

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### DATOS INFORMATIVOS

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Interdisciplinario

Título del proyecto:

**Pirolisis rápida de Biomasa para la producción de bio-aceite y transformación del bio-aceite a gasolina usando zeolitas**

Investigación básica  Investigación aplicada  Investigación pedagógica  Innovación

**DEPARTAMENTO(S):**

**1. Departamento de Ingeniería Química**

**2. Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes De Información**

**LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):**

- 1. Recursos Orgánicos**
- 2. Software De Telecomunicaciones**

#### Resumen de información del director y colaboradores del proyecto

Director

Apellidos y nombres	Departamento	Título de mayor nivel (Ing., M.Sc., Ph.D)
Taco Vásquez Sebastián Aníbal	Dep. de Ingeniería Química	PhD

Colaborador(es)

Apellidos y nombres	Departamento	Título de mayor nivel Ing., M.Sc., Ph.D)
Chico Proaño Andrés Gabriel	Dep. de Ingeniería Química	M.Sc.
Yacelga Pinto Marco Esteban	Dept. de Electrónica, Telecomunicaciones Y Redes De Información	M.Sc.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Inter Disciplinario x

Investigación Básica  Investigación Aplicada x Investigación Pedagógica  Innovación

### DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Ingeniería Química
2. Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información

### LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Recursos Orgánicos
2. Software De Telecomunicaciones

### 1 Proyecto de Investigación

**Título:** Pirólisis rápida de biomasa lignocelulósica para la producción de bio-aceite y transformación del bio-aceite a gasolina usando zeolitas

**Resumen del proyecto** (máximo 200 palabras)

Los hidrocarburos (gasolinas) pueden ser producidos a partir de biomasa mediante varias plataformas: enzimática con formación de azúcares, termoquímica como la gasificación y pirólisis y plataforma carboxilica. Este proyecto investiga la producción de hidrocarburos a través de la ruta termoquímica usando pirólisis rápida seguida de catálisis heterogénea. La figura 1 muestra todos los procesos que se le hará a la biomasa para transformarla en gasolina. El proceso se lo puede dividir en dos partes: A) pirólisis rápida de la biomasa para producir bio-aceite. La pirólisis rápida consiste en calentar la biomasa en una atmosfera reducida (sin oxígeno) a temperaturas mayores a 400 °C para la producción de bio-aceite y bio-carbón. Luego, los productos de la reacción son llevados a un ciclón para eliminar el bio-carbón y finalmente a un condensador para obtener el bio-aceite líquido y B) transformación del bio-aceite a gasolina usando un reactor de lecho empacado con zeolita. Primero, el bio-aceite se lo destila para deshacernos del alquitrán. Finalmente con un bio-aceite más puro, se lo transforma a gasolina usando un reactor de lecho empacado con zeolitas tipo HZSM-5. El catalizador es resistente a desactivarse y elimina los componentes oxigenados del bio-aceite produciendo hidrocarburos en el rango de una gasolina (C5-C12).

