



NOVIEMBRE 2024
DEL 18 AL 20



I CONGRESO

INGENIERIA QUIMICA

SOSTENIBILIDAD Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS



LIBRO DE RESUMENES



VICERRECTORÍA DE
BIENESTAR Y EXTENSIÓN



FICHA TÉCNICA

Título: CONGRESO INGENIERÍA QUÍMICA (UNIVERSIDAD DE PAMPLONA)

Web//

https://www.unipamplona.edu.co/unipa_mplona/portallG/home_137/recursos/general/13122024/resumen_congreso_i.pdf

EDICIÓN

Editor: UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Mail:

dingenieria.quimica@unipamplona.edu.co

Diciembre de 2024, Primera Edición

Periodicidad: Anual

ISSN: 3028 – 7650 (En línea)

**© Universidad de Pamplona
Sede Principal Pamplona
Km 1 Vía Bucaramanga-Ciudad
Universitaria
Norte de Santander, Colombia.
www.unipamplona.edu.co**

Teléfono: (+57)3153429495 - 3160244475

COMITÉ EJECUTIVO

Dr. Ivaldo Torres Chávez, Rector, Universidad de Pamplona, Colombia

Dr. Aldo Pardo García. Vicerrector de Investigaciones, Universidad de Pamplona

MSc. Luis Enrique Mendoza. Decano de la Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Diseño Industrial, Universidad de Pamplona, Colombia

COMITÉ CIENTÍFICO Y ORGANIZADOR

Dra. Jacqueline Corredor Acuña, docente Universidad de Pamplona, Colombia

PhD(c). Jeniffer Katerine Carrillo Gómez, docente Universidad de Pamplona, Colombia

MSc. Juan Miguel García Méndez, docente Universidad de Pamplona, Colombia

MSc. Gabriel Andrés Quintero Niño, docente Universidad de Pamplona, Colombia

MSc. Diego Fernando Triana Navarro, docente Universidad de Pamplona, Colombia



CONFERENCISTAS

Dr, Rui Pedro Pinto Lopes Ribeiro, HyLab - Green Hydrogen Collaborative Laboratory, Portugal

Dr, Leandro Chaires Martínez, Tecnológico Nacional De México, México

Dr, Osvaldo Morales Romero, Universidad Nacional Autónoma de México

M.Sc, Víctor Alexis Lizcano González, Candidato a doctor en ingeniería química Universidad Industrial de Santander, Colombia

Dr, Fernando Santiago Gómez Martínez, Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dra, María Josefina Robles Águila, Benemérita Universidad Autónoma Puebla, México

Dra Ana María Rosso Cerón, docente Universidad de Pamplona, Colombia

Dr, Oscar Mauricio Casas Leuro, Instituto Colombiano Del Petróleo Y Energías De La Transición, ICPET, Colombia

Dr, Ronaldo Francisco Santos Herrero, Coordinador de Ing, Química de la Universidad Central de las Villas, Cuba

Dra, Candelaria Nahir Tejada Tovar, Universidad de Cartagena, Colombia

Dr, Angel Villabona Ortiz, Universidad de Cartagena, Colombia

Karen Asbleidy Fernández Mejía, Universidad del Atlántico, Colombia

Dr Juan Carlos Ojeda Toro, Universidad de Pamplona, Colombia

Dra, Johanna Karina Solano Meza, Universidad EAN, Colombia

Dra Aylen Lisset Jaimes Mogollón, Universidad de Pamplona, Colombia

MSc, Beatriz Elizabeth Arteaga Benavides Servicio Nacional de aprendizaje, Nariño, Colombia

MSc, Marino Conde Guevara Benemérita, Universidad Autónoma de Puebla, México



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

Dra, Jeniffer Katherine Carrillo Gómez, Universidad de Pamplona, Colombia



MSc, Gabriel Andrés Quintero Niño, Universidad de Pamplona, Colombia

MSc, Diego Fernando Triana Navarro, Universidad de Pamplona, Colombia

Dra, Jacqueline Corredor Acuña, Universidad de Pamplona, Colombia

Ing. Brandon Smith Martínez Costa



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



EDITORIAL

El I Congreso de Ingeniería Química de UniPamplona (CIQ-UP) se llevó a cabo del 18 al 20 de noviembre de 2024, organizado por el programa de Ingeniería Química, con sede en el Teatro Jorge Gaytán Durán (La Casona) y el Teatro Jáuregui ubicados en Pamplona, Colombia y en modalidad virtual en el aula de TEAMS.

