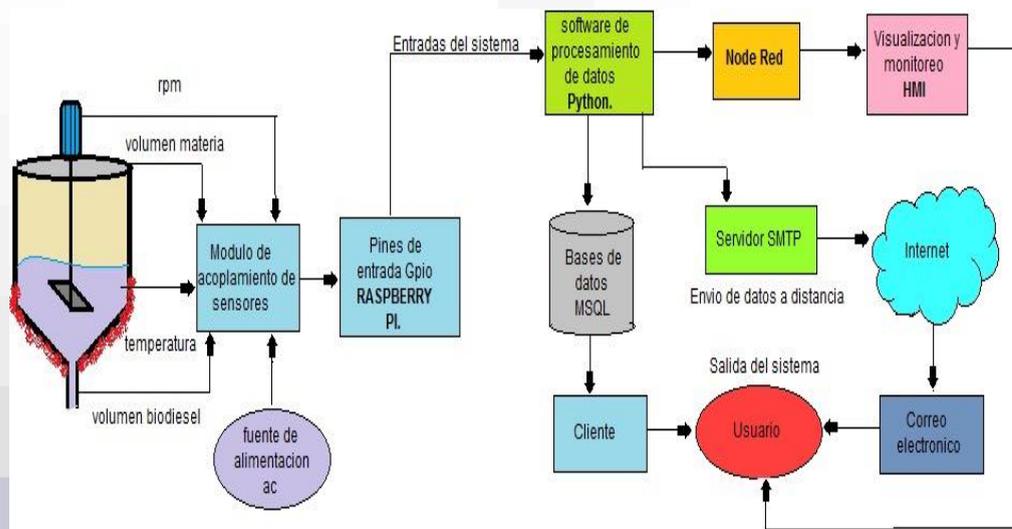
## Perfil de los Clúster identificados

Países [# Artículos]	Autores [# Artículos]	Instituciones [# Artículos]	Tema de Interés	Tendencias de publicaciones
México[6] Colombia[4] España[2]	J. P. R. L., L. P. T., E. A. D. L. R. R., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., F. V. R. L., E. C., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.[3], Pontificia Universidad JAVERIANA, ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. 18th international Oil Palm Conference. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología	Biodiesel y Diésel Verde	
México[7] Colombia[2] España[2]	J. P. R. L., N. A. R. M., N. A. R. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.[3], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS.[2], Luna Azul, Fundacion Universidad De America, Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad de Cordoba, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	Catalizador	

## Perfil de los Clúster identificados

Países [# Artículos]	Autores [# Artículos]	Instituciones [# Artículos]	Tema de Interés	Tendencias de publicaciones																				
México[1] Colombia[3] España[1]	C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., E. C., B. C., R. M., E. M., A. P. M.	Luna Azul. Fundación Universidad De América. 18th international Oil Palm Conference. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad de Córdoba.	Materia prima Grasa Animal	 <table border="1"> <caption>Tendencias de publicaciones - Grasa Animal</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Publicaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>1</td></tr> <tr><td>2014</td><td>0</td></tr> <tr><td>2015</td><td>2</td></tr> <tr><td>2016</td><td>0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>2</td></tr> <tr><td>2018</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Año	Publicaciones	2010	0	2011	0	2012	0	2013	1	2014	0	2015	2	2016	0	2017	2	2018	0
Año	Publicaciones																							
2010	0																							
2011	0																							
2012	0																							
2013	1																							
2014	0																							
2015	2																							
2016	0																							
2017	2																							
2018	0																							
México[5] Colombia[2] España[2]	J. P. R. L., L. P. T., E. A. D. L. R. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., A. P. M., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.[3] , Pontificia Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Fundación Universidad De America. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad de Córdoba.	Materia prima Aceites Vegetales	 <table border="1"> <caption>Tendencias de publicaciones - Aceites Vegetales</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Publicaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>1</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>2</td></tr> <tr><td>2014</td><td>0</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>4</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Año	Publicaciones	2010	1	2011	0	2012	0	2013	2	2014	0	2015	1	2016	0	2017	4	2018	1
Año	Publicaciones																							
2010	1																							
2011	0																							
2012	0																							
2013	2																							
2014	0																							
2015	1																							
2016	0																							
2017	4																							
2018	1																							

# 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



## REFERENCIAS

- Documento 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).
- UPME. PLAN ENERGÉTICO NACIONAL (PEN) 2006-2025 Contexto y Estrategias 2007.
- Bailey A. Aceites y grasas industriales. Reverté, S. Madrid: 1979.
- Kroschwitz JI, Seidel A. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. Volume 5 2004.
- Ittner Martin Hill. Hydrolysis of fats and oils. US2139589A, 1936.
- Sonntag NO V. Fat splitting. J Am Oil Chem Soc 1979; 56:729A–732A.

### C.3. Solicitud de certificado de ponencia.

#### **Solicitud de Certificado de Ponencia, y Memorias del evento VIII Congreso Internacional de Ingeniería CIIUDEC-2019**

Cristian Nicolas Hurtado Martinez <cnhurtado@ucundinamarca.edu.co>

Lun 29/06/2020 16:41

Para:

- DIRECCIÓN INTERACCIÓN SOCIAL UNIVERSITARIA <interaccionuniversitaria@ucundinamarca.edu.co>

3 archivos adjuntos (658 KB)

Agenda23Octubre.pdf; IDENTIFICACIÓN-DE-LAS-MEJORES-CONDICIONES-DE-SÍNTESIS-DE-ÁCIDOS-GRASOS-Y-ADQUISICIÓN-DE-DATOS-EN-EL-PROCESO-DE-HIDROLISIS-PARA-LA-OBTENCIÓN-DE-BIODIESEL.docx; Hurtado.PNG;

Hola muy buenas tardes Señores DIRECCIÓN INTERACCIÓN SOCIAL UNIVERSITARIA.

Les escribo con motivo de solicitar por favor una certificación de la ponencia que realice en el evento VIII Congreso Internacional de Ingeniería CIIUDEC-2019, con título, "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", el día 23 de octubre en la Universidad de Cundinamarca sede Fusgasuga, y las memorias del evento, por motivo de evidencia para sustentación de mi Trabajo de Grado.

Te anexo el resumen de la ponencia, la agenda del evento y la captura del ticket de ingreso.

De ante mano agradezco por su atención y pronta respuesta.

Atentamente:

Cristian Nicolas Hurtado Martinez

1.069.751.632

Estudiante de Ingeniería Electronica

Universidad de Cundinamarca

# VIII CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA CIUDEC- 2019

Organiza, administra y controla tus eventos del modo más eficiente

[Listo Eventos](#)

Hola **CRISTIAN NICOLAS**, se ha validado con éxito tu inscripción al evento **VIII CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA CIUDEC-2019**

[Ticket de Ingreso](#)



**LUGAR DE REALIZACIÓN**

Lunes: Auditorio Centro Académico Deportivo CAD, Universidad de Cundinamarca

Por la tarde: 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 Planación De Redes Inalámbricas Rurales (India, Etcocia Y Colombia)	Santiago Casillas Bohórquez	Daniel Sebastián Espinel Ochoa	Leonardo Rodríguez Mijica			
9:20 - 9:40	Producción de etanol Renovable mediante Hidrotretamiento de Acidos Grasos Derivados de Residuos Animales	C. A. Arias Vargas	C. A. Casas Diaz	P. A. Muñoz	E. Páezos Yegre		
9:40 - 10:00	Métodos De Adquisición De Datos En Pregunta Aplicaciones Híbridas Estica Fotovoltaica En La Región Del Sumapaz	William A. Bonilla D.	Jenny Paola Florez Matamoros	Cesar Augusto Casas Diaz	Fabian Humberto Barrero Sánchez		
10:00 - 10:20	Espacio Blancos De Televisión - TV WHITE SPACE En La Construcción De La Red Digital Comunitaria, Vereda San Pablo (Páez Cundinamarca)	Jennifer Riar García Sosa	Marco Antonio Rodríguez Rojas	Wilson Daniel Gerardo Ochoa	Marcia Catalina Pablo Córdoba		
10:20 - 10:40	Estudio De Caso Sitio O Frazeso - Torre De Telecomunicaciones Y Obra Civil Costa Caribe - Colombia	Rubelá Beilo Rodríguez	Pablo Andrea Valencia Achury				
10:40 - 11:00	Diseño De Un Protocolo Para La Notificación De Pérdida De Redes En Un Hato De Café	Martinez Cera Federico	Oregón Criollo Sergio Hernan				
11:00 - 11:20	Análisis De Tecnologías Para La Gestión De La Traslabilidad En La Producción De Café	Olga Marina García Norato	Edison Reyes	Sergio Esteban Delgado	Kevin José Tausa	Pedro Luis Chientes G.	Melán Enrique Carriño F.
11:20 - 11:40	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	C. N. Hurtado Martínez	L. Rodríguez Mijica	C. A. Vargas Vasquez	C. A. Quintero Obando		
11:40 - 12:00	Influencia Del Transporte Intermodal En El Corredor Logístico Bogotá - Costa Caribe	Angie Pineda Ramirez H.	Dany Andrea Sacristán Martínez	Jefferson A. Rubiano Pizarro			
12:00 - 12:20	Estudio de cobertura para una red comunitaria en la vereda de Bozachoque	Yerson Gilberto Calderón Vargas	Zara Katherine Luna Córdoba	Angel David Villanaga Villalba			
12:20 - 12:40	Diseño de políticas de gestión y prevención para aumentar la disponibilidad de la red de Bozachoque libre	Andrés Camilo Cruz Baquero	Johan Fernando Cruz				
12:40 - 13:00	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	C. N. Hurtado Martínez	L. Rodríguez Mijica	C. A. Vargas Vasquez	C. A. Quintero Obando		

Solicitud de Certificado de Ponencia, y Memorias del evento VIII Congreso Internacional de Ingeniería CIUDEC-2019



Cristian Nicolas Hurtado Martinez

Lun 29/06/2020 16:41



Para: DIRECCIÓN INTERACCIÓN SOCIAL UNIVERSITARIA



Agenda23Octubre.pdf  
623 KB



IDENTIFICACIÓN-DE-LAS-ME...  
20 KB

3 archivos adjuntos (658 KB) Descargar todo Guardar todo en OneDrive - Universidad de Cundinamarca

Hola muy buenas tardes Señores DIRECCIÓN INTERACCIÓN SOCIAL UNIVERSITARIA.  
Les escribo con motivo de solicitar por favor una certificación de la ponencia que realice en el evento VIII Congreso Internacional de Ingeniería CIUDEC-2019, con título, "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", el día 23 de octubre en la Universidad de Cundinamarca sede Fusgasuga, y las memorias del evento, por motivo de evidencia para sustentación de mi Trabajo de Grado.

Te anexo el resumen de la ponencia, la agenda del evento y la captura del ticket de ingreso.

## C.4. II simposio de ciencia, tecnología e innovación.

**El conocimiento es de todos** Colciencias

**COLOMBIA BIO**

Gobernación de Cundinamarca

**CUNDINAMARCA**  
unidos podemos más

**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 hidrotreatmento (deoxigenación) de ácidos grasos derivados de residuos animales.

**Justificación:** De acuerdo al documento Pecdti-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	\$ 192.539.600
<b>COSTO TOTAL DEL CONTRATO</b>	<b>\$ 599.420.006</b>

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PQI  
Vigilada MinEducación

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
Generación Siglo 21

Grupo de Investigación GIGATT

marca.edu.co

**El conocimiento es de todos** Colciencias

**COLOMBIA BIO**

Gobernación de Cundinamarca

**CUNDINAMARCA**  
unidos podemos más

**Objetivos específicos:**

- Definir y caracterizar la materia prima más adecuada para este proceso que esté disponible como residuo en el departamento de Cundinamarca.
- Determinar las mejores condiciones de síntesis para la obtención de los ácidos grasos mediante hidrólisis de residuos grasos animales.
- Evaluar el desempeño de catalizadores para la producción de hidrocarburos tipo diésel mediante el hidrotreatmento de los ácidos grasos derivados de residuos animales.
- Analizar las propiedades de los biocombustibles tipo diésel obtenidos.
- 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.
- Diseñar un prototipo de planta experimental para la producción de diésel renovable a partir de residuos grasos.
- Realizar estudio de mercado que permita establecer el potencial de mercado a explotar más allá de la temporalidad del proyecto.

### Productos:

1. Un (1) Capítulo en libro resultado de investigación. UdeC
2. Un (1) Registro de software (Interfaz Gráfica del prototipo, firmware sistema de Adquisición de Datos DAQ) de la planta experimental. UdeC
3. Un (1) Artículo de investigación categoría A1/A2. UdeA
4. Un (1) Producto tecnológico certificado o validado. Planta Piloto(Prototipo funcional). UdeC
5. Un (1) Registro de solicitud inicial ante la SIC de modelo de utilidad. Indicador: Registro solicitud registro de utilidad ante la SIC. UdeC - UdeA
6. Dos (2) Artículo de investigación categoría B. UdeC
7. Un (1) Producto tecnológico patentado o en proceso de solicitud de patente. UdeA
8. Dos (2) Ponencias de carácter nacional y/o internacional. UdeC - UdeA
9. Dos (2) Talleres de sensibilización dirigida a comunidad académica y en general de Cundinamarca UdeC- UdeA
10. Dos (2) Dirección de tesis de pregrado, Una (1) Dirección de tesis de Maestría.
11. Un (1) Documento técnico del proceso y caracterización de biocombustible obtenido. Un (1) Documento técnico para el estudio de mercado.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PQI  
Vigilada MinEducación

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
Generación Siglo 21

Grupo de Investigación GIGATT

marca.edu.co



**Fecha inicio:** No ha iniciado ejecución. Aprobado plan operativo y plan de gastos. En espera del ingreso de los recursos a la Institución.

**Avances Técnicos:**

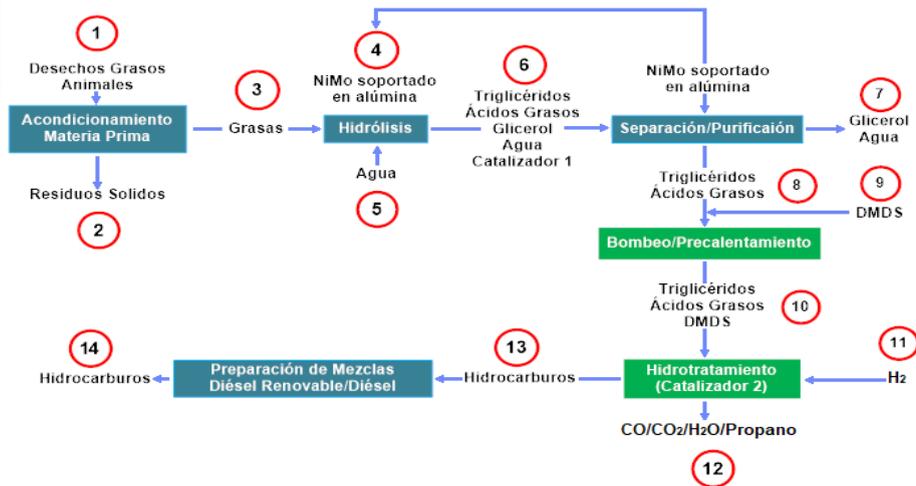
1. Recolección de Información - Elementos de entrada
2. Análisis del estado del Arte (Publicaciones arbitradas)
3. Análisis del estado de la técnica (Patentes)
4. Identificación de Cluster/Tendencias
5. Diseño Inicial del Prototipo planta experimental
6. Productos de Formación: Anteproyectos aprobados (4) Cuatro investigadores auxiliares pregrado – Ingeniería Electrónica (3) Investigadores auxiliares Maestría – Maestría en Educación énfasis en Educación Ambiental.



## ANEXOS – PREGUNTAS



## Diagrama General del Proceso



Vigilada MinEducación

www.ucundinamarca.edu.co



## 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.

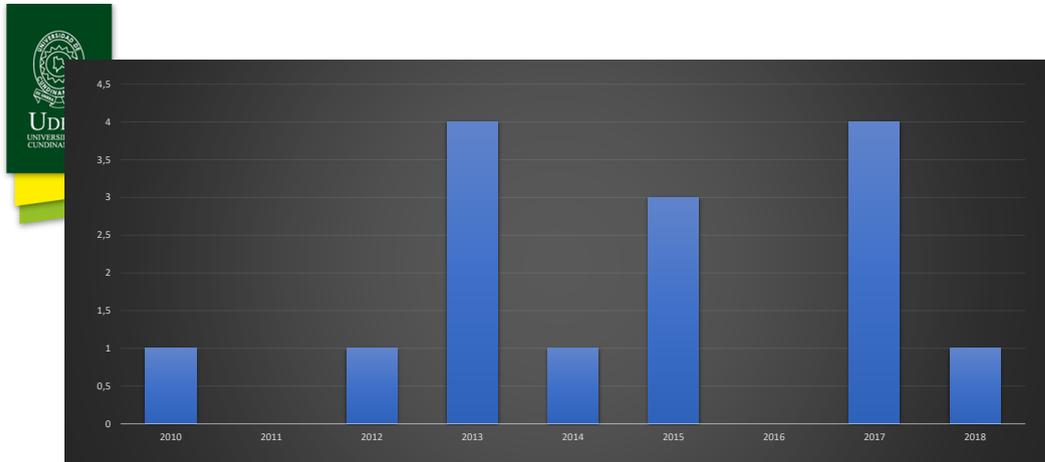
En los desarrollos del biocombustible se encuentra que México es uno de los principales países dedicados a la investigación del desarrollo del mismo, junto con Colombia y España. En la Figura 1 se observa el comportamiento que las publicaciones sobre la producción de biodiesel, el cual presenta unos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

La dinámica de publicaciones permite identificar el potencial de desarrollo tecnológico del producto, ya que se puede observar la actividad por periodos que ha tenido la investigación del proceso para obtener biodiesel.



Vigilada MinEducación

www.ucundinamarca.edu.co



**Figura 1. Dinámica de publicaciones en artículos para producto. 2010-2018**



Vigilada MinEducación

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co)



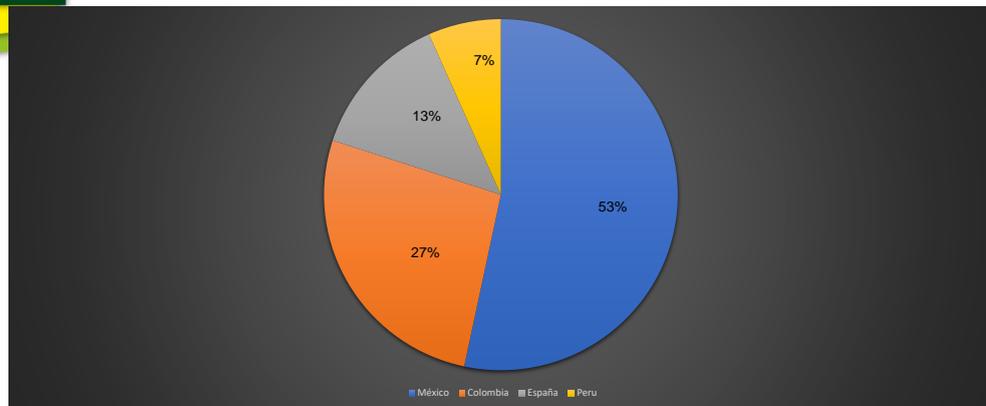
- En la Figura 2 se tiene la participación en la publicación de desarrollo de biodiesel de los principales países, que han desarrollado investigaciones sobre la producción de este biocombustible. México encabeza el índice de participación con un 53% de las publicaciones de este campo, seguido por Colombia con un 27% y España con el 13%.



Vigilada MinEducación

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co)

**Figura 2. 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 hidrot ratamiento, el cual es Biodiesel o diésel verde, ya que hay publicaciones que enfatizan la producción de diésel tradicional con el proceso.
- El clúster dos expone la dinámica de publicaciones en las cuales se utiliza un catalizador NiMo (Níquel-Molibdeno) o CoMo (Cobalto-Molibdeno) soportado en zeolitas o alúmina los cuales son los más comúnmente usados para la producción de biodiesel, también describen otros catalizadores no tan comunes.
- El clúster tres se enfoca en la identificación de las temperaturas utilizadas en el proceso de producción de biodiesel, en este podemos observar que está separado en rangos de temperatura menor a 200°C de temperatura, son comúnmente asociados a la materia prima utilizada que en este caso serían los aceites vegetales y aceites reutilizados para la producción del biocombustible, en los rangos de temperatura superiores a 200°C vemos que son más relacionados a materias primas como lo serían grasas extraídas de origen animal y crudo de petróleo.
- Los siguientes dos clúster que son los finales están enfocados en ver las materias primas utilizadas generalmente, entonces en el cuarto clúster vemos que en 4 investigaciones se relaciona la producción de biodiesel a las grasas de origen animal, y en el quinto y último clúster está dirigido a la producción de Diésel verde con materia prima vegetal o aceites vegetales.



**Tabla 1. Perfil de los Clúster identificados.**

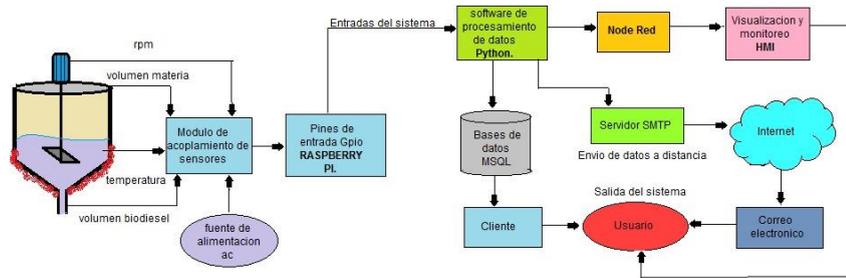
Países [# Artículos]	Autores [# Artículos]	Instituciones [# Artículos]	Tema de Interés	Tendencia de publicaciones
México(6) Colombia(4) España(2)	J. P. R. L. L. P. T. E. A. D. L. R. R. C. T. T. L. T. B. A. V. O. L. M. R. S. O. M. L. G. A. C. R. J. M. F. V. R. L. F. C. C. T. T. L. T. B. Á. V. O. L. M. R. S. D. M. L. G. A. C. R. I. M. B. C. R. M. E. M. N. C. P. A. P. M. A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [3], Pontificia Universidad Javeriana, ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS, Luna Azul, DIGITAL CIENCIA@UADQRO, Fundación Universidad De América, 18th International Oil Palm Conference, Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Rey Juan Carlos, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología.	Biodiesel y el diésel verde	
México(7) Colombia(2) España(4)	J. P. R. L. N. A. R. M. N. A. R. M. C. T. T. L. T. R. A. V. O. L. M. R. C. 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 INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS [2], Luna Azul, Fundación Universidad De América, Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Rey Juan Carlos, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad de Córdoba, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.	Catalizador	
México(2) Colombia(2) Perú(1) México(6) España(2)	A. I. C. E. M. E. G. C. C. A. C. L. B. A. L. M. S. O. M. L. G. A. C. R. J. M. C. T. T. L. T. B. A. 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. C. R. M. E. M. N. C. P. A. P. M. U. M. C.	Luna Azul, DIGITAL CIENCIA@UADQRO, Fundación Universidad De América, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [2], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS [2], Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Rey Juan Carlos, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad de Córdoba, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.	Temperatura	
México(1) Colombia(2) España(1)	C. T. T. L. T. B. A. V. D. L. M. R. C. A. A. C. L. B. A. L. M. E. C. B. C. R. M. E. M. A. P. M.	Luna Azul, Fundación Universidad De América, 18th International Oil Palm Conference, Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad de Córdoba.	Materia prima Grasa Animal	

Vigilada MinEducación

www.ucundinamarca.edu.co



**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.**



Vigilada MinEducación

www.ucundinamarca.edu.co



## 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 favorecerá 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.



Vigilada MinEducación

www.ucundinamarca.edu.co

## REFERENCIAS

- Documento Conpes 3510 2008. [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/3510\\_2008.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/3510_2008.pdf) (accessed April 24, 2018).
- UPME. PLAN ENERGÉTICO NACIONAL (PEN) 2006-2025 Contexto y Estrategias 2007.
- Bailey A. Aceites y grasas industriales. Reverté, S. Madrid; 1979.
- Kroschwitz JI, Seidel A. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. Volume 5 2004.
- Iltner Martin Hill. Hydrolysis of fats and oils. US2139589A, 1936.
- Sonntag NO V. Fat spilling. J Am Oil Chem Soc 1979; 56:729A-732A.
- J. P. Rodríguez López. «HIDRODESOXIGENACIÓN DE ACIETE DE JATROPHA CURCAS SOBRE Pt/HZSM-22/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> PARA LA OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLES SINTÉTICOS.» Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., 2016.
- N. A. Román Méndez. «Hidrotamiento de un destilado intermedio de aceite crudo Maya (200-300°C) utilizando catalizadores NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> con diferente concentración de SiO<sub>2</sub>» SCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS, 2014.
- L. Pinilla Torres. «Análisis de tendencias en biocombustibles para la definición de líneas estratégicas de investigación y desarrollo de Colombia» Pontificia Universidad JAVERIANA, 2013.
- E. A. De La Rosa Reyna. «Hidrotamiento de Aceite Vegetal Jatropha Curcas L. Para la Producción de Aceites Verdes.» ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS, 2013.
- C. Tejada Tovar, L. Tejada Benítez, Á. Villabona Ortiz y L. Morroy Rodríguez. «Obtención De Biodiesel A Partir De Diferentes Tipos De Grasa Residual De Origen Animal.» Luna Azul, 2013.
- S. Omelas, M. Lisette, A. C. Gutiérrez y J. M. Rodríguez. «Biocombustibles De Cara Al Futuro: Un Panorama Actual.» DIGITAL CIENCIA/UAQRO, 2015.
- C. Andrade, A. Corredor, L. Buitrago y A. Lache Muñoz. «Procesos Bioquímicos Utilizados Para La Producción De Bioetanol, Biodiésel Y Biogás Y Su Estado En Colombia.» Fundación Universidad De América, 2017.
- F. V. Rodríguez Lizama. «Síntesis De Un Catalizador Bifuncional Para (Hidro) Desoxigenación De Aceite.» Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., 2017.
- E. Castillo. «Biocombustibles Avanzados A Partir Del Aceite De Palma.» 18th International Oil Palm Conference, 2015.
- B. Chan, R.M. y E. Martínez. «Algunos Aspectos De Producción De Diésel Verde A Partir De Materias Primas De Segunda Generación Y La Tecnología Del Hidrotamiento.» Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, 2017.
- N. Carreira Plaza. «Determinación De La Composición Y Estabilidad De Mezclas De Corrientes De Refinería Y Aceites Vegetales En Procesos De Hidrotamiento.» Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, 2010.
- A. Potadillo Morán. «Optimización De Las Condiciones Experimentales Para La Producción De Biocombustibles De Segunda Generación Que Integran La Glicerina.» Universidad de Córdoba, 2015.
- II. Medina Castañeda. «Influencia De Aditivo Orgánico En El Desempeño Catalítico De Un Catalizador Comercial Convencional En Reacción De Hidrodesulfuración, Para La Obtención De Diésel Ultra Bajo Azufre.» UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2013.
- M. E. Gamara Condori. «Optimizar El Proceso De Desulfuración Del Diésel En El Perú.» UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, 2012.



Vigilada MinEducación

www.ucundinamarca.edu.co

## C.5. Postulación artículo Waste Management.

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

Cristian Arias<sup>2</sup>, Pablo Muñoz<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.

#### INTRODUCTION

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

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

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

### **DESCRIPTION OF THE PROBLEM**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## GENERAL PURPOSE

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

## SPECIFIC OBJECTIVES

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

## METHODOLOGY

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

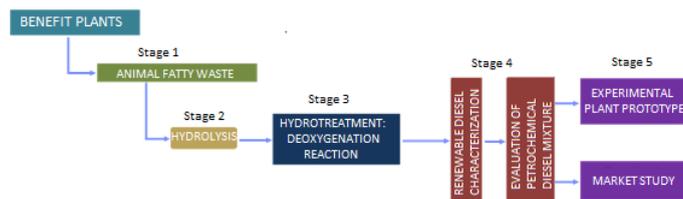


Figure 1: General outline of the methodology.

The activities proposed are described below by specific objective.

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

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

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

- Second stage

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

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

The reaction is shown in figure 2.

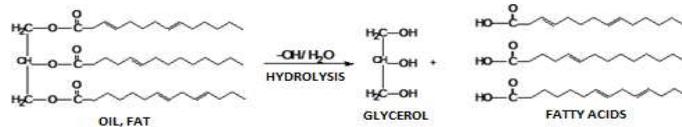


Figure 2: Hydrolysis of gauze / oils.

Products are also characterized according to stage 1 indices.

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

- Third stage

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

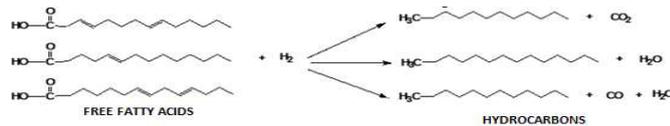


Figure 3: Hydrotreating of fatty acids

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

Total experiments: 54 duplicates included

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

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

4. Analyze the properties of the obtained diesel biofuels.

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

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

	Parameter	Unit	Specification	Test method
1	Sulfur, maximum	% mass	0.005	ASTM D4294
2	Cetane number , minimum	% vol	45	ASTM D613
3	Index of cetane , minimum	% vol	45	ASTM D976
4	Biofuel content, minimum	% vol	10	
5	Corrosion to copper, 3h at 50 ° C, maximum	Classification	2	ASTM D130
6	ASTM color, maximum	-	2	ASTM 1500
7	Micro carbon waste, maximum 10% funds	% mass	0.2	ASTM 4530
8	API gravity, minimum	API	report	ASTM D4052, ASTM D1298
9	Viscosity at 40 ° C	mm <sup>2</sup> / s	Minimum : 1.9 Maximum : 4.1	ASTM D445
10	Distillation	° C	3	ASTM D 86

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

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

- Fourth stage

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

6. Design a prototype of an experimental plant for the production of renewable diesel from fatty residues.  
7. Carry out a market study that allows establishing the market potential to be exploited beyond the time frame of the project.

- Fifth stage

- Collection of Information. Analysis of the state of the art (Peer-reviewed publications), analysis of the State of the Art (Search of Patents), search of antecedents, characterization of RSO, Marketplace of Fusagasugá.

- Design and implementation of the experimental plant prototype for the production of renewable diesel by hydrotreating fatty acids derived from animal waste, with a view to applying the utility model to the SIC (Hardware and Software Development).
- Verification and Validation of the Prototype from performance tests and analysis of the quality parameters of the final product, in accordance with current regulations.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Trends in fatty acid production by the hydrotreatment process

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

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

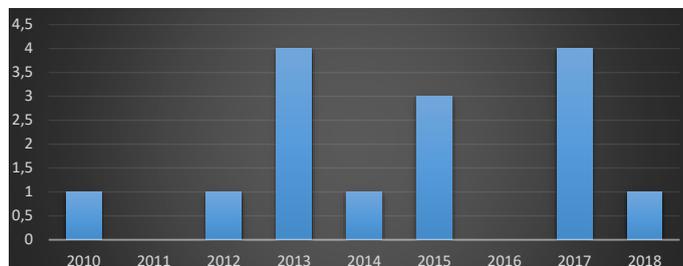


Figure 4: Dynamics of publications in articles for product. 2010-2018

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

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

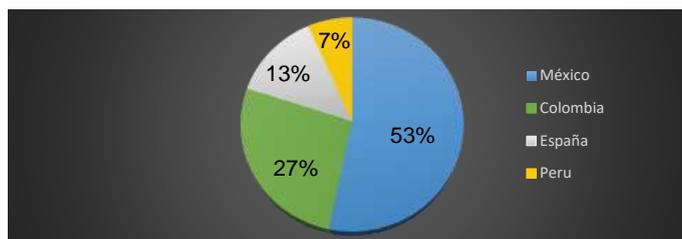


Figure 5: Participation of leading countries in publications on articles for products. 2010-2018.