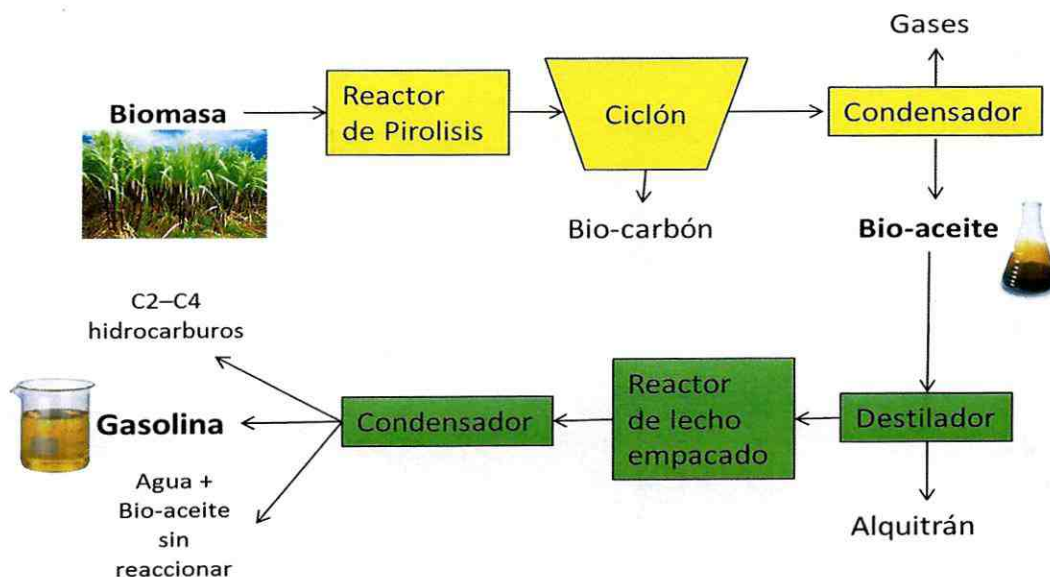


Figura 1 Esquema del Proceso de Pirólisis y reacción catalítica del bio-aceite

Palabras clave (4-6): Pirólisis rápida, Biomasa, Gasolina, Zeolitas, Reactor empacado



2	<p><b>Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación</b></p> <p><b>2.1 Objetivos</b></p> <p><b>2.1.1 Objetivo General</b></p> <p>Transformar biomasa a gasolina usando pirólisis rápida y catálisis heterogénea con zeolitas tipo HZSM-5</p> <p><b>2.1.2 Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Construir el sistema de pirólisis rápida para transformar biomasa a bio-aceite</li><li>b) Evaluar el rendimiento y la calidad de bio-aceite a partir de diferentes tipos de biomasa y distintas temperaturas de reacción.</li><li>c) Generar perfiles de concentración de los bio-aceites en un GC-MS (cromatógrafo con espectrómetro de masas)</li><li>d) Evaluar la transformación del bio-aceite a gasolina usando como catalizador zeolita en un reactor de lecho empacado a diferentes condiciones de reacción de temperatura y WHSV (velocidad espacial)</li><li>e) Generar perfiles de concentración de las gasolinas obtenidas en un GC-MS</li></ul> <p><b>2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Sistema funcional de pirólisis rápida de biomasa con sus tres partes: 1) reactor, 2) ciclón y 3) condensador</li><li>b) Conocer que biomasa y cuál es la temperatura óptima de reacción para tener un bio-aceite más refinado que pueda ser transformado a gasolina con mayor facilidad.</li><li>c) Perfiles de concentración de todos los productos obtenidos del bio-aceite.</li><li>d) Mejores condiciones de reacción de temperatura y WHSV (velocidad espacial) para la transformación de bio-aceite a gasolina.</li><li>e) Perfiles de concentración de todas las gasolinas obtenidas para definir qué biomasa y qué condiciones se necesita para obtener una mezcla de hidrocarburos similar a una gasolina comercial.</li></ul>
3	<p><b>Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación</b></p> <p>La biomasa es uno de los recursos renovables más abundantes que existen en el Ecuador. La materia prima que se ha transformado con éxito comercialmente a combustibles han sido plantas de almidón (como por ejemplo: grano de maíz) y azúcares (caña de azúcar) para la producción de etanol. Para la producción de biodiesel por otra parte, plantas aceitosas (por ejemplo: soya y palma) han sido transformadas a biodiesel. El maíz, la caña de azúcar y soya están clasificadas como biomasa de primera generación. Esta materia prima usada es de mayor costo y está en competencia con la industria alimenticia. Por otra parte, la materia prima lignocelulósica (especies forrajeras, desechos agrícolas, etc.) es más difícil de procesar y obtener combustibles pero es más barata y abundante. Esta biomasa está categorizada como de segunda generación. La transformación de biomasa lignocelulósica a combustibles está en una fase de investigación en el mundo; sin embargo, no se ha llevado comercialmente con éxito. Esta biomasa lignocelulósica es abundante en el país, por ejemplo: especies forrajeras como pastos, acacia, alfalfa, etc.[9] Existen varias rutas para la transformación de lignocelulosa a combustibles y químicos.</p>



Los hidrocarburos pueden ser producidos a partir de biomasa mediante varias rutas: enzimática con formación de azúcares, termoquímica como gasificación y pirólisis rápida y la plataforma carboxílica. Este proyecto investiga la producción de hidrocarburos a partir de biomasa por el proceso de pirólisis rápida.

