

# Materia energia y sostenibilidad MEDS



**GIATME**

Grupo de Investigación de Aprovechamiento  
Tecnológico de Materiales y Energía



**GIDMYM**

Grupo de Investigación en Diseño  
Mecánico y Materiales

2 edición



*Materia energía y sostenibilidad MEDS*

ISSN 2805-9344

<http://dx.doi.org/10.18180/memorias.2805-9344>

Edición 2

Editorial Universidad ECCI

Editor Luz Adriana Suárez Suárez

Diagramación

Leidy Katherin Moreno Guio

Publicación anual

[https://www.ecci.edu.co/es/Bogota/giatme-69?language\\_content\\_entity=es](https://www.ecci.edu.co/es/Bogota/giatme-69?language_content_entity=es)

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio  
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales  
2022

## Línea Insitucional MEDS

Materia, Energía y Desarrollo Sostenible: MEDS. Propiciar las condiciones para la apropiación, aplicación y generación de conocimiento alrededor de: La creación, procesamiento y aplicación de nuevos materiales y materiales convencionales. Energías renovables, energías alternativas, uso racional de la energía y planeamiento energético de materiales y manejo de energía que garanticen la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

### Grupo de Investigación en Materiales y Energía

GIATME es un grupo abierto a trabajar interdisciplinariamente, de acuerdo a la Convocatoria 833 de 2018 de COLCIENCIAS, está en categoría B, contando con 4 investigadores asociados y 5 investigadores junior.

El grupo ha sido fundamental para sustentar la apertura de programas de posgrado como las Maestría en Ingeniería y la Maestría de Materiales y Procesos, así como también en el pregrado de Ingeniería Química, y la renovación de registro calificado en los programas de la dirección de Ingeniería Mecánica. GIATME fue pionero en la organización de eventos científicos en la ECCI cuando junto a la Universidad Santo Tomas, la Universidad Libre y la ONG Akuaippa celebraron el “Primer Congreso de Energía Sostenible 2012”. Además se participa en la red Prideras, la red Enersos y la de Bioenergía.

### Grupo de Investigación en Diseño Mecánico y Materiales

La Línea de Investigación en Diseño Mecánico al interior de la Universidad ECCI se ha caracterizado por una interacción con el entorno empresarial afin a las carreras de Ingeniería Mecánica, lo cual le ha permitido influir por medio de proyectos de grado en el desarrollo de máquinas, mecanismos o dispositivos que suplen una necesidad específica. En relación de proyectos de investigación y desarrollo resaltan la relación universidad- empresa, como lo ha sido TNK, con la cual se desarrolló la ingeniería para el diseño de engranes en cajas de dirección. La relación del diseño mecánico con otras líneas de investigación es importante sobre todo la línea de Materiales y Procesos, el cual es un complemento ideal en la realización de proyectos como el anterior, en el cual la empresa busca llegar hasta la etapa de comercialización del producto..

### Fecha y hora

22 de Octubre de 2022

## Panelistas

### María Eugenia Taverna

pHD en ingeniería química. María Eugenia Taverna actualmente trabaja en el INTEC (UNL, CONICET), la Universidad Nacional del Litoral y la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco. María investiga en biopolímeros aplicados a la producción de composites, matriz de administración de fármacos e industria petrolera

### Juan Rafael García

Doctor en Ingeniería Química. Becario de posdoctorado de investigación en INCAPE (FIQ, UNL - CONICET). Industrias de Procesos (Químicos)

## Comité Organizador

*Hernando Curtidor Castellanos* , **Vicerrector de investigación**

*Claudia Natalia Lara*, **Director GIDMyM**

*Manuel Alejandro Mayorga Betancour*, **Director GIATME**

*Juan Pablo Mariscal*, **Docente ECCI**

*Luz Adriana Suárez Suárez* , **Editorial**

## Índice

### Aprovechamiento de residuos sólidos

*Maria Eugenia Taverna*

**1**

### Zeolitas jerárquicas: su impacto en la refinación de hidrocarburos y la valorización de residuos plásticos y biomásicos.

