

Libro de resúmenes

Seguridad de procesos y tecnología para la protección del futuro

Edición y compilación

Universidad Ean

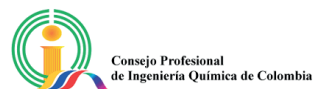
Jeffrey Leon-Pulido, PhD

Universidad de Antioquia

Lina María González, PhD

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Jairo Ernesto Perilla, PhD



Catalogación en la fuente: Biblioteca Universidad EAN

Gallego Henao, Jhon Fredy.

Seguridad de procesos y tecnología para la protección del futuro / Jhon Fredy Gallego Henao [y otros cuarenta y uno] ; editado y compilado por Jeffrey León Pulido, Lina María González y Jairo Ernesto Perilla.

Descripción: 1a edición / Bogotá: Universidad Ean, 2024.

Serie: Libro de resúmenes

34 páginas

eISBN (digital): 9789587567168

1. Ingeniería sostenible - Investigaciones 2. Control de procesos químicos 3. Ciencia de los materiales 4. Gestión de procesos - Innovaciones tecnológicas 5. Biotecnología 6. Simulación por computadores

I. Medina, Oscar II. Moncayo Riascos, Ivan Dario III. Moncayo, Ivan Dario IV. Lysyy, Maksim V. Benjumea Hernández, Pedro Nel VI. Cortés, Farid VII. León -Pulido, Jeffrey (editor y compilador) VIII. González, Lina María (editor y compilador) IX. Perilla, Jairo Ernesto (editor y comilador) X. Congreso Colombiano de Ingeniería Química (2023 : Medellín, Colombia)

660 CDD23

Edición: Gerencia de Investigación y Transferencia

Gerente de Investigación y Transferencia (e): William S. Fajardo M.

Coordinadora de Publicaciones: Irina Florián Ortiz

Corrección de estilo: Nathalie de La Cuadra

Diseño: Precolombi EU, David Reyes

Diagramación: Mónica Cabiativa Daza

Primera edición, 2024

Apoyo: Joan Mateo Lerma Celada

Publicado por Ediciones Ean, 2024.

DOI: <https://doi.org/10.57793/9789587567168>

© Todos los derechos reservados.

© Universidad Ean, El Nogal: Calle 79 # 11-45

Bogotá D.C., Colombia, Suramérica, 2024

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin autorización de la Universidad Ean.

Universidad Ean: SNIES 2812 | Personería Jurídica Res. n.º 2898 del Minjusticia - 16/05/69 | Vigilada Mineducación. CON ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL DE ALTA CALIDAD, Res. n.º 29499 del Mineducación 29/12/17, vigencia 28/12/21.

Producido en Colombia.

Libro de resúmenes

Seguridad de procesos y tecnología para la protección del futuro

Contenido

7

Introducción

9

I. Seguridad de procesos

- 10 Análisis del efecto de la salinidad, tipo de sal (NaCl/KCl) y presión a escala de poro en el geoalmacenamiento de hidrógeno
- 12 Evaluación de los límites de inflamabilidad para combustibles renovables

13

II. Ciencia de los materiales y biomateriales

- 14 Técnicas instrumentales para identificar y reproducir causa de falla por deterioro en telas vinílicas durante el uso en tapicería
- 15 Construcción de fotoánodos de nanotubos de TiO₂ soportados en titanio mediante síntesis por anodizado para su uso en la decoloración del naranja de metilo

17

**III. Simulación de procesos y
Computer Aided Desing (CAD)**

- 18 Evaluación de la producción de enzima hidrolítica con capacidad de degradación del tereftalato de polietileno

20

IV. Diseño e innovación en procesos o productos

- 21 Evaluación de la eficiencia de rompimiento de sistemas O/S/W mediante la adición de sólidos y desestabilización química

23

V. Economía circular y sostenibilidad

- 24 Diseño, construcción y puesta en marcha de un fotobiorreactor tubular de lazo vertical para producción de biomasa de *Chlorella vulgaris*

26

VI. Oil & Gas, minería y energías alternativas

- 27 Análisis termodinámico y cinético del proceso de tri-reformado catalítico de flue gas y biogas en un catalizador de níquel comercial
- 28 Banco de supercapacitores con electrodos de carbón activado de cuesco de palma

30

VII. Medio ambiente y cambio climático

- 31 Potencial de producción de biogás de mezclas de estiércol de cerdo y fracción orgánica de residuos sólidos urbanos a través de codigestión anaerobia
- 32 Síntesis de hydrochars a partir de cuesco de palma para la desalinización de suelos salinos

Introducción

El XXXII Congreso Colombiano de Ingeniería Química emerge como un foro vibrante y enriquecedor que reúne a destacados profesionales, investigadores y académicos para explorar y discutir las últimas tendencias e innovaciones en diversos campos clave de la ingeniería química. Este evento abordó una amplia gama de temas cruciales, y reflejó la diversidad y la amplitud del impacto de la ingeniería química en la sociedad actual.