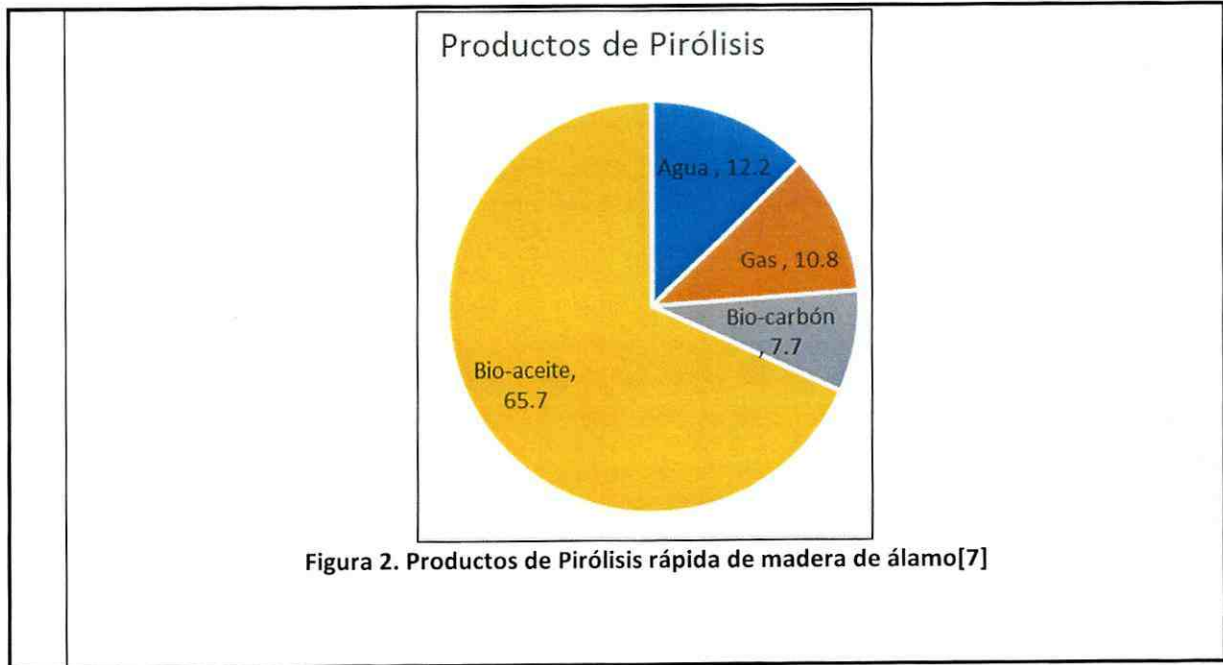
Toda biomasa tiene en su estructura carbón, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y minerales. El objetivo de la investigación en biocombustibles es eliminar el oxígeno, nitrógeno y trazas de minerales, para tener una mezcla solo de hidrocarburos (carbón e hidrógeno). Además se prefiere que estos hidrocarburos sean líquidos o gases para un mejor transporte. Se prefiere un combustible líquido ya que puede ser usado en un motor de combustión interna. La pirólisis rápida, transforma la biomasa sólida (compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina) a bio-aceite, agua, gases y bio-carbón como lo muestra la Figura 2, en la cual se observan los productos de una pirólisis rápida de una madera de álamo [7]. Se puede ver que el producto más abundante de la pirólisis es el bio-aceite con 65.7%. Lo que demuestra que es un buen proceso para obtener combustibles líquidos. Este porcentaje de bio-aceite varía dependiendo el tipo de biomasa que se queme; sin embargo, el rendimiento de bio-aceite es el componente más abundante para pirólisis rápida.