Con una trayectoria que se remonta a 2014, el programa de Ingeniería Química ha organizado diversos eventos científicos, iniciando con el I Simposio de Ingeniería Química. La finalidad de estos encuentros bianuales ha sido actualizar a los futuros egresados sobre los avances internacionales de la profesión en contextos interdisciplinarios. Con el paso de los años, los simposios evolucionaron y también, se complementaron con jornadas técnicas y ferias de proyectos. La consolidación de estos eventos como una oferta académica de alta calidad en Educación Continua propició la creación del CIQ-UP, un evento de mayor alcance y relevancia.

Coincidiendo con el 15º aniversario del programa, la directora del programa destacó en el acto de inauguración los logros alcanzados, como las graduaciones, las actividades sociales, la participación en proyectos de investigación y las giras y visitas industriales. Asimismo, resaltó el perfil socioeconómico de los estudiantes, provenientes principalmente de estratos 1, 2 y 3 de diferentes regiones del país.

Concluyó, agregando que a la fecha el programa cuenta con 277 graduados, la mayoría de ellos reconocidos profesionales e investigadores a nivel nacional e internacional y un plan de estudios modernizado que entró en vigencia en 2024-2

en el que se privilegió la flexibilidad.

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"



Universidad de Pamplona

El CIQ-UP, también se posicionó como una plataforma para la internacionalización, fomentando la colaboración con grupos de investigación nacionales e internacionales.



El congreso se centró en las siguientes áreas temáticas:

- Tratamientos avanzados de purificación del agua: Electrólisis, adsorción, intercambio iónico, ósmosis, etc.
- Electroquímica: fundamentos, aplicaciones, retos y desarrollos tradicionales y futuros de la ciencia de la electroquímica, estudios de corrosión y oxidación, diseño y fabricación de electrodos y sensores, celdas de combustible, tratamientos de residuos y detección de analitos.
- Biomasa y energías renovables: Tratamiento de biomasa para la producción de nuevos combustibles, combustibles no convencionales y aprovechamiento de residuos orgánicos como precursores de sustancias de interés comercial.
- Nanotecnología: obtención, caracterización y usos de nuevos materiales nanométricos.
- Nuevas tendencias en Ing. química: Química verde, sostenibilidad y energías renovables.
- Ética: La ética en el ejercicio profesional del Ing. químico.
- Diseños avanzados de plantas industriales químicas

El CIQ-UP acogió una nutrida agenda académica que incluyó dos talleres intensivos enfocados en el fortalecimiento de competencias blandas, un taller

integrador de sostenibilidad y un conjunto de 22 conferencias plenarias, las que congregaron 18 destacados investigadores provenientes de 4 países.

La presente publicación compila los resúmenes de todos los trabajos presentados durante el CIQ-UP, tanto en modalidad presencial como en línea. Los trabajos se presentan siguiendo el orden cronológico de su exposición y se considera que esta compilación constituye un valioso documento de consulta para la comunidad científica.

Para finalizar, se expresa un sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este evento. En particular, reconocer la invaluable contribución de la Oficina de Educación Continua de UniPamplona, el Consejo Profesional de Ingeniería Química, todos los asistentes, los autores, los comités y el personal de apoyo logístico. Gracias a su compromiso y dedicación, el CIQ-UP se consolidó como un espacio de intercambio de conocimientos y fortalecimiento de redes académicas.