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

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

Table 2: Profile of the identified Clusters.

Countries	Authors	Institutions	Subject of	Publishing trends
[# Articles]	[# Articles]	[# Articles]	Interest	

<p>México[6] Colombia[4] España[2]</p>	<p>J. P. R. L., L. P. T., E. A. D. L. R. R., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., F. V. R. L., E. C., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., A. I. C. E.</p>	<p>Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [3], Pontificia Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. 18th internacional Oil Palm Conferencie. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología.</p>	<p>Renewable diesel</p>	<table border="1"> <caption>Renewable diesel production (2010-2018)</caption> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Production</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>2</td></tr> <tr><td>2012</td><td>3</td></tr> <tr><td>2014</td><td>2</td></tr> <tr><td>2016</td><td>4</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Year	Production	2010	2	2012	3	2014	2	2016	4	2018	1																		
Year	Production																																	
2010	2																																	
2012	3																																	
2014	2																																	
2016	4																																	
2018	1																																	
<p>México[7] Colombia[2] España[2]</p>	<p>J. P. R. L., N. A. R. M., N. A. R. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C., A. I. C. E.</p>	<p>Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.[3], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS.[2], Luna Azul, Fundación Universidad De América, Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad de Córdoba, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.</p>	<p>Catalyst</p>	<table border="1"> <caption>Catalyst production (2010-2018)</caption> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Production</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>1</td></tr> <tr><td>2012</td><td>3</td></tr> <tr><td>2014</td><td>1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>4</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Year	Production	2010	1	2012	3	2014	1	2016	4	2018	1																		
Year	Production																																	
2010	1																																	
2012	3																																	
2014	1																																	
2016	4																																	
2018	1																																	
<p>México[2] Colombia[2] Perú[1] México[6] España[2]</p>	<p>A. I. C. E., M. E. G. C., C. A., A. C., L. B., A. L. M., S. O. M. L., G. A. C., R. J. M., C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., J. P. R. L., N. A. R. M., E. A. D. L. R. R., F. V. R. L. B. C., R. M., E. M., N. C. P., A. P. M., U. M. C.</p>	<p>Luna Azul. DIGITAL CIENCIA@UAQRO. Fundación Universidad De América. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [2], ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. [2], Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad de Córdoba. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.</p>	<p>Temperatura</p> <p>&lt; 200° &gt; 200°</p>	<table border="1"> <caption>Temperature production (2010-2018)</caption> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>&gt;200°</th> <th>&lt;200°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2010</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>0.0</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>2014</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2016</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2017</td><td>2.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>2018</td><td>0.0</td><td>1.0</td></tr> </tbody> </table>	Year	>200°	<200°	2010	1.0	0.0	2011	1.0	0.0	2012	1.0	0.0	2013	0.0	2.0	2014	1.0	0.0	2015	1.0	0.0	2016	1.0	0.0	2017	2.0	0.0	2018	0.0	1.0
Year	>200°	<200°																																
2010	1.0	0.0																																
2011	1.0	0.0																																
2012	1.0	0.0																																
2013	0.0	2.0																																
2014	1.0	0.0																																
2015	1.0	0.0																																
2016	1.0	0.0																																
2017	2.0	0.0																																
2018	0.0	1.0																																

México[1] Colombia[3] España[1]	C. T. T., L. T. B., Á. V. O., L. M. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., E. C., B. C., R. M., E. M., A. P. M.	Luna Azul. Fundación Universidad De América. 18th internacional Oil Palm Conferencie. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad de Córdoba.	Raw Material Animal Fat	<table border="1"> <caption>Raw Material Animal Fat</caption> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2010</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>2014</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2010	0.5	2012	1.0	2014	2.0	2016	2.0	2018	2.0
Year	Value															
2010	0.5															
2012	1.0															
2014	2.0															
2016	2.0															
2018	2.0															
México[5] Colombia[2] España[2]	J. P. R. L., L. P. T., E. A. D. L. R. R., C. A., A. C., L. B., A. L. M., F. V. R. L., B. C., R. M., E. M., A. P. M., A. I. C. E.	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. [3], Pontificia Universidad JAVERIANA. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Fundación Universidad De América. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Rey Juan Carlos Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad de Córdoba.	Raw Material Vegetable Oils	<table border="1"> <caption>Raw Material Vegetable Oils</caption> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2010</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>2014</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2010	1.0	2012	2.0	2014	1.0	2016	4.0	2018	1.0
Year	Value															
2010	1.0															
2012	2.0															
2014	1.0															
2016	4.0															
2018	1.0															

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

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

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

The control and processing of data is done through a raspberry pi 3 using a RASBIA operating system which is the base of operation of the entire system, in turn local and remote viewing is provided through an HMI interface developed in the Node tool. Network and data storage for the historical record in a MySQL database. This would

provide us with a highly stable, robust and low-cost implementation system. In figure 6 we observe a process diagram of the scada system for obtaining data for the renewable diesel obtaining process.

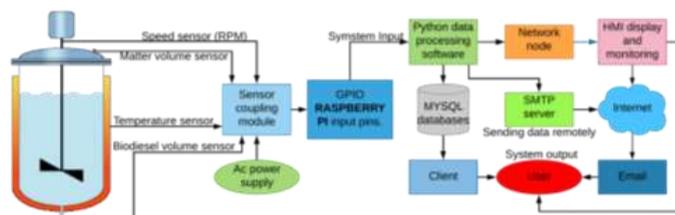


Figure 6: Scada diagram for implementation of data collection in the hydrolysis process for renewable diesel generation.

## CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

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

- [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- $\square$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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 / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> catalysts with different concentration of SiO<sub>2</sub>.» SCUELA SUPERIOR DE ENGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS, 2014.
- [10] L. Pinilla Torres, «Analysis of trends in biofuels for the definition of strategic lines of research and development in Colombia.» Pontificia Universidad JAVERIANA, 2013.
- [11] E. A. De La Rosa Reyna, «Hydrotreating of Vegetable Oil Jatropha Curcas L. For the Production of Green Oils.» HIGHER SCHOOL OF CHEMICAL ENGINEERING AND EXTRACTIVE INDUSTRIES, 2013.
- [12] C. Tejada Tovar, L. Tejada Benítez, Á. Villabona Ortiz and L. Monroy Rodríguez, «Obtaining Renewable Diesel from Different Types of Residual Fat of Animal Origin.» Luna Azul, 2013.
- [13] S. Ornelas, M. Lisette, A. C. Gutiérrez and J. M. Rodríguez, «Biofuels Facing the Future: A Current Panorama.» DIGITAL CIENCIA @ UAQRO, 2015.
- [14] C. Andrade, A. Corredor, L. Buitrago and A. Lache Muñoz, «Biochemical Processes Used for the Production of Bioethanol, Biodiesel and Biogas and Their Status in Colombia.» Fundacion Universidad De America, 2017.
- [15] F. V. Rodriguez Lizama, «Synthesis of a Bifunctional Catalyst for (Hydro) Oil Deoxygenation.» Centro de Investigación Científica de Yucatan, A.C., 2017.
- [16] E. Castillo, "Advanced Biofuels From Palm Oil," 18th international Oil Palm Conference, 2015.
- [17] B. Chan, R.M and E. Martínez, «Some Aspects of Green Diesel Production From Second Generation Raw Materials and Hydrotreatment Technology.» International Journal of Research and Technological Innovation, 2017.
- [18] N. Cantero Plaza, «Determination of Corrosion and Stability of Mixtures of Refinery Currents and Vegetable Oils in Hydrotreatment Processes.» Rey Juan Carlos University Superior School of Experimental Sciences and Technology, 2010.
- [19] A. Posadillo Marín, «Optimization of Experimental Conditions for the Production of Second Generation Biofuels that Integrate Glycerin.» University of Cordoba, 2015.
- [20] U. Medina Castañeda, «Influence of Organic Additive on the Catalytic Performance of a Conventional Commercial Catalyst in Hydrodesulfurization Reaction, for Obtaining Ultra Low Sulfur Diesel.» UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2013.
- [21] M. E. Gamarra Condori, «Optimizing the Diesel Desulfurization Process in Peru.» UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, 2012.
- A. I. Castillo Escobedo, «Catalytic Deoxygenation of Cooking Oil Used to Obtain Biofuel.» Yucatan Scientific Research Center A.C., 2017.

**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  
[prcook@wessex.ac.uk](mailto:prcook@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>

Figura 38: Aprobación Postulación Artículo.

**Fwd: Waste Management 2020 - Your Second paper submission**

**From:** Priscilla Cook <[prcook@wessex.ac.uk](mailto:prcook@wessex.ac.uk)>  
**Sent:** Tuesday, June 16, 2020 7:42:59 AM  
**To:** Cesar Augusto Casas Diaz <[ccasas@ucundinamarca.edu.co](mailto: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**.

Figura 39: Correcciones necesarias Artículo.

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>

Figura 40: 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 EDELLUEZ, CRISTIAN HURTADO

SIGNATURE: CESAR AUGUSTO CASAS DIAZ  Date: 23/05/20  
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 _____
<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 _____

Figura 41: Correcciones necesarias Artículo.



## D. Anexo IV: Hojas de datos dispositivos electrónicos.

### D.1. Hojas de datos SmartTrak 100.

#### High Performance Digital Gas Mass Flow Meters & Controllers

##### FEATURES

- Measure and control gas mass flow rates up to 1000 slpm
- Pressure up to 5000 psig (333 barg)
- Ideal for OEM, industry or research applications
- True linear performance provides high accuracy and great flexibility in multiple gases
- With Dial-A-Gas® Technology, you select from up to ten pre-programmed gases or substitute your own
- Unique Pilot Module (mounted or hand-held) lets you view and change critical control functions
- All control functions are also available from your PC or workstation via supplied SmartTrak 100 software
- 316 stainless steel construction
- Small footprint and great flexibility facilitates replacement of older MFM or MFC
- Factory calibration done with primary standards directly traceable to NIST
- Proprietary frictionless-hovering direct-acting control valve technology
- Single-sided 24 VDC input power reduces installation cost and complexity
- CE approved
- Choose from multiple analog or digital signals including: RS-232, RS-485, 4-20 mA, 0-5, 1-5, 0-10 VDC
- Digital communications protocols supported
  - Modbus
  - Profibus DP
  - Foundation Fieldbus
  - Device Net (pending)



[www.sierrainstruments.com](http://www.sierrainstruments.com)



# SmartTrak 100



##### DESCRIPTION

**S**martTrak® 100 Series features unprecedented performance, user-friendly features, and flexibility. The 100 Series gives users the world's most linear sensor, smoother valve performance, more robust electronics and even more control over a wide range of functions. The result is a series of mass flow meters and controllers that demonstrates premium flow instrumentation which is easy to use.

The 100 Series is designed so that the physics are correct. Excellent performance results from a patented, inherently linear Laminar Flow Element (LFE) design, advanced platinum sensor technology, and Sierra's proprietary frictionless-hovering control valve.

The 100 Series is available with an innovative and user-friendly Pilot Module, a front-mounted or hand-held control device that allows users to Dial-A-Gas, change flow rate, modify engineering units or re-configure the instrument. With the Pilot Module, the user can set zero, span, and full scale for each of the 10 different gases independently to accommodate unexpected application or system design changes.

For the ultimate in performance, flexibility and value, SmartTrak is the smart choice.

## PERFORMANCE SPECIFICATIONS

### Accuracy

Standard:  $\pm 1.0\%$  of full scale including linearity under calibration conditions

### Dial-A-Gas

$\pm 1.0\%$  of full scale in all 10 standard gases (see chart below)

### Repeatability

$\pm 0.2\%$  of full scale

### Temperature Coefficient

$\pm 0.025\%$  of full scale per °F ( $\pm 0.05\%$  of full scale per °C), or better

### Pressure Coefficient

$\pm 0.01\%$  of full scale per psi ( $\pm 0.15\%$  of full scale per bar), or better

### Response Time

2 seconds (typical) to within  $\pm 2\%$  of final value (includes settling time), faster or slower available upon request (controllers only).

## OPERATION SPECIFICATIONS

### Mass Flow Rates

100L Low Flow: 0 -10 sccm to 0 -50 slpm  
 C100L High Pressure: 100 sccm to 20 slpm  
 100M Medium Flow: 0-20 to 0-200 slpm  
 100H High Flow: 0-100 to 0-1000 slpm

Flow ranges specified are for an equivalent flow of nitrogen at 760 mm Hg and 21°C (70°F); other ranges in other units are available (e.g., nlpm, scfh, nm<sup>3</sup>/h, kg/h)

For measuring or controlling flows below 5 sccm, please consider Sierra's MicroTrak™ 101.

High pressure unit should be used for pressures from 500 to 5000 psig (34.5 to 333 barg).

### Gases

Measures and controls all clean gases including corrosives and toxics; specify when ordering.

The following ten gases make up the Dial-A-Gas® feature of every SmartTrak instrument; up to nine alternate gases may be substituted.

Dial-A-Gas Flow Rates				
Gas	Max Flow Rate	Max Flow Rate	Max Flow Rate	Max Flow Rate
	(slpm) Low Flow Size	(slpm) High Pressure	(slpm) Medium Flow Size	(slpm) High Flow Size
Air	50	20	300	1000
Argon (Ar)	69.9	29	419.4	1398
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	36.8	15	221.1	737
Carbon Monoxide (CO)	50.1	20	300.6	1002
Methane (CH <sub>4</sub> )	37.7	15	226.2	754
Helium (He)	69.9	29	419.7	1399
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	50	20	300.3	1001
Oxygen (O <sub>2</sub> )	49.9	20	299.4	998
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	50.1	20	300.6	1002
Nitrous Oxide (N <sub>2</sub> O)	35.8	15	214.8	716

### Gas and Ambient Temperature

32 to 122°F (0 to 50°C)

### Standard Gas Pressure

500 psig (34.5 barg) maximum, burst tested to 750 psig (51.7 barg)

### High Pressure

5000 psig (333 barg) maximum, burst tested to 7500 psig (500 barg)

### Leak Integrity

5 X 10<sup>-9</sup> atm cc/sec of helium or better

### Power Requirements

(ripple should not exceed 100 mV peak-to-peak)

For Mass Flow Meters:

15-24 VDC  $\pm 10\%$ , (230 mA, regulated)

For Mass Flow Controllers:

C100L: 24 VDC  $\pm 10\%$  (500 mA, regulated)

C100L High Pressure: 24 VDC  $\pm 10\%$  (500 mA, regulated)

C100M: 24 VDC  $\pm 10\%$ , (800 mA, regulated)

C100H: 24 VDC  $\pm 10\%$ , (1260 mA, regulated)

### Control Range For Controllers

2–100% of full scale flow; automatic shut-off at 1.9%.

### Output Signal

Analog:

Linear 4–20 mA, 500 ohms maximum loop resistance and one of the following (user selectable):

Linear 0–5 VDC, 1000 ohms minimum load resistance

Linear 0–10 VDC, 1000 ohms minimum load resistance

Linear 1–5 VDC, 1000 ohms minimum load resistance

### Command Signal

Analog (choice of one):

Linear 4–20 mA, 0–5 VDC, 0–10 VDC, 1–5 VDC

### Wetted Material

316 stainless steel or equivalent; 416 stainless steel;

Viton "O"-rings and valve seat standard;

other elastomers are available (consult factory)

High Pressure Version: Viton "O"-rings and polyamide valve seat

## DIGITAL SPECIFICATIONS

RS-232 standard, RS-485 optional

Profibus DP

Modbus

Foundation Fieldbus

RS-485 communication with Modbus RTU protocol allows digital multi-drop networks

Available with optional LCD display

Internal gas flow totalizer with adjustable pulse output

Two digital output relays and one analog input can be configured by user with MODBUS or included software for a wide variety of process controls

® SmartTrak & Dial-A Gas are registered trademarks of Sierra Instruments,

® Nylon, Viton, Neoprene, Kalrez are registered trademarks of DuPont,

® Windows is a registered trademark of Microsoft



**Pressure Drop Across a Meter**

Pressure must be above the values in the table below. Note that pressure increases with flow rate.

<b>Minimum Pressure Drop for Air, Mass Flow Meters</b>					
Flow Rate (slpm)	Pressure Drop in PSI (mbar)				
	Low Flow ¼ inch fittings (Standard)	Low Flow 3/8 inch fittings (Optional)	Medium Flow 3/8 or ½ inch fittings	High Flow Small Bore (100H) (std up to 500 slpm) ½ comp fittings	High Flow Large Bore (H1, H2) (std 501-1000 slpm) ¾ comp fittings
0.1	0.36 (24.5)	N/A	N/A	N/A	N/A
0.5	0.36 (24.5)	N/A	N/A	N/A	N/A
1	0.37 (25.4)	N/A	N/A	N/A	N/A
10	0.46 (31.7)	0.41 (28.6)	N/A	N/A	N/A
20	0.66 (45.7)	0.47 (32.7)	0.5 (34)	N/A	N/A
30	N/A	0.59 (40.9)	0.5 (34)	N/A	N/A
40	N/A	0.77 (53.3)	0.5 (34)	N/A	N/A
50	N/A	1.00 (68)	0.5 (34)	N/A	N/A
100	N/A	N/A	1.0 (68)	1.0 (68)	0.5 (34)
150	N/A	N/A	2.0 (136)	1.2 (81.6)	0.5 (34)
200	N/A	N/A	3.0 (204)	1.5 (102)	0.5 (34)
250	N/A	N/A	4.0 (272)	1.8 (122.4)	0.5 (34)
300	N/A	N/A	5.5 (374)	2 (136)	0.6 (40.8)
350	N/A	N/A	N/A	2.5 (170)	0.7 (47.6)
400	N/A	N/A	N/A	3 (204)	0.9 (61.2)
450	N/A	N/A	N/A	3.5 (238)	1.1 (74.8)
500	N/A	N/A	N/A	4 (272)	1.3 (88.4)
750	N/A	N/A	N/A	6 (408)*	3.0 (204)
1000	N/A	N/A	N/A	10 (680)*	5.0 (340)

Note: Tested at 21°C, outlet at ambient pressure

\*Larger fittings recommended for these flow rates, as small fittings reduce overall performance

**Differential Pressure Requirement for Controllers**

<b>Minimum Differential Pressure Requirement for Air, Mass Flow Controllers</b>					
Flow Rate (slpm)	Pressure Drop in PSI (mbar)				
	Low Flow ¼ inch fittings (Standard)	Low Flow 3/8 inch fittings (Optional)	Medium Flow 3/8 or ½ inch fittings	High Flow Small Bore (100H) (std up to 500 slpm) ½ comp fittings	High Flow Large Bore (H1, H2) (std 501-1000 slpm) ¾ comp fittings
0.1	1 (68)	1 (68)	N/A	N/A	N/A
1	1.5 (102)	1.28 (87)	N/A	N/A	N/A
10	6 (408)	3.8 (258)	N/A	N/A	N/A
20	12 (816)	6.6 (449)	1 (68)	N/A	N/A
30	15 (1020)	9.4 (639)	1.2 (82)	N/A	N/A
40	30 (2040)	12.2 (830)	1.6 (110)	N/A	N/A
50	40 (2720)	15 (1020)	2 (136)	N/A	N/A
100	N/A	N/A	5 (340)	1.5 (102)	1.0 (68)
150	N/A	N/A	10 (680)	2 (136)	1.0 (68)
200	N/A	N/A	15 (1020)	4.5 (306)	1.0 (68)
250	N/A	N/A	20 (1360)	5.5 (374)	1.5 (102)
300	N/A	N/A	25 (1700)	6.5 (442)	2.0 (136)
350	N/A	N/A	N/A	8.5 (578)	3.0 (204)
400	N/A	N/A	N/A	10.5 (714)	4.0 (272)
450	N/A	N/A	N/A	13 (884)	5.0 (340)
500	N/A	N/A	N/A	15 (1020)	6.0 (408)
750	N/A	N/A	N/A	N/A	15 (1020)
1000	N/A	N/A	N/A	N/A	20 (1360)

Note: Tested at 21°C, outlet at ambient pressure

\*Larger fittings recommended for these flow rates as 1/4 inch fittings reduce overall performance;



SmartTrak 100

SmartTrak 100  
with CompodSmartTrak 100  
High Pressure

Hand-Held Pilot Module

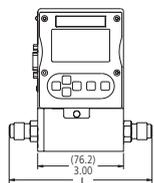
### PHYSICAL DIMENSIONS

All dimensions are in inches with (mm) in brackets. Certified drawings are available on request.

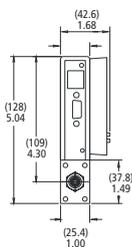
Fittings	Dimension L						
	Length with Fittings in Inches (mm)						
	C100L, M100L	C100M	M100M 100 High Pressure	M100H	M100H1, H2	C100H	C100H, H2
1/8 compression	4.84 (123)	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1/4 compression	5.02 (128)	6.52 (167)	6.02 (154)	NA	NA	NA	NA
3/8 compression	5.14 (132)	6.64 (170)	6.14 (157)	NA	NA	NA	NA
1/2 compression	5.3 (135)	6.80 (174)	6.30 (162)	8.29 (229)	NA	10.37 (266)	NA
1/4 VCO	4.56 (117)	6.06 (155)	5.56 (143)	NA	NA	NA	NA
1/2 VCO	5.00 (128)	6.50 (167)	6.00 (154)	8.56 (220)	NA	10.01 (257)	NA
3/4 VCO	NA	NA	NA	NA	8.78 (225)	NA	11.28
1/4 VCR	4.88 (125)	6.38 (164)	5.88 (151)	NA	NA	NA	NA
1/2 VCR	5.18 (133)	6.68 (171)	6.18 (158)	8.98 (230)	NA	10.43 (267)	NA
6 mm compression	5.04 (129)	6.54 (168)	6.04 (155)	NA	NA	NA	NA
10 mm compression	5.20 (133)	6.70 (172)	6.20 (159)	NA	NA	NA	NA
12 mm compression	5.38 (138)	6.88 (176)	6.38 (164)	8.90 (228)	NA	10.35 (265)	NA
1/4 FNPT	4.85 (124)	6.35 (163)	5.85 (150)	NA	NA	NA	NA
3/8 FNPT	5.00 (128)	6.50 (167)	6.00 (154)	NA	NA	NA	NA
1/2 FNPT	NA	NA	NA	9.14 (234)	NA	10.59 (272)	NA
3/4 FNPT	NA	NA	NA	NA	9.30 (238)	NA	11.80
3/4 compression	NA	NA	NA	9.24 (237)	9.18 (235)	10.69 (274)	11.68
1 inch compression	NA	NA	NA	NA	9.52 (244)	NA	12.02

All dimensions are in inches with [mm] in brackets. Certified drawings are available on request.

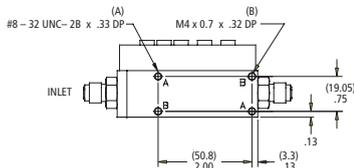
M100L & C100L Front View



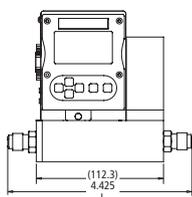
M100L & C100L Inlet View



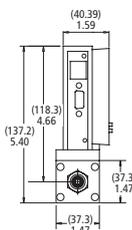
M100L & C100L Bottom View



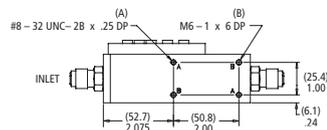
C100 High Pressure Front View



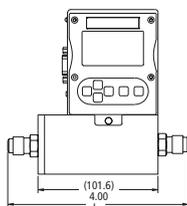
C100 High Pressure Inlet View



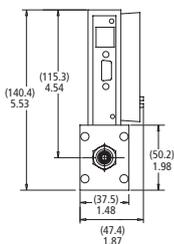
C100 High Pressure Bottom View



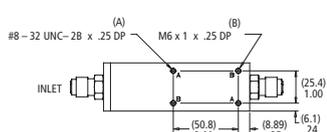
M100M Front View



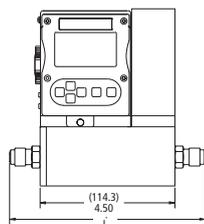
M100M Inlet View



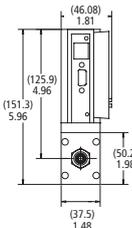
M100M Bottom View



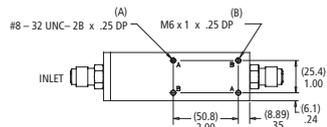
C100M Front View



C100M Inlet View

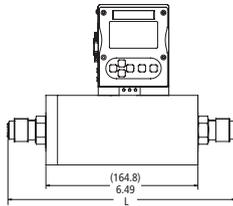


C100M Bottom View

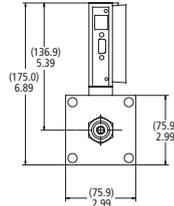


All dimensions are in inches with [mm] in brackets. Certified drawings are available on request.

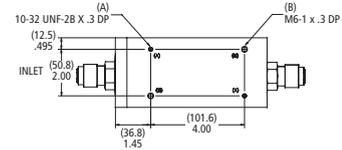
M100H Front View



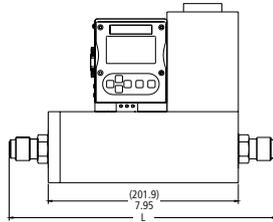
M100H Side View



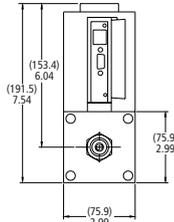
M100H Bottom View



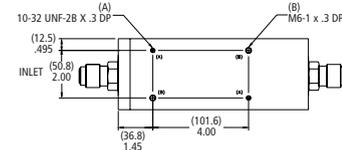
C100H Front View



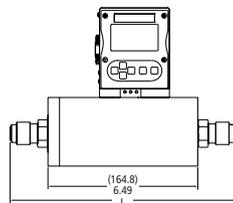
C100H Side View



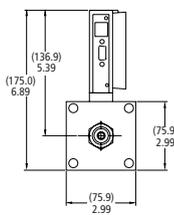
C100H Bottom View



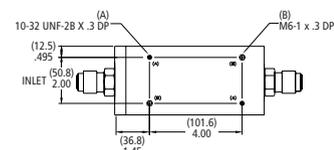
M100H1, H2 Front View



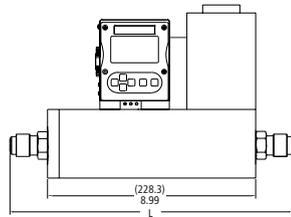
M100H1, H2 Side View



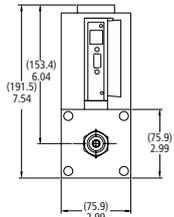
C100H1, H2 Bottom View



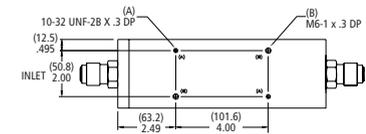
C100H1, H2 Front View



C100H1, H2 Side View

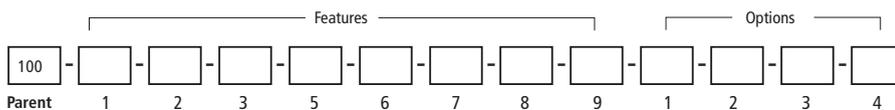


C100H1, H2 Bottom View



**ORDERING THE SMART TRAK 100**

7



Instructions: To order a 100 please fill in each number block by selecting the codes from the corresponding features below and following pages.

Parent Number	
<b>M100</b>	Mass Flow Meter, Digital High Performance with Multiple Gas Capability (Dial-A-Gas®)
<b>C100</b>	Mass Flow Controller, Digital High Performance with Multiple Gas Capability (Dial-A-Gas®)

Feature 1: Flow Body Size*			
<b>M101</b>	MicroTrak mass flow meter. Full scale flow = 4 sccm, range = 0.1 to 4.0 sccm	<b>C101</b>	MicroTrak mass flow controller. Full scale flow = 4 sccm, range = 0.1 to 4.0 sccm.
<b>M100L</b>	Low flow meter: 0-10 sccm up to 0-50 slpm	<b>C100L</b>	Low flow controller: 0-10 sccm up to 0-50 slpm.
<b>M100M</b>	Medium flow meter: 0-20 slpm up to 0-200 slpm	<b>C100M</b>	Medium flow controller: 0-20 slpm up to 0-200 slpm
<b>M100H</b>	High flow meter: 0-100 to 0-500 slpm full scale	<b>C100H</b>	High flow controller: 0-100 to 0-500 slpm
<b>M100H1</b>	High flow meter: 0-501 to 0-800 slpm full scale.	<b>C100H1</b>	High flow controller: 0-501 to 0-800 slpm full scale.
<b>M100H2</b>	High flow meter: 0-801 to 0-1000 slpm full scale.	<b>C100H2</b>	High flow controller: 0-801 to 0-1000 slpm full scale.

Note: All slpm flow ranges also available in nlpm \*Flow bodies are sized for Nitrogen flow rates. Other gases must be converted to equivalent Nitrogen flow. Use K-Factor and size accordingly. \*\*You must select Low Flow Calibration under "Options" for 0-20 sccm full scale flow range or less.

Feature 2: Pilot Module Display	
<b>NR</b>	No display/interface. If option 2 digital communications are selected, NR must be selected.
<b>DD</b>	Pilot Module Display/Interface mounted on the enclosure
<b>RD</b>	Remote Display Pilot Module Display/Interface. Includes 10 foot (3 meter) CAT 5 cable. Optional cables up to 50 feet (4.17 inches) may be used. May be used with digicomm but not simultaneously
<b>CMNR**</b>	Compod with RS-485 Modbus communication mounted on the enclosure
<b>CMDD**</b>	Compod with RS-485 Modbus communication and Display mounted on the enclosure
<b>CMNRRelays</b>	CMNR with 2 analog relays; installed in the Compod
<b>CMDDRelays</b>	CMDD with 2 analog relays; installed in the Compod

Note: For Digital communication options, See option 2 below . Only one option may be selected for Feature 2.

\*\*You must select Low Flow Calibration under "Options" for 0-20 sccm full scale flow range or less.

Feature 3: Inlet / Outlet Fittings			
<b>1</b>	1/8-inch compression. For low flow bodies and 101. (maximum 5 slpm)	<b>10</b>	6 mm Compression. For low flow bodies and 101. (maximum 50 slpm)
<b>2</b>	1/4-inch compression (standard up to 30 slpm). For low flow bodies and 101 (maximum 50 slpm)	<b>11</b>	10 mm Compression. For low and medium bodies. (maximum 300 slpm)
<b>3</b>	3/8-inch compression (standard for 30 to 300 slpm). For low and medium bodies. (maximum 300 slpm)	<b>12</b>	12 mm Compression. For all flow bodies up to 500 slpm. Above 500 slpm contact factory.
<b>4</b>	1/2-inch compression For all flow bodies up to 500 slpm. Above 500 slpm contact factory.	<b>13</b>	1/4-FNPT adapter bushing (maximum 200 slpm). For low and med flow bodies, and 101 only.
<b>5</b>	1/4-inch VCO. For low flow bodies and 101. (maximum 50 slpm)	<b>14</b>	3/8-FNPT. For low and med flow bodies only.
<b>6</b>	1/2-inch VCO. For low and medium flow bodies	<b>15</b>	1/2 -FNPT. For high flow bodies up to 500 slpm.
<b>7</b>	3/4-inch VCO. For H, H1 and H2 high flow bodies only.	<b>16</b>	3/4-FNPT. For H1 and H2 high flow bodies only.
<b>8</b>	1/4-inch VCR. For low flow bodies and 101. (maximum 50 slpm)	<b>17</b>	3/4-inch compression. For H, H1, and H2 flow bodies only.
<b>9</b>	1/2-inch VCR. For all flow bodies up to 500 slpm. Above 500 slpm contact factory.	<b>18</b>	1-inch compression. For H1 and H2 high flow bodies only.