La biomasa a utilizarse en este proyecto es desecho agrícola lo cual es importante ya que no se compite con la industria alimenticia. Entre la biomasa que se va a utilizar esta la torta residual de la palma africana o del piñón que proviene de la extracción del aceite. Estas tortas se las utilizan actualmente como alimento para ganado o es desechada. Por otra parte la biomasa como la cascarilla de arroz se la quema para calefacción o como leña. Los desechos del banano por otra parte se lo utiliza como compost o abono orgánico el cual tiene un bajo valor agregado. La visión de este proyecto es crear un centro de acopio cerca de las plantaciones agrícolas donde va a estar instalado un reactor de pirólisis. Se recolectará el desecho agrícola de las plantaciones y este desecho se lo pirolizará. Una vez obtenido el bio-aceite se lo transportará a una planta central ubicada probablemente en una ciudad grande como Quito y se lo procesará para convertirlo en hidrocarburo (gasolina). El horno de pirólisis se lo diseñará usando como energía la misma biomasa. Este horno tiene que ser simple conectado a un ciclón y un condensador que funcione con agua de la llave. La pirólisis es un proceso más simple por lo que puede llevarse a distintas partes del país. El principal objetivo de este proyecto es encontrar las mejores condiciones de reacción para las distintas biomásas mencionadas a escala laboratorio y después con estos datos otras entidades puedan llevarlas a un nivel de planta piloto diseñando los equipos. Este proyecto tiene un alto impacto económico y social en la búsqueda de nuevas rutas de obtención de combustibles para Ecuador y el mundo.

El objetivo de este proyecto es transformar cualquier biomasa, especialmente de desechos agrícolas, a una mezcla similar a una gasolina comercial. El proceso propuesto se divide en dos partes a) Pirólisis rápida para obtener el bio-aceite y b) transformación de bio-aceite a gasolina usando un reactor de lecho empacado con zeolitas.

El primer objetivo es convertir biomasa a bio-aceite a través de pirólisis. Aunque hay una gran cantidad de publicaciones científicas sobre la producción de biomasa a bio-aceite, este proyecto pretende hacer un estudio de la biomasa más abundante en el Ecuador. Especialmente se utilizará biomasa que sean desechos agrícolas producidos en el Ecuador. Por ejemplo, la cascarilla de arroz es el desecho agrícola más abundante en el país, y será estudiada en este proyecto [10].

El segundo objetivo es convertir ese bio-aceite en hidrocarburos o gasolinas. El proceso más utilizado es la catálisis heterogénea con el uso de zeolitas. Para ello se utilizará un catalizador sólido en un reactor de lecho empacado. Este reactor ya se encuentra en el laboratorio de Termodinámica en el Departamento de Ingeniería Química. También hay una gran cantidad de publicaciones científicas sobre la producción de hidrocarburos a partir de compuestos del bio-aceite. Sin embargo, este proyecto proporcionará un análisis detallado de las gasolinas obtenidas con el uso del GC-MS.



<b>4</b>	<b>Productos esperados</b>	
	a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X
	b. Disertación a la Comunidad Politécnica;	X
	c. Proyecto de Titulación;	X
	d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);	X
	e. Aplicación tecnológica construida o implementada;	X
	f. Patente presentada;	X
	g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	X

<b>5</b>	<b>Descripción y metodología y diseño del proyecto</b>
----------	--



### 5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

Este proyecto se divide en dos partes: a) la transformación de la biomasa a bio-aceite mediante pirólisis rápida y b) transformación del bio-aceite a gasolina en un reactor de lecho empacado con la utilización de zeolitas.

#### *Transformación de biomasa a bio-aceite con pirólisis rápida*

La pirólisis rápida consta de tres partes: a) reactor pirolítico, b) ciclón y c) condensador [1]. El reactor pirolítico para este proyecto será un horno de microondas de calcinación. Este horno microondas de calcinación permitirá controlar la temperatura de pirólisis de una mejor manera. El rango de temperaturas de pirólisis que se va a trabajar será de 400 – 600 °C [2]. Este horno es muy útil para pirólisis rápida ya que llega a esas temperaturas rápidamente. Este horno además se lo conectará termocuplas externas para monitorear en tiempo real la temperatura de pirólisis. Se utilizará el software LabView para este monitoreo. Este proceso se lo hará con la ayuda del Departamento de Ingeniería Electrónica

Se escogió un horno microondas para pirólisis debido principalmente por su corto tiempo de calentamiento. Para garantizar la producción de bio-aceite se procura tener tiempos cortos de calentamiento y altas temperaturas de manera que el rendimiento de bio-oil sea el máximo para cada biomasa estudiada. Los métodos tradicionales de calentamiento tales como los hornos de resistencia eléctrica requieren de tiempos prolongados para alcanzar las temperaturas de pirólisis lo que ocasiona la descomposición o degradación térmica de la biomasa y reduce el rendimiento del bio-aceite. Además este horno de microondas es más preciso en alcanzar la temperatura deseada al set point.