Jacqueline Corredor Acuña



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



Tabla de contenido

Desarrollo de un sistema para el suministro de agua caliente y calefacción a partir de energía solar térmica, empleando un material renovable para el almacenamiento de calor	11
Aplicaciones de la energía solar térmica y su aporte en la descarbonización de los sectores industriales y residenciales.....	14
El ingeniero Químico como un promotor de cambio social	20
Evaluación de Riesgos en Sistemas Reactivos Exotérmicos.....	23
Sostenibilidad rural en la era de la Inteligencia Artificial: Desarrollo de modelos predictivos para la mitigación del Cambio Climático.....	25
Sensores de Óxidos Metálicos Semiconductores para la detección de gases contaminantes: principios y aplicaciones.....	28
El ingeniero químico como integrador de multidisciplinas para la sostenibilidad.	34
Las tecnologías de electrocoagulación y biocoagulación para tratamiento de aguas residuales y potabilización.....	36
AVANCES Y DESAFÍOS EN LA ELIMINACIÓN DE METALES PESADOS, COLORANTES Y METABOLITOS DE FÁRMACOS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA DE ADSORCIÓN	38
Las funciones ejecutivas del cerebro aplicadas a la sostenibilidad.	40
Transformación de residuos en recursos: Valorización de Biomasa Urbana y Agroindustrial para una Gestión Sostenible	42
Evaluación de electrocoagulación en el tratamiento de agua residuales lácteas.....	44
Eco Agua: soluciones integrales para el agua.....	51
ETICA Y LIDERAZGO EN EL EJERCICIO DE LA PROFESION DE LA INGENIERIA QUIMICA – MOVILIDAD INTERNACIONAL CONVENIO PORTUGAL	55
Advances in Green Hydrogen and Ammonia: Towards a Sustainable Hydrogen Economy	58
Selección de microorganismos exoelectrogénicos y su uso en una celda de combustible microbiana	60
TECNOLOGÍA Y DESCARBONIZACIÓN	64
Nanotecnología en acción: materiales nanoestructurados para la	65
remediación ambiental.....	65
RETOS DE LA ELECTROQUÍMICA EN EL SIGLO XXI	66



Propuesta metodológica para la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Cuba: Casos de estudios	68
AVANCES EN LA DETECCIÓN NO INVASIVA DE LEISHMANIASIS EN CANINOS USANDO TECNOLOGÍAS QUÍMICAS Y ELECTRÓNICAS	72
New Approximate Methods for Estimating Thermal Expansion in Solid Materials	75
Nuevos Métodos Aproximados para Estimar la Expansión Térmica en Materiales Solidos	75
Simulación de un Sistema de Reactor de Reforma de Metano e Hidrogenación de Nitrobenceno Acoplado Térmicamente	77
Diseño de una planta de producción de alcohol isopropílico mediante hidratación del propileno	80
Estudio de la Cinética de Oxidación a Alta Temperatura de un Acero al Carbono Recubierto con Ni-P	83
Remoción del Metal Pesado Cobre Mediante Electrocoagulación.....	86
Diseño de una planta de producción de isopropilbenceno a partir de benceno	88
Producción de alimento para ganado por fermentación en estado sólido haciendo uso de un hongo filamentoso.	93
Implementación de cinética de Monod en la simulación de fermentación láctica para producción de yogur	98
Ingeniería Básica y Conceptual de una Planta de Óxido de Etileno	100
Planta de Ácido Levulínico	103
Fabricación y Caracterización De Sensores Nanoestructurados De Óxido De Zinc Para La Detección De Gases Tóxicos	147
Evaluación de la Presencia de Carbamazepina en Cuerpos de Agua utilizando Sensores Electroquímicos.....	106
Aprovechamiento Sostenible De Los Residuos Generados Por Los Sectores Productivos, Extractivos Y De Servicios Del Municipio De Toledo Y El Zulia.....	109
Evaluación Comparativa de Catalizadores Orgánicos e Inorgánicos en la Producción de Biodiésel a partir de Aceite de Cocina Usado: Un Enfoque hacia la Sostenibilidad.....	112
Evaluación de la capacidad de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> para generar bioelectricidad usando medios de cultivo sintéticos	115
Determinación de la Difenilamina en una Muestra Problema por Medio de Pruebas de Solubilidad y Grupos Funcionales	119
Estudio de viabilidad para crear una planta de producción de butanol a partir de propileno mediante la vía Oxosíntesis.....	122