*Juan Rafael García*

**3**

# Aprovechamiento de residuos sólidos

María Eugenia Taverna  
Universidad ECCI, programa de ingeniería ambiental  
mariaeugeniataverna@gmail.com  
Bogotá, Colombia

## 1. Resumen

En la actualidad existe una problemática ambiental debida a una mala gestión de recursos naturales que deriva en un alto consumo de energía eléctrica, agua, combustibles fósiles, entre otros. En este sentido, es fundamental que las universidades contribuyan en términos de sostenibilidad a través de planes documentados. Así, a fin de optimizar el uso racional de recursos, se ha generado información del estado actual de un laboratorio de servicios de la Facultad. Estos datos, serán de utilidad en otros sectores de la institución y se trabajará en la mejora y uso racional de los recursos propios del laboratorio.

Por otro lado, existe un notable interés en el reemplazo de energías no renovables, procurando explotar recursos renovables de Argentina, específicamente residuos lignocelulósicos de la región Centro. La región Centro del país se caracteriza por disponer de varios residuos que pueden ser gasificadas para la producción de syngas, entre ellos espartillo, que es una gramínea que en etapas juveniles de la hoja puede ser aprovechada como forraje por el ganado.

Esta disertación, propone mostrar las estrategias sostenibles de la Universidad en el área de sostenibilidad y la posible generación de syngas mediante residuos lignocelulósicos en la región Centro de Argentina.

**Palabras clave** *Medio ambiente, sustentabilidad, gasificación*

## 2. Materiales y métodos

Los materiales y métodos se describen para:

**Buenas prácticas sustentables:** En este sentido se llevó adelante en la UTN Regional San Francisco la elaboración de un DIAGNÓSTICO INICIAL para valorar el conocimiento de la comunidad (estar al tanto de la situación de partida es imprescindible) y un PLAN DE ACCIÓN AMBIENTAL que nos permita, de una manera sostenible, planificar las acciones dirigidas a mejorar el medio ambiente de la Facultad. Además, se trabajó en conjunto con una institución de educación especial en el dictado de capacitaciones sobre medio ambiente.

**Gasificación de biomasa:** Se estudió la caracterización, acondicionamiento y gasificación del rastrojo de sorgo para la obtención de gas de síntesis (syngas) mediante el uso de un reactor de lecho fluidizado burbujeante a escala banco y autotérmico. En este equipo se gasificó rastrojo de sorgo azucarado (*Sorghum Saccharatum*, var. M81) cuyo acondicionamiento, involucró diferentes etapas previas al proceso de gasificación como picado, secado y tamizado. Se realizaron determinaciones proximales, análisis elemental (CHON), espectroscopia infrarroja (IR) y termogravimetría (TGA) de la materia prima.

### 3. Resultados

**Buenas prácticas sustentables:** Se destaca la importancia de capacitar sobre la separación de los residuos, destacando su importancia para el desarrollo sostenible. Esta propuesta es el puntapié inicial a todo un desarrollo de gestión de residuos sólidos que requiere del acompañamiento de toda la sociedad y sus actores a través de un plan municipal que también está dando sus primeros pasos.

El trabajo en conjunto con la institución de modalidad especial permitió generar conocimiento en docentes y se llevó adelante una obra de arte con más de 1000 tapitas de polipropileno.

**Gasificación:** En la gasificación se obtuvieron contenidos de alquitrán de 26 y 15 g/Nm<sup>3</sup> con arena y dolomita, respectivamente; demostrando que el uso de catalizador reduce en un 40% el contenido de alquitrán. Adicionalmente para ambas gasificaciones la relación H<sub>2</sub>:CO y el LHV muestran valores similares de 0,6 y 5,5 kJ/L, respectivamente. Los resultados indican que la gasificación continua, autotérmica y a escala banco de rastrojo de sorgo es una vía prometedora para la generación de bioenergía lo que es atractivo desde el punto de vista ambiental y económico.