Feature 4: Flow Body Elastomers			
<b>OV1</b>	Viton® or equivalent (standard)	<b>90D-L</b>	90D Viton® for CO <sub>2</sub> only
<b>OV1-F</b>	Viton® (For phosphine only)	<b>90D-M</b>	90D Viton® for CO <sub>2</sub> only
<b>ON1</b>	Neoprene®	<b>90D-H</b>	90D Viton® for CO <sub>2</sub> only

Note: Consult factory for other elastomers.

## ORDERING THE SMART TRAK 100 (continued)

Feature 5: Valve Seat (MFC only)			
SV1	Viton®	SK3	Kalrez® (or equivalent for high flow bodies)
SN1	Neoprene® (or equivalent)	VX1 (low flow only)	ValFlex™ required for CO <sub>2</sub>
SK1	Kalrez® (or equivalent for low flow bodies)	VX2 (medium flow only)	ValFlex™ required for CO <sub>2</sub>
SK2	Kalrez® (or equivalent for medium flow bodies)	VX3 (high flow only)	ValFlex™ required for CO <sub>2</sub>

Note: VX1, VX2, VX3; Consult factory, use CO<sub>2</sub> Elastomer Compatibility Concentration vs. Pressure application tool to determine required elastomers for MFC valve seat.

Feature 6: Input Power	
PV1M	15-24 VDC for meters (optional)
PV2	24 VDC for all instruments (standard)

Feature 9: Electrical Connection			
C0	15-pin mating connector with no cable	C10	100-Analog Cable (10 foot): 15 conductor cable with D-connector on one end, fly leads on the other. 10 foot length (3 m)
C1	100-Analog Cable (1 foot): 15 conductor cable with D-connector on one end, fly leads on the other. 1 foot length (300 mm)	C25	100-Analog Cable (25 foot): 15 conductor cable with D-connector on one end, fly leads on the other. 25 foot length (8 m)
C3	100-Analog Cable (3 foot): 15 conductor cable with D-connector on one end, fly leads on the other. 3 foot length (1 m)	C ( )	100-Analog Cable ( ): Custom length communication cable. Specify cable length in feet in parenthesis. Maximum length 50 feet (16 meters). Fixed price any length. Note: Longer lengths available for analog models.

Note: All communications, both analog and digital, go through the cable on Smart-Trak 2 instruments

Option 1: Special Cals	
A1	High accuracy calibration, +/- 0.5% of FS at calibration conditions A1 Accuracy Statement Highest Accuracy Calibration; +/- 0.5% of F.S. (at operating conditions) only applies to the single gas used during calibration; Also includes 10 point linearization on actual gas. A1 Operating Conditions: Flow range: up to 50 slpm or nlpm ( valid from 10 to 100% of the calibrated range) Gases: Air, Nitrogen, Helium, or Argon Pressure: up to 10.3 barg (150 psig) Temperature range: 10°C to 30°C (50°F to 86°F) Orientation: horizontal only Note: Not available for MicroTrak For other operating conditions contact factory.
GS	Gas substitution: One or more gases or mixtures may be substituted for 9 of the standard Dial-A-Gas gases. See application data sheet for specifics.
LF	Low flow calibration for all C100L and M100L; required for 0 to 10 sccm - 0 to 20 sccm full scale calibrations or less; not required for 101 Series

Option 2: Digital Communications	
DP	Profibus DP (NR only)
FF	Foundation Fieldbus full device description (DD) (NR only)

Option 3: Certificates	
MC	Material Certificates--US Mill certs on all wetted flow body parts
CC	Certificate of Conformance

Option 4: O2 Cleaning	
O2C	O2 Cleaning. Includes certification. Product cleaned for O2 service. Inspected with Ultra-Violet light and double-bagged prior to shipment

Note: Pilot Module Not Available with Digital Communications

## 100 Series Family



**PURCHASE ONLINE** 

**In Stock Products. Ship Next Day.**  
[www.sierrainstrument.com/shop](http://www.sierrainstrument.com/shop)

SIERRA INSTRUMENTS, NORTH AMERICA • 5 HARRIS COURT, BUILDING L • MONTEREY, CALIFORNIA 93940 • (800) 866-0200 • (831) 373-0200 • FAX (831) 373-4402 • [WWW.SIERRAINSTRUMENTS.COM](http://WWW.SIERRAINSTRUMENTS.COM)

SIERRA INSTRUMENTS, EUROPE • BILLMANSWEID 2 • 1934RE EGMOND AAN DEN HOEF • THE NETHERLANDS • +31 72 5071400 • FAX: +31 72 5071401

SIERRA INSTRUMENTS, ASIA • SECOND FLOOR BUILDING 5 • SENPU INDUSTRIAL PARK • 25 HANGDU ROAD HANGTOU TOWN • PU DONG NEW DISTRICT • SHANGHAI, P.R. CHINA 201316 • +8621 5879 8521/22 • FAX: +8621 5879 8586

SI100 K 08/19

## D.2. Hojas de datos OPTIMASS 1000.



### OPTIMASS 1400 Technical Datasheet

#### Sensor for mass flow

- First choice for universal applications
- Best price-performance ratio
- A wide range of options available with no restrictions



The documentation is only complete when used in combination with the relevant documentation for the signal converter.

© KROHNE 04/2015 - 4004170301 - MA OPTIMASS 1400 R01 en

**KROHNE**

<b>1 Product features</b>	<b>3</b>
1.1 Overview.....	3
1.2 Features and options.....	5
1.3 Meter / converter combinations.....	6
1.4 Measuring principle (twin tube) .....	6
<b>2 Technical data</b>	<b>8</b>
2.1 Technical data.....	8
2.2 ATEX (acc. 94/9/EC) temperature limits .....	11
2.3 Maximum pipework forces (end loadings).....	12
2.4 Measuring accuracy .....	13
2.5 Guidelines for maximum operating pressure.....	14
2.6 Dimensions and weights .....	16
2.6.1 Flanged versions.....	16
2.6.2 Hygienic versions .....	20
2.6.3 Heating jacket version .....	24
2.6.4 Purge port option .....	25
<b>3 Installation</b>	<b>26</b>
3.1 Intended use .....	26
3.2 Mounting restrictions .....	26
3.2.1 General installation principles .....	26
3.2.2 Sunshades.....	28
<b>4 Notes</b>	<b>29</b>

## 1.1 Overview

The OPTIMASS 1400 is the cost effective solution for accurate measurement for a variety of applications. The OPTIMASS 1400 reliably measures massflow, density, volume, temperature, volume concentration or solid content.



- ① Modular electronics with a range of output options (see separate documentation for details).
- ② The power of the MFC 400 gives comprehensive diagnostics together with Entrained Gas Management (EGM).
- ③ Available with a range of flange and hygienic connections.



- ① Remote terminal box

**Highlights**

- Innovative twin measuring tubes
- Easily drained and easy to clean
- Resistant to installation and process effects
- Long working life.
- Optimised flow divider for minimum pressure loss.
- High levels of accuracy means an excellent price / performance ratio.
- Modular electronics with data redundancy - "plug & play" replacement of electronics

**Industries**

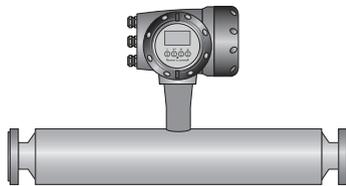
- Water & wastewater
- Chemical
- Food & beverage
- Paper & pulp
- Petrochemical industry
- Pharmaceutical industry

**Applications**

- Suitable for all standard applications up to 130°C
- Hygienic connections make it ideal for food / beverage applications.

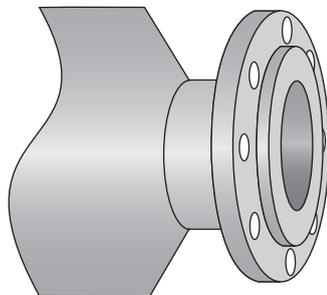
## 1.2 Features and options

### Features



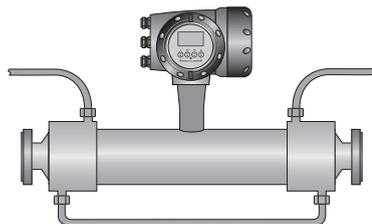
- Available as compact or remote.
- Low pressure loss, guarantees a low pressure drop across the meter.
- Self Draining.
- Easy to clean.

### Connection options



- A range of flanges up to ASME 600 / PN100.
- Supports a wide range of industry standard hygienic connections.
- Adaptable to suit customer's hygienic connections.

### Heating jacket & purge port



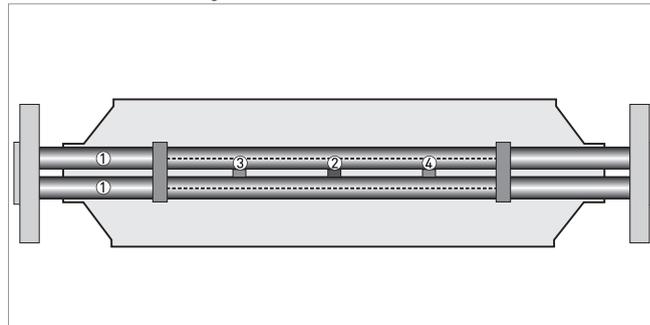
- Heating jacket option for use with temperature dependant products.
- Prevents solidification of process product.
- Purge port option for protection in the event of measuring tube failure.
- Allows hazardous chemicals to be drained away safely.
- Can also be used for the early detection of measuring tube failure where highly toxic chemicals are being measured.

1.3 Meter / converter combinations

Converter	MFC 400	
Configuration	Compact	Remote field
OPTIMASS 2400	1400C	1400F

1.4 Measuring principle (twin tube)

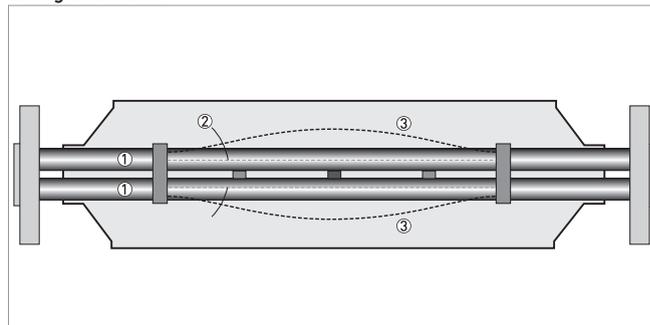
Static meter not energised and with no flow



- ① Measuring tubes
- ② Drive coil
- ③ Sensor 1
- ④ Sensor 2

A Coriolis twin tube mass flowmeter consists of two measuring tubes ① a drive coil ② and two sensors (③ and ④) that are positioned either side of the drive coil.

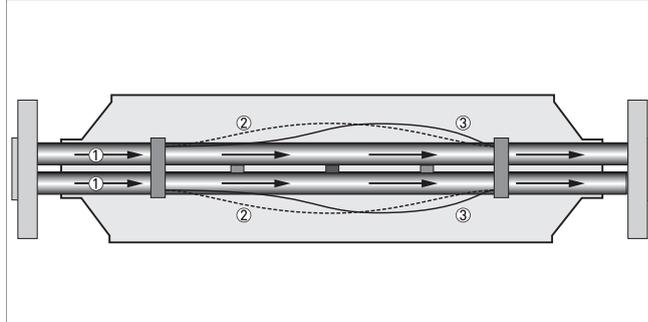
Energised meter



- ① Measuring tubes
- ② Direction of oscillation
- ③ Sine wave

When the meter is energised, the drive coil vibrates the measuring tubes causing them to oscillate and produce a sine wave ③. The sine wave is monitored by the two sensors.

Energised meter with process flow



- ① Process flow
- ② Sine wave
- ③ Phase shift

When a fluid or gas passes through the tubes, the coriolis effect causes a phase shift in the sine wave that is detected by the two sensors. This phase shift is directly proportional to the mass flow.

Density measurement is made by evaluation of the frequency of vibration and temperature measurement is made using a Pt500 sensor.

## 2.1 Technical data

- The following data is provided for general applications. If you require data that is more relevant to your specific application, please contact us or your local sales office.
- Additional information (certificates, special tools, software,...) and complete product documentation can be downloaded free of charge from the website (Download Center).

### Measuring system

Measuring principle	Coriolis mass flow
Application range	Mass flow and density measurement of fluids, gases and solids
Measured values	Mass, density, temperature
Calculated values	Volume, referred density, concentration, velocity

### Design

Basic	System consists of a measuring sensor and a converter to process the output signal
Features	Fully welded maintenance free sensor with twin straight measuring tubes
<b>Variants</b>	
Compact version	Integral converter
Remote version	Available with field version of the converter
Modbus version	Sensor with integral electronics providing Modbus output for connection to a PLC

### Measuring accuracy

<b>Mass</b>	
Liquid	±0.15% of actual measured flow rate + zero stability
Gas	±0.35% of actual measured flow rate + zero stability
Repeatability	Better than 0.05% plus zero stability (includes the combined effects of repeatability, linearity and hysteresis)
<b>Zero stability</b>	
Stainless Steel	±0.01% of maximum flow rate with respective sensor size
<b>Reference conditions</b>	
Product	Water
Temperature	20°C / 68°F
Operating pressure	1 barg / 14.5 psig
<b>Effect on sensor zero point caused by a shift in process temperature</b>	
Stainless Steel	0.001% per 1°C / 0.00055% per 1°F
<b>Effect on sensor zero point caused by a shift in process pressure</b>	
Stainless Steel	0.00012% of the max flow rate per 1 bar <sub>rel.</sub> / 0.0000083% of the max flow rate per 1 psig
<b>Density</b>	
Measuring range	400...2500 kg/m <sup>3</sup> / 25...155 lbs/ft <sup>3</sup>
Accuracy	±2 kg/m <sup>3</sup> / ±0.13 lbs/ft <sup>3</sup> (S15: ±5 kg/m <sup>3</sup> / ±0.33 lbs/ft <sup>3</sup> )
On site calibration	±0.5 kg/m <sup>3</sup> / ±0.033 lbs/ft <sup>3</sup>

<b>Temperature</b>	
Accuracy	±1°C / 1.8°F

**Operating conditions**

<b>Maximum flow rates</b>	
S15	6500 kg/h / 240 lbs/min
S25	27000 kg/h / 990 lbs/min
S40	80000 kg/h / 2935 lbs/min
S50	170000 kg/h / 6235 lbs/min
<b>Ambient temperature</b>	
Compact version with Aluminium converter	-40...+60°C / -40...+140°F Extended temperature range: +65°C / +149°F for some I/O options. For more information contact manufacturer.
Compact version with Stainless Steel converter	-40...+55°C / -40...+130°F
Remote versions	-40...+65°C / -40...+149°F
<b>Process temperature</b>	
Flanged connection	-40...+130°C / -40...+266°F
Hygienic connection	-40...+130°C / -40...+266°F
<b>Nominal pressure at 20°C / 68°F</b>	
<b>Measuring tube</b>	
Stainless Steel	-1...100 barg / -14.5...1450 psig
<b>Outer cylinder</b>	
Non PED / CRN approved	Typical burst pressure > 100 barg / 1450 psig at 20°C
PED / CRN approved secondary containment	-1...63 barg / -14.5...910 psig
PED approved secondary containment	-1...100 barg / -14.5...1450 psig
<b>Fluid properties</b>	
Permissible physical condition	Liquids, gases, slurries
Permissible gas content (volume)	Contact manufacturer for information
Permissible solid content (volume)	Contact manufacturer for information
Protection category (acc. to EN 60529)	IP 67, NEMA 4X

**Installation conditions**

Inlet runs	None required
Outlet runs	None required

**Materials**

Measuring tube	Stainless Steel UNS S31803 (1.4462)
Spigot	Stainless Steel 316 / 316L (CF3M / 1.4409) dual certified
Flanges	Stainless Steel 316 / 316L (1.4401 / 1.4404) dual certified
Outer cylinder	Stainless Steel 304 / 304L (1.4301 / 1.4307) dual certified Optional Stainless Steel 316 / 316L (1.4401 / 1.4404) dual certified
<b>Heating jacket version</b>	
Heating jacket	Stainless Steel 316L (1.4404)
	The outer cylinder is in contact with the heating medium

<b>All versions</b>	
Sensor electronics housing	Stainless Steel 316L (1.4409)
Junction box (remote version)	Die cast Aluminium (polyurethane coating)
	Optional Stainless Steel 316 (1.4401)

**Process connections**

<b>Flange</b>	
DIN	DN15...80 / PN40...100
ASME	½...3" / ASME 150...600
JIS	15...80A / 10...20K
<b>Hygienic</b>	
Tri-clover	1...3"
Tri-clamp DIN 32676	DN25...80
Tri-clamp ISO 2852	1...3"
DIN 11864-2 Form A	DN25...80
Male thread DIN 11851	DN25...80
Male thread SMS	1...3"
Male thread IDF / ISS	1...3"
Male thread RJT	1...3"

**Electrical connections**

Electrical connections	For full details, including: power supply, power consumption etc., see technical data for the relevant converter
I/O	For full details of I/O options, including data streams and protocols, see technical data for the relevant converter

**Approvals and certifications**

<b>Mechanical</b>	
Electromagnetic compatibility (EMC) acc. to CE	Namur NE 21/5.95
	2004/108/EC (EMC)
	2006/95/EC (Low Voltage Directive)
European Pressure Equipment Directive	PED 97-23 EC (acc. to AD 2000 Regelwerk)
Factory Mutual / CSA	Class I, Div 1 groups A, B, C, D
	Class II, Div 1 groups E, F, G
	Class III, Div 1 hazardous areas
	Class I, Div 2 groups A, B, C, D
	Class II, Div 2 groups F, G
	Class III, Div 2 hazardous areas
ANSI / CSA (Dual Seal)	12.27.901-2003
Hygienic	3A 28-03

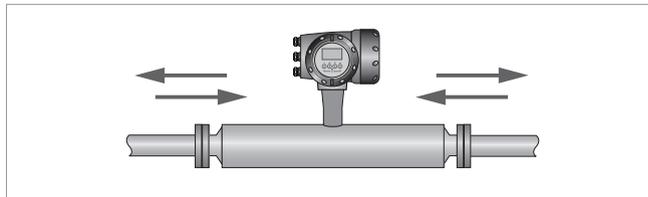
<b>ATEX (acc. 94/9/EC)</b>	
<b>OPTIMASS 1400C non Ex i signal outputs without heating jacket / insulation</b>	
Ex d connection compartment	II 1/2 G Ex d ia IIC T6....T1 Ga/Gb II 2 D Ex tb IIIC T165°C Db
Ex e connection compartment	II 1/2 G Ex de ia IIC T6....T1 Ga/Gb II 2 D Ex tb IIIC T165°C Db
<b>OPTIMASS 1400C non Ex i signal outputs with heating jacket / insulation</b>	
Ex d connection compartment	II 1/2 G Ex d ia IIC T6....T1 Ga/Gb II 2 D Ex tb IIIC T165°C Db
Ex e connection compartment	II 1/2 G Ex de ia IIC T6....T1 Ga/Gb II 2 D Ex tb IIIC T165°C Db
<b>OPTIMASS 1400C Ex i signal outputs without heating jacket / insulation</b>	
Ex d connection compartment	I 1/2(1) G Ex d ia [ia Ga] IIC T6....T1 Ga/Gb II 2(1) D Ex tb [ia Da] IIIC T165°C Db
Ex e connection compartment	I 1/2(1) G Ex de ia [ia Ga] IIC T6....T1 G II 2(1) D Ex tb [ia Da] IIIC T165°C Db
<b>OPTIMASS 1400C Ex i signal outputs with heating jacket / insulation</b>	
Ex d connection compartment	I 1/2(1) G Ex d ia [ia Ga] IIC T6....T1 Ga/Gb II 2(1) D Ex tb [ia Da] IIIC T165°C Db
Ex e connection compartment	I 1/2(1) G Ex de ia [ia Ga] IIC T6....T1 G II 2(1) D Ex tb [ia Da] IIIC T165°C Db

## 2.2 ATEX (acc. 94/9/EC) temperature limits

	Ambient temp. T <sub>amb</sub> °C	Max. medium temp. T <sub>m</sub> °C	Temp. class	Max. surface temp. °C	
OPTIMASS 1400C - with or without heating jacket / insulation	40	40	T6	T75	
		55	T5	T90	
		90	T4	T125	
		130	T3 - T1	T165	
	50	55	T5	T90	
		90	T4	T125	
		130	T3 - T1	T165	
	65	75	T4	T110	
		130	T3 - T1	T165	
	OPTIMASS 1400C - aluminium converter housing - with or without heating jacket / insulation	40	40	T6	T75
			55	T5	T90
			90	T4	T125
130			T3 - T1	T165	
50		55	T5	T90	
		90	T4	T125	
		130	T3 - T1	T165	
65		65	T4 - T1	T100	

	Ambient temp. T <sub>amb</sub> °C	Max. medium temp. T <sub>m</sub> °C	Temp. class	Max. surface temp. °C
OPTIMASS 1400C - SS converter housing - with or without heating jacket / insulation	40	40	T6	T75
		55	T5	T90
		90	T4	T125
		130	T3 - T1	T165
	50	55	T5	T90
		90	T4 - T1	T125
60	60	T5 - T1	T95	

### 2.3 Maximum pipework forces (end loadings)



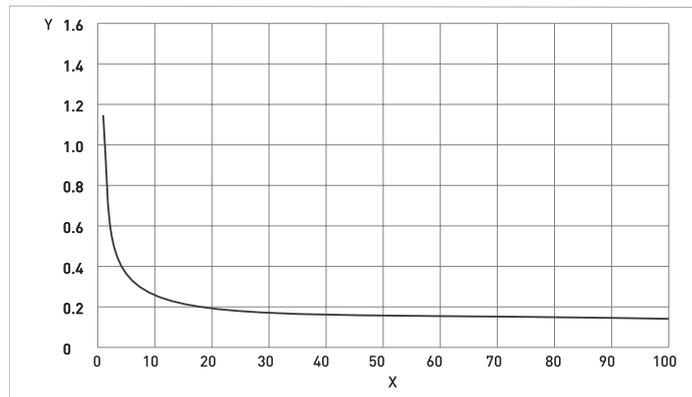
Mass flowmeters have a maximum level of force (negative or positive) that can be applied to the ends of the meter. Refer to the table below for permitted forces.

#### Maximum end loadings

		S15	S25	S40	S50
<b>Flanges</b>					
20°C	40 barg	25kN	38kN	48kN	99kN
	100 barg	17kN	19kN	15kN	20kN
130°C	32 barg	18kN	28kN	35kN	72kN
	80 barg	12kN	12kN	7kN	8kN
<b>Hygienic (all connections)</b>					
130°C	10 barg	5kN	9kN	12kN	12kN

- These [axial] loads have been calculated, based on 316L schedule 40 process pipework, where un-radiographed butt welds have been used in pipe joints.
- The loads shown are the maximum permitted static load. If loads are cycling (between tension and compression) these loads should be reduced. For advice, consult the manufacturer.

## 2.4 Measuring accuracy



X flow rate [%]  
Y measuring error [%]

### Measuring error

The measuring error is obtained from the combined effects of accuracy and zero stability.

### Reference conditions

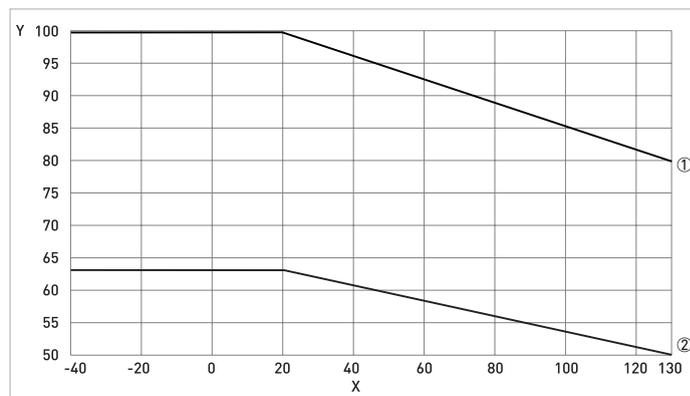
Product	Water
Temperature	+20°C / +68°F
Operating pressure	1 barg / 14.5 psig

## 2.5 Guidelines for maximum operating pressure

### Notes:

- Ensure that the meter is used within its operating limits
- All hygienic process connections have a maximum operating rating of 10 barg at 130°C / 145 psig at 266°F

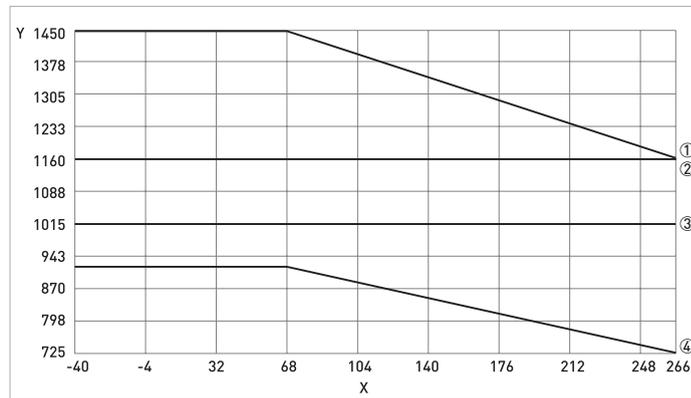
### Pressure / temperature de-rating, all meter sizes, in metric (flanged connections as per EN 1092-1)



X temperature [°C]  
Y pressure [barg]

- ① Measuring tubes and 100barg 316L secondary containment (PED)  
② 63 barg 304L / 316 secondary containment (PED)

**Pressure / temperature de-rating, all meter sizes, in imperial (flanged connections as per ASME B16.5)**



X temperature [°F]

Y pressure [psig]

- ① Measuring tubes S15 / S25 (CRN)
- ② Measuring tubes S40 (CRN)
- ③ Measuring tubes S50 (CRN)
- ④ Secondary containment 304L / 316L (CRN)

#### Flanges

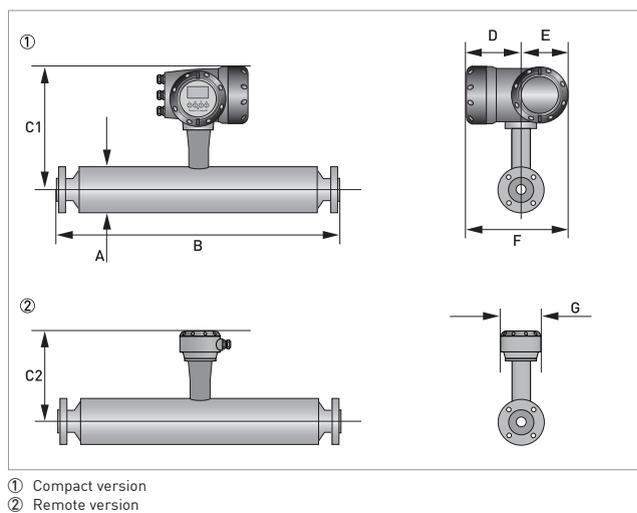
- DIN flange ratings are based on EN 1092-1 2001 table 18 (1% proof stress) material group 14EO
- ASME flange ratings are based on ASME B16.5 2003 table 2 material group 2.2
- JIS flange ratings are based on JIS 2220: 2001 table 1 division 1 material group 022a

#### Notes

- The maximum operating pressure will be either the flange rating or the measuring tube rating, **WHICHEVER IS THE LOWER!**
- The manufacturer recommends that the seals are replaced at regular intervals. This will maintain the hygienic integrity of the connection.