Uso De Una Lengua Electrónica a través de electrodos serigrafiados de carbono Como Técnica Alternativa Para La Detección De Plomo En Aguas Provenientes De La Minería en Norte De Santander.....	125
Diseño y simulación: producción industrial de amoníaco	130
Ingeniería conceptual de una planta de Óxido de Etileno	133
Diseño de una planta de producción de dimetil éter mediante vía indirecta a partir de metanol	137
Diseño De Una Planta De Producción De Ácido Acético Por Medio De Oxidación..... De Etileno	139
Diseño y simulación de una planta de producción de metanol a partir de gas natural....	141



Desarrollo de un sistema para el suministro de agua caliente y calefacción a partir de energía solar térmica, empleando un material renovable para el almacenamiento de calor

Víctor Alexis Lizcano-González¹, Viatcheslav Kafarov¹, Khamid Mahkamov²

¹Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

²Department of Mechanical and Construction Engineering, Northumbria University, Newcastle Upon Tyne, United Kingdom

Una alternativa para el suministro de calor es el aprovechamiento de la radiación solar mediante sistemas acumuladores solares térmicos de baja temperatura (STES por sus siglas en inglés), los cuales acumulan energía térmica, liberándola controladamente durante el día e incluso en la noche (Fleischer, 2015).

El uso de la energía solar térmica podría satisfacer la demanda mundial de calor mediante la aplicación de tecnologías como los sistemas solares térmicos con almacenamiento de calor en materiales de cambio de fase (LHSTES). Los LHSTES tienen 4 componentes principales: colectores de energía solar térmica, un sistema e instrumentos de control, un tanque de almacenamiento de energía y un sistema auxiliar para el suministro de calor (Tomé López, 2014). En los STES se prefiere el almacenamiento de calor latente sobre el calor sensible, empleándose materiales conocidos como materiales de cambio de fase (PCM por sus siglas en inglés), los cuales deben contar con algunas características deseables como: alto valor de entalpía de fusión y calor específico por unidad de volumen y peso, punto de fusión adecuado con la aplicación, baja volatilidad a la

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"





temperatura de trabajo, no corrosividad, estabilidad química, no peligrosidad, altamente inflamable o venenoso, solidificación sin degradación, bajo grado de sobre enfriamiento, pequeña variación de volumen durante la solidificación, alto valor de conductividad térmica y ser abundante y de bajo costo (Abhat, 1983).

Este trabajo presenta las etapas para el diseño, construcción y puesta en marcha del primer equipo LHSTES en Colombia que suministra agua caliente y calefacción a una vivienda (hotel) ubicada en una zona de alta montaña. Las etapas de desarrollo incluyeron el análisis de la disponibilidad de radiación solar, la síntesis de materiales de cambio de fase (PCM) a partir de productos renovables autóctonos colombianos, el estudio experimental para la mejora de las propiedades térmicas de los PCM, el diseño e implementación de un sistema de medición y control, el diseño y construcción de un novedoso intercambiador de calor para el tanque de almacenamiento del PCM, la construcción y puesta en marcha del LHSTES, la evaluación del desempeño del sistema en condiciones reales y la elaboración de recomendaciones para la implementación de esta tecnología en Colombia. Los principales resultados incluyen el uso de estearina de palma hidrogenada como PCM con un elevado calor latente de fusión, la mejora en la conductividad térmica de este PCM mediante el uso de aditivos y matrices de soporte, el adecuado desempeño de un intercambiador de calor tipo carcasa-serpentín con sección transversal cuadrada, el diseño de un lazo de control que elimina la necesidad de intervención humana para la operación del sistema, la capacidad del sistema de suministrar calefacción durante la noche y finalmente la

posibilidad de integrar esta tecnología, en diversos sectores de la industria, el comercio y el sector residencial colombiano.