# Zeolitas jerárquicas: su impacto en la refinación de hidrocarburos y la valorización de residuos plásticos y biomásicos.

Juan Rafael García

Universidad ECCI, programa de ingeniería ambiental

juanrafaelgarcia@gmail.com

Bogotá, Colombia

## 1. Resumen

En el presente trabajo se ilustra el impacto de la presencia de mesoporosidad intracristalina en zeolitas Y sobre la reducción de las limitaciones difusivas al procesar alimentación de diferente naturaleza que consisten esencialmente moléculas voluminosas. Esta modificación originó mejoras en el procesamiento de esas moléculas voluminosas debido a un mejor acceso a los sitios catalíticos y además se mejoró el rendimiento de los productos intermedios en un esquema de reacciones consecutivas. Se arribaron a conclusiones similares, en cuanto al impacto de la presencia de mesoporosidad jerárquica sobre la actividad catalítica efectiva y la distribución de productos, luego de procesar reactivos modelo (1,3,5- tri-isopropilbenceno y n-hexadecano) y alimentaciones reales (mezcla de gas-oil de vacío (VGO) con residuo de destilación atmosférica (ATR), mezcla de gas-oil de vacío con polietileno (HDPE) y bio-oil de aserrín de pino)

**Palabras clave** *Zeolitas jerárquicas; mesoporosidad intracristalina; craqueo catalítico; pirólisis de biomasa residual; bio-oil; residuos plásticos; co-procesamiento*

## 2. Materiales y métodos

Los materiales y métodos se describen para:

Diferentes muestras de una zeolita Y comercial (Zeolyst, CBV 760) se sometieron a lixiviación en medio alcalino (desilicación). Para ello se suspendieron en soluciones acuosas de NaOH (1 g zeolita / 30 ml solución) con concentraciones de 0.05, 0.10 y 0.20 M respectivamente, manteniéndose bajo agitación a 25 °C durante 15 minutos; luego se neutralizó con solución acuosa de HCl 1.0 M. Las zeolitas desilicadas se sometieron a dos intercambios iónicos con soluciones NH<sub>4</sub>Cl 0.50 M (1 g zeolita / 5 ml solución), para luego ser lavadas con agua desionizada, secadas en estufa (16 h a 110 °C) y calcinadas en mufla (4 h a 500 °C). Además, sobre una de las zeolitas tratadas con NaOH 0.10 M se repitió el proceso de desilicación bajo las mismas condiciones. Las zeolitas modificadas y de partida se caracterizaron mediante diferentes técnicas; propiedades texturales por fisorción de N<sub>2</sub>, composición química por espectroscopia de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), propiedades cristalinas por difracción de Rayos X y propiedades ácidas por espectroscopía infrarroja usando piridina como molécula sonda.

Previo a su evaluación catalítica, las zeolitas se estabilizaron hidrotérmicamente (vapor 100 %, a 788 °C durante 5 horas) y luego se prepararon catalizadores compuestos, que consistieron en 30 % de zeolita sobre una matriz de sílice esencialmente inerte. Los experimentos de conversión de 1,3,5-triisopropilbenceno ([1]) y de mezclas de gas-oil de vacío con residuos de destilación atmosférica ([2]) se realizaron en un reactor discontinuo de lecho fluidizado con recirculación interna (el Simulador de Riser CREC, específicamente diseñado para estudios de FCC).

Los experimentos de hidrocraqueo de mezclas de gas-oil de vacío y polietileno se llevaron a cabo en un reactor slurry semidiscontinuo. Para ello, tanto la zeolita de partida como las modificadas a partir de ella se impregnaron con Pt y Pd ([3]).