Para esta ocasión, se comprende el marco de la seguridad de procesos; los participantes exploraron las estrategias más avanzadas para salvaguardar la integridad en la ejecución de operaciones industriales. La convergencia de tecnología y emprendimiento fue otro eje central, que destacó la sinergia entre la innovación tecnológica y la visión empresarial para impulsar el progreso y la competitividad. Las sesiones sobre ciencias de los materiales y biomateriales revelaron investigaciones pioneras que perfilan el futuro de la ingeniería química, mientras que los debates sobre alimentos, bioingeniería, cosmética y farmacia destacaron la importancia de esta disciplina en la creación y mejora de productos esenciales para la salud y el bienestar.

La simulación de procesos, el diseño y la innovación emergieron como áreas cruciales para la eficiencia y el desarrollo sostenible, mientras que la ciencia de datos y los análisis estadísticos y experimentales demostraron ser herramientas fundamentales para la toma de decisiones informada y la optimización de procesos. En un contexto más amplio, el congreso abordó temas vitales como la economía circular, la sostenibilidad y la inclusión de género, reconociendo la responsabilidad de la ingeniería química en la construcción de soluciones que equilibren el desarrollo industrial con el respeto al medio ambiente y la diversidad.

Esta compilación presenta 30 resúmenes de trabajos investigativos presentados en el marco del XXXII Congreso Colombiano de Ingeniería Química. Los ejes temáticos fueron establecidos previamente junto al comité académico, el cual posteriormente permitió generar el llamado de trabajos. Los resultados de las investigaciones fueron transmitidos a lo largo del evento de clausura. En esta ocasión, participaron estudiantes de pregrado, posgrado e investigadores de Colombia.

La compilación de los trabajos de investigación contiene doce capítulos relacionados con ejes temáticos de conocimiento, y hay un capítulo final dedicado a las conclusiones. Adicionalmente, se encuentra un apartado del comité científico y de las organizaciones patrocinadoras.

Seguridad de procesos

“La seguridad nunca es accidental; es el resultado del compromiso constante, la práctica, la atención y la dedicación al trabajo inteligente”

JOHN RUSK

Se parte de que la seguridad de procesos actúa como una faceta crucial en la ingeniería química, que se focaliza en salvaguardar la integridad y el bienestar de los procesos industriales y de quienes interactúan con ellos. Desde una perspectiva sénior en este campo, se resalta la imperiosa necesidad de identificar, evaluar y abordar de manera proactiva los posibles riesgos inherentes a las operaciones químicas. Este enfoque implica la implementación de estrategias sólidas de control, el diseño meticuloso de instalaciones seguras y la continua capacitación del personal involucrado. Además, se pone énfasis en la aplicación de tecnologías avanzadas y la adhesión rigurosa a estándares industriales, con el objetivo primordial de asegurar la integridad de los procesos, proteger a los trabajadores y a las comunidades adyacentes, y prevenir

cualquier incidente que pueda tener repercusiones significativas en términos de seguridad y medio ambiente. La seguridad de procesos se erige como una consideración primordial en todas las etapas, desde la concepción del diseño hasta la ejecución diaria; esto promueve una cultura organizacional con la cual la seguridad no sea solo un protocolo, sino también una máxima inquebrantable.

Análisis del efecto de la salinidad, tipo de sal (NaCl/KCl) y presión a escala de poro en el gealmacenamiento de hidrógeno

Jhon Gallego^{1}, Oscar Medina¹, Iván Moncayo-Riascos¹
Maksim Lysyy², Pedro Benjumea¹, Farid Cortes¹,*

Universidad Nacional de Colombia¹

Department of Physics and Technology, University of Bergen²

*jfgallegoa@unal.edu.co

El hidrógeno es un excelente vector energético y el gealmacenamiento hidrógeno es una forma prometedora de almacenar enormes cantidades de energía. Este trabajo busca investigar el gealmacenamiento de hidrógeno en presencia de salmueras a diferentes salinidades, considerando las interacciones del hidrógeno con diferentes salmueras. El estudio se divide en cuatro etapas, que incluyen: 1) estimaciones de tensión interfacial (TIF) entre salmuera de hidrógeno según el tipo de salmuera, salinidad y presión por simulación dinámica molecular; 2) experimentos de drenaje e imbibición de hidrógeno en un microfluidica para describir los mecanismos de atrapamiento y desplazamiento de hidrógeno; 3) cuantificación de cinética de disolución de hidrógeno y ángulos de contacto, y 4) ciclos de histéresis de hidrógeno en una celda microfluidica. La TIF H₂/salmuera se modificó ligeramente con la salinidad y el tipo de salmuera, mientras que en las presiones evaluadas no hubo variaciones significativas. Los