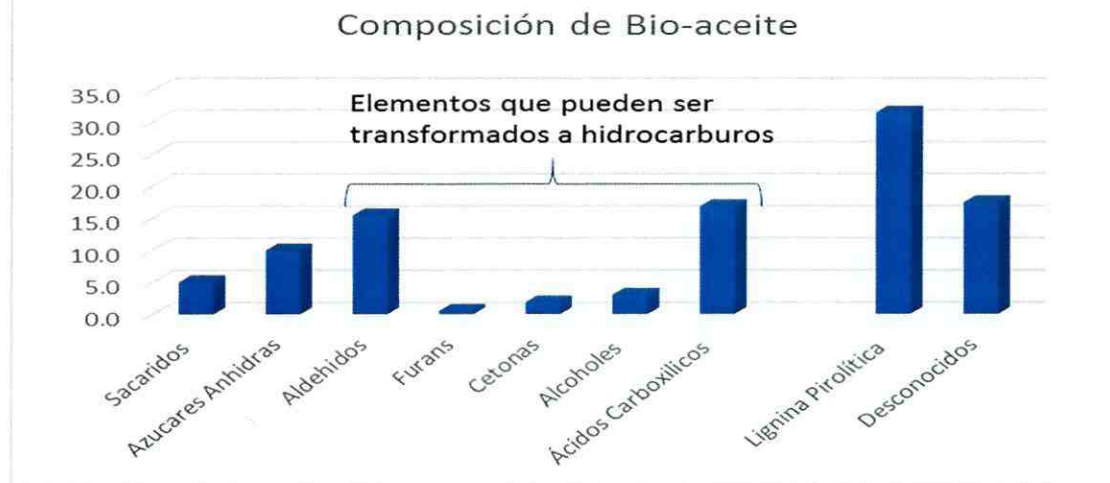
La biomasa a utilizarse en este proyecto va a ser desecho agrícola, de preferencia que sea abundante en el Ecuador y obviamente lignocelulósica. Para este proyecto se va a utilizar desechos aceitosos como la: torta residual de piñón, palma, e higuerilla. Estas dan un mejor rendimiento de bio-aceite. Además por su abundancia en el Ecuador los desechos agrícolas como cascarilla de arroz y desechos del banano van a ser estudiados también.

Después que la Biomasa es pirolisada, los productos van hacia un ciclón. El ciclón separará el bio-carbón de los productos de la pirólisis. Este carbón por diferencia de densidades va a salir por el fondo. El ciclón es de forma cónica metálica donde los sólidos saldrán por la parte inferior y los gases y líquidos saldrán por la parte superior. [3,8]

El bio-aceite y gases que salen por la parte superior del ciclón se los lleva a un condensador para llevarlos a un estado líquido. La condensación va a ser por al menos 2 etapas. El primer condensador va a ocupar agua de la llave a 20 °C y se recolectará una parte del bio-aceite. El segundo condensador va a ocupar una mezcla de etilen-glicol y agua y se lo llevará a temperaturas menores a 0°C y recolectará el resto de bio-aceite

El bio-aceite contiene cientos de diferentes compuestos, especialmente oxigenados. La Figura 3 muestra las concentraciones de una muestra de bio-aceite proveniente de la pirólisis de una madera de álamo. Los elementos más abundantes son: Lignina pirolítica (30%), Ácidos carboxílicos (15%) y Aldehídos (15%) [7]. Esta concentración de bio-aceite varía dependiendo de la temperatura y el tipo de biomasa que se utilice. Es por ello, que se hará experimentos con distintas biomasa variando la temperatura. El bio-aceite se lo analizará en un cromatógrafo con espectrómetro de masas (GC-MS).

El bio-aceite es orgánico polar lo que significa es inmisible con hidrocarburos. Esta característica es muy importante ya que cuando se lo haga reaccionar con la zeolita, el producto aceitoso formará dos fases con la fase acuosa.