2.6 Dimensions and weights

2.6.1 Flanged versions



Meter weights (all flanges)

	Weight [kg]			
	S15	S25	S40	S50
Aluminium (compact)	13.5	16.5	29.5	57.5
Stainless Steel (compact)	18.8	21.8	34.8	62.8
Aluminium (remote)	11.5	14.5	25.5	51.5
Stainless Steel (remote)	12.4	15.4	26.4	52.4

	Weight [lbs]			
	S15	S25	S40	S50
Aluminium (compact)	30	36.3	65	127
Stainless Steel (compact)	41	48	77	138
Aluminium (remote)	25	32	56	113
Stainless Steel (remote)	27	33.8	58	115

## Measuring tube in Stainless Steel

	Dimensions [mm]			
	S15	S25	S40	S50
A	101.6	114.3	168.3	219.1
C1 [compact]	311	317	344	370
C2 [remote]	231	237	264	290
D	160			
E	60			
F	123.5			
G	137			
H	98.5			

	Dimensions [inches]			
	S15	S25	S40	S50
A	4	4.5	6.6	8.6
C1 [compact]	12.2	12.5	13.5	14.6
C2 [remote]	9	9.3	10.4	11.4
D	6.3			
E	2.4			
F	4.9			
G	5.4			
H	3.9			

## Flange connections

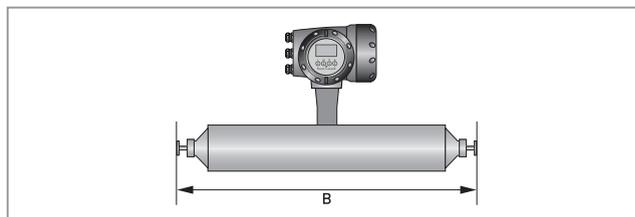
	Dimension B [mm]			
	S15	S25	S40	S50
<b>PN40</b>				
DN15	498	-	-	-
DN25	503	531	-	-
DN40	513	541	706	-
DN50	-	547	712	862
DN80	-	-	732	882
DN100	-	-	-	896
<b>PN63</b>				
DN50	-	-	740	890
DN80	-	-	-	910
<b>PN100</b>				
DN15	513	-	-	-
DN25	538	567	-	-
DN40	-	575	740	-
DN50	-	-	752	902
DN80	-	-	-	922

ASME 150				
½"	518	-	-	-
¾"	528	-	-	-
1"	534	563	-	-
1½"	-	575	740	-
2"	-	579	744	894
3"	-	-	756	906
4"	-	-	-	920
ASME 300				
½"	528	-	-	-
¾"	538	-	-	-
1"	546	575	-	-
1½"	-	589	754	-
2"	-	-	756	906
3"	-	-	-	926
ASME 600				
½"	541	-	-	-
¾"	550	-	-	-
1"	558	589	-	-
1½"	-	603	770	-
2"	-	-	774	926
3"	-	-	-	944
JIS 10K				
50A	-	-	712	862
80A	-	-	-	882
JIS 20K				
15A	498	-	-	-
25A	503	531	-	-
40A	-	541	706	-
50A	-	-	712	862
80A	-	-	-	882

	Dimension B [inches]			
	S15	S25	S40	S50
PN40				
DN15	19.6	-	-	-
DN25	19.8	21	-	-
DN40	20.2	21.3	27.8	-
DN50	-	21.5	28	33.9
DN80	-	-	28.8	34.7
DN100	-	-	-	35.3

<b>PN63</b>				
DN50	-	-	29	35
DN80	-	-	-	35.8
<b>PN100</b>				
DN15	20.2	-	-	-
DN25	21.2	22.3	-	-
DN40	-	22.6	29	-
DN50	-	-	29.6	35.5
DN80	-	-	-	36.3
<b>ASME 150</b>				
½"	20.4	-	-	-
¾"	20.8	-	-	-
1"	21	22.2	-	-
1½"	-	22.5	29.1	-
2"	-	22.8	29.3	35.2
3"	-	-	29.8	35.7
4"	-	-	-	36.2
<b>ASME 300</b>				
½"	20.8	-	-	-
¾"	21.2	-	-	-
1"	21.5	22.6	-	-
1½"	-	23.2	29.7	-
2"	-	-	29.8	35.7
3"	-	-	-	36.4
<b>ASME 600</b>				
½"	21.3	-	-	-
¾"	21.6	-	-	-
1"	22	23.2	-	-
1½"	-	23.7	30.3	-
2"	-	-	30.5	36.4
3"	-	-	-	37.2
<b>JIS 10K</b>				
50A	-	-	28	33.9
80A	-	-	-	34.7
<b>JIS 20K</b>				
15A	19.6	-	-	-
25A	19.8	20.9	-	-
40A	-	21.3	27.8	-
50A	-	-	28	33.9
80A	-	-	-	34.7

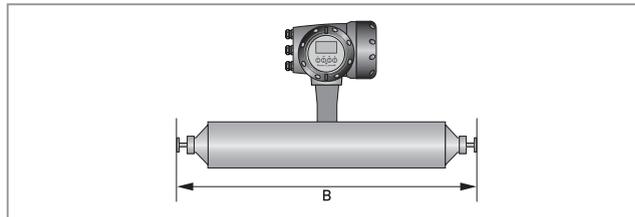
## 2.6.2 Hygienic versions



Hygienic connections: all welded versions

	Dimension B [mm]			
	S15	S25	S40	S50
<b>Tri-clover</b>				
1"	487	-	-	-
1½"	-	534	-	-
2"	-	-	691	-
3"	-	-	-	832
<b>Tri-clamp DIN 32676</b>				
DN10	-	-	-	-
DN15	-	-	-	-
DN25	468	-	-	-
DN40	-	515	-	-
DN50	-	-	677	-
DN80	-	-	-	836
<b>Tri-clamp ISO 2852</b>				
1"	473	-	-	-
1½"	-	502	-	-
2"	-	-	667	-
3"	-	-	-	817
<b>DIN 11864-2 form A</b>				
DN25	505	-	-	-
DN40	-	562	-	-
DN50	-	-	724	-
DN80	-	-	-	896

	Dimension B [inches]			
	S15	S25	S40	S50
<b>Tri-clover</b>				
1"	19.2	-	-	-
1½"	-	21	-	-
2"	-	-	27.2	-
3"	-	-	-	32.7
<b>Tri-clamp DIN 32676</b>				
DN10	-	-	-	-
DN15	-	-	-	-
DN25	18.4	-	-	-
DN40	-	20.3	-	-
DN50	-	-	26.6	-
DN80	-	-	-	32.9
<b>Tri-clamp ISO 2852</b>				
1"	18.6	-	-	-
1½"	-	19.8	-	-
2"	-	-	26.3	-
3"	-	-	-	32.2
<b>DIN 11864-2 form A</b>				
DN25	19.9	-	-	-
DN40	-	22.2	-	-
DN50	-	-	28.5	-
DN80	-	-	-	35.3

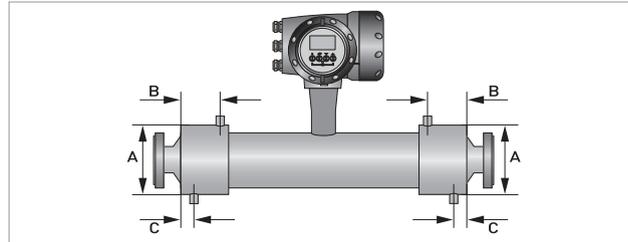


Hygienic connections: adapter versions (male thread)

	Dimension B [mm]			
	S15	S25	S40	S50
<b>Male thread DIN 11851</b>				
DN25	483	-	-	-
DN40	-	538	-	-
DN50	-	-	704	-
DN80	-	-	-	870
<b>Male thread SMS</b>				
1"	474	-	-	-
1½"	-	537	-	-
2"	-	-	694	-
3"	-	-	-	837
<b>Male thread IDF/ISS</b>				
1"	487	-	-	-
1½"	-	534	-	-
2"	-	-	691	-
3"	-	-	-	832
<b>Male thread RJT</b>				
1"	498	-	-	-
1½"	-	545	-	-
2"	-	-	702	-
3"	-	-	-	843

	Dimension B [inches]			
	S15	S25	S40	S50
<b>Male thread DIN 11851</b>				
DN25	19	-	-	-
DN40	-	21.2	-	-
DN50	-	-	27.7	-
DN80	-	-	-	34.2
<b>Male thread SMS</b>				
1"	18.7	-	-	-
1½"	-	21.1	-	-
2"	-	-	27.3	-
3"	-	-	-	32.9
<b>Male thread IDF/ISS</b>				
1"	19.2	-	-	-
1½"	-	21	-	-
2"	-	-	27.2	-
3"	-	-	-	32.7
<b>Male thread RJT</b>				
1"	19.6	-	-	-
1½"	-	21.4	-	-
2"	-	-	27.6	-
3"	-	-	-	33.2

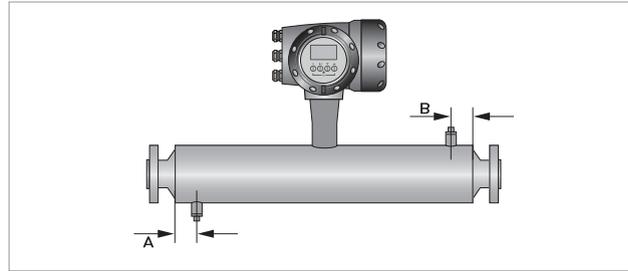
2.6.3 Heating jacket version



	Dimensions [mm]			
	S15	S25	S40	S50
Heating connection size	12 mm (ERMETO)			25
A	115 ±1	142 ±1	206 ±1	254 ±1
B	51	55	90	105
C	20			26

	Dimensions [inches]			
	S15	S25	S40	S50
Heating connection size	½" (NPTF)			1
A	4.5 ±0.04	5.6 ±0.04	8.1 ±0.04	10 ±0.04
B	2.0	2.2	3.5	4.1
C	0.8			1.0

## 2.6.4 Purge port option



	Dimensions [mm]			
	S15	S25	S40	S50
A	55 ±1.0		65 ±1.0	
B	55 ±1.0		65 ±1.0	

	Dimensions [inches]			
	S15	S25	S40	S50
A	2.2 ±0.04		2.5 ±0.04	
B	2.2 ±0.04		2.5 ±0.04	

### 3.1 Intended use

This mass flowmeter is designed for the direct measurement of mass flow rate, product density and product temperature. Indirectly, it also enables the measurement of parameters like total mass, concentration of dissolved substances and the volume flow. For use in hazardous areas, special codes and regulations are also applicable and these are specified in a separate documentation.

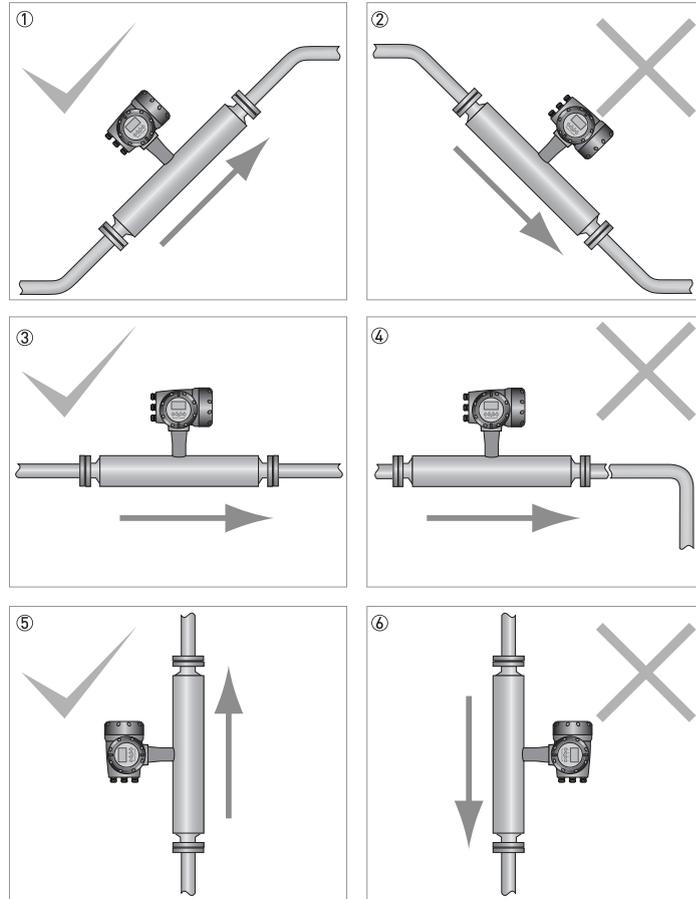
### 3.2 Mounting restrictions

#### 3.2.1 General installation principles

**There are no special installation requirements but you should note the following points:**

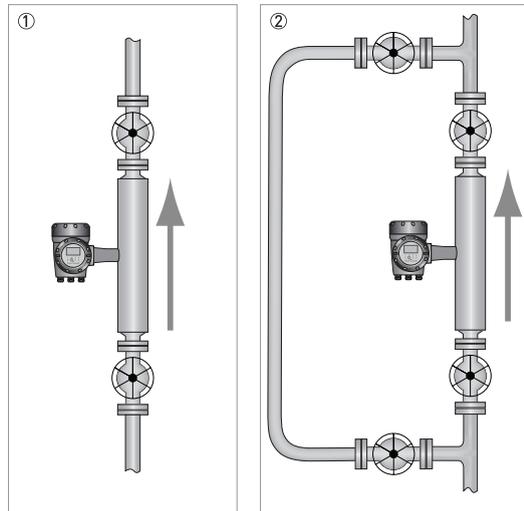
- Support the weight of the meter.
- The meter can be supported on the sensor body.
- On larger meter sizes and hygienic connections, it is strongly recommended that the meter is not supported solely by the process pipework.
- No straight runs are required.
- The use of reducers and other fittings at flanges, including flexible hoses, is allowed but you should take care to avoid cavitation.
- Avoid extreme pipe size reductions.
- Meters are not affected by crosstalk and can be mounted in series or in parallel.
- Avoid mounting the meter at the highest point in the pipeline where air / gas can collect.

## Mounting positions



- ① The meter can be mounted at an angle but it is recommended that the flow is uphill.
- ② Avoid mounting the meter with the flow running downhill because it can cause siphoning. If the meter has to be mounted with the flow running downhill, install an orifice plate or control valve downstream of the meter to maintain backpressure.
- ③ Horizontal mounting with flow running left to right.
- ④ Avoid mounting meter with long vertical runs after the meter as it can cause cavitation. Where the installation includes a vertical run after the meter, install an orifice plate or control valve downstream to maintain backpressure.
- ⑤ The meter can be mounted vertically but it is recommended that the flow is uphill.
- ⑥ Avoid mounting the meter vertically with the flow running downhill. This can cause siphoning. If the meter has to be installed this way, install an orifice plate or control valve downstream to maintain backpressure.

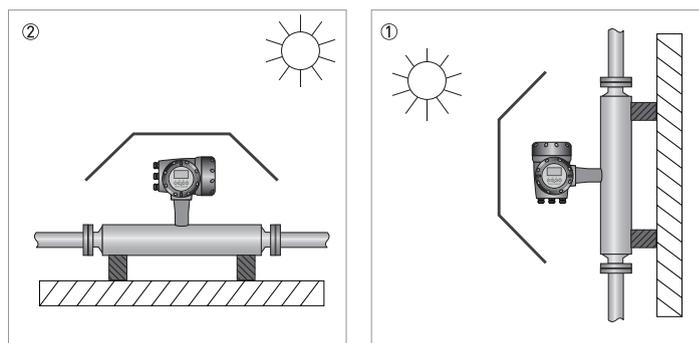
Zero calibration



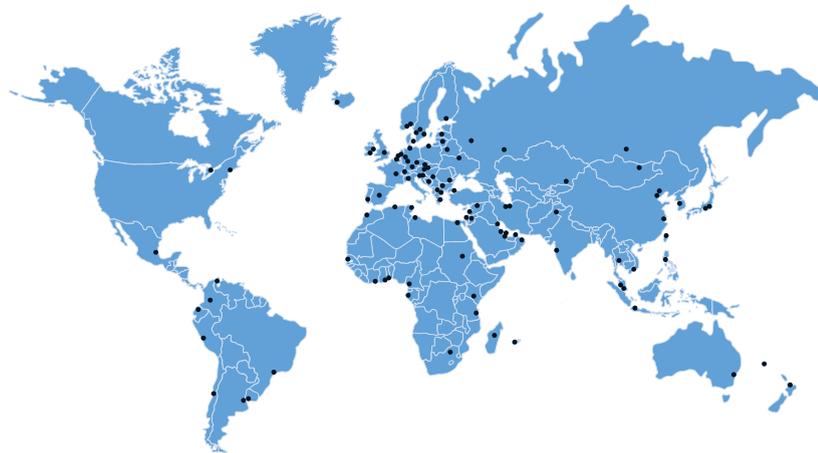
- ① Where the meter has been installed vertically, install shut-off valves either side of the meter to assist with zero calibration.
- ② If the process flow cannot be stopped, install a bypass section for zero calibration.

3.2.2 Sunshades

The meter MUST be protected from strong sunlight.



- ① Horizontal installation
- ② Vertical installation



#### KROHNE product overview

- Electromagnetic flowmeters
- Variable area flowmeters
- Ultrasonic flowmeters
- Mass flowmeters
- Vortex flowmeters
- Flow controllers
- Level meters
- Temperature assemblies
- Pressure transmitters
- Analysis products
- Products and systems for the oil & gas industry
- Measuring systems for the marine industry

Head Office KROHNE Messtechnik GmbH  
Ludwig-Krohne-Str. 5  
47058 Duisburg (Germany)  
Tel.: +49 203 301 0  
Fax: +49 203 301 103 89  
info@krohne.com

The current list of all KROHNE contacts and addresses can be found at:  
[www.krohne.com](http://www.krohne.com)

**KROHNE**

### D.3. Hojas de datos PGT 23.100 y PGT 23.160.

Presión

## Manómetro de muelle tubular con señal de salida eléctrica Acero inoxidable, versión de seguridad, NG 100 y 160 Modelos PGT 23.100 y PGT 23.160

Hoja técnica WIKA PV 12.04



otras homologaciones  
véase página 4

**intelliGAUGE®**

#### 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
- Rango de medición desde 0 ... 0,6 bar hasta 0 ... 1.600 bar
- Indicación analógica de fácil lectura con diámetro nominal 100 o 160
- Versión de seguridad S3 según EN 837



intelliGAUGE® modelo PGT23.100

#### Descripción

El intelliGAUGE®, modelo PGT23 (patente, derecho de propiedad: p. ej. DE 202007019025) puede emplearse en cualquier aplicación que requiera una indicación de la presión de proceso in situ y simultáneamente una transmisión de señal al control central o sala de mando remota.

El sistema de transmisión de señal, en combinación con un sistema preciso de medición mecánica, asegura la lectura de la presión de proceso también en caso de una interrupción de la alimentación eléctrica.

El intelliGAUGE modelo PGT23 cumple con todos los requerimientos de las normativas y disposiciones de seguridad pertinentes, referidas a la indicación in situ de la presión de trabajo de recipientes a presión. Por lo tanto se puede prescindir de un sistema de medición suplementario, equipado con indicación de presión mecánica.

La base del modelo PGT23 es un manómetro de alta calidad en acero inoxidable, versión de seguridad modelo 23X.30.

El sistema de medición con membrana, robusto e íntegramente soldado, produce un movimiento giratorio de la aguja proporcional a la presión. Un sensor angular, probado en aplicaciones críticas del sector de automoción, capta la posición de la aguja sin contacto y por lo tanto sin desgaste y efectos retroactivos. De este modo se genera la señal de salida de 4...20 mA proporcional a la presión.

El sensor electrónico de WIKA, incorporado en el manómetro de alta calidad reúne las ventajas de una transmisión de señal eléctrica y una indicación mecánica in situ.

El span de medición (señal de salida eléctrica) se ajusta automáticamente con la indicación mecánica, es decir la escala de la totalidad del rango corresponde a 4 ... 20 mA.

Hoja técnica WIKA PV 12.04 · 07/2019

Página 1 de 5

Hojas técnicas de productos similares:  
Manómetro con muelle tubular con señal de salida eléctrica, acero inoxidable, versión de seguridad, DN 63; modelo PGT23.063, hoja técnica PV 12.03

**WIKA**

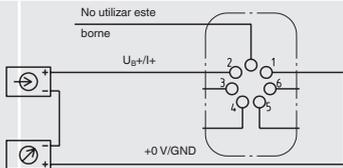
Part of your business

## Datos técnicos

Modelos PGT 23.100 y PGT 23.160	
<b>Diámetro en mm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 100</li> <li>■ 160</li> </ul>
<b>Clase de exactitud</b>	1,0
<b>Rangos de indicación</b>	0 ... 0,6 bar (0 ... 8,7 psi) a 0 ... 1.600 bar (0 ... 23.206 psi) otras unidades disponibles (p. ej. psi, kPa) así como todas las gamas correspondientes para presión negativa y sobrepresión negativa y positiva
<b>Escala</b>	Escala simple Opción: Escala doble
<b>Carga de presión máxima</b>	
Carga estática	Valor final de escala
Carga dinámica	0,9 x valor final de escala
a corto plazo	1,3 x valor final de escala
<b>Posición de la conexión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Radial inferior</li> <li>■ Dorsal excéntrica, inferior</li> </ul>
<b>Conexión a proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ G ½ B</li> <li>■ ½ NPT</li> <li>■ M20 x 1,5</li> <li>■ otros a consultar</li> </ul>
<b>Temperatura admisible <sup>1)</sup></b>	
Medio	-40 ... +100 °C [-40 ... 212 °F] máximo
Ambiente	-40 ... +60 °C [-40 ... 284 °F]
<b>Influencia de temperatura</b>	En caso de desviación de la temperatura de referencia en el sistema de medición (+20 °C): máx. ±0,4 %/10 K del valor final de escala correspondiente
<b>Caja</b>	Versión de seguridad S3 según EN 837. Con tabique a prueba de ruptura (Solidfront) y pared posterior deflectora
<b>Relleno de la caja</b>	Sin Opción: Con relleno de la caja
<b>Materiales en contacto con el medio</b>	
Conexión a proceso, elemento sensible	Acero inoxidable 316L Opción: monel
<b>Materiales sin contacto con el medio</b>	
Caja, aro bayoneta	Acero inoxidable
Mecanismo	Latón
Esfera	Aluminio, blanco, subdivisión negra
Aguja	Aluminio, negro
Indicador de valor nominal	Aluminio, rojo
Mirilla	Cristal de seguridad laminado
<b>Tipo de protección según IEC/EN 60529</b>	IP65 <sup>2)</sup> Opción: IP66

1) Para las zonas potencialmente explosivas sólo se aplican las temperaturas admisibles de la variante 2 de la señal de salida (véase la página 3). Las temperaturas límite tampoco se deben sobrepasarse en el instrumento (ver detalles en el manual de instrucciones). Si es necesario, se deben tomar medidas de refrigeración (por ejemplo, sifón, válvula de instrumentación, junta de diafragma, etc.).

2) Grado de protección IP54 para posición de conexión trasera inferior descentrada.

Modelos PGT 23.100 y PGT 23.160	
Señal de salida	Variante 1: 4 ... 20 mA, 2 hilos, pasivos, conforme a NAMUR NE 43 Variante 2: 4 ... 20 mA para áreas clasificadas Variante 3: 0 ... 20 mA, 3 hilos Variante 4: 0 ... 10 V, 3 hilos
Alimentación auxiliar $U_B$	DC 12 V < $U_B$ ≤ 30 V (variante 1 + 3) DC 14 V < $U_B$ ≤ 30 V (variante 2) DC 15 V < $U_B$ ≤ 30 V (variante 4)
Influencia de la alimentación auxiliar	< 0,1 % del valor final/10 V
Ondulación residual admisible de $U_B$	≤ 10 % ss
Carga máxima admisible $R_A$	Variante 1, 2, 3: $R_A$ ≤ ( $U_B - 12$ V)/0,02 A con $R_A$ en ohmios y $U_B$ en voltios, pero máx. 600 Ω Variante 4: $R_A$ = 100 kΩ
Efecto de carga (variante 1 - 3)	≤ 0,1 % del valor final
Impedancia en la salida de tensión	0,5 Ω
Punto cero eléctrico	pontear las pinzas 5 y 6 (véase manual de instrucciones)
Estabilidad a largo plazo sistema electrónico	< 0,3 % del valor final por año
Señal de salida electr.	≤ 1 % del span de medición
Desviación de la curva característica	≤ 1 % del span de medición (ajuste de puntos límite)
Resolución	0,13 % del valor final (resolución 10 bit a 360°)
Frecuencia de actualización (frecuencia de medición)	600 ms
Conexión eléctrica	Caja de conexiones PA 6, negra Según VDE 0110 grupo de aislamiento C/250 V Prensaestopa M20 x 1,5 Alivio de tracción 6 bornes de tornillo + conductor protector para sección de conductor de 2,5 mm <sup>2</sup>
Asignación de los bornes de conexión, 2 hilos (variante 1 y 2)	 <p>Bornes 3 y 4: sólo para uso interno Bornes 5 y 6: restablecer el punto cero</p>
Asignación de los bornes de conexión para 3 hilos (variante 3 y 4), véase manual de instrucciones	

#### Valores máximos de seguridad 2)

$U_i$	$I_i$	$P_i$	$C_i$	$L_i$
DC 30 V	100 mA	720 mW	11 nF	despreciable

#### Rangos de temperatura admisibles (variante 2)

T6	T5	T4 ... T1
-20 ... +45 °C	-20 ... +60 °C	-20 ... +70 °C

T85 °C	T100 °C	T135 °C
-20 ... +45 °C	-20 ... +60 °C	-20 ... +70 °C

Para más información sobre las áreas potencialmente explosivas, consulte el manual de instrucciones.

## Homologaciones

Logo	Descripción	País
	<b>Declaración de conformidad UE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Directiva CEM</li> <li>■ Directiva de equipos a presión</li> <li>■ Directiva RoHS</li> <li>■ Directiva ATEX (opción)</li> </ul> Zonas potencialmente explosivas - Ex ia Gas [II 2G Ex ia IIC T6/T5/T4 Gb] Polvo [II 2D Ex ia IIIB T85°C/T100°C/T135°C Db]	Unión Europea
		
	<b>IECEx (opcional)</b> Zonas potencialmente explosivas - Ex ia Gas [Ex ia IIC T6/T5/T4 Gb] Polvo [Ex ia IIIB T85°C/T100°C/T135°C Db]	Internacional
	<b>EAC (opción)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Directiva CEM</li> <li>■ Directiva de equipos a presión</li> <li>■ Directiva de baja tensión</li> <li>■ Zonas potencialmente explosivas</li> </ul>	Comunidad Económica Euroasiática
	<b>GOST (opción)</b> Metrología, técnica de medición	Rusia
	<b>KazMetr (opción)</b> Metrología, técnica de medición	Kazajistán
-	<b>MTSCHS (opción)</b> Autorización para la puesta en servicio	Kazajistán
	<b>BelGIM (opción)</b> Metrología, técnica de medición	Bielorrusia
-	<b>CRN</b> Seguridad (p. ej. seguridad eléctrica, sobrepresión, etc.)	Canadá

## Certificados (opcional)

- 2.2 -Certificado de prueba conforme a EN 10204  
 (p. ej. fabricación conforme al estado actual de la técnica, precisión de indicación)
- 3.1-Certificado de inspección conforme a EN 10204  
 (p. ej. precisión de indicación)

## Patentes, derechos de propiedad

Instrumento de medición de aguja con señal de salida de 4... 20 mA (patente, derecho de propiedad: p. ej. DE 202007019025, US 2010045366, CN 101438333)

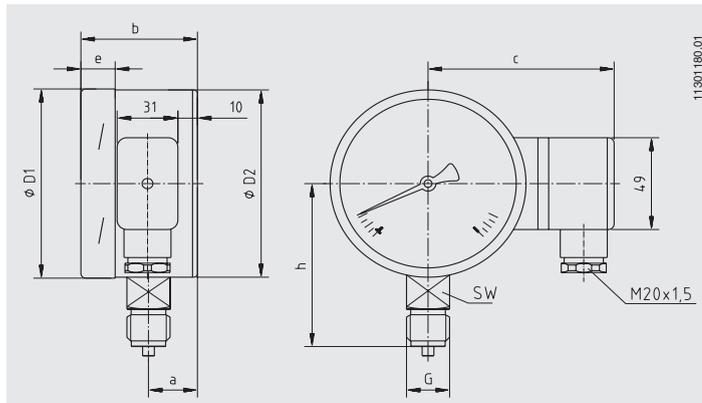
Para homologaciones y certificaciones, véase el sitio web

## Accesorios

- Borde frontal, acero inoxidable pulido
- Borde dorsal, acero inoxidable
- Juntas (modelo 910.17, véase hoja técnica AC 09.08)
- Válvulas (modelos IV20/IV21, véase hoja técnica AC 09.19, y modelos IV10/IV11, véase hoja técnica AC 09.22)
- Sifones (modelo 910.15, véase hoja técnica AC 09.06)
- Dispositivo de sobrepresión (modelo 910.13, véase hoja técnica AC 09.04)
- Torre de refrigeración (modelo 910.32, véase hoja técnica AC 09.21)
- Separador
- Contactos eléctricos (véase hoja técnica AC 08.01)

## Dimensiones en mm

intelliGAUGE® modelos PGT23.100 y PGT23.160



DN	Dimensiones en mm									Peso en kg
	a	b	c	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	e	G	h ±1	SW	
100	25	59,5	94	101	100	17	G ½ B	87	22	0,80
160	27	59,5	123,5	161	159	17,5	G ½ B	118	22	1,45

### Indicaciones relativas al pedido

Modelo / Diámetro nominal / Rango de indicación / Señal de salida / Posición de la conexión / Conexión a proceso / Opciones

© 11/2007 WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG, todos los derechos reservados.  
Los datos técnicos descritos en este documento corresponden al estado actual de la técnica en el momento de la publicación.  
Nos reservamos el derecho de modificar los datos técnicos y materiales.

Hoja técnica WIKA PV 12.04 · 07/2019

Página 5 de 5

10/2019:ES based on 07/2019:DE



**Instrumentos WIKA S.A.U.**  
C/ Josep Carner, 11-17  
08205 Sabadell Barcelona  
Tel. +34 933 9386-30  
Fax: +34 933 9386-66  
info@wika.es  
www.wika.es

## D.4. Hojas de datos Pt100 WTR 140.



ENGLISH

Datasheet

### Mineral Insulated Platinum Resistance Thermometer PT100 Sensor - Available in 3mm or 6mm diameter x 150mm or 250mm probe lengths



**What is the difference between a RTD and PRT sensor?**  
Nothing. RTD means resistance thermometer detector (the sensing element) and PRT means Platinum resistance thermometer (the whole assembly) i.e. a PRT uses a RTD.

- High temperature, rugged, flexible Pt100 probe
- Suitable for many industrial applications including high pressure, vacuum and vibration
- Pt100 Class B, 4-wire connection
- Flexible stainless steel sheath
- Probe can be bent to enable fitting in awkward locations
- Sensor temperature rating -50°C to +500°C
- 1 metre Teflon® insulated, screened lead, 7/0.2mm, 4-core

#### Specifications

Sensor type:	Pt100 (100 Ohms @ 0°C) to IEC 751, Class B, 4 wire
Construction:	Mineral insulated probe, 316 stainless steel sheath
Probe temperature range:	-50°C to +500°C
Probe dimensions:	3.0mm & 6.0mm diameters available
Probe bending radius:	9.0mm for 3.0mm dia. probe, 18mm for 6.0mm dia. probe Note: cannot be bent for 30mm at sensing tip
Extension cable:	1 metre Teflon® insulated, screened 7/0.2mm and tails
Pot seal/rating:	Plain pot seal rated 200°C max.
Termination:	4-wire tails – allows connection to any PT100 instrument 2, 3 or 4 wire

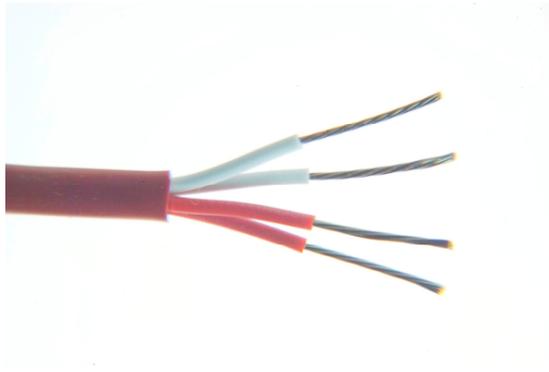
Probe Diameter	Probe Length	Cable Length	Allied Code	RS Order Number
3mm	150mm	1 meter	70643849	<b>397-1315</b>
3mm	250mm	1 meter	70643850	<b>397-1321</b>
6mm	150mm	1 meter	70643851	<b>397-1337</b>
6mm	250mm	1 meter	70643852	<b>397-1343</b>

RS022/0816

## Need RTD Cable or Pt100/Pt1000 Detectors?

### RTD Extension Cable – 4 core (10 or 25 metre reel)

Platinum Resistance Thermometer Extension Cable – Silicone Rubber Insulated



- Silicone rubber insulated cable for extending Platinum Resistance Thermometers
- Can be used to extend up to 4 wire RTD configurations
- Commonly used with Pt100Ω thermometers but suitable with other types Pt130/500/1000Ω etc.
- 4 core silicone rubber insulated 7/0.2mm tin plated copper conductors, twisted together with silicone rubber outer jacket
- Cores colour coded 2 x Red / 2 x White to IEC-751
- Good electrical and mechanical properties, highly flexible, resistant to oils, acids and other adverse fluids
- Good heat resistance up to 200°C
- Insulation rating -40°C to 200°C
- Supplied in 10 or 25 metre reel lengths

Type	Conductors	mm <sup>2</sup>	Cores (4 core)	Jacket	Reel Length	Allied Code	RS order Code
RTD	7/0.2mm	0.219	2x Red / 2 x White	Brown	10 metres	70657147	<b>827-5823</b>
RTD	7/0.2mm	0.219	2x Red / 2 x White	Brown	25 metres	70644361	<b>455-4242</b>

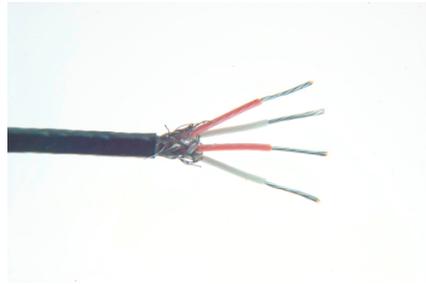
**Overall sheath Dimension (approx.)**

4.0mmØ

RS079/0816

## RTD Extension Cable – 4 & 6 core PFA

Platinum Resistance Thermometer Extension Cable, PFA insulated & screened



4 core (cores: 2 x red / 2 white)



6 core (cores: 4 x red / 2 x white)

- PFA insulated cable for extending Platinum Resistance Thermometers
- High temperature to 260°C, extruded PFA Teflon® construction
- Commonly used for Pt100Ω thermometers, also suitable with other types such as Pt130, Pt500 & Pt1000Ω
- 4 & 6 core available – to extend 2, 3 or 4 wire RTD configurations, the 6 core can be used to extend 2 x 3 wire duplex (dual element) configurations
- Construction – PFA insulated 7/0.2mm tin plated copper conductors, twisted cores with nylon cord, tin plated copper braided screen with PFA insulated outer jacket
- Cores colour coded Red & White in accordance with IEC-751, black outer jacket
- Good mechanical strength and flexibility, resistant to oils, acids and other adverse fluids
- Insulation rating -75°C to 260°C
- See below for available reel lengths

Type	Conductors	mm <sup>2</sup>	Cores	Screen	Jacket	Reel Length	Allied Code	RS
RTD	7/0.2mm	0.219	x 4	Yes	Black	10 metres	70646175	611-8078
RTD	7/0.2mm	0.219	x 4	Yes	Black	25 metres	70646176	611-8090
RTD	7/0.2mm	0.219	x 4	Yes	Black	50 metres	70657148	827-5827
RTD	7/0.2mm	0.219	x 4	Yes	Black	100 metres	70657150	827-5836
RTD	7/0.2mm	0.219	x 6	Yes	Black	25 metres	70646177	611-8107
RTD	7/0.2mm	0.219	x 6	Yes	Black	50 metres	70657151	827-5839

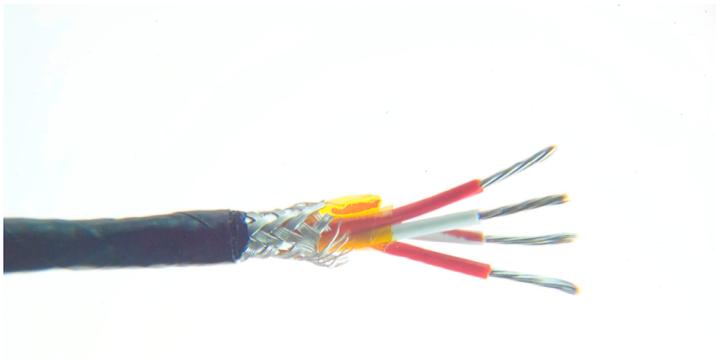
### Overall sheath Dimension (approx.)