sistemas KCl + NaCl presentan las TIF más altas y estas incrementan al aumentar la salinidad. El número capilar (N_c) disminuye con la salinidad y lo hace en el orden $KCl + NaCl > NaCl > KCl$, para el drenaje y la imbibición. Considerando los experimentos de microfluidica, la saturación de hidrógeno inicial después del drenaje se ve afectada por la salinidad, el tipo de salmuera y la presión, y con esto se obtienen las tendencias crecientes: $KCl + NaCl < NaCl < KCl$, $4,0 < 2,0 < 0,5$ M y $60 < 45 < 30 < 10$ bar, respectivamente. Durante la imbibición, dos mecanismos distintos, I1 e I2 controlan el desplazamiento y el entrapamiento residual de H₂; es decir, la fase no humectante se retira a un poro (I1) o a dos poros adyacentes (I2). La disolución del hidrógeno durante la etapa de imbibición dependió del tipo de iones, la salinidad y la presión. La cantidad de hidrógeno disuelto disminuyó con la salinidad. Esta misma tendencia la siguen los coeficientes de difusión del hidrógeno en salmueras y también aumentaron con la presión. Las mediciones del ángulo de contacto dependen de la presión. Con un aumento de presión de 10 a 60 bar, los ángulos de contacto de KCl 0,5, 2,0 y 4,0 M aumentaron de 22°, 23° y 23° a 27°, 29° y 31°, respectivamente, para el drenaje. Mientras que en imbibición los ángulos de contacto en salinidades de 0,5, 2,0 y 4,0 M aumentaron de 36°, 37° y 39° a 44°, 46° y 50°, respectivamente. Las inyecciones cíclicas de H₂ revelaron que las salmueras de KCl representan el mejor escenario, considerando la saturación de hidrógeno inicial y residual, y el recobro de H₂. Este estudio ofrece resultados experimentales importantes para avanzar en el conocimiento sobre el geoalmacenamiento de H₂ en acuíferos salinos.

Palabras clave: disolución, drenaje, hidrógeno, humectabilidad, imbibición.

Evaluación de los límites de inflamabilidad para combustibles renovables

Joan Mateo Lerma Celada

Universidad EAN
jlermac56778@universidadean.edu.co

La seguridad de procesos permite establecer protocolos y acciones para el cuidado y manejo de materias primas y suministros que presentan riesgo en la manipulación, la transformación o el almacenamiento; además, permite establecer medidas para evitar accidentes, contemplando la presencia de componentes combustibles, oxígeno y agentes de ignición que configuran la pirámide del fuego. Las concentraciones límites ayudan a trabajar en intervalos de confianza y seguridad. Los límites inferior y superior de inflamabilidad UFL (Upper Flammable Limit) y LFL (Lower Flammable Limit) permiten comprender el comportamiento de los combustibles renovables, sus concentraciones y alternativas de almacenamiento. Este trabajo estudió específicamente aquellos combustibles renovables, más específicamente hidrógeno, etano y amoníaco, y escenarios de mezclas equimolares entre ellos. Se desarrolló una metodología cualicuantitativa de cálculo de UFL y el LFL y con esto se comprendieron los límites de concentración en presencia de aire y se establecieron los umbrales cuando se produce una combustión. El cálculo de límites de inflamabilidad es fundamental en la gestión de riesgos y seguridad de procesos, en entornos donde se manipulan o almacenan sustancias inflamables, lo que posibilita implementar diseños y operaciones de almacenamiento seguro de sistemas de generación de energía renovable.

Palabras clave: seguridad de procesos, energías renovables, ufl, lfl, combustibles.



Ciencia de los materiales y biomateriales

“La ciencia de los materiales es tan antigua como el hombre. Solo la manera de aplicarla ha cambiado”.

HENRY FORD

La intersección entre biomateriales y ciencia de los materiales abre un panorama fascinante en el ámbito científico y tecnológico. Desde una perspectiva consolidada a partir de estas disciplinas, se destaca la importancia de diseñar materiales que no solo sean funcionales y duraderos, sino también compatibles y armoniosos con sistemas biológicos. La convergencia entre biomateriales y ciencia de los materiales representa una frontera donde la innovación busca mejorar la calidad de vida a través de soluciones avanzadas y respetuosas con los sistemas biológicos. Este enfoque multidisciplinario abre nuevas posibilidades para aplicaciones médicas, terapias regenerativas y tecnologías biomiméticas.