**Figura 3. Composición de Bioaceite obtenido de madera de álamo [7]**

*Transformación del bio-aceite a gasolina en un reactor de lecho empacado con la utilización de zeolitas.*

Como se indicó en la Figura 1, una vez obtenido el bio-aceite se lo va a destilar para eliminar los alquitranes que son la lignina pirolítica [1]. Estos alquitranes pueden desactivar el catalizador del proceso subsiguiente. Además, estos alquitranes pueden taponar las tuberías y ensuciar los equipos.

Una vez que se obtiene el bio-aceite destilado se lo lleva a un reactor de lecho empacado para producir hidrocarburos. Esta transformación del bio-aceite a gasolina se da en un reactor de lecho empacado con zeolitas [4]. La zeolita escogida para este proceso será del tipo HZSM-5, la cual debido a su tamaño de poro de 0.5 nm es perfecta para producir hidrocarburos en el rango de gasolina (C5-C12). [5,6] La zeolita HZSM-5 viene en diferentes relaciones de sílica/alúmina, para este reacción se utilizará zeolita HZSM-5 de Si/Al de 280, 80, y 30. A menor número de relación de sílica alúmina más reactiva es la zeolita, pero tiende a desactivarse más rápido. Para este proceso se utilizarán todas las diferentes zeolitas de HZSM-5 para ver cuál es más efectiva transformando el bio-aceite a gasolina.

Se escogió la zeolita HZSM-5 para el reactor de lecho empacado por dos principales razones: a) esta zeolita produce hidrocarburos en el rango de gasolina y b) esta zeolita es muy resistente a la deactivación lo que significa que puede pasar muchas horas en el reactor antes de que se tenga a que reactivarla de nuevo. La zeolita HZSM-5 ha sido utilizada comercialmente a gran escala en Nueva Zelanda para la transformación de metanol a gasolina en el año 1984. El proceso fue exitoso por cuatro años mientras duraba el embargo al petróleo de los países árabes. Sin embargo, después de ese tiempo el embargo se levantó con lo cual la oferta de petróleo también aumento y finalmente la planta de metanol a gasolina fue cerrada. Esto demuestra la capacidad del catalizador HZSM-5 para llevarlo comercialmente ya que no se desactiva con facilidad y produce gasolina por su tamaño de poro.

La unidad del reactor que se encuentra en el laboratorio de Termodinámica (Figura 4) consiste en un reactor de lecho empacado, un precalentador, una bomba de jeringa, tubos de conexión y válvulas. El reactor y las tuberías están construidas de acero inoxidable tipo 316. Para vaporizar el ingreso del bio-aceite, la bomba inyecta líquido en el precalentador, que opera alrededor de 420 °C. Entonces, el vapor del reactante ingresa en el reactor donde entra en contacto con el catalizador HZSM-5 y reacciona. Tanto el reactor como el precalentador se calientan mediante resistencias, que asegura que todos los productos están en fase gaseosa. Por último, un condensador enfriado con hielo separa líquidos de gas. El gas va a un ducto de escape mientras que el líquido se recoge. El líquido tendrá dos fases: a) fase orgánica en la parte superior donde están los hidrocarburos o la gasolina y b) fase de agua con bio-aceite que no reaccionó. [10] Estas dos fases se separarán mediante un embudo de separación. La fase aceitosa de hidrocarburos se llevará para un análisis en el GC-MS y cálculo de poder calórico. El análisis en el GC-MS es necesario para saber cualitativamente y cuantitativamente que compuestos fueron producidos en la gasolina.

El poder calórico de las muestras sea de bio-aceite o gasolina se lo hará en el Laboratorio de Termodinámica que estoy a cargo, en donde se encuentra la bomba calorimétrica. La bomba calorimétrica consta de un tanque de oxígeno, un sistema de calentamiento de agua y una termocupla como principales partes. El método a utilizarse es la norma ASTM D2015-77. El cálculo del poder calórico se basa en el cambio de temperatura que sufre el agua una vez que se quema la muestra. El procedimiento para calcular el poder calórico de una muestra dura alrededor de 20 min.