4 core: 3.2mmØ  
6 core: 3.8mmØ

RS079/0816

## RTD Extension Cable – 4 core PTFE (10 & 25 reel lengths)

Platinum Resistance Thermometer Extension Cable, PTFE insulated & screened



- PTFE insulated cable for extending Platinum Resistance Thermometers
- High temperature to 260°C, wrapped PTFE tape construction
- Can be used to extend 2, 3 or 4 wire RTD configurations
- Commonly used for Pt100Ω thermometers, also suitable with other types such as Pt130, Pt500 & Pt1000Ω
- 4 core PTFE insulated 7/0.2mm silver plated copper conductors, twisted cores, Mylar tape, silver plated copper braided screen with PTFE insulated outer jacket
- Cores colour coded 2 x Red / 2 x White to IEC-751 + black outer jacket
- Good mechanical strength and flexibility, resistant to oils, acids and other adverse fluids, steam, gasses etc.
- Insulation rating -75°C to 260°C
- Supplied in 10, & 25 metre reel lengths

Type	Conductors	mm <sup>2</sup>	Cores (4 core)	Screen	Jacket	Reel Length	Allied Code	RS order code
RTD	7/0.2mm	0.219	2x Red/2x White	Yes	Black	10 metres	70644773	<b>492-9775</b>
RTD	7/0.2mm	0.219	2x Red/2x White	Yes	Black	25 metres	70642885	<b>290-4976</b>

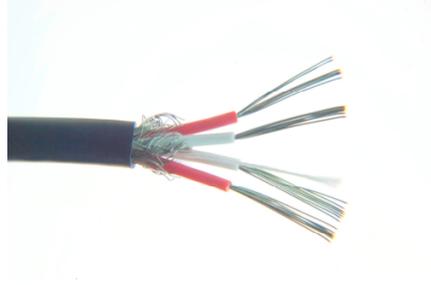
**Overall sheath Dimension (approx.)**

3.5mmØ

RS079/0816

## RTD Extension Cable – 4 core PVC (10, 25 & 50 reel lengths)

Platinum Resistance Thermometer Extension Cable, PVC insulated & screened



- PVC insulated cable for extending Platinum Resistance Thermometers
- Can be used to extend 2, 3 or 4 wire RTD configurations
- Commonly used for Pt100Ω thermometers but also suitable with other types such as Pt130, Pt500 & Pt1000Ω
- 4 core PVC insulated 7/0.2mm tin plated copper conductors, twisted cores, polyester tape & nylon cord, tin plated copper braided screen with PVC insulated outer jacket
- Cores colour coded 2 x Red / 2 x White to IEC-751 with black outer jacket
- Heat resistant PVC to 105°C
- Good for general purpose cable, highly flexible & waterproof
- Insulation rating -10°C to 105°C
- Supplied in 10, 25 & 50 metre reel lengths

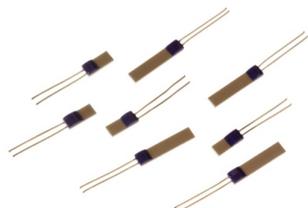
Type	Conductors	mm <sup>2</sup>	Cores (4 core)	Screen	Jacket	Reel Length	Allied Code	RS order code
RTD	7/0.2mm	0.219	2x Red/2x White	Yes	Black	10 metres	70644772	492-9753
RTD	7/0.2mm	0.219	2x Red/2x White	Yes	Black	25 metres	70642884	290-4954
RTD	7/0.2mm	0.219	2x Red/2x White	Yes	Black	50 metres	70646179	611-8129

**Overall sheath Dimension (approx.)**

4.4mmØ

RS079/0816

## Platinum Resistance Pt100 & Pt1000 Thin Film Detectors Platinum Sensing Resistors – Thin Film (Pt100 & Pt1000 Ohm)



### Pt100 Elements, Thin Film (100 Ohm)

- Pt100 elements to IEC751 Class A, B and 1/3DIN
- For use from  $-50^{\circ}\text{C}$  to  $+500^{\circ}\text{C}$
- Thin film construction
- Suitable for surface & immersion applications where protected
- Vibration resistant

#### Specifications:

Sensor type:	Pt100 (100 Ohms @ $0^{\circ}\text{C}$ )
Construction:	Thin film, 10mm tails
Temperature range:	$-50^{\circ}\text{C}$ to $+500^{\circ}\text{C}$
Ice point resistance:	100 $\Omega$
Fundamental interval ( $0^{\circ}\text{C}$ to $100^{\circ}\text{C}$ ):	38.5 $\Omega$ (nominal)
Self-heating:	$<0.5^{\circ}\text{C}/\text{mW}$
Thermal response:	0.1s
Stability:	$\pm 0.05\%$

Resistance	Dimensions (width x length)	Tolerance Class	Allied code	RS order code
Pt100	2 x 5.0mm	Class A	70646146	<b>611-7788</b>
Pt100	2 x 5.0mm	Class B	70646148	<b>611-7801</b>
Pt100	2 x 5.0mm	Class B	70642888	<b>290-5070</b> (Packet of 5)
Pt100	2 x 10mm	Class A	70643577	<b>362-9799</b>
Pt100	2 x 10mm	Class B	70641762	<b>237-1607</b>
Pt100	2.0 x 10mm	1/3DIN	70643578	<b>362-9812</b>
Pt100	2.0 x 2.3mm	Class A	70643579	<b>362-9834</b>
Pt100	2.0 x 2.3mm	Class B	70643580	<b>362-9840</b>
Pt100	2.0 x 2.3mm	1/3DIN	70643581	<b>362-9856</b>

#### Pt100 Elements (continued)

Resistance	Dimensions (width x length)	Tolerance Class	Allied code	RS order code
Pt100	1.2 x 1.6mm	Class A	70646834	<b>666-7362</b>
Pt100	1.2 x 1.6mm	Class B	70646831	<b>666-7353</b>

RS079/0816

Pt100	1.0 x 3.0mm	Class A	70646833	<b>666-7359</b>
Pt100	1.0 x 3.0mm	Class B	70646832	<b>666-7356</b>
Pt100	2.0 x 5.0mm	1/3 Din	70656467	<b>814-0162</b>
Pt100	1.2 x 4.0mm	Class B	70656468	<b>814-0165</b>
Pt100	1.2 x 4.0mm	Class A	70656469	<b>814-0169</b>

### **Pt1000 Elements, Thin Film (1000 Ohm)**

- Pt1000 elements to IEC 751 Class A and B
- For use from -50°C to +500°C
- Thin film construction
- Suitable for surface & immersion applications where protected
- Vibration resistant

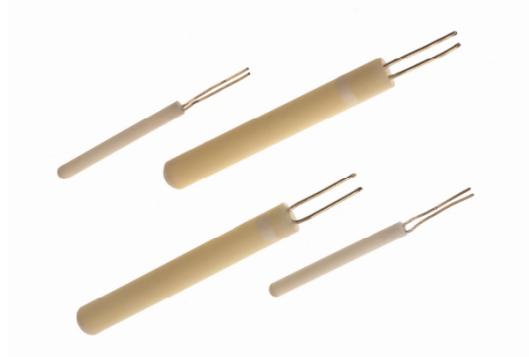
#### **Specifications:**

Sensor type:	Pt1000 (1000 Ohms @0°C)
Construction:	Thin film, 10mm tails
Temperature range:	-50°C to +500°C
Ice point resistance:	1000Ω
Fundamental interval (0°C to 100°C):	385Ω (nominal)
Self-heating:	<0.5oC/mW
Thermal response:	0.1s
Stability:	±0.05%

<b>Resistance</b>	<b>Dimensions (width x length)</b>	<b>Tolerance Class</b>	<b>Allied code</b>	<b>RS order code</b>
Pt1000	2.0 x 10.0mm	Class A	70643582	<b>362-9907</b>
Pt1000	2.0 x 10.0mm	Class B	70643583	<b>362-9913</b>
Pt1000	2.0 x 10.0mm	1/3 Din	70656472	<b>814-0178</b>
Pt1000	1.0 x 3.0mm	Class B	70656470	<b>814-0171</b>
Pt1000	1.25 x 1.7mm	Class B	70656471	<b>814-0175</b>

## Resistance Pt100 Wire-Wound Detector Elements

Pt100 platinum resistance thermometer elements in a choice of sizes – single & dual element



- Pt100 elements to IEC 60751 Class A or B
- 100 $\Omega$  Ohms @ 0°C
- Single or dual element
- Platinum coil wire-wound construction sealed inside a high purity alumina ceramic body
- Optimum performance & stability
- Temperature range –200°C to +650°C

### Specifications:

Sensor type:	Pt100 (100 Ohms @ 0°C)
Construction:	Wire-Wound, 10mm tails
Temperature range:	-200°C to +650°C
Ice point resistance:	100 $\Omega$
Fundamental interval (0°C to 100°C):	38.5 $\Omega$ (nominal)
Self-heating:	0.02 to 0.3°C/mW
Thermal response:	<0.4s (secs. to 63% of final value – in water @ 1m/s)
Measuring current:	1mA
Tolerance Class:	In accordance with IEC 60751 W0.15 (Class A) -100°C to +450°C W0.3 (Class B) -196°C to +660°C

*Continued:*

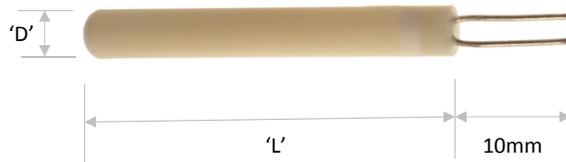
RS079/0816

**Single element:**

Resistance	Tolerance Class	Diameter ('D')	Length ('L')	Allied code	RS order code
Pt100	Class B	1.5mm	8mm	70646153	<b>611-7851</b>
Pt100	Class A	1.5mm	8mm	70646155	<b>611-7873</b>
Pt100	Class B	1.5mm	15mm	70646154	<b>611-7867</b>
Pt100	Class A	1.5mm	15mm	70646151	<b>611-7839</b>
Pt100	Class B	2.8mm	15mm	70646150	<b>611-7823</b>
Pt100	Class A	2.8mm	15mm	70646152	<b>611-7845</b>
Pt100	Class B	2.8mm	25mm	70646147	<b>611-7794</b>
Pt100	Class A	2.8mm	25mm	70646149	<b>611-7817</b>

**Dual element:**

Pt100 (x2)	Class A	1.5mm	15mm	70643873	<b>397-1595</b>
------------	---------	-------	------	----------	-----------------



RS079/0816

## D.5. Hojas de datos TS2453.

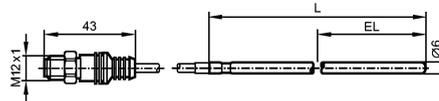
**efector 600**



**TS2453**

TS-200KDKD06 .../US

Temperature sensors



Product characteristics		
Temperature sensor for connection to evaluation units		
Ø 6 mm		
Cable with connector		
Installation length EL: 150 **)		
Connection to control monitor TP / TR		
Measuring range: -100...600 °C / -148...1112 °F		
Measuring element: 1 x Pt 100, to DIN EN 60751, class A		
Application		
Application	liquids and gases	
Minimum installation depth [mm]	15	
Electrical data		
Connection to control monitor	TP / TR	
Protection class	III	
Measuring / setting range		
Measuring range	-100...600 °C	-148...1112 °F
Accuracy / deviations		
Accuracy	± (0.15 K + 0.002 x  t )	
Reaction times		
Dynamic response T05 / T09 [s]	12 / 34 *)	
Environment		
Protection	IP 67	
Mechanical data		
Materials (wetted parts)	stainless steel 316Ti / 1.4571	
Probe diameter [mm]	6	
Probe length L [mm]	200	
Installation length EL [mm]	150 **)	
Housing materials	stainless steel 316Ti / 1.4571; PFA/PTFE	
Weight [kg]	0.096	

ifm efector, inc. • 1100 Atwater Drive • Malvern • PA 19355 — We reserve the right to make technical alterations without prior notice. — US — TS2453 — 13.11.2015

**TS2453**

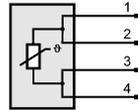
TS-200KDK06 .../US

Temperature sensors

**Electrical connection**

Connection PTFE cable / 2 m; temperature-resistant up to 250°C, with M12 connector

**Wiring**



**Remarks**

Remarks The values for accuracy apply to flowing water.  
 \*) according to DIN EN 60751  
 \*\*) Für Medientemperaturen < 200°C: Einbaulänge EL = Stablänge L

Pack quantity [piece] 1

## D.6. Hojas de datos PGT43HP.100 Y PGT43HP.160.

Pressure

### Diaphragm pressure gauge with electrical output signal For the process industry, high overload safety to 40, 100 or 400 bar Models PGT43HP.100 and PGT43HP.160

WIKA data sheet PV 14.07



for further approvals see  
page 5

**intelliGAUGE®**

#### Applications

- Acquisition and display of processes
- Output signals 4 ... 20 mA, 0 ... 20 mA, 0 ... 10 V for the transmission of process values to the control room
- For measuring points with increased overload of 40, 100 or 400 bar
- Easy-to-read, analogue on-site display needing no external power
- Safety-related applications

#### Special features

- No configuration necessary due to "plug-and-play"
- Scale ranges from 0 ... 16 mbar
- Wide choice of special materials
- For gaseous, liquid and aggressive media, also in aggressive environments, due to all stainless steel construction
- Safety version S3 per EN 837

#### Description

Wherever the process pressure has to be indicated locally and, at the same time, a signal transmission to the central control or remote centre is desired, the model PGT43HP intelliGAUGE® (patent, property right: e.g. DE 202007019025) can be used. Due to the metallic pressure element limit stop, these instruments have a high overload safety in the ranges of 40, 100 and 400 bar.

The intelliGAUGE® model PGT43HP fulfils all safety-related requirements of the relevant standards and regulations for the on-site display of the working pressure of pressure vessels. An additional measuring point for mechanical pressure display can thus be saved.

The model PGT43HP is based upon a model 432.36 high-quality, stainless steel safety pressure gauge with a nominal size of 100 or 160. The pressure measuring instrument is manufactured in accordance with EN 837-3.



intelliGAUGE® model PGT43HP

The robust diaphragm measuring system produces a pointer rotation proportional to the pressure. An electronic angle encoder, proven in safety-critical automotive applications, determines the position of the pointer shaft – it is a non-contact sensor and therefore completely free from wear and friction. From this, the electrical output signal proportional to the pressure, e.g. 4 ... 20 mA, is produced. The measuring span (electrical output signal) is adjusted automatically along with the mechanical display, i.e. the scale over the full display range corresponds to 4 ... 20 mA. The electrical zero point can also be set manually.

The electronic WIKA sensor, integrated into the high-quality pressure gauge, combines the advantages of electrical signal transmission with a local mechanical display that remains readable during a power failure.

An additional measuring point for mechanical pressure display can thus be saved.

WIKA data sheet PV 14.07 · 07/2019

Page 1 of 6

Data sheets showing similar products:  
Bourdon tube pressure gauge with electrical output signal, stainless steel, safety version, NS 63; model PGT23.063; see data sheet PV 12.03

**WIKAI**  
Part of your business

## Specifications

Model PGT43HP.100 and PGT43HP.160	
Nominal size in mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 100</li> <li>■ 160</li> </ul>
Accuracy class	1.6 Option: 1.0 <sup>1)</sup>
Scale ranges <sup>2)</sup>	0 ... 16 mbar to 0 ... 250 mbar (flange Ø 160 mm) 0 ... 400 mbar to 0 ... 40 bar (flange Ø 100 mm) other units (e.g. psi, kPa) available or all other equivalent vacuum or combined pressure and vacuum ranges
Scale	Single scale Option: Dual scale
Pressure limitation	
Steady	Full scale value
Fluctuating	0.9 x full scale value
Overload safety <sup>2)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 40 bar</li> <li>■ 100 bar</li> <li>■ 400 bar (only for scale ranges ≥ 0 ... 400 mbar<sup>3)</sup>)</li> </ul> Option: Vacuum safety to -1 bar
Process connection with lower measuring flange	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ G ½ B</li> <li>■ ½ NPT</li> <li>■ ½ NPT female</li> <li>■ Open connecting flange DN 25 PN 40 per EN 1092-1, form B</li> <li>■ Open connecting flange DN 50 PN 40 per EN 1092-1, form B</li> <li>■ Open connecting flange 1" class 300, RF per ASME B16.5</li> <li>■ Open connecting flange 2" class 300, RF per ASME B16.5</li> </ul> and other threaded connections and open connecting flanges per EN/ASME from DN 15 to DN 80 (see data sheet IN 00.10)
Permissible temperature <sup>4)</sup>	
Medium	+100 °C [+212 °F] maximum Option: +200 °C [+392 °F] maximum
Ambient	-20 ... +60 °C [-4 ... +140 °F]
Temperature effect	When the temperature of the measuring system deviates from the reference temperature (+20 °C): max. ±0.8 %/10 K of full scale value
Case	Safety version S3 per EN 837: With solid baffle wall (Solidfront) and blow-out back Instruments with liquid filling with compensating valve to vent case
Case filling	Without Option: With silicone oil M50 case filling, ingress protection IP65

1) Application test required

2) Depending on scale range and overload safety, different flange Ø apply. See dimensions from page 6.

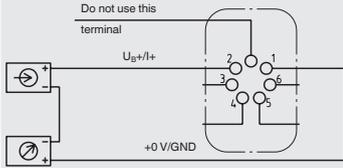
3) 400 bar overload safety for scale ranges < 400 mbar on request

4) For hazardous areas, the permissible temperatures of the output signal variant 2 will apply exclusively (see page 4). These must not be exceeded at the instrument either (for details see operating instructions). If necessary, measures for cooling (e.g. syphon, instrumentation valve, etc.) have to be taken.

Model PGT43HP.100 and PGT43HP.160	
<b>Wetted materials</b>	
Diaphragm element (pressure element)	≤ 0.25 bar: Stainless steel 316L > 0.25 bar: NiCr alloy (Inconel) Option: Coated with special materials such as PTFE, Hastelloy, Monel, nickel, tantalum, titanium, silver (instruments with accuracy class 2.5)
Process connection with lower measuring flange	Stainless steel 316L Option: Lined/coated with special materials such as PTFE, Hastelloy, Monel, nickel, tantalum, titanium, silver
Pressure chamber sealing	FPM/FKM
<b>Non-wetted materials</b>	
Case with upper measuring flange and flange connecting screws, movement, bayonet ring	Stainless steel
Dial	Aluminium, white, black lettering
Instrument pointer	Aluminium, black
Set pointer	Aluminium, red
Window	Laminated safety glass
<b>Ingress protection per IEC/EN 60529</b>	IP54 Option: IP65

### Accessories

- Sealings (model 910.17, see data sheet AC 09.08)
- Valves (models IV20/IV21, see data sheet AC 09.19, and models IV10/IV11, see data sheet AC 09.22)
- Syphons (model 910.15, see data sheet AC 09.06)
- Cooling element (model 910.32, see data sheet AC 09.21)
- Switch contacts (see data sheet AC 08.01)

Models PGT43HP.100 and PGT43HP.160	
<b>Output signal</b>	Variant 1: 4 ... 20 mA, 2-wire, passive, per NAMUR NE 43 Variant 2: 4 ... 20 mA, for hazardous areas Variant 3: 0 ... 20 mA, 3-wire Variant 4: 0 ... 10 V, 3-wire
<b>Supply voltage <math>U_B</math></b>	DC 12 V < $U_B$ ≤ 30 V (variant 1 and 3) DC 14 V < $U_B$ ≤ 30 V (variant 2) DC 15 V < $U_B$ ≤ 30 V (variant 4)
<b>Influence of supply voltage</b>	≤ 0.1 % of full scale/10 V
<b>Permissible residual ripple of <math>U_B</math></b>	≤ 10 % ss
<b>Permissible max. load <math>R_A</math></b>	Variant 1, 2, 3: $R_A \leq (U_B - 12 \text{ V})/0.02 \text{ A}$ with $R_A$ in $\Omega$ and $U_B$ in V, however max. 600 $\Omega$ Variant 4: $R_A = 100 \text{ k}\Omega$
<b>Effect of load (variant 1, 2, 3)</b>	≤ 0.1 % of full scale
<b>Impedance at voltage output</b>	0.5 $\Omega$
<b>Electrical zero point</b>	Through a jumper across terminals 5 and 6 (see operating instructions)
<b>Long-term stability of electronics</b>	< 0.3 % of full scale per year
<b>Electr. output signal</b>	≤ 1 % of measuring span
<b>Linear error</b>	≤ 1 % of measuring span (terminal method)
<b>Resolution</b>	0.13 % of full scale (10 bit resolution at 360°)
<b>Refresh rate (measuring rate)</b>	600 ms
<b>Electrical connection</b>	Cable socket PA 6, black Per VDE 0110 insulation group C/250 V Cable gland M20 x 1.5 Strain relief 6 screw terminals + PE for conductor cross-section 2.5 mm <sup>2</sup>
<b>Designation of connection terminals, 2-wire (variant 1 and 2)</b>	 <p>Do not use this terminal</p> <p><math>U_B+/+</math></p> <p>+0 V/GND</p> <p>Terminals 3 and 4: For internal use only Terminals 5 and 6: Reset zero point</p>
Designation of connection terminals for 3-wire (variant 3 and 4), see operating instructions	

#### Safety-related maximum values (variant 2)

$U_i$	$I_i$	$P_i$	$C_i$	$L_i$
DC 30 V	100 mA	720 mW	11 nF	negligible

#### Permissible temperature ranges (variant 2)

T6	T5	T4 ... T1
-20 ... +45 °C	-20 ... +60 °C	-20 ... +70 °C
T85 °C	T100 °C	T135 °C
-20 ... +45 °C	-20 ... +60 °C	-20 ... +70 °C

For further information on hazardous areas, see operating instructions.

## Approvals

Logo	Description	Country
	<b>EU declaration of conformity</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ EMC directive</li> <li>■ Pressure equipment directive</li> <li>■ RoHS directive</li> <li>■ ATEX directive (option)</li> </ul> Hazardous areas <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ex ia Gas [II 2G Ex ia IIC T6/T5/T4 Gb]</li> <li>Dust [II 2D Ex ia IIB T85°C/T100°C/T135°C Db]</li> </ul> Hazardous areas for instruments with PTFE lining <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ex ia Gas [II 2G Ex ia IIB T6/T5/T4 Gb]</li> </ul>	European Union
	<b>IECEx (option)</b> Hazardous areas <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ex ia Gas [Ex ia IIC T6/T5/T4 Gb]</li> <li>Dust [Ex ia IIB T85°C/T100°C/T135°C Db]</li> </ul> Hazardous areas for instruments with PTFE lining <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ex ia Gas [Ex ia IIB T6/T5/T4 Gb]</li> </ul>	International
	<b>EAC (option)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ EMC directive</li> <li>■ Pressure equipment directive</li> <li>■ Low voltage directive</li> <li>■ Hazardous areas</li> </ul>	Eurasian Economic Community
	<b>GOST (option)</b> Metrology, measurement technology	Russia
	<b>KazInMetr (option)</b> Metrology, measurement technology	Kazakhstan
-	<b>MTSCHS (option)</b> Permission for commissioning	Kazakhstan
	<b>BelGIM (option)</b> Metrology, measurement technology	Belarus
	<b>UkrSEPRO (option)</b> Metrology, measurement technology	Ukraine
	<b>Uzstandard (option)</b> Metrology, measurement technology	Uzbekistan
	<b>DNOP (MakNII)</b> Hazardous areas	Ukraine
-	<b>CRN</b> Safety (e.g. electr. safety, overpressure, ...)	Canada

## Certificates (option)

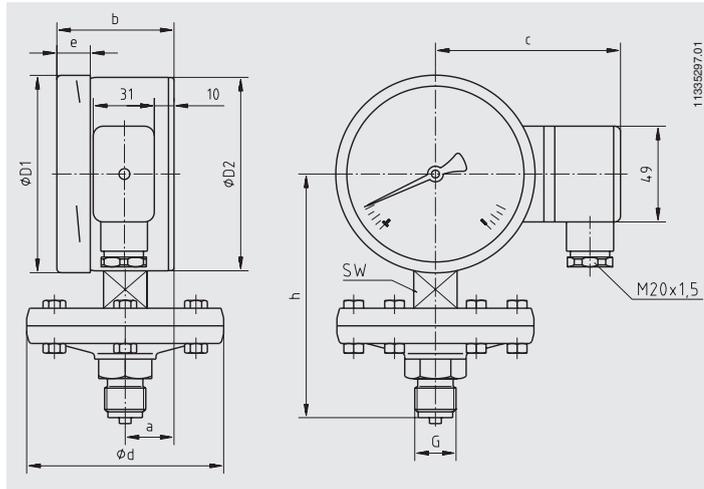
- 2.2 test report per EN 10204 (e.g. state-of-the-art manufacturing, indication accuracy)
- 3.1 inspection certificate per EN 10204 (e.g. indication accuracy)

## Patents, property rights

Pointer measuring instrument with output signal  
 4 ... 20 mA (patent, property right: e.g. DE 202007019025,  
 US 2010045366, CN 101438333)

Approvals and certificates, see website

**Dimensions in mm**  
intelliGAUGE® models PGT43HP.100 and PGT43HP.160



NS	Scale range	Overload safety	Dimensions in mm										Weight in kg
	in bar		in bar	a	b	c	d	D1	D2	e	G	h ±2	
100	≤ 0.25	40	25	59.5	94	160	101	99	17	G ½ B	135	27	3.4
		100	25	59.5	94	160	101	99	17	G ½ B	143	22	6.3
	> 0.25	40	25	59.5	94	100	101	99	17	G ½ B	135	27	1.7
		100	25	59.5	94	100	101	99	17	G ½ B	135	27	1.8
160	≤ 0.25	40	25	65	124	160	161	159	17	G ½ B	165	27	4.0
		100	25	65	124	160	161	159	17	G ½ B	173	22	6.9
	> 0.25	40	25	65	124	100	161	159	17	G ½ B	165	27	2.2
		100	25	65	124	100	161	159	17	G ½ B	165	27	2.3
		400	25	65	124	128	161	159	17	G ½ B	199	22	6.9

**Ordering information**

Model / Nominal size / Scale range / Output signal / Connection location / Process connection / Options

© 11/2007 WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG, all rights reserved.  
The specifications given in this document represent the state of engineering at the time of publishing.  
We reserve the right to make modifications to the specifications and materials.

07/2019 EN

WIKA data sheet PV 14.07 · 07/2019

Page 6 of 6



**WIKAL Alexander Wiegand SE & Co. KG**  
Alexander-Wiegand-Straße 30  
63911 Klingenberg/Germany  
Tel. +49 9372 132-0  
Fax +49 9372 132-406  
info@wika.de  
www.wika.de

## D.7. Hojas de datos MPS20N0040D-S.

### Pressure Sensor MPS20N0040D-S



#### Introduction

Pressure range :0-5 .8 psi (40kpa);

#### Product Features:

Solid, MEMS technology, high reliability

Low cost

Wide monitoring and control media

The application of a wide temperature range

Easy to use, choose from a variety of range. Easy to use, easy to install in OEM equipment

Application areas:

Automotive: tire pressure, car air pump, MAP sensor, diagnostic equipment, automotive sensors.

Industry: Air brake switch, portable pressure gauge, such as digital pressure gauge, environmental monitoring, consumer and sports

Health care: patient monitoring and diagnostic equipment, such as blood pressure monitors, medical instrumentation and monitoring

Range: 40kpa (differential pressure)

Output: mV signal

Electricity supply: 5VDC or constant current 1Ma

Linear accuracy: 0.25% FS

Measure the pressure range of 580 PSIG, 40KPaG

Max pressure capacity of three times the measuring range

Work power supply 5 VDC,

Input impedance of 4 - 6 K $\Omega$

The output impedance of 4 - 6 K $\Omega$

Operating temperature -40 - 85 ° C -40 ° F - +185 ° F

Storage Temperature -40 - 125 ° C -40 ° the F - +257 ° F

Accessible media, clean, dry, non-corrosive gases

Bias voltage  $\pm$  25 mV

Full-scale output voltage 50 - 100 mV

Bridge Resistance to 4 - 6 K $\Omega$

Linearity  $\pm$  0.3% F.S.

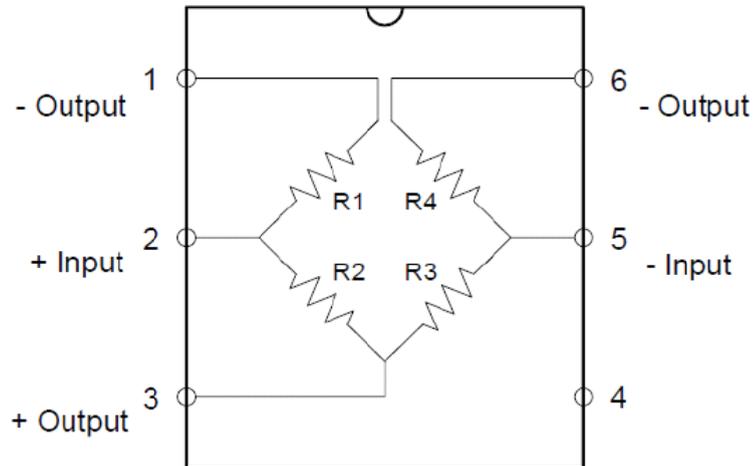
Hysteresis  $\pm$  0.7% F.S.