Técnicas instrumentales para identificar y reproducir causa de falla por deterioro en telas vinílicas durante el uso en tapicería

Ángela López, Keith Duran*

Proquinal S. A. S.
angela.lopez@spradling.group

Las telas vinílicas son materiales compuestos de PVC, plastificantes, estabilizantes y otros aditivos, que recubren una base textil para formar un material flexible. Según el uso final de estos materiales, las telas recubiertas manufacturadas por Proquinal S. A. S, miembro de Spradling Group, se desarrollan con una formulación específica que confieren características especiales dependiendo del medio al cual estarán expuestas. Durante la vida útil de los productos y bajo condiciones reales, se puede llegar a presentar deterioro temprano e inesperado, el cual se traduce en la degradación del polímero y se evidencia gracias a los cambios en la apariencia y el desempeño; este último debe ser abordado para identificar y evitar que se repita. Partiendo del enfoque de la química forense y con el fin de identificar las causas raizales, el equipo de reclamos técnicos de la compañía analizó diferentes telas vinílicas que se usan como forros de tapicería exterior e interior, los cuales presentaron deterioro superficial. Algunas técnicas de análisis instrumental y de caracterización de polímeros, como SEM, FTIR y microscopia óptica permitieron encontrar elementos químicos ajenos a la composición original del producto y relacionados con el deterioro observado. Además, las pruebas de dureza, resistencias químicas, solidez a la luz y exposición a cámara de gases evidenciaron cuatro factores que influyen en la degradación del polímero y afectan el desempeño del vinilo, estos son: contaminación por agentes externos, tipo de

composición de espuma de poliuretano utilizada en la tapicería, limpiadores y procedimientos de limpieza inadecuados.

Palabras clave: telas vinílicas, PVC, deterioro, química forense, análisis instrumental.

Construcción de fotoánodos de nanotubos de TiO₂ soportados en titanio mediante síntesis por anodizado para su uso en la decoloración del naranja de metilo

Juan Diego Quesada Gómez, Lina Marcela
Castañeda Quiroz, Dora María Carmona Garcés*

Universidad Pontificia Bolivariana

*juan.quesada@upb.edu.co

La fotoelectrocatalisis es uno de los procesos innovadores que se encuentran en estudio y desarrollo para la remoción de colorantes remanentes en aguas residuales. Un contaminante como el naranja de metilo (NM) puede ser degradado mediante este proceso avanzado de oxidación a partir de fotoánodos de nanotubos de TiO₂. Los semiconductores que presentan bandas prohibidas de energía (Band gap), comparables con la de los fotones de la luz visible o, en su defecto, de luz ultravioleta (<3,5 eV), son de gran interés, y el TiO₂ es uno de los óxidos metálicos más estudiados y empleados en la construcción de fotoánodos por sus propiedades fotocatalíticas y por ser químicamente estable, asequible, de bajo costo y no tóxico. El alcance de este trabajo se centra en establecer una metodología adecuada para la construcción de fotoánodos de TiO₂ por el método de síntesis por anodizado y su evaluación empleando datos de la decoloración fotoelectrocatalítica y

utilizando el colorante NM. El fotoánodo construido con esta metodología presentan un ancho de banda prohibida de 3,22 eV, y en los ensayos preliminares de degradación del NM se alcanzó una decoloración del 98,3 %. Respecto a la velocidad de decoloración, se encuentra que en tiempo de 40 minutos se disminuye la concentración de NM de manera importante, característica que confirma la eficiencia de los nanotubos de TiO₂ soportados en titanio.



Simulación de procesos y Computer Aided Design (CAD)

“La creatividad es la inteligencia divirtiéndose”.

ALBERT EINSTEIN

A medida que un diseño progresa, su complejidad aumenta, y en este contexto las herramientas computacionales emergen como la solución clave para plasmar y mejorar los procesos industriales. La simulación, en particular, se presenta como una invaluable fuente de información que posibilita una comprensión detallada de un diseño industrial. Mediante la extracción de datos, se facilita el proceso de mejora, validación y optimización de dicho diseño. La simulación no solo se limita a proporcionar una representación digital del diseño, sino que además desempeña un papel esencial en la identificación proactiva de posibles problemas o errores. En este sentido, el uso de Computer Aided Design

(CAD) se convierte en una herramienta fundamental, que permite la detección temprana de desafíos de diseño y brinda la oportunidad de abordarlos antes de llevar la idea a la realidad. Estas etapas son imperativas antes de la materialización de cualquier concepto, ya que a través de estas herramientas es posible validar y prever posibles obstáculos. En última instancia, la integración de herramientas computacionales, como la simulación y el CAD, no solo agiliza el proceso de diseño, sino que también garantiza la viabilidad y eficiencia de la implementación de ideas en el ámbito industrial.

Evaluación de la producción de enzima hidrolítica con capacidad de degradación del tereftalato de polietileno

*Yesenia Andrea Castaño Castro ^{*1}, Camilo Alberto Suárez Méndez¹, Amelia Guadalupe Farres ², Carlos Alberto Jiménez Junca³, Luis Eduardo Díaz³*

1 Universidad Nacional de Colombia

2 Universidad Nacional Autónoma de México

3 Universidad de La Sabana

*yacastanoc@unal.edu.co

La producción global anual de plástico es de alrededor de 359 millones de toneladas, y se estima que 200 millones de toneladas de plástico se distribuyen en diferentes entornos naturales. Dentro del amplio espectro de materiales plásticos disponibles, el tereftalato de polietileno (PET) ha experimentado un aumento en su producción en los últimos 20 años, y se espera que se cuadruple en los próximos 50 años. Sin embargo, los sistemas para contener, controlar y reciclar el PET no han seguido la misma tendencia, ya que se estima que se producen un millón de botellas por minuto en todo el mundo, de las cuales solo se recicla el 41 %. La Universidad Autónoma de México logró la producción de enzima cutinasa