El cromatógrafo con espectrómetro de masas (GC-MS) es un dispositivo que nos da cualitativamente y cuantitativamente el análisis de una muestra (bio-aceite o gasolina). El cromatógrafo usa un gas de barrido que por lo general es helio a través de una columna capilar en donde se separan los compuestos (más livianos salen primero y los más pesados salen después). El cromatógrafo mide la señal de salida formando picos de concentración a diferente tiempos de residencia. El espectrómetro de masa en cambio nos indica que compuesto representa ese pico de respuesta. En conclusión este análisis nos da una respuesta cuantitativa con el GC y cualitativa con el MS. Uno de los factores importantes es el escoger bien la columna capilar. Para gasolina o hidrocarburos se escoge una columna HP10 o HP5 en cambio para el bio-aceite es necesario usar una columna capilar menos polar. El escoger la columna adecuada permite que haya una separación mejor de los compuestos y que sea más exacta el análisis cuantitativo de la muestra.

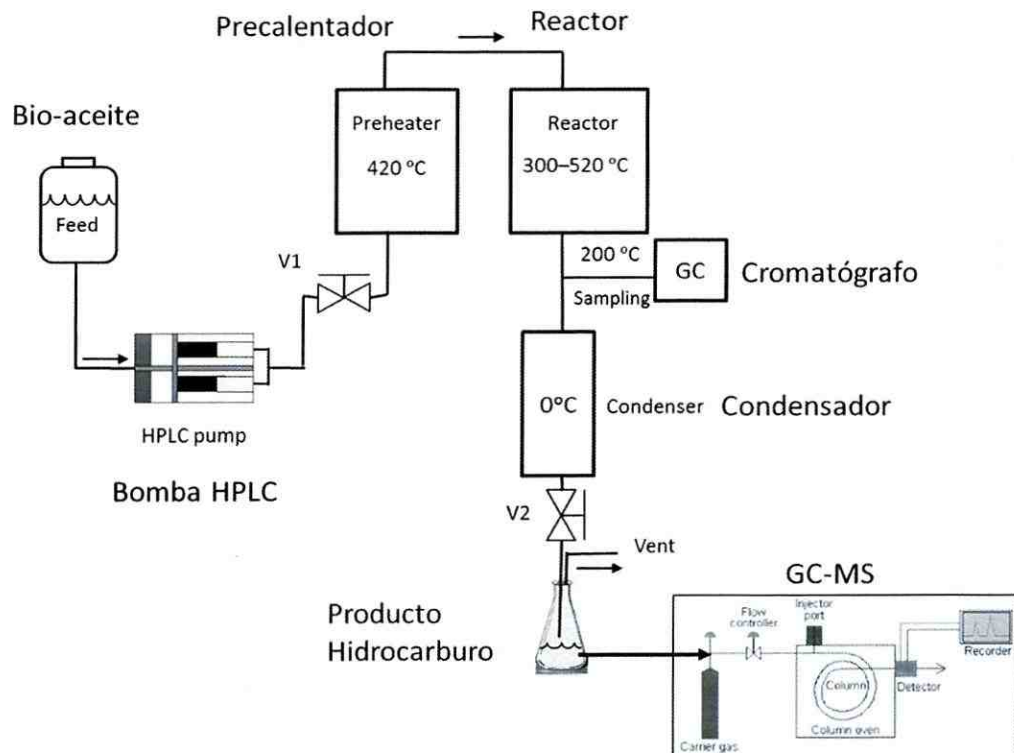


Figura 4. Diagrama esquemático de la unidad del reactor para la transformación de bio-aceite a gasolina. [9]