Bias Temperature coefficient  $\pm$  0.08% of F.S. / °c

Temperature coefficient of sensitivity -0.21 % FS/ °c

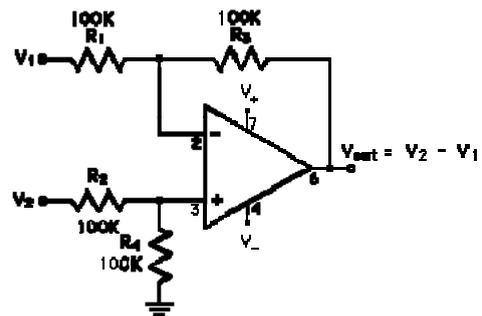
## Pressure Sensor MPS20N0040D-S

Circuit

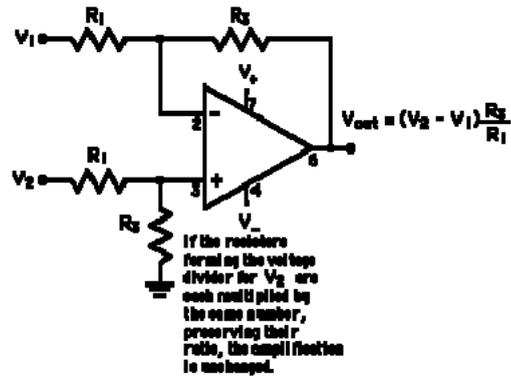


## Difference Amplifier

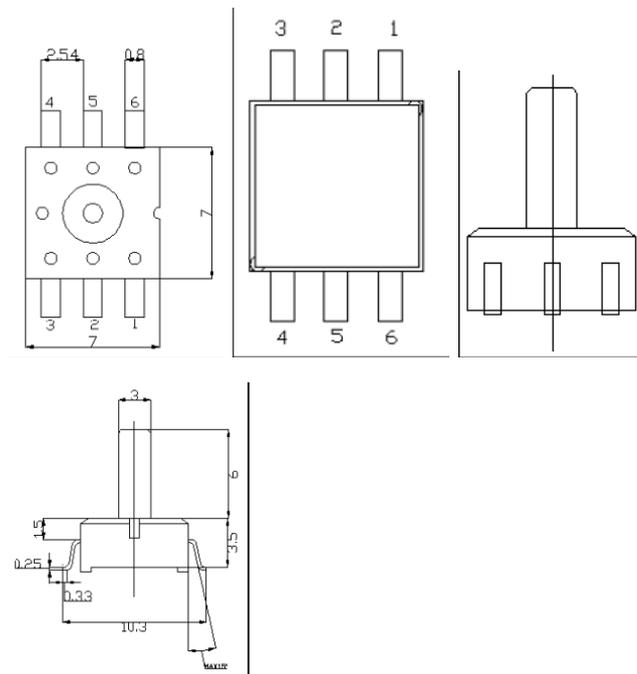
This amplifier uses both inverting and non-inverting inputs with a gain of one to produce an output equal to the difference between the inputs. It is a special case of the differential amplifier. You can also choose the resistances to amplify the difference.



## Pressure Sensor MPS20N0040D-S



### Dimensions





## D.9. Hojas de datos DS18B20.

Click [here](#) for production status of specific part numbers.

### DS18B20

### Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

#### General Description

The DS18B20 digital thermometer provides 9-bit to 12-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

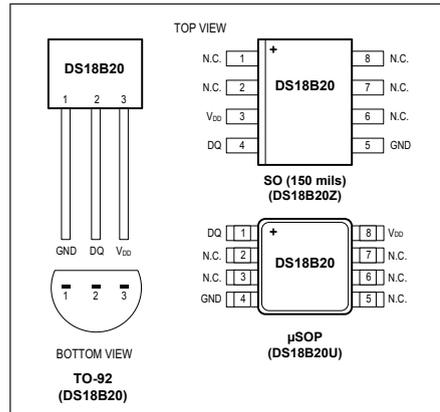
#### Applications

- Thermostatic Controls
- Industrial Systems
- Consumer Products
- Thermometers
- Thermally Sensitive Systems

#### Benefits and Features

- Unique 1-Wire<sup>®</sup> Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Reduce Component Count with Integrated Temperature Sensor and EEPROM
  - Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
  - ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
  - Programmable Resolution from 9 Bits to 12 Bits
  - No External Components Required
- Parasitic Power Mode Requires Only 2 Pins for Operation (DQ and GND)
- Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications with Multidrop Capability
  - Each Device Has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in On-Board ROM
- Flexible User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings with Alarm Search Command Identifies Devices with Temperatures Outside Programmed Limits
- Available in 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin  $\mu$ SOP, and 3-Pin TO-92 Packages

#### Pin Configurations



**Ordering Information** appears at end of data sheet.

1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

19-7487; Rev 5; 9/18



**Absolute Maximum Ratings**

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground.....-0.5V to +6.0V      Storage Temperature Range..... -55°C to +125°C  
 Operating Temperature Range..... -55°C to +125°C      Solder Temperature.....Refer to the IPC/JEDEC  
 J-STD-020 Specification.

*These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.*

**DC Electrical Characteristics**

(-55°C to +125°C;  $V_{DD} = 3.0V$  to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	$V_{DD}$	Local power (Note 1)	+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	$V_{PU}$	Parasite power	+3.0		+5.5	V
		Local power	+3.0		$V_{DD}$	
Thermometer Error	$t_{ERR}$	-10°C to +85°C			±0.5	°C
		-30°C to +100°C			±1	
		-55°C to +125°C			±2	
Input Logic-Low	$V_{IL}$	(Notes 1, 4, 5)	-0.3		+0.8	V
Input Logic-High	$V_{IH}$	Local power	+2.2		The lower of 5.5 or	V
		Parasite power	+3.0		$V_{DD} + 0.3$	
Sink Current	$I_L$	$V_{IO} = 0.4V$	4.0			mA
Standby Current	$I_{DDS}$	(Notes 7, 8)		750	1000	nA
Active Current	$I_{DD}$	$V_{DD} = 5V$ (Note 9)		1	1.5	mA
DQ Input Current	$I_{DQ}$	(Note 10)		5		μA
Drift		(Note 11)		±0.2		°C

**Note 1:** All voltages are referenced to ground.

**Note 2:** The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to  $V_{PU}$ . In order to meet the  $V_{IH}$  spec of the DS18B20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus:  $V_{PU\_ACTUAL} = V_{PU\_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$ .

**Note 3:** See typical performance curve in [Figure 1](#). Thermometer Error limits are 3-sigma values.

**Note 4:** Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.

**Note 5:** To guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions,  $V_{ILMAX}$  may have to be reduced to as low as 0.5V.

**Note 6:** Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.

**Note 7:** Standby current specified up to +70°C. Standby current typically is 3μA at +125°C.

**Note 8:** To minimize  $I_{DDs}$ , DQ should be within the following ranges:  $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$  or  $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$ .

**Note 9:** Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.

**Note 10:** DQ line is high ("high-Z" state).

**Note 11:** Drift data is based on a 1000-hour stress test at +125°C with  $V_{DD} = 5.5V$ .

**AC Electrical Characteristics–NV Memory**

(-55°C to +125°C; V<sub>DD</sub> = 3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
NV Write Cycle Time	t <sub>WR</sub>			2	10	ms
EEPROM Writes	N <sub>EEWR</sub>	-55°C to +55°C	50k			writes
EEPROM Data Retention	t <sub>EEDR</sub>	-55°C to +55°C	10			years

**AC Electrical Characteristics**

(-55°C to +125°C; V<sub>DD</sub> = 3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Conversion Time	t <sub>CONV</sub>	9-bit resolution			93.75	ms
		10-bit resolution	(Note 12)		187.5	
		11-bit resolution			375	
		12-bit resolution			750	
Time to Strong Pullup On	t <sub>SPON</sub>	Start convert T command issued			10	µs
Time Slot	t <sub>SLOT</sub>	(Note 12)	60		120	µs
Recovery Time	t <sub>REC</sub>	(Note 12)	1			µs
Write 0 Low Time	t <sub>LOW0</sub>	(Note 12)	60		120	µs
Write 1 Low Time	t <sub>LOW1</sub>	(Note 12)	1		15	µs
Read Data Valid	t <sub>RDV</sub>	(Note 12)			15	µs
Reset Time High	t <sub>RSTH</sub>	(Note 12)	480			µs
Reset Time Low	t <sub>RSTL</sub>	(Notes 12, 13)	480			µs
Presence-Detect High	t <sub>PDHIGH</sub>	(Note 12)	15		60	µs
Presence-Detect Low	t <sub>PDLOW</sub>	(Note 12)	60		240	µs
Capacitance	C <sub>IN/OUT</sub>				25	pF

**Note 12:** See the timing diagrams in [Figure 2](#).

**Note 13:** Under parasite power, if t<sub>RSTL</sub> > 960µs, a power-on reset can occur.

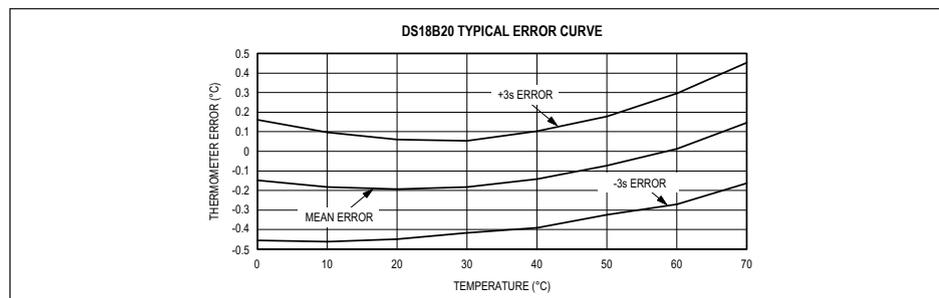


Figure 1. Typical Performance Curve

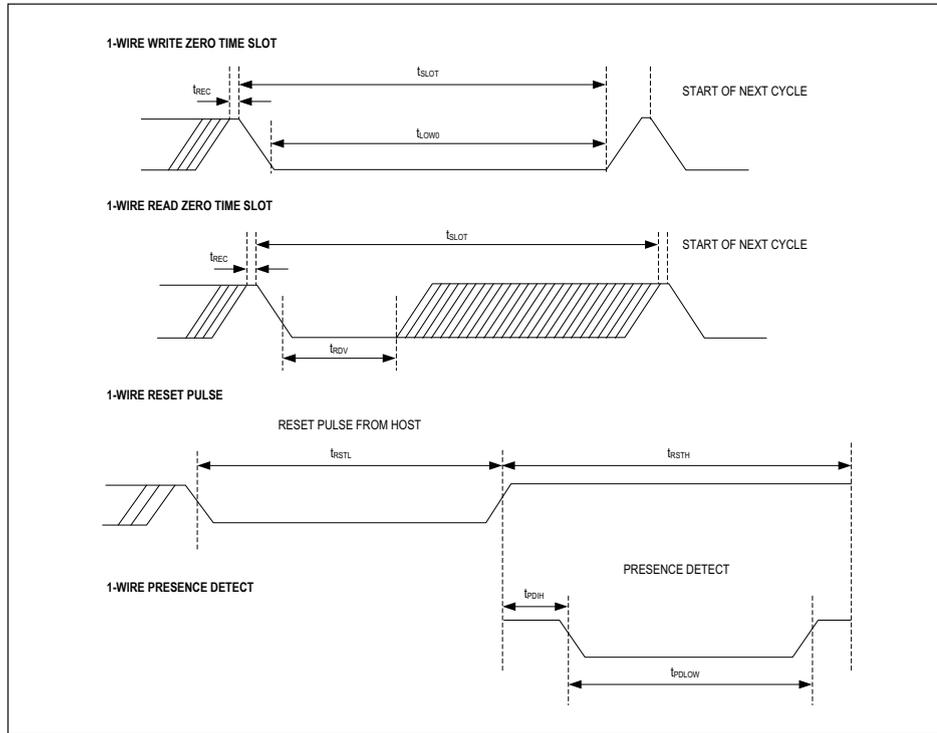


Figure 2. Timing Diagrams

**Pin Description**

PIN			NAME	FUNCTION
SO	$\mu$ SOP	TO-92		
1, 2, 6, 7, 8	2, 3, 5, 6, 7	—	N.C.	No Connection
3	8	3	$V_{DD}$	Optional $V_{DD}$ . $V_{DD}$ must be grounded for operation in parasite power mode.
4	1	2	DQ	Data Input/Output. Open-drain 1-Wire interface pin. Also provides power to the device when used in parasite power mode (see the <i>Powering the DS18B20</i> section.)
5	4	1	GND	Ground

### Overview

Figure 3 shows a block diagram of the DS18B20, and pin descriptions are given in the *Pin Description* table. The 64-bit ROM stores the device's unique serial code. The scratchpad memory contains the 2-byte temperature register that stores the digital output from the temperature sensor. In addition, the scratchpad provides access to the 1-byte upper and lower alarm trigger registers ( $T_H$  and  $T_L$ ) and the 1-byte configuration register. The configuration register allows the user to set the resolution of the temperature-to-digital conversion to 9, 10, 11, or 12 bits. The  $T_H$ ,  $T_L$ , and configuration registers are nonvolatile (EEPROM), so they will retain data when the device is powered down.

The DS18B20 uses Maxim's exclusive 1-Wire bus protocol that implements bus communication using one control signal. The control line requires a weak pullup resistor since all devices are linked to the bus via a 3-state or open-drain port (the DQ pin in the case of the DS18B20). In this bus system, the microprocessor (the master device) identifies and addresses devices on the bus using each device's unique 64-bit code. Because each device has a unique code, the number of devices that can be addressed on one bus is virtually unlimited. The 1-Wire bus protocol, including detailed explanations of the commands and "time slots," is covered in the *1-Wire Bus System* section.

Another feature of the DS18B20 is the ability to operate without an external power supply. Power is instead supplied through the 1-Wire pullup resistor through the

DQ pin when the bus is high. The high bus signal also charges an internal capacitor ( $C_{PP}$ ), which then supplies power to the device when the bus is low. This method of deriving power from the 1-Wire bus is referred to as "parasite power." As an alternative, the DS18B20 may also be powered by an external supply on  $V_{DD}$ .

### Operation—Measuring Temperature

The core functionality of the DS18B20 is its direct-to-digital temperature sensor. The resolution of the temperature sensor is user-configurable to 9, 10, 11, or 12 bits, corresponding to increments of 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C, and 0.0625°C, respectively. The default resolution at power-up is 12-bit. The DS18B20 powers up in a low-power idle state. To initiate a temperature measurement and A-to-D conversion, the master must issue a Convert T [44h] command. Following the conversion, the resulting thermal data is stored in the 2-byte temperature register in the scratchpad memory and the DS18B20 returns to its idle state. If the DS18B20 is powered by an external supply, the master can issue "read time slots" (see the *1-Wire Bus System* section) after the Convert T command and the DS18B20 will respond by transmitting 0 while the temperature conversion is in progress and 1 when the conversion is done. If the DS18B20 is powered with parasite power, this notification technique cannot be used since the bus must be pulled high by a strong pullup during the entire temperature conversion. The bus requirements for parasite power are explained in detail in the *Powering the DS18B20* section.

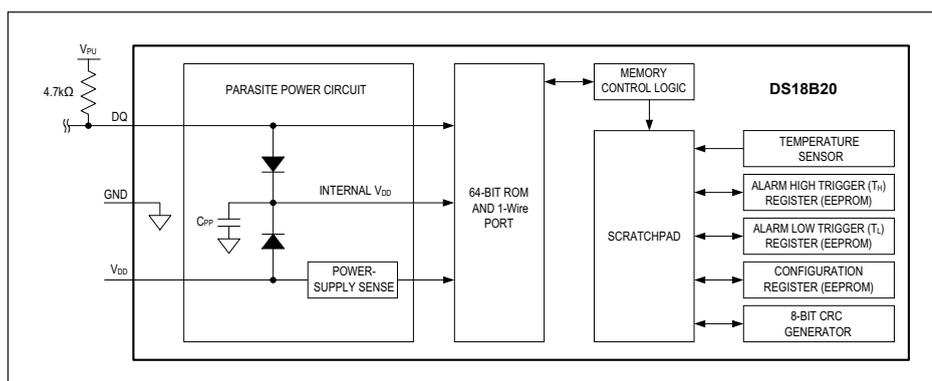


Figure 3. DS18B20 Block Diagram

The DS18B20 output temperature data is calibrated in degrees Celsius; for Fahrenheit applications, a lookup table or conversion routine must be used. The temperature data is stored as a 16-bit sign-extended two's complement number in the temperature register (see Figure 4). The sign bits (S) indicate if the temperature is positive or negative: for positive numbers S = 0 and for negative numbers S = 1. If the DS18B20 is configured for 12-bit resolution, all bits in the temperature register will contain valid data. For 11-bit resolution, bit 0 is undefined. For 10-bit resolution, bits 1 and 0 are undefined, and for 9-bit resolution bits 2, 1, and 0 are undefined. Table 1 gives examples of digital output data and the corresponding temperature reading for 12-bit resolution conversions.

### Operation—Alarm Signaling

After the DS18B20 performs a temperature conversion, the temperature value is compared to the user-defined two's complement alarm trigger values stored in the 1-byte  $T_H$  and  $T_L$  registers (see Figure 5). The sign bit (S) indicates if the value is positive or negative: for positive numbers S = 0 and for negative numbers S = 1. The  $T_H$  and  $T_L$  registers are nonvolatile (EEPROM) so they will retain data when the device is powered down.  $T_H$  and  $T_L$  can be accessed through bytes 2 and 3 of the scratchpad as explained in the Memory section.

Only bits 11 through 4 of the temperature register are used in the  $T_H$  and  $T_L$  comparison since  $T_H$  and  $T_L$  are 8-bit registers. If the measured temperature is lower than

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
LS BYTE	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>-1</sup>	2 <sup>-2</sup>	2 <sup>-3</sup>	2 <sup>-4</sup>
	BIT 15	BIT 14	BIT 13	BIT 12	BIT 11	BIT 10	BIT 9	BIT 8
MS BYTE	S	S	S	S	S	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>

S = SIGN

Figure 4. Temperature Register Format

Table 1. Temperature/Data Relationship

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (BINARY)	DIGITAL OUTPUT (HEX)
+125	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85*	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5	0000 0000 0000 1000	0008h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55	1111 1100 1001 0000	FC90h

\*The power-on reset value of the temperature register is +85°C.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
S	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>

Figure 5.  $T_H$  and  $T_L$  Register Format

or equal to  $T_L$  or higher than or equal to  $T_H$ , an alarm condition exists and an alarm flag is set inside the DS18B20. This flag is updated after every temperature measurement; therefore, if the alarm condition goes away, the flag will be turned off after the next temperature conversion.

The master device can check the alarm flag status of all DS18B20s on the bus by issuing an Alarm Search [ECh] command. Any DS18B20s with a set alarm flag will respond to the command, so the master can determine exactly which DS18B20s have experienced an alarm condition. If an alarm condition exists and the  $T_H$  or  $T_L$  settings have changed, another temperature conversion should be done to validate the alarm condition.

### Powering the DS18B20

The DS18B20 can be powered by an external supply on the  $V_{DD}$  pin, or it can operate in "parasite power" mode, which allows the DS18B20 to function without a local external supply. Parasite power is very useful for applications that require remote temperature sensing or that are very space constrained. Figure 3 shows the DS18B20's parasite-power control circuitry, which "steals" power from the 1-Wire bus via the DQ pin when the bus is high. The stolen charge powers the DS18B20 while the bus is high, and some of the charge is stored on the parasite power capacitor ( $C_{PP}$ ) to provide power when the bus is low. When the DS18B20 is used in parasite power mode, the  $V_{DD}$  pin must be connected to ground.

In parasite power mode, the 1-Wire bus and CPP can provide sufficient current to the DS18B20 for most operations as long as the specified timing and voltage requirements are met (see the [DC Electrical Characteristics](#) and [AC Electrical Characteristics](#)). However, when the DS18B20 is performing temperature conversions or copying data from the scratchpad memory to EEPROM, the operating current can be as high as 1.5mA. This current can cause an unacceptable voltage drop across the weak 1-Wire pullup resistor and is more current than can be supplied

by  $C_{PP}$ . To assure that the DS18B20 has sufficient supply current, it is necessary to provide a strong pullup on the 1-Wire bus whenever temperature conversions are taking place or data is being copied from the scratchpad to EEPROM. This can be accomplished by using a MOSFET to pull the bus directly to the rail as shown in Figure 6. The 1-Wire bus must be switched to the strong pullup within 10 $\mu$ s (max) after a Convert T [44h] or Copy Scratchpad [48h] command is issued, and the bus must be held high by the pullup for the duration of the conversion ( $t_{CONV}$ ) or data transfer ( $t_{WR} = 10$ ms). No other activity can take place on the 1-Wire bus while the pullup is enabled.

The DS18B20 can also be powered by the conventional method of connecting an external power supply to the  $V_{DD}$  pin, as shown in Figure 7. The advantage of this method is that the MOSFET pullup is not required, and the 1-Wire bus is free to carry other traffic during the temperature conversion time.

The use of parasite power is not recommended for temperatures above +100°C since the DS18B20 may not be able to sustain communications due to the higher leakage currents that can exist at these temperatures. For applications in which such temperatures are likely, it is strongly recommended that the DS18B20 be powered by an external power supply.

In some situations the bus master may not know whether the DS18B20s on the bus are parasite powered or powered by external supplies. The master needs this information to determine if the strong bus pullup should be used during temperature conversions. To get this information, the master can issue a Skip ROM [CCh] command followed by a Read Power Supply [B4h] command followed by a "read time slot". During the read time slot, parasite powered DS18B20s will pull the bus low, and externally powered DS18B20s will let the bus remain high. If the bus is pulled low, the master knows that it must supply the strong pullup on the 1-Wire bus during temperature conversions.

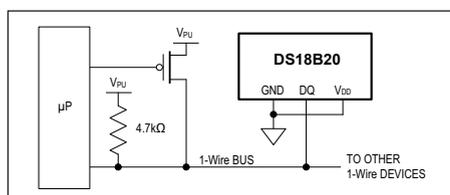


Figure 6. Supplying the Parasite-Powered DS18B20 During Temperature Conversions

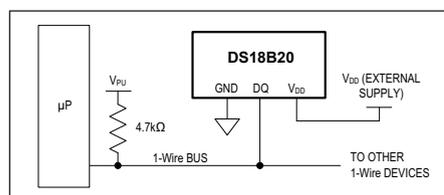


Figure 7. Powering the DS18B20 with an External Supply

**64-BIT Lasered ROM code**

Each DS18B20 contains a unique 64-bit code (see [Figure 8](#)) stored in ROM. The least significant 8 bits of the ROM code contain the DS18B20's 1-Wire family code: 28h. The next 48 bits contain a unique serial number. The most significant 8 bits contain a cyclic redundancy check (CRC) byte that is calculated from the first 56 bits of the ROM code. A detailed explanation of the CRC bits is provided in the [CRC Generation](#) section. The 64-bit ROM code and associated ROM function control logic allow the DS18B20 to operate as a 1-Wire device using the protocol detailed in the [1-Wire Bus System](#) section.

**Memory**

The DS18B20's memory is organized as shown in [Figure 9](#). The memory consists of an SRAM scratchpad with nonvolatile EEPROM storage for the high and low alarm trigger registers (T<sub>H</sub> and T<sub>L</sub>) and configuration register. Note that if the DS18B20 alarm function is not used, the TH and TL registers can serve as general-purpose memory. All memory commands are described in detail in the [DS18B20 Function Commands](#) section.

Byte 0 and byte 1 of the scratchpad contain the LSB and the MSB of the temperature register, respectively. These bytes are read-only. Bytes 2 and 3 provide access to TH and TL registers. Byte 4 contains the configuration regis-

ter data, which is explained in detail in the [Configuration Register](#) section. Bytes 5, 6, and 7 are reserved for internal use by the device and cannot be overwritten.

Byte 8 of the scratchpad is read-only and contains the CRC code for bytes 0 through 7 of the scratchpad. The DS18B20 generates this CRC using the method described in the [CRC Generation](#) section.

Data is written to bytes 2, 3, and 4 of the scratchpad using the Write Scratchpad [4Eh] command; the data must be transmitted to the DS18B20 starting with the least significant bit of byte 2. To verify data integrity, the scratchpad can be read (using the Read Scratchpad [BEh] command) after the data is written. When reading the scratchpad, data is transferred over the 1-Wire bus starting with the least significant bit of byte 0. To transfer the T<sub>H</sub>, T<sub>L</sub> and configuration data from the scratchpad to EEPROM, the master must issue the Copy Scratchpad [48h] command.

Data in the EEPROM registers is retained when the device is powered down; at power-up the EEPROM data is reloaded into the corresponding scratchpad locations. Data can also be reloaded from EEPROM to the scratchpad at any time using the Recall E<sup>2</sup> [B8h] command. The master can issue read time slots following the Recall E<sup>2</sup> command and the DS18B20 will indicate the status of the recall by transmitting 0 while the recall is in progress and 1 when the recall is done.

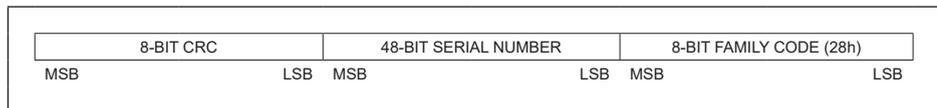


Figure 8. 64-Bit Lasered ROM Code

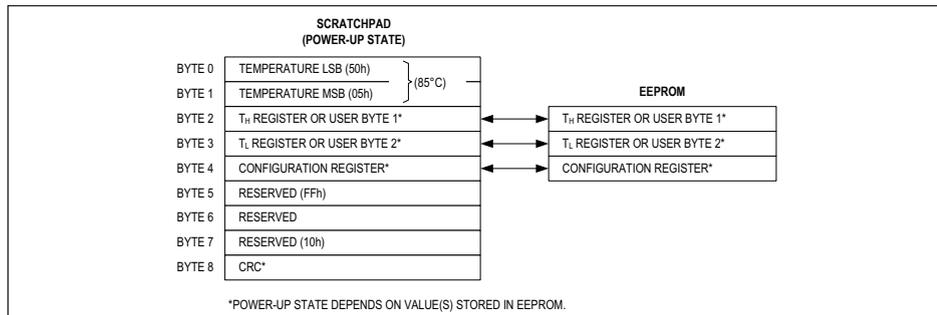


Figure 9. DS18B20 Memory Map

### Configuration Register

Byte 4 of the scratchpad memory contains the configuration register, which is organized as illustrated in Figure 10. The user can set the conversion resolution of the DS18B20 using the R0 and R1 bits in this register as shown in Table 2. The power-up default of these bits is R0 = 1 and R1 = 1 (12-bit resolution). Note that there is a direct tradeoff between resolution and conversion time. Bit 7 and bits 0 to 4 in the configuration register are reserved for internal use by the device and cannot be overwritten.

### CRC Generation

CRC bytes are provided as part of the DS18B20's 64-bit ROM code and in the 9<sup>th</sup> byte of the scratchpad memory. The ROM code CRC is calculated from the first 56 bits of the ROM code and is contained in the most significant byte of the ROM. The scratchpad CRC is calculated from the data stored in the scratchpad, and therefore it changes when the data in the scratchpad changes. The CRCs provide the bus master with a method of data validation when data is read from the DS18B20. To verify that data has been read correctly, the bus master must re-calculate the CRC from the received data and then compare this value to either the ROM code CRC (for ROM reads) or to the scratchpad CRC (for scratchpad reads). If the calculated CRC matches the read CRC, the data has been

received error free. The comparison of CRC values and the decision to continue with an operation are determined entirely by the bus master. There is no circuitry inside the DS18B20 that prevents a command sequence from proceeding if the DS18B20 CRC (ROM or scratchpad) does not match the value generated by the bus master.

The equivalent polynomial function of the CRC (ROM or scratchpad) is:

$$\text{CRC} = X^8 + X^5 + X^4 + 1$$

The bus master can re-calculate the CRC and compare it to the CRC values from the DS18B20 using the polynomial generator shown in Figure 11. This circuit consists of a shift register and XOR gates, and the shift register bits are initialized to 0. Starting with the least significant bit of the ROM code or the least significant bit of byte 0 in the scratchpad, one bit at a time should be shifted into the shift register. After shifting in the 56<sup>th</sup> bit from the ROM or the most significant bit of byte 7 from the scratchpad, the polynomial generator will contain the recalculated CRC. Next, the 8-bit ROM code or scratchpad CRC from the DS18B20 must be shifted into the circuit. At this point, if the re-calculated CRC was correct, the shift register will contain all 0s. Additional information about the Maxim 1-Wire cyclic redundancy check is available in *Application Note 27: Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Maxim iButton Products*.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
0	R1	R0	1	1	1	1	1

Figure 10. Configuration Register

Table 2. Thermometer Resolution Configuration

R1	R0	RESOLUTION (BITS)	MAX CONVERSION TIME	
0	0	9	93.75ms	( $t_{\text{CONV}}/8$ )
0	1	10	187.5ms	( $t_{\text{CONV}}/4$ )
1	0	11	375ms	( $t_{\text{CONV}}/2$ )
1	1	12	750ms	( $t_{\text{CONV}}$ )

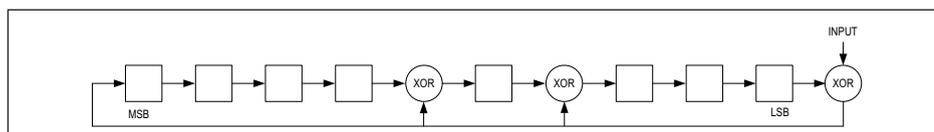


Figure 11. CRC Generator

### 1-Wire Bus System

The 1-Wire bus system uses a single bus master to control one or more slave devices. The DS18B20 is always a slave. When there is only one slave on the bus, the system is referred to as a “single-drop” system; the system is “multidrop” if there are multiple slaves on the bus.

All data and commands are transmitted least significant bit first over the 1-Wire bus.

The following discussion of the 1-Wire bus system is broken down into three topics: hardware configuration, transaction sequence, and 1-Wire signaling (signal types and timing).

### Hardware Configuration

The 1-Wire bus has by definition only a single data line. Each device (master or slave) interfaces to the data line via an open-drain or 3-state port. This allows each device to “release” the data line when the device is not transmitting data so the bus is available for use by another device. The 1-Wire port of the DS18B20 (the DQ pin) is open drain with an internal circuit equivalent to that shown in [Figure 12](#).

The 1-Wire bus requires an external pullup resistor of approximately 5k $\Omega$ ; thus, the idle state for the 1-Wire bus is high. If for any reason a transaction needs to be suspended, the bus MUST be left in the idle state if the transaction is to resume. Infinite recovery time can occur between bits so long as the 1-Wire bus is in the inactive (high) state during the recovery period. If the bus is held low for more than 480 $\mu$ s, all components on the bus will be reset.

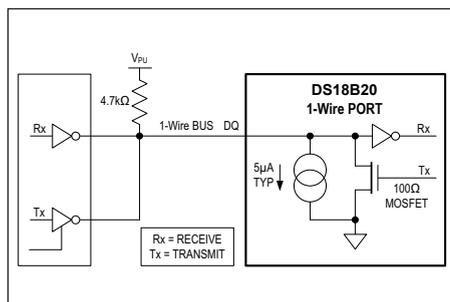


Figure 12. Hardware Configuration

### Transaction Sequence

The transaction sequence for accessing the DS18B20 is as follows:

- Step 1. Initialization
- Step 2. ROM Command (followed by any required data exchange)
- Step 3. DS18B20 Function Command (followed by any required data exchange)

It is very important to follow this sequence every time the DS18B20 is accessed, as the DS18B20 will not respond if any steps in the sequence are missing or out of order. Exceptions to this rule are the Search ROM [F0h] and Alarm Search [ECh] commands. After issuing either of these ROM commands, the master must return to Step 1 in the sequence.