(reportada como enzima con actividad para degradación del PET) a partir del hongo *Aspergillus nidulans*, la cual fue expresada en la levadura *Pichia pastoris* con el fin de aumentar el rendimiento de la producción de esta enzima. El objetivo de este trabajo es evaluar la producción de proteína y actividad enzimática en la cepa silvestre de *Aspergillus nidulans* empleando diferentes fuentes de carbono con distintas concentraciones, para ser comparado con la producción en *Pichia pastoris*. En el trabajo con *Aspergillus nidulans*, se descubrió que el microorganismo puede utilizar aceite de linaza, glucosa, PET y aceite de oliva como fuentes de carbono viables para el crecimiento del microorganismo y la producción de enzimas hidrolíticas. Además, la mayor producción de proteínas y actividad enzimática se observó en casos de ácidos grasos hidroxilados (aceite de oliva y aceite de linaza), siendo menores que los obtenidos en la fermentación de *P. pastoris*.

Palabras clave: cutinasa, tereftalato de polietileno, biodegradación, sostenibilidad.

IV.

Diseño e innovación en procesos o productos

“La innovación distingue a los líderes de los seguidores, y el diseño es la herramienta que da forma a esa innovación”.

ALBERT EINSTEIN

La innovación es el encuentro entre la aplicación de la ciencia y la ingeniería, lo cual abre nuevas y emocionantes oportunidades. En el ámbito del diseño en ingeniería, la innovación se revela como un motor propulsor fundamental, que transforma la manera como concebimos, desarrollamos y aplicamos soluciones a problemas complejos. Desde la perspectiva del diseño, la innovación en ingeniería implica la introducción de enfoques creativos y disruptivos para abordar desafíos específicos. Esto puede incluir la utilización de materiales novedosos, la aplicación de nuevas tecnologías o la integración de métodos de fabricación avanzados. La innovación en diseño no se limita solo a la estética, sino que además se extiende a la funcionalidad, eficiencia y sostenibilidad de

los productos o sistemas desarrollados. En los procesos de ingeniería, la innovación se manifiesta a través de la adopción de materiales de vanguardia y tecnologías aplicadas de manera estratégica. La búsqueda constante de mejoras en la eficiencia, la reducción de costos y la minimización del impacto ambiental son estimuladas por la innovación en la ingeniería. La innovación en el diseño ingenieril no solo se traduce en la creación de productos más avanzados, sino también en la generación de soluciones que responden de manera precisa a las demandas cambiantes de la industria. Al anticiparse a las necesidades actuales y futuras, los ingenieros pueden desarrollar productos que son tecnológicamente avanzados, así como altamente solicitados en el mercado.

Evaluación de la eficiencia de rompimiento de sistemas O/S/W mediante la adición de sólidos y desestabilización química

Sergio Felipe Mejía Campos, Ronald Alfonso Mercado Ojeda, Alexandra Katherine Londoño Camacho*

Universidad Industrial de Santander

*sergio2172984@correo.uis.edu.co

En el marco de las técnicas a base de agua en el recobro mejorado de crudo, en las cuales se inyectan mezclas de agua-surfactante para la adsorción y máxima remoción del crudo de las rocas del yacimiento, se pueden generar emulsiones y microemulsiones que dificultan el tratamiento y la calidad del agua en cuanto a la separación de la fase oleosa del agua. En este sentido, las técnicas tradicionales con agentes químicos para estos efluentes, que por lo general son formulaciones afines químicamente a la interfase de las gotas —lo que permite su desestabilización de la emulsión o microemulsión—, resultan costosas y en algunos casos ineficientes. Con el objetivo de evaluar el desempeño de agregados sólidos y de los agentes

químicos respecto a la desestabilización, se formularon emulsiones O/S/W estabilizadas por dodecibenceno sulfonato de sodio (SDBS), representativas de los campos petrolíferos; luego se analizaron las variables teóricas asociadas a los sólidos en cuanto a su capacidad de desestabilización de las emulsiones, desde el punto de vista fisicoquímico y termodinámico. Los sólidos CaCO_3 y FeTiO_3 fueron escogidos entre una serie de sólidos como los más sobresalientes en pruebas de adsorción de surfactante. Por último, se compararon los resultados de adsorción en porcentaje de remoción de aceite y contenido de grasas y aceites para cada sólido y los agentes químicos. Los resultados que se obtuvieron presentan la alta capacidad de adsorción de surfactante de los sólidos; de esta manera, se desestabilizan las emulsiones y se ratifica su potencial aplicativo en campo.