**Referencias Bibliográficas:**


1. Bridgwater A. V. 1991. Biomass Pyrolysis Liquids Upgrading And Utilisation, First Edition, New York US: Elsevier
2. Brown Robert C. 2011. Thermochemical Processing of Biomass, First Edition. United Kingdom. Wiley Series in Renewable Resources
3. Donald S. Scott, Jan Piskorz, Maurice A. Bergougnou, Robert Graham, and Ralph P. Overend The role of temperature in the fast pyrolysis of cellulose and wood. - *Ind Eng Chem Res.* 1988. (- 1):- 8. doi: - 10.1021/ie00073a003.
4. Fuhse J, Friedhelm B. Conversion of organic oxygen compounds and their mixtures on HZSM-5. *Chem. Eng. Technol.* 1987;10:323–329.
5. Gayubo A. Transformation of oxygenate components of biomass pyrolysis oil on a HZSM-5 zeolite. H. Aldehydes, ketones, and acids. *Industrial & Engineering Chemistry Research.* 2004;43(11):2619-2626.
6. Gayubo A, Aguayo A, Atutxa A, Aguado R, Bilbao J. Transformation of oxygenated components of biomass pyrolysis oil on a HZSM-5 zeolite. I alcohols and phenols. *Kinetics, Catalysis and Reaction Engineering.* 2004;43:2610–2618.
7. Piskorz, J., et al. In *Pyrolysis Oils from Biomass* Soltes, E.J., Milne, T. A., Eds., ACS Symposium Series 376, 1988
8. Prabir Basu 2013 *Biomass Gasification, Pyrolysis, and Torrefaction Practical Design and Theory* Second Edition San Diego, CA US: Elsevier
9. Taco-Vasquez S, Holtzapple M. Transformation of Acetone and Isopropanol to Hydrocarbóns. Berlin: LAP LAMBERT Academic Publishing. Berlin, 2012: 76–84.
10. Taco-Vasquez S, Holtzapple M. Conversion of Isopropanol and Mixed-alcohols to Hydrocarbóns Using HZSM-5 Catalyst in the MixAlco™ Process. 2013; DOI 10.1002/aic.14008





**AÑO 3**

Nº	Actividad	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		Mes 5		Mes 6		Mes 7		Mes 8		Mes 9		Mes 10		Mes 11		Mes 12	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Construir el sistema de pirólisis rápida para transformar biomasa a bio-aceite																								
2	Evaluar el rendimiento y la calidad de bio-aceite a partir de diferentes tipos de biomasa y distintas temperaturas de	x	x	x	x	x	x																		
3	Analizar los diferentes bio-aceites en un GC-MS (cromatógrafo con espectrómetro de masas) generando	x	x	x	x	x	x	x																	
4	Evaluar la transformación del bio-aceite a gasolina usando como catalizador zeolita en un reactor de lecho empacado a	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5	Analizar las gasolinas en un GC-MS generando perfiles de concentración en Excel.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									

  
 Firma del Director del Proyecto  
 Nombre del Director del Proyecto



**6 Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.**

6.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.

Proyecto	Director	Colaboradores
PIMI	20 HSS	10 HSS

Nombre	Rol (director o colaborador)	Horas de dedicación	Departamento
Sebastián Taco Vásquez	Director	20	DIQ
Andrés Chico Proaño	Colaborador	6	DIQ
Marco Esteban Yacelga Pinto	Colaborador	3	Electrónica Tele. Y Redes

**6.2 Infraestructura y equipos**

1. Reactor de Lecho empacado: este reactor se encuentra en el Laboratorio de Termodinámica 4to piso del edificio de Eléctrica y Química
2. Bomba Calorimétrica: este reactor se encuentra en el Laboratorio de Termodinámica 4to piso del edificio de Eléctrica y Química

**6.3 Breve justificación del equipo requerido**


1. GC-MS. Es el equipo más importante ya que los análisis cuantitativos y cualitativos del bio-aceite y la gasolina se harán con este. El equipo se colocará en el Departamento de Ingeniería Química. En el laboratorio de Termodinámica
2. Horno de microondas por calcinación de pirólisis rápida. El equipo se colocará en el Departamento de Ingeniería Química. En el laboratorio de termodinámica

**6.4 Fondos Adicionales**

Ninguno

**7 Declaración del Director del Proyecto**

Declaro que la presente propuesta es de mi autoría y de los colaboradores mencionados y que no ha sido presentada en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del proyecto.

  
\_\_\_\_\_  
DIRECTOR DEL PROYECTO  
Nombre: Sebastián Taco, PhD  
CC:1714812201

Quito, 22 de Julio de 2016

**DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO**

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de ....., en sesión del día ..... mediante resolución No. .... Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.

\_\_\_\_\_  
JEFE DEL DEPARTAMENTO  
Nombre:  
CC:

Quito, de de 2016  
(lugar y fecha)