### Initialization

All transactions on the 1-Wire bus begin with an initialization sequence. The initialization sequence consists of a reset pulse transmitted by the bus master followed by presence pulse(s) transmitted by the slave(s). The presence pulse lets the bus master know that slave devices (such as the DS18B20) are on the bus and are ready to operate. Timing for the reset and presence pulses is detailed in the [1-Wire Signaling](#) section.

### ROM Commands

After the bus master has detected a presence pulse, it can issue a ROM command. These commands operate on the unique 64-bit ROM codes of each slave device and allow the master to single out a specific device if many are present on the 1-Wire bus. These commands also allow the master to determine how many and what types of devices are present on the bus or if any device has experienced an alarm condition. There are five ROM commands, and each command is 8 bits long. The master device must issue an appropriate ROM command before issuing a DS18B20 function command. A flowchart for operation of the ROM commands is shown in [Figure 13](#).

### Search Rom [F0h]

When a system is initially powered up, the master must identify the ROM codes of all slave devices on the bus, which allows the master to determine the number of slaves and their device types. The master learns the ROM codes through a process of elimination that requires the master to perform a Search ROM cycle (i.e., Search ROM command followed by data exchange) as many times as necessary to identify all of the slave devices.

If there is only one slave on the bus, the simpler Read ROM [33h] command can be used in place of the Search ROM process. For a detailed explanation of the Search ROM procedure, refer to *Application Note 937: Book of iButton® Standards*. After every Search ROM cycle, the bus master must return to Step 1 (Initialization) in the transaction sequence.

#### Read Rom [33h]

This command can only be used when there is one slave on the bus. It allows the bus master to read the slave's 64-bit ROM code without using the Search ROM procedure. If this command is used when there is more than one slave present on the bus, a data collision will occur when all the slaves attempt to respond at the same time.

#### Match Rom [55H]

The match ROM command followed by a 64-bit ROM code sequence allows the bus master to address a specific slave device on a multidrop or single-drop bus. Only the slave that exactly matches the 64-bit ROM code sequence will respond to the function command issued by the master; all other slaves on the bus will wait for a reset pulse.

#### Skip Rom [CCh]

The master can use this command to address all devices on the bus simultaneously without sending out any ROM code information. For example, the master can make all DS18B20s on the bus perform simultaneous temperature conversions by issuing a Skip ROM command followed by a Convert T [44h] command.

Note that the Read Scratchpad [BEh] command can follow the Skip ROM command only if there is a single slave device on the bus. In this case, time is saved by allowing the master to read from the slave without sending the device's 64-bit ROM code. A Skip ROM command followed by a Read Scratchpad command will cause a data collision on the bus if there is more than one slave since multiple devices will attempt to transmit data simultaneously.

#### Alarm Search [ECh]

The operation of this command is identical to the operation of the Search ROM command except that only slaves with a set alarm flag will respond. This command allows the master device to determine if any DS18B20s experienced an alarm condition during the most recent temperature conversion. After every Alarm Search cycle (i.e., Alarm Search command followed by data exchange), the bus

*iButton* is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

master must return to Step 1 (Initialization) in the transaction sequence. See the [Operation—Alarm Signaling](#) section for an explanation of alarm flag operation.

#### DS18B20 Function Commands

After the bus master has used a ROM command to address the DS18B20 with which it wishes to communicate, the master can issue one of the DS18B20 function commands. These commands allow the master to write to and read from the DS18B20's scratchpad memory, initiate temperature conversions and determine the power supply mode. The DS18B20 function commands, which are described below, are summarized in [Table 3](#) and illustrated by the flowchart in [Figure 14](#).

#### Convert T [44h]

This command initiates a single temperature conversion. Following the conversion, the resulting thermal data is stored in the 2-byte temperature register in the scratchpad memory and the DS18B20 returns to its low-power idle state. If the device is being used in parasite power mode, within 10 $\mu$ s (max) after this command is issued the master must enable a strong pullup on the 1-Wire bus for the duration of the conversion ( $t_{CONV}$ ) as described in the [Powering the DS18B20](#) section. If the DS18B20 is powered by an external supply, the master can issue read time slots after the Convert T command and the DS18B20 will respond by transmitting a 0 while the temperature conversion is in progress and a 1 when the conversion is done. In parasite power mode this notification technique cannot be used since the bus is pulled high by the strong pullup during the conversion.

#### Write Scratchpad [4Eh]

This command allows the master to write 3 bytes of data to the DS18B20's scratchpad. The first data byte is written into the  $T_H$  register (byte 2 of the scratchpad), the second byte is written into the  $T_L$  register (byte 3), and the third byte is written into the configuration register (byte 4). Data must be transmitted least significant bit first. All three bytes MUST be written before the master issues a reset, or the data may be corrupted.

#### Read Scratchpad [BEh]

This command allows the master to read the contents of the scratchpad. The data transfer starts with the least significant bit of byte 0 and continues through the scratchpad until the 9th byte (byte 8 – CRC) is read. The master may issue a reset to terminate reading at any time if only part of the scratchpad data is needed.

**Copy Scratchpad [48h]**

This command copies the contents of the scratchpad  $T_H$ ,  $T_L$  and configuration registers (bytes 2, 3 and 4) to EEPROM. If the device is being used in parasite power mode, within 10 $\mu$ s (max) after this command is issued the master must enable a strong pullup on the 1-Wire bus for at least 10ms as described in the [Powering the DS18B20](#) section.

**Recall E<sup>2</sup> [B8h]**

This command recalls the alarm trigger values ( $T_H$  and  $T_L$ ) and configuration data from EEPROM and places the data in bytes 2, 3, and 4, respectively, in the scratchpad memory. The master device can issue read time slots

following the Recall E<sup>2</sup> command and the DS18B20 will indicate the status of the recall by transmitting 0 while the recall is in progress and 1 when the recall is done. The recall operation happens automatically at power-up, so valid data is available in the scratchpad as soon as power is applied to the device.

**Read Power Supply [B4h]**

The master device issues this command followed by a read time slot to determine if any DS18B20s on the bus are using parasite power. During the read time slot, parasite powered DS18B20s will pull the bus low, and externally powered DS18B20s will let the bus remain high. See the [Powering the DS18B20](#) section for usage information for this command.

**Table 3. DS18B20 Function Command Set**

COMMAND	DESCRIPTION	PROTOCOL	1-Wire BUS ACTIVITY AFTER COMMAND IS ISSUED	NOTES
<b>TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS</b>				
Convert T	Initiates temperature conversion.	44h	DS18B20 transmits conversion status to master (not applicable for parasite-powered DS18B20s).	1
<b>MEMORY COMMANDS</b>				
Read Scratchpad	Reads the entire scratchpad including the CRC byte.	BEh	DS18B20 transmits up to 9 data bytes to master.	2
Write Scratchpad	Writes data into scratchpad bytes 2, 3, and 4 ( $T_H$ , $T_L$ , and configuration registers).	4Eh	Master transmits 3 data bytes to DS18B20.	3
Copy Scratchpad	Copies $T_H$ , $T_L$ , and configuration register data from the scratchpad to EEPROM.	48h	None	1
Recall E <sup>2</sup>	Recalls $T_H$ , $T_L$ , and configuration register data from EEPROM to the scratchpad.	B8h	DS18B20 transmits recall status to master.	
Read Power Supply	Signals DS18B20 power supply mode to the master.	B4h	DS18B20 transmits supply status to master.	

**Note 1:** For parasite-powered DS18B20s, the master must enable a strong pullup on the 1-Wire bus during temperature conversions and copies from the scratchpad to EEPROM. No other bus activity may take place during this time.

**Note 2:** The master can interrupt the transmission of data at any time by issuing a reset.

**Note 3:** All three bytes must be written before a reset is issued.

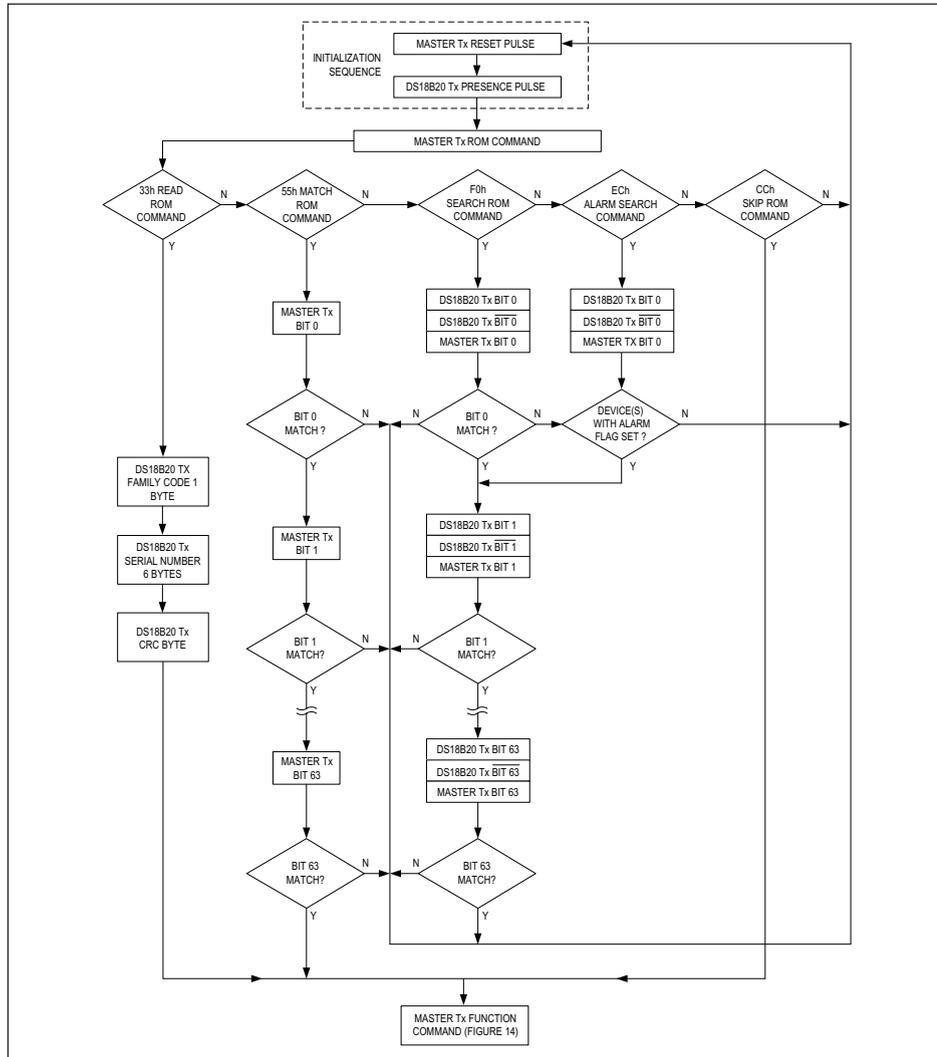


Figure 13. ROM Commands Flowchart

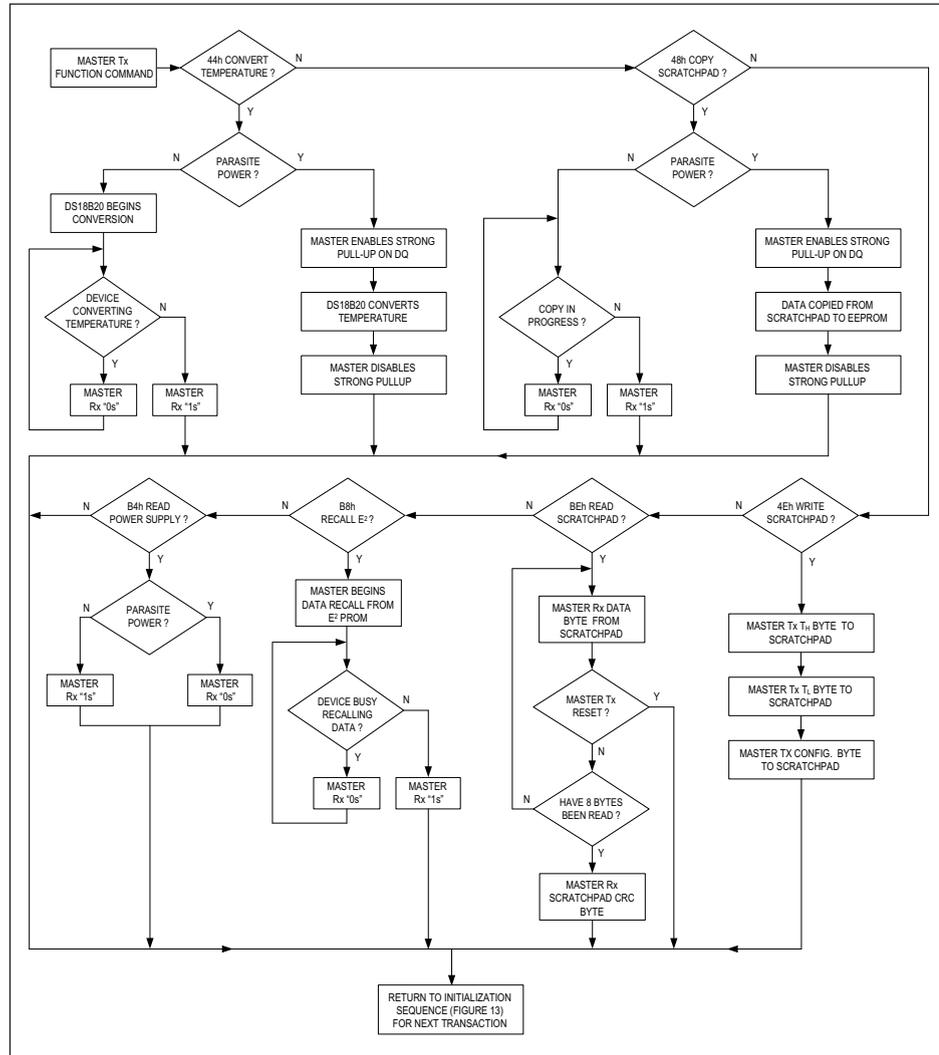


Figure 14. DS18B20 Function Commands Flowchart

### 1-Wire Signaling

The DS18B20 uses a strict 1-Wire communication protocol to ensure data integrity. Several signal types are defined by this protocol: reset pulse, presence pulse, write 0, write 1, read 0, and read 1. The bus master initiates all these signals, with the exception of the presence pulse.

### Initialization Procedure—Reset And Presence Pulses

All communication with the DS18B20 begins with an initialization sequence that consists of a reset pulse from the master followed by a presence pulse from the DS18B20. This is illustrated in [Figure 15](#). When the DS18B20 sends the presence pulse in response to the reset, it is indicating to the master that it is on the bus and ready to operate.

During the initialization sequence the bus master transmits (Tx) the reset pulse by pulling the 1-Wire bus low for a minimum of 480 $\mu$ s. The bus master then releases the bus and goes into receive mode (Rx). When the bus is released, the 5k $\Omega$  pullup resistor pulls the 1-Wire bus high. When the DS18B20 detects this rising edge, it waits 15 $\mu$ s to 60 $\mu$ s and then transmits a presence pulse by pulling the 1-Wire bus low for 60 $\mu$ s to 240 $\mu$ s.

### Read/Write Time Slots

The bus master writes data to the DS18B20 during write time slots and reads data from the DS18B20 during read time slots. One bit of data is transmitted over the 1-Wire bus per time slot.

### Write Time Slots

There are two types of write time slots: "Write 1" time slots and "Write 0" time slots. The bus master uses a Write 1 time slot to write a logic 1 to the DS18B20 and a Write 0 time slot to write a logic 0 to the DS18B20. All write time slots must be a minimum of 60 $\mu$ s in duration with a minimum of a 1 $\mu$ s recovery time between individual write slots. Both types of write time slots are initiated by the master pulling the 1-Wire bus low (see [Figure 14](#)).

To generate a Write 1 time slot, after pulling the 1-Wire bus low, the bus master must release the 1-Wire bus within 15 $\mu$ s. When the bus is released, the 5k $\Omega$  pullup resistor will pull the bus high. To generate a Write 0 time slot, after pulling the 1-Wire bus low, the bus master must continue to hold the bus low for the duration of the time slot (at least 60 $\mu$ s).

The DS18B20 samples the 1-Wire bus during a window that lasts from 15 $\mu$ s to 60 $\mu$ s after the master initiates the write time slot. If the bus is high during the sampling window, a 1 is written to the DS18B20. If the line is low, a 0 is written to the DS18B20.

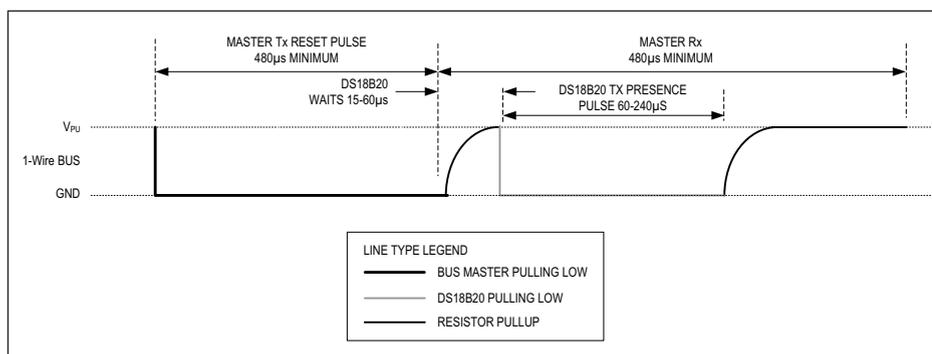


Figure 15. Initialization Timing

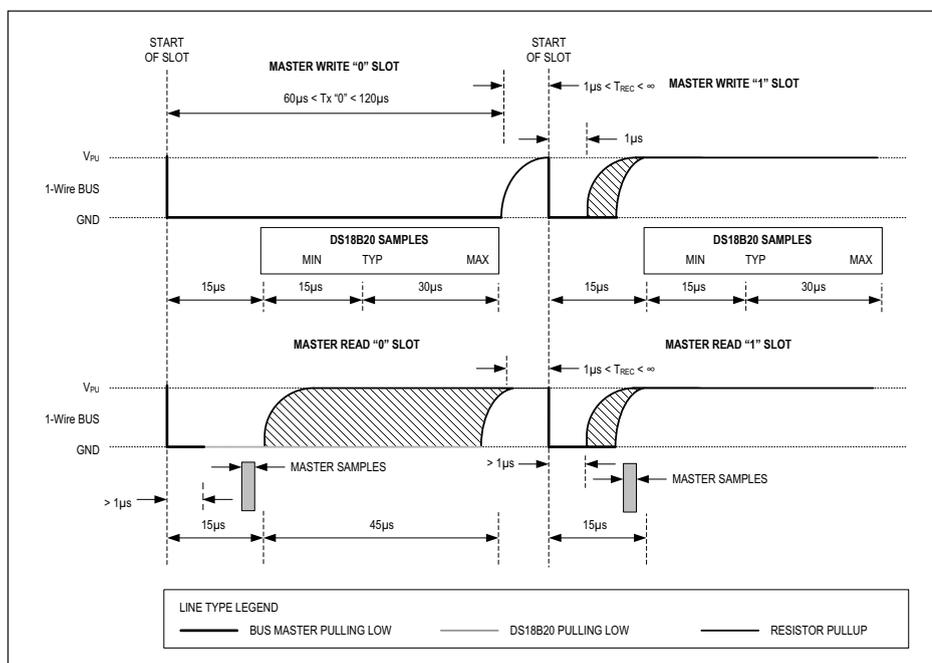


Figure 16. Read/Write Time Slot Timing Diagram

### Read Time Slots

The DS18B20 can only transmit data to the master when the master issues read time slots. Therefore, the master must generate read time slots immediately after issuing a Read Scratchpad [BEh] or Read Power Supply [B4h] command, so that the DS18B20 can provide the requested data. In addition, the master can generate read time slots after issuing Convert T [44h] or Recall E<sup>2</sup> [B8h] commands to find out the status of the operation as explained in the [DS18B20 Function Commands](#) section.

All read time slots must be a minimum of 60µs in duration with a minimum of a 1µs recovery time between slots. A read time slot is initiated by the master device pulling the 1-Wire bus low for a minimum of 1µs and then releasing the bus (see [Figure 16](#)). After the master initiates the

read time slot, the DS18B20 will begin transmitting a 1 or 0 on bus. The DS18B20 transmits a 1 by leaving the bus high and transmits a 0 by pulling the bus low. When transmitting a 0, the DS18B20 will release the bus by the end of the time slot, and the bus will be pulled back to its high idle state by the pullup resistor. Output data from the DS18B20 is valid for 15µs after the falling edge that initiated the read time slot. Therefore, the master must release the bus and then sample the bus state within 15µs from the start of the slot.

[Figure 17](#) illustrates that the sum of  $T_{INIT}$ ,  $T_{RC}$ , and  $T_{SAMPLE}$  must be less than 15µs for a read time slot. [Figure 18](#) shows that system timing margin is maximized by keeping  $T_{INIT}$  and  $T_{RC}$  as short as possible and by locating the master sample time during read time slots towards the end of the 15µs period.

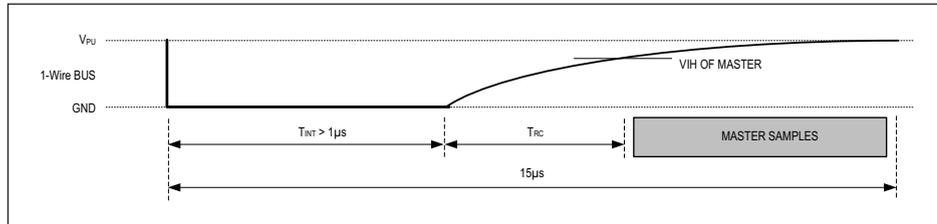


Figure 17. Detailed Master Read 1 Timing

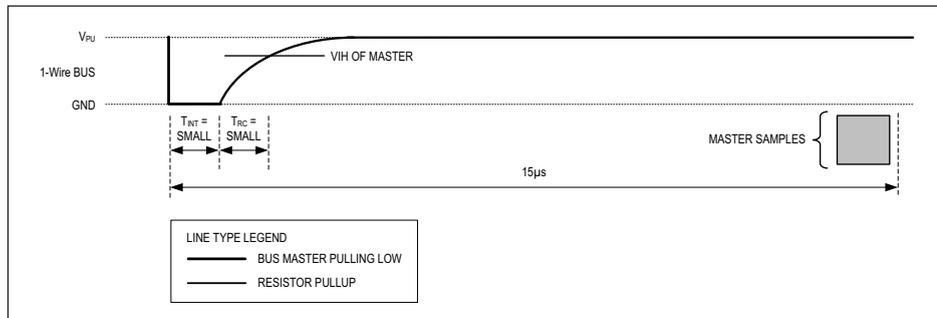


Figure 18. Recommended Master Read 1 Timing

**Related Application Notes**

The following application notes can be applied to the DS18B20 and are available at [www.maximintegrated.com](http://www.maximintegrated.com).

Application Note 27: *Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Maxim iButton Products*

Application Note 122: *Using Dallas' 1-Wire ICs in 1-Cell Li-Ion Battery Packs with Low-Side N-Channel Safety FETs Master*

Application Note 126: *1-Wire Communication Through Software*

Application Note 162: *Interfacing the DS18x20/DS1822 1-Wire Temperature Sensor in a Microcontroller Environment*

Application Note 208: *Curve Fitting the Error of a Bandgap-Based Digital Temperature Sensor*

Application Note 2420: *1-Wire Communication with a Microchip PICmicro Microcontroller*

Application Note 3754: *Single-Wire Serial Bus Carries Isolated Power and Data*

Sample 1-Wire subroutines that can be used in conjunction with Application Note 74: *Reading and Writing iButtons via Serial Interfaces* can be downloaded from the Maxim website.

**DS18B20 Operation Example 1**

In this example there are multiple DS18B20s on the bus and they are using parasite power. The bus master initiates a temperature conversion in a specific DS18B20 and then reads its scratchpad and recalculates the CRC to verify the data.

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18B20s respond with presence pulse.
Tx	55h	Master issues Match ROM command.
Tx	64-bit ROM code	Master sends DS18B20 ROM code.
Tx	44h	Master issues Convert T command.
Tx	DQ line held high by strong pullup	Master applies strong pullup to DQ for the duration of the conversion ( $t_{CONV}$ ).
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18B20s respond with presence pulse.
Tx	55h	Master issues Match ROM command.
Tx	64-bit ROM code	Master sends DS18B20 ROM code.
Tx	BEh	Master issues Read Scratchpad command.
Rx	9 data bytes	Master reads entire scratchpad including CRC. The master then recalculates the CRC of the first eight data bytes from the scratchpad and compares the calculated CRC with the read CRC (byte 9). If they match, the master continues; if not, the read operation is repeated.

**DS18B20 Operation Example 2**

In this example there is only one DS18B20 on the bus and it is using parasite power. The master writes to the TH, TL, and configuration registers in the DS18B20 scratchpad and then reads the scratchpad and recalculates the CRC to verify the data. The master then copies the scratchpad contents to EEPROM.

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18B20 responds with presence pulse.
Tx	CCh	Master issues Skip ROM command.
Tx	4Eh	Master issues Write Scratchpad command.
Tx	3 data bytes	Master sends three data bytes to scratchpad ( $T_H$ , $T_L$ , and config).
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18B20 responds with presence pulse.
Tx	CCh	Master issues Skip ROM command.
Tx	BEh	Master issues Read Scratchpad command.
Rx	9 data bytes	Master reads entire scratchpad including CRC. The master then recalculates the CRC of the first eight data bytes from the scratchpad and compares the calculated CRC with the read CRC (byte 9). If they match, the master continues; if not, the read operation is repeated.
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18B20 responds with presence pulse.
Tx	CCh	Master issues Skip ROM command.
Tx	48h	Master issues Copy Scratchpad command.
Tx	DQ line held high by strong pullup	Master applies strong pullup to DQ for at least 10ms while copy operation is in progress.

## Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK
DS18B20	-55°C to +125°C	3 TO-92	18B20
DS18B20+	-55°C to +125°C	3 TO-92	18B20
DS18B20/T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)	18B20
DS18B20+T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)	18B20
DS18B20-SL/T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)*	18B20
DS18B20-SL+T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)*	18B20
DS18B20U	-55°C to +125°C	8 FSOP	18B20
DS18B20U+	-55°C to +125°C	8 FSOP	18B20
DS18B20U/T&R	-55°C to +125°C	8 FSOP (3000 Piece)	18B20
DS18B20U+T&R	-55°C to +125°C	8 FSOP (3000 Piece)	18B20
DS18B20Z	-55°C to +125°C	8 SO	DS18B20
DS18B20Z+	-55°C to +125°C	8 SO	DS18B20
DS18B20Z/T&R	-55°C to +125°C	8 SO (2500 Piece)	DS18B20
DS18B20Z+T&R	-55°C to +125°C	8 SO (2500 Piece)	DS18B20

+Denotes a lead-free package. A "+" will appear on the top mark of lead-free packages.

T&R = Tape and reel.

\*TO-92 packages in tape and reel can be ordered with straight or formed leads. Choose "SL" for straight leads. Bulk TO-92 orders are straight leads only.

## Revision History

REVISION DATE	DESCRIPTION	PAGES CHANGED
030107	In the Absolute Maximum Ratings section, removed the reflow oven temperature value of +220°C. Reference to JEDEC specification for reflow remains.	19
101207	In the <i>Operation—Alarm Signaling</i> section, added "or equal to" in the description for a TH alarm condition	5
	In the <i>Memory</i> section, removed incorrect text describing memory.	7
	In the <i>Configuration Register</i> section, removed incorrect text describing configuration register.	8
042208	In the <i>Ordering Information</i> table, added TO-92 straight-lead packages and included a note that the TO-92 package in tape and reel can be ordered with either formed or straight leads.	2
1/15	Updated <i>Benefits and Features</i> section	1
09/18	Updated <i>DC Electrical Characteristics</i> table	2

For pricing, delivery, and ordering information, please visit Maxim Integrated's online storefront at <https://www.maximintegrated.com/en/storefront/storefront.html>.

Maxim Integrated cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim Integrated product. No circuit patent licenses are implied. Maxim Integrated reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time. The parametric values (min and max limits) shown in the Electrical Characteristics table are guaranteed. Other parametric values quoted in this data sheet are provided for guidance.