Palabra clave: química de coloides, desestabilización de emulsiones O/W, técnicas en recobro mejorado.

V.

Economía circular y sostenibilidad

*“No heredamos la tierra de nuestros antepasados,
la tomamos prestada de nuestros hijos”.*

PROVERBIO INDÍGENA AMERICANO

Después de abandonar el paradigma de la idea económica liberal, han emergido nuevos sistemas económicos con la intención de otorgar valor a materiales previamente considerados como residuos. Estos sistemas se centran en la generación de métodos para la reutilización y el aprovechamiento de recursos, con el propósito de mitigar el impacto ambiental y propiciar un ahorro sustancial de materiales. Este cambio de enfoque no solo responde a la necesidad de gestionar de forma más sostenible los recursos, sino que también constituye una adaptación a las transformaciones globales y a los compromisos adquiridos, como los emanados de la COP 28. La sostenibilidad se ha erigido como el principal eje directriz de la industria, implementando conceptos como

las energías sostenibles y la química verde. En este contexto, se persigue un equilibrio holístico, que contemple la eficiencia económica de los procesos, su impacto ambiental y la gestión responsable de los recursos. Esto con el fin de impulsar la generalizada adopción de prácticas sostenibles y abarcar desde la elección de fuentes de energía hasta la implementación de procesos químicos respetuosos con el medio ambiente. Este cambio de perspectiva hacia la sostenibilidad implica una meticulosa ponderación de la energía, los materiales y los aspectos económicos en los procesos industriales.

Diseño, construcción y puesta en marcha de un fotobiorreactor tubular de lazo vertical para producción de biomasa de *Chlorella vulgaris*

Julián Mauricio Berrio Massa, Nicole Villamil Peña, Mayerlenis Jiménez Rojas*

Universidad del Atlántico
*jmbberrio@mail.uniatlantico.edu.co

En este trabajo, se realiza la producción de biomasa proveniente de la especie de microalga *Chlorella vulgaris* a partir del diseño, la construcción y la automatización de un fotobiorreactor tubular de lazo vertical. Para el diseño estructural de este, se implementaron herramientas de informática partiendo de fundamentos que describen las condiciones en las que este microorganismo crece; esto se hace midiendo pH, oxígeno disuelto, luz y velocidad de flujo a partir de sensores que se comunican con dos tarjetas microcontroladoras. Estas últimas se encargan del control de los tiempos de descanso del reactor, de iluminación y de la comunicación entre los sensores. Asimismo, cuentan con una interfaz gráfica que permite visualizar la información en tiempo real. Como especificaciones generales,

el reactor tiene una capacidad de 25 L, un caudal de 5 L/min y velocidad de flujo de 2,6 m/s. Para la producción de biomasa, se realizó una primera corrida en el reactor, en el que, como medio de cultivo, se usó medio Watanabe modificando la fuente de nitrógeno por Urea. Aquí el reactor fue esterilizado utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 1 % y lavado varias veces, y al mismo tiempo se calibraron los sensores; luego, fue inoculado con 2,3 L de cultivo a una absorbancia de 0,7, y se puso en funcionamiento durante cuatro días. Se tomaron muestras de absorbancia cada 24 horas, y con estas se obtuvieron valores de 0,056, 0,72, 0,12 y 0,25, respectivamente. Lo anterior demuestra que el reactor tubular diseñado y construido puede operar de forma controlada y así permitir el crecimiento de la biomasa.

Palabras clave: fotobiorreactor, biomasa, *Chorella*.

VI.

Oil & Gas, minería y energías alternativas

“La energía es el motor de la prosperidad económica y el bienestar social”.

DANIEL YERGIN

La integración estratégica entre la industria de Oil & Gas y las energías renovables marca un hito significativo en la evolución del sector energético global. Desde la perspectiva de un profesional experimentado en este campo, se resalta la necesidad imperante de explorar soluciones que no solo impulsen la producción de energía convencional, sino que también abracen la transición hacia fuentes más sostenibles y renovables. La industria de Oil & Gas, arraigada a décadas de experiencia y conocimientos técnicos, ahora se encuentra en un momento de transformación. La integración de tecnologías innovadoras, como la captura y el almacenamiento de carbono, junto con el desarrollo de prácticas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente,

demuestra un compromiso con la sostenibilidad. En paralelo, las energías renovables emergen como protagonistas clave en la diversificación de la matriz energética. La implementación de tecnologías como la solar, la eólica y la bioenergía contribuye a reducir las emisiones y a fomentar la independencia energética, y crear un futuro más limpio.