Los experimentos de pirólisis y upgrading catalítico inmediato se llevaron a cabo en un reactor de lecho fijo específico para este tipo de estudios ([4]). Los productos líquidos y gaseosos de reacción se analizaron por cromatografía de gases y el coque depositado sobre el catalizador en cada caso se analizó mediante oxidación a temperatura programada

### 3. Resultados

El impacto beneficioso de incorporar mesoporosidad intracrystalina en zeolitas Y, mediante la técnica de desilicación, sobre el craqueo de moléculas voluminosas y la mejora en el rendimiento de los productos intermedios en un esquema de reacciones consecutivas pudo verificarse tanto con reactivos modelo (1,3,5- tri-isopropilbenceno y n-hexadecano) como con alimentaciones reales (mezcla de gas-oil de vacío (VGO) con residuo de destilación atmosférica (ATR), mezcla de gas-oil de vacío con polietileno (HDPE) y bio-oil de aserrín de pino).

En el esquema de craqueo de tri-isopropilbenceno se observó que cuanto mayor es la mesoporosidad intracrystalina se mejora por un lado la actividad y además se favorece la formación del producto primario di-isopropilbenceno por sobre la de los productos secundarios (cumeno y benceno), lo cual fue verificado mediante un esquema cinético simple ([1]). Las zeolitas desilicadas resultaron más activas en el craqueo de VGO y de sus mezclas con residuo atmosférico VGO-ATR, producto de la mejor accesibilidad a los sitios activos y la mayor acidez. Además, se desfavorecieron las reacciones secundarias indeseables como el sobrecraqueo tendiente a formar gases ([2]).

Las zeolitas con mesoporosidad intracrystalina se utilizaron también como soporte en catalizadores metal/ácido para el proceso de hidrocraqueo de diferentes alimentaciones. En primera instancia se usó n-hexadecano como reactivo modelo y se verificó que la presencia de mesoporosidad disminuye notablemente el impacto relativo del craqueo secundario, cuantificado mediante un índice PASCA (primary and secondary cracking analysis) ([5]). Por su parte, cuando esos catalizadores fueron usados en el hidrocraqueo de mezclas de VGO y HDPE se observó que con las zeolitas desilicadas se redujo notablemente la selectividad a gases, lo que es indicativo de una reducción del sobrecraqueo hacia productos gaseosos menos valiosos ([3]).

Finalmente, en el procesamiento catalítico de bio-oil generado en la pirólisis de aserrín de pino, la presencia de mesoporosidad intracrystalina mejora la desoxigenación de moléculas voluminosas presentes en el bio-oil (como éteres fenólicos y fenoles alquilados), mientras que la conversión de moléculas oxigenadas más pequeñas y relativamente poco impedidas para difundir en los canales porosos de las zeolitas (como el furfural) no se vio fuertemente afectada por la presencia de mesoporos ([4]).

En todos los casos, sobre la zeolita mesoporosa se generó más coque que sobre la zeolita sin tratar, debido al mayor volumen de las cavidades intrapartícula que permite alojar mejor a los precursores de coque voluminosos; sin embargo, el coque formado en las zeolitas con mayor mesoporosidad resultó menos condensado ([4], [2], [3])

### Referencias

- [1] Juan Rafael García, Marisa Falco, and Ulises Sedran. Impact of the desilication treatment of y zeolite on the catalytic cracking of bulky hydrocarbon molecules. *Topics in Catalysis*, 59(2):268–277, 2016.
- [2] Juan Rafael García, Marisa Falco, and Ulises Sedran. Intracrystalline mesoporosity over y zeolites: Pasca evaluation of the secondary cracking inhibition in the catalytic cracking of hydrocarbons. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 56(6):1416–1423, 2017.

- [3] Vela et al. desilication". *Fuel*, 329:125392.
- [4] Juan Rafael García, Melisa Bertero, Marisa Falco, and Ulises Sedran. Catalytic cracking of bio-oils improved by the formation of mesopores by means of  $\gamma$  zeolite desilication. *Applied Catalysis A: General*, 503:1–8, 2015.
- [5] Juan Rafael García, Marisa Falco, and Ulises Sedran. Intracrystalline mesoporosity over  $\gamma$  zeolites. processing of vgo and resid-vgo mixtures in fcc. *Catalysis Today*, 296:247–253, 2017.