Maxim Integrated and the Maxim Integrated logo are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc. © 2018 Maxim Integrated Products, Inc. | 20

## D.10. Hojas de datos SIMATIC S7-1200 Siemens.

# SIEMENS

### Hoja de datos

### 6ES7214-1AG40-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, DC/DC/DC, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0 - 10V DC, ALIMENTACION: DC 20,4 - 28,8 V DC, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 100KB

Información general	
Versión de firmware	V4.1
Ingeniería con	
• Paquete de programación	STEP 7 V13 SP1 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	Si
• 24 V DC	
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Tensión de carga L+	
• Valor nominal (DC)	24 V
• Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
• Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	500 mA; Solo CPU
Consumo máx.	1 500 mA; CPU con todos los módulos de ampliación
Intensidad de cierre, máx.	12 A; con 28,8 V
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	L+ menos 4 V DC mín.
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Pérdidas	

Pérdidas, típ.	12 W
<b>Memoria</b>	
<b>Memoria de trabajo</b>	
• integrado	100 kbyte
• Ampliable	No
<b>Memoria de carga</b>	
• integrado	4 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	con SIMATIC Memory Card
<b>Respaldo</b>	
• existente	Sí; Libre de mantenimiento
• sin pila	Sí
<b>Tiempos de ejecución de la CPU</b>	
para operaciones a bits, típ.	0,085 µs; /instrucción
para operaciones a palabras, típ.	1,7 µs; /instrucción
para aritmética de coma flotante, típ.	2,3 µs; /instrucción
<b>CPU-bloques</b>	
Nº de bloques (total)	DBs, FCs, FBs, contadore y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo
<b>OB</b>	
• Cantidad, máx.	Limitada únicamente por la memoria de trabajo para código
<b>Áreas de datos y su remanencia</b>	
Área de datos remanentes total (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx.	10 kbyte
<b>Marcas</b>	
• Cantidad, máx.	8 kbyte; Tamaño del área de marcas
<b>Datos locales</b>	
• por cada prioridad, máx.	16 kbyte
<b>Imagen del proceso</b>	
• Entradas, configurables	1 kbyte
• Salidas, configurables	1 kbyte
<b>Configuración del hardware</b>	
Nº de módulos por sistema, máx.	3 Communication Module, 1 Signal Board, 8 Signal Module
<b>Hora</b>	
<b>Reloj</b>	
• Reloj por hardware (reloj tiempo real)	Sí
• Desviación diaria, máx.	60 s/mes @ 25 °C
• Duración del respaldo	480 h; típicamente
<b>Entradas digitales</b>	
Nº de entradas digitales	14; integrado

• De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas	6; HSC (High Speed Counting)
Canales integrados (DI)	14
de tipo M	Sí
<b>Número de entradas atacables simultáneamente</b>	
Todas las posiciones de montaje	
— hasta 40 °C, máx.	14
<b>Tensión de entrada</b>	
• Valor nominal (DC)	24 V
• para señal "0"	5 V DC, con 1 mA
• para señal "1"	15 VDC at 2.5 mA
<b>Retardo de entrada (a tensión nominal de entrada)</b>	
para entradas estándar	
— parametrizable	0,2 ms, 0,4 ms, 0,8 ms, 1,6 ms, 3,2 ms, 6,4 ms y 12,8 ms, elegible en grupos de 4
— en transición "0" a "1", máx.	0,2 ms
— en transición "0" a "1", máx.	12,8 ms
para entradas de alarmas	
— parametrizable	Sí
para contadores/funciones tecnológicas:	
— parametrizable	Monofásica: 3 @ 100 kHz y 3 @ 30 kHz, Diferencial: 3 @ 80 kHz y 3 @ 30 kHz
<b>Longitud del cable</b>	
• apantallado, máx.	500 m; 50 m para funciones tecnológicas
• No apantallado, máx.	300 m; Para funciones tecnológicas: No
<b>Salidas digitales</b>	
Número de salidas	10
• De ellas, salidas rápidas	4; Salida de tren de impulsos 100 kHz
Canales integrados (DO)	10
Limitación de la sobretensión inductiva de corte a	L+ (-48 V)
<b>Poder de corte de las salidas</b>	
• Con carga resistiva, máx.	0,5 A
• con carga tipo lámpara, máx.	5 W
<b>Tensión de salida</b>	
• para señal "0", máx.	0,1 V; con carga de 10 kOhm
• para señal "1", mín.	20 V
<b>Intensidad de salida</b>	
• para señal "1" valor nominal	0,5 A
• para señal "0" Intensidad residual, máx.	0,1 mA
<b>Retardo a la salida con carga resistiva</b>	
• "0" a "1", máx.	1 µs
• "1" a "0", máx.	5 µs

<b>Frecuencia de conmutación</b>	
• de las salidas de impulsos, con carga óhmica, máx.	100 kHz
<b>Longitud del cable</b>	
• apantallado, máx.	500 m
• No apantallado, máx.	150 m
<b>Entradas analógicas</b>	
Nº de entradas analógicas	2
Canales integrados (AI)	2; 0 a 10 V
<b>Rangos de entrada</b>	
• Tensión	Sí
<b>Rangos de entrada (valores nominales), tensiones</b>	
• 0 a +10 V	Sí
• Resistencia de entrada (0 a 10 V)	≥100 kohmios
<b>Longitud del cable</b>	
• apantallado, máx.	100 m; trenzado y apantallado
<b>Formación de valores analógicos</b>	
<b>Tiempo de integración y conversión/resolución por canal</b>	
• Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx.	10 bit
• Tiempo de integración parametrizable	Sí
• Tiempo de conversión (por canal)	625 µs
<b>Sensor</b>	
<b>Sensores compatibles</b>	
• Sensor a 2 hilos	Sí
<b>1. Interfaz</b>	
Tipo de interfaz	PROFINET
Norma física	Ethernet
con aislamiento galvánico	Sí
Detección automática de la velocidad de transferencia	Sí
Autonegociación	Sí
Autocrossing	Sí
<b>Funcionalidad</b>	
• PROFINET IO-Device	Sí; también con funcionalidad de IO-Device simultánea
• PROFINET IO-Controller	Sí
<b>PROFINET IO-Controller</b>	
• Velocidad de transferencia, máx.	100 Mbit/s
• Nº de IO Devices que se pueden conectar en total, máx.	16
<b>PROFINET IO-Device</b>	

<b>Servicios</b>	
— Shared Device	Sí
— N° de IO Controller con Shared Device, máx.	2
<b>Funciones de comunicación</b>	
<b>Comunicación S7</b>	
• Soporta servidor iPAR	Sí
• como servidor	Sí
• Como cliente	Sí
<b>Comunicación IE abierta</b>	
• TCP/IP	Sí
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Sí
• UDP	Sí
<b>servidores web</b>	
• Soporta servidor iPAR	Sí
• Páginas web definidas por el usuario	Sí
<b>N° de conexiones</b>	
• Total	16; dinámica
<b>Funciones de test y puesta en marcha</b>	
<b>Estado/forzado</b>	
• Estado/Forzado de variables	Sí
• Variables	Entradas/salidas, marcas, DB, E/S de periferia, tiempos, contadores
<b>Forzado permanente</b>	
• Forzado permanente	Sí
<b>Búfer de diagnóstico</b>	
• existente	Sí
<b>Traces</b>	
• Número de Traces configurables	2; por cada Trace son posible 512 kbytes datos
<b>Funciones integradas</b>	
N° de contadores	6
Frecuencia de contaje (contadores), máx.	100 kHz
Frecuencímetro	Sí
Posicionamiento en lazo abierto	Sí
Número de ejes de posicionamiento con regulación de posición, máx.	8
Número de ejes de posicionamiento mediante interfaz impulsos/sentido	4
Regulador PID	Sí
N° de entradas de alarma	4
N° de salidas de impulsos	4
Frecuencia límite (impulsos)	100 kHz

Aislamiento galvánico	
<b>Aislamiento galvánico módulos de E digitales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislamiento galvánico módulos de E digitales</li> <li>• entre los canales, en grupos de</li> </ul>	500 V AC durante 1 minuto 1
<b>Aislamiento galvánico módulos de S digitales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislamiento galvánico módulos de S digitales</li> <li>• entre los canales</li> <li>• entre los canales, en grupos de</li> </ul>	Sí No 1
CEM	
<b>Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática IEC 61000-4-2 <ul style="list-style-type: none"> <li>— Tensión de ensayo con descarga en aire</li> <li>— Tensión de ensayo para descarga por contacto</li> </ul> </li> </ul>	Sí 8 kV 6 kV
<b>Inmunidad a perturbaciones conducidas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmunidad a perturbaciones en cables de alimentación según IEC 61000-4-4</li> <li>• Inmunidad a perturbaciones por cables de señales IEC 61000-4-4</li> </ul>	Sí Sí
<b>Inmunidad a perturbaciones por tensiones de choque (sobretensión transitoria)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• por los cables de alimentación según IEC 61000-4-5</li> </ul>	Sí
<b>Inmunidad a perturbaciones conducidas, inducidas mediante campos de alta frecuencia</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmunidad a campos electromagnéticos radiados a frecuencias radioeléctricas según IEC 61000-4-6</li> </ul>	Sí
<b>Emisión de radiointerferencias según EN 55 011</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase de límite A, para aplicación en la industria</li> <li>• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial</li> </ul>	Sí; Grupo 1 Sí; Si se garantiza mediante medidas oportunas que se cumplen los valores límite de la clase B según EN 55011
Grado de protección y clase de protección	
<b>Grado de protección según EN 60529</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• IP20</li> </ul>	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación UL	Sí
cULus	Sí
Homologación FM	Sí
RCM (anterior C-TICK)	Sí
Homologaciones navales	

• Homologaciones navales	Sí
<b>Condiciones ambientales</b>	
<b>Caída libre</b>	
• Altura de caída máx. (en el embalaje)	0,3 m; Cinco veces, en embalaje de envío
<b>Temperatura ambiente en servicio</b>	
• mín.	-20 °C
• máx.	60 °C; N.º de entradas o salidas conectadas al mismo tiempo: 7 o 5 (sin puntos contiguos) con 60 °C en horizontal o 50 °C en vertical, 14 o 10 con 55 °C en horizontal o 45 °C en vertical
• Montaje horizontal, mín.	-20 °C
• Montaje horizontal, máx.	60 °C
• Montaje vertical, mín.	-20 °C
• Montaje vertical, máx.	50 °C
<b>Temperatura de almacenaje/transporte</b>	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
<b>Presión atmosférica según IEC 60068-2-13</b>	
• Almacenamiento/transporte, mín.	660 hPa
• Almacenamiento/transporte, máx.	1 080 hPa
• Altitud de servicio permitida	-1000 a 2000 m
<b>Humedad relativa del aire</b>	
• Rango permitido (sin condensación) a 25 °C	95 %
<b>Vibraciones</b>	
• Vibraciones	Montaje en pared 2 g; perfil DIN, 1 g
• En servicio, según DIN IEC 60068-2-6	Sí
<b>Ensayo de choques</b>	
• ensayado según DIN IEC 60068-2-27	Sí; IEC 68, parte 2-27; semisinusoide: fuerza de choque 15 g (valor de cresta), duración 11 ms
<b>Concentraciones de sustancias contaminantes</b>	
— SO2 con HR < 60% sin condensación	SO2: < 0,5 ppm; H2S: < 0,1 ppm; HR < 60% sin condensación
<b>programación</b>	
<b>Lenguaje de programación</b>	
— KOP	Sí
— FUP	Sí
— SCL	Sí
<b>Vigilancia de tiempo de ciclo</b>	
• configurable	Sí
<b>Dimensiones</b>	
Ancho	110 mm
Alto	100 mm
Profundidad	75 mm

Pesos	
Peso, aprox.	415 g
Última modificación:	11.04.2015

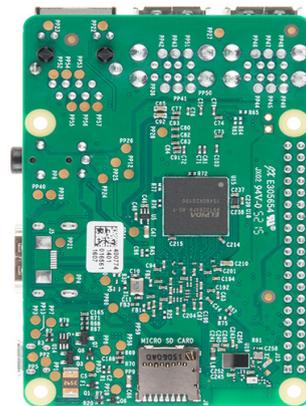
## D.11. Hojas de datos Raspberry Pi3 B.



<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>

<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

# RASPERRY PI 3 MODEL B



Product Name: RASPERRYPI3-MODB-1GB



<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>



<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

## Technical Specification:

### Processor

- Broadcom BCM2387 chipset.
- 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 (64Bit)

### 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)

- IEEE 802.11 b / g / n Wi-Fi. Protocol: WEP, WPA WPA2, algorithms AES-CCMP (maximum key length of 256 bits), the maximum range of 100 meters.
- IEEE 802.15 Bluetooth, symmetric encryption algorithm Advanced Encryption Standard (AES) with 128-bit key, the maximum range of 50 meters.

### GPU

- Dual Core Video Core IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated Open VG, and 1080p30 H.264 high-profile decode.
- Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure

### Memory

- 1GB LPDDR2

### Operating System

- Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT

### Dimensions

- 85 x 56 x 17mm

### Power

- Micro USB socket 5V1, 2.5A

### Connectors:

#### Ethernet

- 10/100 BaseT Ethernet socket

#### Video Output

- HDMI (rev 1.3 & 1.4)
- Composite RCA (PAL and NTSC)

#### Audio Output

- Audio Output 3.5mm jack
- HDMI
- USB 4 x USB 2.0 Connector

#### GPIO Connector

- 40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip
- Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines

#### Camera Connector

- 15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)

#### Display Connector

- Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane

#### Memory Card Slot

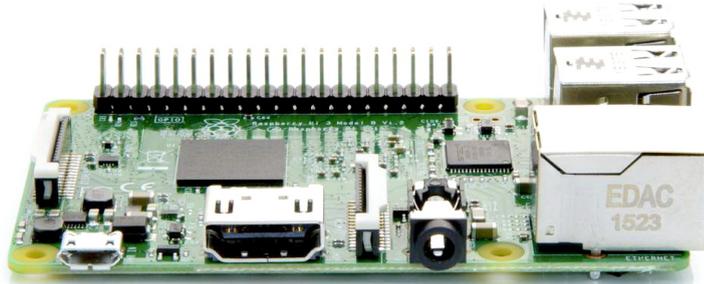
- Push/pull Micro SDIO



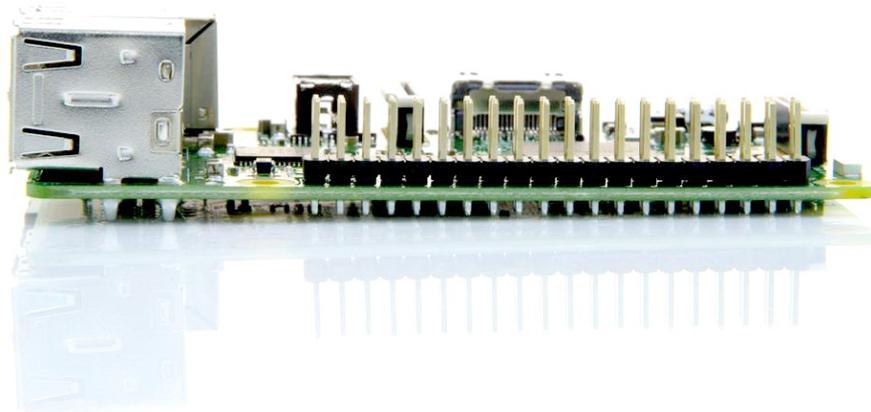
<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>

<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

The GPU provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated Open VG, and 1080p30 H.264 high-profile decode and is capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24 GFLOPs of general purpose compute. What's that all mean? It means that if you plug the Raspberry Pi 3 into your HDTV, you could watch BluRay quality video, using H.264 at 40Mbits/s



The biggest change that has been enacted with the Raspberry Pi 3 is an upgrade to a next generation main processor and improved connectivity with Bluetooth Low Energy (BLE) and BCM43143 Wi-Fi on board. Additionally, the Raspberry Pi 3 has improved power management, with an upgraded switched power source up to 2.5 Amps, to support more powerful external USB devices.



The Raspberry Pi 3's four built-in USB ports provide enough connectivity for a mouse, keyboard, or anything else that you feel the RPi needs, but if you want to add even more you can still use a USB hub. Keep in mind, it is recommended that you use a powered hub so as not to overtax the on-board voltage regulator. Powering the Raspberry Pi 3 is easy, just plug any USB power supply into the micro-USB port. There's no power button so the Pi will begin to boot as soon as power is applied, to turn it off simply remove power. The four built-in USB ports can even output up to 1.2A enabling you to connect more power hungry USB devices (This does require a 2Amp micro USB Power Supply)



On top of all that, the low-level peripherals on the Pi make it great for hardware hacking. The 0.1" spaced 40-pin GPIO header on the Pi gives you access to 27 GPIO, UART, I<sup>2</sup>C, SPI as well as 3.3 and 5V sources. Each pin on the GPIO header is identical to its predecessor the Model B+.

## SoC

Built specifically for the new Pi 3, the Broadcom BCM2837 system-on-chip (SoC) includes four high-performance ARM Cortex-A53 processing cores running at 1.2GHz with 32kB Level 1 and 512kB Level 2 cache memory, a VideoCore IV graphics processor, and is linked to a 1GB LPDDR2 memory module on the rear of the board.



## GPIO

The Raspberry Pi 3 features the same 40-pin general-purpose input-output (GPIO) header as all the Pis going back to the Model B+ and Model A+. Any existing GPIO hardware will work without modification; the only change is a switch to which UART is exposed on the GPIO's pins, but that's handled internally by the operating system.



Pin	Name	Signal	Pin	Name	Signal
01	3.3v	DC Power	02	DC Power	5v
03	GPIO2 (SDA)	I2C	04	DC Power	5v
05	GPIO3 (SCL)	I2C	06	Ground	
07	GPIO4 (GPIO_0)		08	(TXD0)	GPIO14
09	Ground		10	(RXD0)	GPIO15
11	GPIO17 (GPIO_1)		12	(GPIO_1)	GPIO18
13	GPIO27 (GPIO_2)		14	Ground	
15	GPIO22 (GPIO_3)		16	(GPIO_3)	GPIO19
17	3.3v	DC Power	18	(GPIO_3)	GPIO24
19	GPIO18 (GPIO_4)		20	Ground	
21	GPIO28 (GPIO_5)		22	(GPIO_5)	GPIO25
23	GPIO21 (GPIO_6)		24	(GPIO_6)	GPIO16
25	Ground		26	(GPIO_6)	GPIO17
27	IO_S0 (GPIO_7)		28	(GPIO_7)	GPIO20
29	GPIO10		30	Ground	
31	GPIO9		32	GPIO2	
33	GPIO13		34	Ground	
35	GPIO19		36	GPIO16	
37	GPIO26		38	GPIO20	
39	Ground		40	GPIO21	

## USB chip

The Raspberry Pi 3 shares the same SMSC LAN9514 chip as its predecessor, the Raspberry Pi 2, adding 10/100 Ethernet connectivity and four USB channels to the board. As before, the SMSC chip connects to the SoC via a single USB channel, acting as a USB-to-Ethernet adaptor and USB hub.

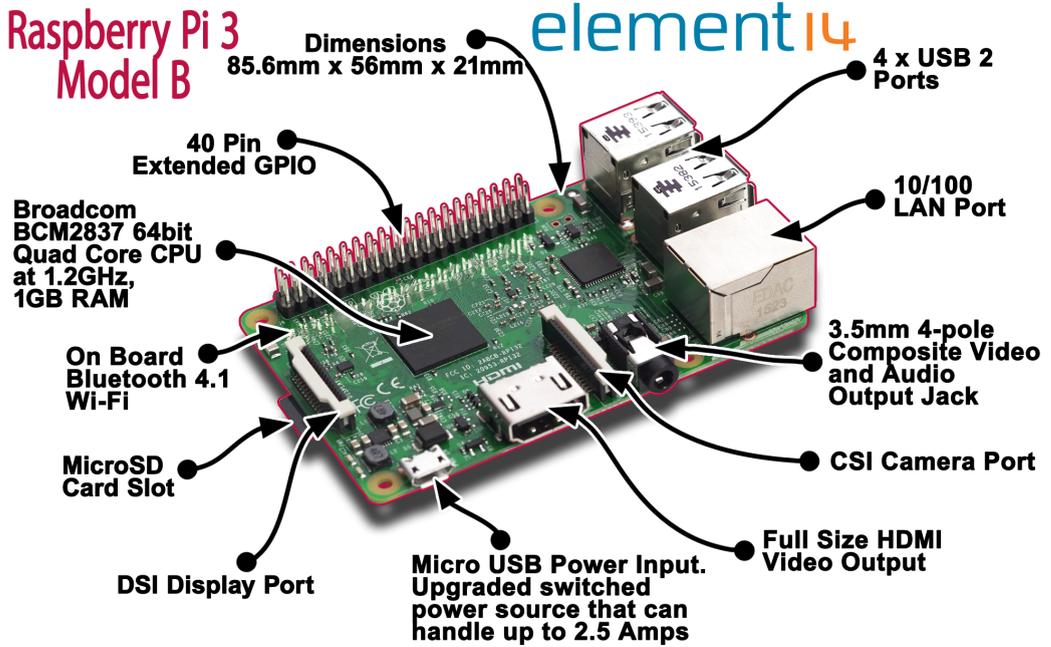


## Antenna

There's no need to connect an external antenna to the Raspberry Pi 3. Its radios are connected to this chip antenna soldered directly to the board, in order to keep the size of the device to a minimum. Despite its diminutive stature, this antenna should be more than capable of picking up wireless LAN and Bluetooth signals – even through walls.



## Raspberry Pi 3 Model B





<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>



<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

### Key Improvements from Pi 2 Model B to Pi 3 Model B:

- Next Generation QUAD Core Broadcom BCM2837 64bit ARMv7 processor
- Processor speed has increased from 900MHz on Pi 2 to 1.25Ghz on the RPi 3 Model B
- BCM43143 Wi-Fi on board
- Bluetooth Low Energy (BLE) on board
- Upgraded switched power source up to 2.5 Amps (can now power even more powerful devices over USB ports)

The main differences are the quad core 64-bit CPU and on-board Wi-Fi and Bluetooth. The RAM remains 1GB and there is no change to the USB or Ethernet ports. However, the upgraded power management should mean the Pi 3 can make use of more power hungry USB devices

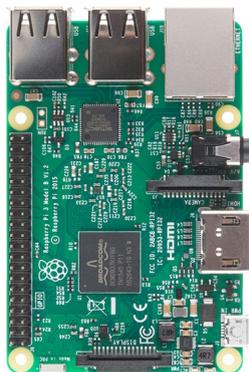
For Raspberry Pi 3, Broadcom have supported us with a new SoC, BCM2837. This retains the same basic architecture as its predecessors BCM2835 and BCM2836, so all those projects and tutorials which rely on the precise details of the Raspberry Pi hardware will continue to work. The 900MHz 32-bit quad-core ARM Cortex-A7 CPU complex has been replaced by a custom-hardened 1.2GHz 64-bit quad-core ARM Cortex-A53

In terms of size it is identical to the B+ and Pi 2. All the connectors and mounting holes are in the same place so all existing add-ons, HATs and cases should fit just fine although the power and activity LEDs have moved to make room for the WiFi antenna.

The performance of the Pi 3 is roughly 50-60% faster than the Pi 2 which means it is ten times faster than the original Pi.

All of the connectors are in the same place and have the same functionality, and the board can still be run from a 5V micro-USB power adapter. This time round, we're recommending a 2.5A adapter if you want to connect power-hungry USB devices to the Raspberry Pi.

Raspberry Pi 3 Model B



Raspberry Pi 2 Model B





element14



element14

<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>

<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

	Raspberry Pi 3 Model B	Raspberry Pi 2 Model B	Model B+	Model A+	Model A	CMDK
<b>Processor Chipset</b>	Broadcom BCM2837 64Bit ARMv7 Quad Core Processor powered Single Board Computer running at 1250MHz	Broadcom BCM2836 32bit ARMv7 Quad Core Processor powered Single Board Computer running at 900MHz	Broadcom BCM2835 32bit ARMv6 SoC full HD multimedia applications processor	Broadcom BCM2835 32bit ARMv6 SoC full HD multimedia applications processor	Broadcom BCM2835 32bit ARMv6 SoC full HD multimedia applications processor	Broadcom BCM2835 32bit ARMv6 SoC full HD multimedia applications processor
<b>GPU</b>	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV
<b>Processor Speed</b>	QUAD Core @1250 MHz	QUAD Core @900 MHz	Single Core @700 MHz	Single Core @700 MHz	Single Core @700 MHz	Single Core @700 MHz
<b>RAM</b>	1GB SDRAM @ 400 MHz	1GB SDRAM @ 400 MHz	512 MB SDRAM @ 400 MHz	256 MB SDRAM @ 400 MHz	256 MB SDRAM @ 400 MHz	512 MB SDRAM @ 400 MHz
<b>Storage</b>	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	SDCard	4GB eMMC
<b>USB 2.0</b>	4x USB Ports	4x USB Ports	4x USB Ports	1x USB Port	1x USB Port	1x USB Port
<b>Power Draw / voltage</b>	2.5A @ 5V	1.8A @ 5V	1.8A @ 5V	1.8A @ 5V	1.2A @ 5V	1.8A @ 5V
<b>GPIO</b>	40 pin	40 pin	40 pin	40 pin	26 pin	120 pin
<b>Ethernet Port</b>	Yes	Yes	Yes	No	No	No
<b>Wi-Fi</b>	Built in	No	No	No	No	No
<b>Bluetooth LE</b>	Built in	No	No	No	No	No

## D.12. Hojas de datos SIMATIC S7-200 Siemens.

# SIEMENS

### Data sheet

### 6ES7214-1BD23-0XB0

\*\*\*Spare part\*\*\* SIMATIC S7-200, CPU 224 Compact unit, AC power supply 14 DI DC/10 DO relay, 8/12 KB progr./8 KB data, PROFIBUS DP expandable



Figure similar

Supply voltage	
Rated value (AC)	
• 120 V AC	Yes
• 230 V AC	Yes
Load voltage L+	
• Rated value (DC)	24 V
• permissible range, lower limit (DC)	5 V
• permissible range, upper limit (DC)	30 V
Load voltage L1	
• Rated value (AC)	100 V; 100 V AC to 230 V AC
• permissible range, lower limit (AC)	5 V
• permissible range, upper limit (AC)	250 V
• permissible frequency range, lower limit	47 Hz
• permissible frequency range, upper limit	63 Hz
Input current	
Inrush current, max.	20 A; at 264 V

from supply voltage L1, max.	200 mA; 30 to 100 mA (240 V); 60 to 200 mA (120 V); output current for expansion modules (5 V DC) 600 mA
<b>Encoder supply</b>	
24 V encoder supply	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 V</li> <li>• Short-circuit protection</li> <li>• Output current, max.</li> </ul>	<p>Yes; Permissible range: 20.4V to 28.8V</p> <p>Yes; electronic at 280 mA</p> <p>280 mA</p>
<b>Power loss</b>	
Power loss, typ.	10 W
<b>Memory</b>	
Number of memory modules (optional)	1; pluggable memory module, content identical with integral EEPROM; can additionally store recipes, data logs and other files
<b>Work memory</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• integrated (for program)</li> <li>• integrated (for data)</li> </ul>	<p>12 kbyte; 8 KB with active run-time edit</p> <p>8 kbyte</p>
<b>Backup</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• present</li> </ul>	Yes; Program: Entire program maintenance-free on integral EEPROM, programmable via CPU; data: Entire DB 1 loaded from PG/PC maintenance-free on integral EEPROM, current values of DB 1 in RAM, retentive memory bits, timers, counters, etc. maintenance-free via high-performance capacitor; optional battery for long-term buffering
<b>Battery</b>	
Backup battery	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Backup time, max.</li> </ul>	100 h; (min. 70 h at 40 °C); 200 days (typ.) with optional battery module
<b>CPU processing times</b>	
for bit operations, max.	0.22 µs
<b>Counters, timers and their retentivity</b>	
<b>S7 counter</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Number</li> </ul>	256
<b>Retentivity</b>	
— adjustable	Yes; via high-performance capacitor or battery
— lower limit	1
— upper limit	256
<b>Counting range</b>	
— lower limit	0
— upper limit	32 767
<b>S7 times</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Number</li> </ul>	256
<b>Retentivity</b>	

— adjustable	Yes; via high-performance capacitor or battery
— upper limit	64
<b>Time range</b>	
— lower limit	1 ms
— upper limit	54 min; 4 timers: 1 ms to 30 s; 16 timers: 10 ms to 5 min; 236 timers: 100 ms to 54 min
<b>Data areas and their retentivity</b>	
<b>Flag</b>	
• Number, max.	32 byte
• Retentivity available	Yes; M 0.0 to M 31.7
• of which retentive with battery	0 to 255, via high-performance capacitor or battery, adjustable
• of which retentive without battery	0 to 112 in EEPROM, adjustable
<b>Hardware configuration</b>	
Number of expansion units, max.	7; Only expansion modules of the S7-22x series can be used. Due to the limited output current, the use of expansion modules may be limited.
connectable programming devices/PCs	SIMATIC PG/PC, standard PC
<b>Expansion modules</b>	
• Analog inputs/outputs, max.	35; max. 28 inputs and 7 outputs (EM) or max. 0 inputs and 14 outputs (EM)
• Digital inputs/outputs, max.	168; max. 94 inputs and 74 outputs (CPU + EM)
• AS-Interface inputs/outputs, max.	62; AS-Interface A/B slaves (CP 243-2)
<b>Digital inputs</b>	
Number of digital inputs	14
Source/sink input	Yes; optionally, per group
<b>Input voltage</b>	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "0"	0 to 5 V
• for signal "1"	min. 15 V
<b>Input current</b>	
• for signal "1", typ.	2.5 mA
<b>Input delay (for rated value of input voltage)</b>	
for standard inputs	
— parameterizable	Yes; all
— at "0" to "1", min.	0.2 ms
— at "0" to "1", max.	12.8 ms
for interrupt inputs	
— parameterizable	Yes; I 0.0 to I 0.3
for technological functions	
— parameterizable	Yes; (E 0.0 to E 1.5) 30 kHz
<b>Cable length</b>	

• shielded, max.	500 m; Standard input: 500 m, high-speed counters: 50 m
• unshielded, max.	300 m; not for high-speed signals

Digital outputs	
Number of digital outputs	10; Relays
Short-circuit protection	No; to be provided externally
Switching capacity of the outputs	
• with resistive load, max.	2 A
• on lamp load, max.	200 W; 30 W with DC, 200 W with AC
Output voltage	
• for signal "1", min.	L+L1
Output current	
• for signal "1" rated value	2 A
• for signal "0" residual current, max.	0 mA
Output delay with resistive load	
• "0" to "1", max.	10 ms; all outputs
• "1" to "0", max.	10 ms; all outputs
Parallel switching of two outputs	
• for uprating	No
Switching frequency	
• of the pulse outputs, with resistive load, max.	1 Hz
Total current of the outputs (per group)	
all mounting positions	
— up to 40 °C, max.	10 A
horizontal installation	
— up to 55 °C, max.	10 A
Relay outputs	
• Number of relay outputs	10
• Number of operating cycles, max.	10 000 000; mechanically 10 million, at rated load voltage 100 000
Cable length	
• shielded, max.	500 m
• unshielded, max.	150 m
Analog inputs	
Number of analog potentiometers	2; Analog potentiometer; resolution 8 bit
Encoder	
Connectable encoders	
• 2-wire sensor	Yes
— permissible quiescent current (2-wire sensor), max.	1 mA
1. Interface	
Interface type	Integrated RS 485 interface
Physics	RS 485

Protocols	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• MPI</li> </ul>	Yes; As MPI slave for data exchange with MPI masters (S7-300/S7-400 CPUs, OPs, TDs, Push Button Panels); S7-200-internal CPU/CPU communication is possible in the MPI network with restrictions; transmission rates: 19.2/187.5 kbit/s
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPI</li> </ul>	Yes; with PPI protocol for program functions, HMI functions (TD 200, OP), S7-200-internal CPU/CPU communication ; transmission rates 9.6/19.2/187.5 kbit/s
<ul style="list-style-type: none"> <li>• serial data exchange</li> </ul>	Yes; As freely programmable interface with interrupt facility for serial data exchange with third-party devices with ASCII protocol transfer rates: 1.2 / 2.4 / 4.8 / 9.6 / 19.2 / 38.4 / 57.6 / 115.2 kbps; the PC/PPI cable can also be used as RS 232/RS 485 converter
MPI	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmission rate, min.</li> </ul>	19.2 kbit/s
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmission rate, max.</li> </ul>	187.5 kbit/s
Integrated Functions	
Number of counters	6; High-speed counters (30 kHz each), 32 bit (incl. sign), can be used as up/down counters or for connecting 2 incremental encoders with 2 pulse trains offset by 90° (max. 20 kHz (A/B counters)); parameterizable enable and reset input; interrupt facilities (incl. call of subroutine with any content) when the setpoint is reached; reversal in counting direction, etc.
Counting frequency (counter) max.	30 kHz
Number of alarm inputs	4; 4 rising edges and/or 4 falling edges
Potential separation	
Potential separation digital inputs	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• between the channels</li> </ul>	Yes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• between the channels, in groups of</li> </ul>	6 and 8
Potential separation digital outputs	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• between the channels</li> </ul>	Yes; Relays
<ul style="list-style-type: none"> <li>• between the channels, in groups of</li> </ul>	3 and 4
Permissible potential difference	
between different circuits	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC; 1500 V AC between 24 V DC and 230 V AC
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• horizontal installation, min.</li> </ul>	0 °C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• horizontal installation, max.</li> </ul>	55 °C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• vertical installation, min.</li> </ul>	0 °C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• vertical installation, max.</li> </ul>	45 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• permissible range, lower limit</li> </ul>	860 hPa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• permissible range, upper limit</li> </ul>	1 080 hPa

<b>Relative humidity</b>	
• Operation, min.	5 %
• Operation, max.	95 %; RH class 2 in accordance with IEC 1131-2
<b>Configuration</b>	
<b>Programming</b>	
• Command set	Bit logic instructions, compare instructions, timer instructions, counter instructions, clock instructions, transmissions instructions, table instructions, logic instructions, shift and rotate instructions, conversion instructions, program control instructions, interrupt and communications instructions, logic stack instructions, integer maths, floating-point math instructions, numerical functions
• Program processing	free cycle (OB 1), interrupt-controller, time-controlled (1 to 255 ms)
• Program organization	1 OB, 1 DB, 1 SDB subroutines with/without parameter transfer
• Number of subroutines, max.	64
<b>Programming language</b>	
— LAD	Yes
— FBD	Yes
— STL	Yes
<b>Know-how protection</b>	
• User program protection/password protection	Yes; 3-stage password protection
<b>Connection method</b>	
Plug-in I/O terminals	Yes
<b>Dimensions</b>	
Width	120.5 mm
Height	80 mm
Depth	62 mm
<b>Weights</b>	
Weight, approx.	410 g
<b>last modified:</b>	07/10/2020