Análisis termodinámico y cinético del proceso de tri-reformado catalítico de flue gas y biogás en un catalizador de níquel comercial

Alberth González, Martin Bonilla, Diego Pérez*

Universidad ECCI

*argonzalezc@ecci.edu.co

En el contexto de la circularidad, utilizar de manera sostenible de los recursos requiere encontrar soluciones viables para gestionar los subproductos perjudiciales para el medio ambiente a través de diversos procesos. Este estudio se centró en el análisis del proceso de tri-reformado de corrientes gaseosas de *flue gas* con biogás, examinando específicamente los aspectos termodinámicos de las variables operativas y las condiciones de carga del catalizador en un reactor PFR con catalizadores de níquel. Para el análisis, se utilizaron cargas de gases de *flue gas* que contenían CO_2 , H_2O , O_2 y CH_4 , mediante el programa DWSIM (*freeware*) para las estimaciones termodinámicas y cinéticas. Para investigar más a fondo el comportamiento del sistema, se examinaron las respuestas dinámicas de las variables y las fluctuaciones experimentales mediante el análisis PCA y el modo dinámico en DWSIM. Este enfoque permitió cuantificar las fluctuaciones experimentales e identificar las direcciones vectoriales que representan los errores globales de las variables a la salida del reactor. Combinando estas técnicas analíticas, se pudo alcanzar una comprensión global de la dinámica del

proceso y del potencial de optimización, y así mostrar que un catalizador promovido con otro metal, a partir de los datos cinéticos, ofrece una respuesta dinámica más rápida hacia la producción de hidrogeno, en la corriente de salida del reactor, con respecto a otros dos catalizadores evaluados.

Palabras clave: tri-reformado de metano, catalizadores de níquel, respuesta dinámica.

Banco de supercapacitores con electrodos de carbón activado de cuesco de palma

Zulamita Zapata-Benabithé, Erika Arenas Castiblanco, Cesar Nieto Londoño, Chelsy Carolina García Gaviria, Yiranis Johana Barrios Garces, José Valentín Antonio Restrepo Laverde*

Universidad Pontificia Bolivariana

*zulamita.zapata@upb.edu.co

El acelerado crecimiento de la población mundial ha implicado un excesivo consumo energético de fuentes de energía tradicionales, acompañado del respectivo incremento en el cambio climático y el agotamiento de recursos naturales. Como resultado de esto, se ha evidenciado un aumento en la producción de energía a partir de fuentes sostenibles y renovables. Uno de los principales inconvenientes que presentan en general las energías renovables es la producción energética intermitente que fluctúa con las condiciones climatológicas y geográficas. Por tal motivo, actualmente, grandes esfuerzos investigativos se han enfocado en el mejoramiento de dispositivos de almacenamiento de energía, como supercapacitores. Los electrodos para supercapacitores pueden obtenerse a partir de residuos agroindustriales, como el cuesco de palma. En

esta investigación, se construyó un banco de supercapacitores en un arreglo de 2 y 8 *coins* en serie, usando carbones activados de cuesco de palma como material activo en electrolito ácido. Se realizaron curvas de carga y descarga variando el tiempo y el voltaje a corriente constante, y así se consiguieron capacidades de almacenamiento de energía entre 79,0 y 119,0 microfaradios para un arreglo de 2 *coins*, y entre 12 y 21 microfaradios para un arreglo de 8 *coins*. Esto evidenció que al incrementar la cantidad de *coins* conectados en serie se reduce drásticamente la capacidad de almacenamiento. La capacidad de los electrodos individuales (1 *coin*) estuvo entre 136 y 189 microfaradios, lo cual indica que este tipo de sistemas de almacenamiento es mejor usarlo en paralelo.

Palabras clave: carbón activado, cuesco de palma, electrolito acuoso, supercapacitores, banco de celdas tipo *coin*.

VII.

Medio ambiente y cambio climático

“Solo tenemos un planeta Tierra, y debemos ser lo suficientemente sabios para cuidarlo”..

LAURENCE OVERMIRE

El ingeniero contemporáneo se ha convertido en uno de los actores fundamentales en la mitigación del cambio climático, ya que para sostener la vida cotidiana debe aplicar sus conocimientos en el suministro de productos y servicios que minimicen su impacto en el medio ambiente. Esto lo hace través de la investigación exhaustiva en términos energéticos, el uso de solventes y la implementación de nuevos procesos, para realizar operaciones con un menor impacto ambiental. Este enfoque implica una responsabilidad inherente al profesional de la ingeniería, el cual se ve compelido a abordar los desafíos ambientales mediante la innovación y la adopción de prácticas más sostenibles.

Potencial de producción de biogás de mezclas de estiércol de cerdo y fracción orgánica de residuos sólidos urbanos a través de codigestión anaerobia

*Juan Manuel Nieto Cifuentes*¹, María Paula Rodríguez¹,
Castro Miguel Casallas Ojeda², Angélica María Candela Soto¹,
Paola Andrea Acevedo Pabón³, Iván Orlando Cabeza Rojas²*

1 Universidad Santo Tomas

2 Universidad de La Sabana

3 Universidad Cooperativa de Colombia

*juannieto@usantotomas.edu.co

La codigestión anaerobia es una alternativa biológica para el tratamiento y la valorización de residuos, al tiempo que se obtiene energía en forma de biometano capaz de satisfacer necesidades básicas como la cocción de alimentos. El proceso debe desarrollarse a partir de ciertas condiciones que serán determinadas por el tipo de residuo que se va a emplear, de ello dependerá su desempeño. Este trabajo evaluó la codigestión anaerobia entre estiércol de cerdo y fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU), a través de ensayos de potencial bioquímico de metano empleando botellas ámbar de 0,25 mL. La producción se midió empleando el método volumétrico con NaOH, se fijó la carga orgánica en 1.5 gS-V/L y la relación sustrato inóculo en 3. Se evaluó el tiempo de fermentación (20, 25 y 30 días) y las relaciones de carbono y nitrógeno (C/N) de 20, 25 y 30. Para esto se usó un diseño factorial 33, con un total de 9 combinaciones. Las producciones de metano oscilaron entre 59 y 278 mL CH₄/gSV. Se identificó que la mejor combinación fue emplear un tiempo de 20 días y 30 de relación C/N, con una producción de biometano de 278 mL CH₄/gSV, concentración de metano del 41,5 %, mayor estabilidad (pH =6,9) y menores producciones de ácidos grasos volátiles (392 mg DQO/L) durante el proceso. Por lo cual la mejor combinación de residuos es la de 46,6 %

de estiércol y 53,4 de FORSU, valores que serán de referencia para la evaluación a escala con un reactor tipo Taiwan.

Palabras clave: codigestión, fracción orgánica de residuos sólidos urbanos, estiércol de cerdo, biometano.

Síntesis de hydrochars a partir de cuesco de palma para la desalinización de suelos salinos

José Evelio Mazo Zambrano, Luisa Fernanda Marulanda Ruiz, Luis Rafael Rodríguez Aguirre, Cristian Mateo Ramírez Ocampo, Dora María Carmona Garcés, Zulamita Zapata-Benabithé*

Universidad Pontificia Bolivariana Circular

*jose.mazo@upb.edu.co

La salinidad de los suelos es un problema de gran impacto para la humanidad, específicamente para la producción y la seguridad alimentaria. Un alto contenido de sal en los suelos reduce la captación de agua en los cultivos, y la absorción de sodio y cloruros disminuye el crecimiento de las raíces, lo que afecta la toxicidad iónica y la fotosíntesis. La adición de compuestos con alto contenido de carbono al suelo se ha implementado como una alternativa para mitigar los efectos tóxicos de los iones provenientes de sales. En este estudio, se evalúa la obtención de un material a partir del cuesco de palma africana (CP) por carbonización hidrotérmica (hydrochar) para su potencial uso en la capacidad de adsorción de los iones Na⁺ y Cl⁻ en suelos salinos. Inicialmente el CP se reduce a un tamaño de partícula entre 1mm y 2mm, y se lleva a una autoclave de PPL mezclado con agua destilada en una proporción 1g/4ml. La temperatura y el tiempo de residencia variaron

entre 180 °C y 230 °C, y 4 h y 40 h, respectivamente, siguiendo un diseño de experimentos factorial 22 con un punto central aleatorizado. El rendimiento de producción del hydrochar varió entre el 43 % y el 63 %, y su área superficial específica (SBET) estuvo entre 2m²/g y 45m²/g. A 180 °C la SBET varió entre 2m²/g (4 h) y 8m²/g (40 h), valores al límite de precisión del equipo. A temperaturas superiores a los 200 °C, se observó un incremento de la SBET (22m²/g-45m²/g), valores similares a los reportados en la literatura (2-52 m²/g).

Palabras clave: cuesco de palma, carbonización hidrotérmica, suelos salinos.

Comité académico y científico

- IQ Carlos Andrés Cruz, CPIQ
IQ Joan Matero Lerma Celada, Universidad Ean
IQ Leonardo de Jesús Herrera, Universidad de La Salle
IQ Alberth Renne González Caranton, Universidad ECCI
IQ Luisa Fernanda Carvajal Diaz, Universidad Ean
IQ Carlos Alberto Niño Becerra, Ejército Nacional de Colombia
IQ Paola Andrea Acevedo Pabón, Universidad Ean
IQ Irma Salgado Escobar, Tecnológico de Monterrey
IQ Ángel Darío González Delgado, Universidad de Cartagena
Ingeniero Hugo Torres Bahamón, ANRACI
Ingeniero Alex Rodríguez, AGNIS
Iván Orlando Cabeza Rojas, Universidad de La Sabana
Viktor Oswaldo Cárdenas, UNIFESP
Rodrigo Alvarenga Rezende, UNIARA
Jose Herney Ramírez Franco, Universidad Nacional de Colombia - sede Manizales
Alejandro Molina Ochoa, Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín
Fabio Castrillón Hernández, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín
Melvin Arnoldo Durán, Universidad Tecnológica de Pereira
Mary Judith Arias Tapias, Universidad Tecnológica de Bolívar