REFERENCIAS

- Abhat, A. (1983). Low temperature latent heat thermal energy storage: Heat storage materials. *Solar Energy*, 30(4), 313–332. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(83\)90186-X](https://doi.org/10.1016/0038-092X(83)90186-X)
- Fleischer, A. S. (2015). Thermal energy storage using phase change materials: Fundamentals and applications. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology, 9783319209210, 7–35. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20922-7>
- Tomé López, C. (2014). Acumuladores térmicos domésticos más pequeños usando parafinas. <https://culturacientifica.com/2014/10/06/acumuladores-termicos-domesticos-mas-pequenos-usando-parafinas/>



Aplicaciones de la energía solar térmica y su aporte en la descarbonización de los sectores industriales y residenciales

Víctor Alexis Lizcano-González¹, Viatcheslav Kafarov¹, Khamid Mahkamov²

¹Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

²Department of Mechanical and Construction Engineering, Northumbria University, Newcastle Upon Tyne, United Kingdom

La producción de calor representa cerca de la mitad del consumo mundial de energía, por delante de la electricidad (20%) y el transporte (30%), y es responsable de más del 40% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono relacionadas con el sector energético. Los edificios (residenciales y comerciales) y los sectores industriales representan aproximadamente el 95% de la demanda mundial de calor (International Renewable Energy Agency, 2023). En el caso del sector industrial, las demandas de calor representan dos tercios de la demanda energética y casi una quinta parte del consumo mundial de energía. También, la generación de calor es el mayor contribuyente del CO₂ industrial directo emitido cada año, ya que la inmensa mayoría de este procede de la quema de combustibles fósiles. Sin embargo, a pesar de estas impresionantes cifras, el calor industrial suele estar ausente de los análisis energéticos (International Energy Agency, 2018). En el caso colombiano, las industrias consumen un 24% del total de la oferta energética nacional, siendo un 80% de este consumo, dirigido para la generación de calor. Hasta un 54% de esta demanda de energía para calor es suplida mediante el uso de gas natural y/o carbón (Más Colombia, 2021).



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



Considerando que el sol es, por mucho, la mayor fuente de energía

renovable con un potencial de suministrar hasta 2850 veces las necesidades energéticas mundiales (El Bassam, 2021) y que su radiación puede usarse para la generación directa de calor, es necesario incluir las tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar térmica en cualquier programa que busque una transición energética justa y democrática (Olabi et al., 2022). Las aplicaciones de esta tecnología dependen de la temperatura de operación por lo que en orden ascendente se puede encontrar: evaporación, pasteurización, limpieza, calefacción, esterilización, secado, lavado, blanqueado, cocción, destilado de agua, fusión de plásticos, tinturado, compresión y procesamiento general de materiales (Crespo et al., 2019). Esto permite que mediante unidades descentralizadas o grandes plantas térmicas se pueda suministrar energía calórica para sectores como el residencial, hotelero, industria de alimentos y bebidas, procesamiento de productos agroindustriales, generación de vapor para aplicaciones industriales e incluso generación de electricidad.

Por lo tanto, en el presente trabajo se exploran las diferentes tecnologías implementadas a nivel mundial para el aprovechamiento de la energía solar térmica y su uso para la satisfacción e las demandas de calor a nivel industrial y residencial. Se analiza su posible integración en Colombia, con el fin de contribuir a la reducción de emisiones de CO₂, a la diversificación y descentralización de la matriz energética, y al desarrollo de cadenas de producción de los componentes requeridos. A su vez debido a la sustitución de la quema de combustibles fósiles



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

como carbón o gas natural, daría un impulso importante al desarrollo de las iniciativas de mitigación en el marco de los mercados de carbono y desarrollo de los distritos de calentamiento.

REFERENCIAS

- Crespo, A., Barreneche, C., Ibarra, M., & Platzer, W. (2019). Latent thermal energy storage for solar process heat applications at medium-high temperatures – A review. *Solar Energy*, 192, 3–34. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.06.101>
- El Bassam, N. (2021). Restructuring future energy generation and supply. In *Distributed Renewable Energies for Off-Grid Communities* (pp. 27–37). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821605-7.00029-5>
- International Energy Agency. (2018). Clean and efficient heat for industry. <https://www.iea.org/commentaries/clean-and-efficient-heat-for-industry>
- International Renewable Energy Agency. (2023, December 3). Power to heat and cooling: Status. <https://www.irena.org/Innovation-landscape-for-smart-electrification/Power-to-heat-and-cooling>Status>.
- Más Colombia. (2021). Así es la oferta y consumo de energía en Colombia. <https://mascolombia.com/asi-es-la-oferta-y-consumo-de-energia-en-colombia/>
- Olabi, A. G., Shehata, N., Maghrabie, H. M., Heikal, L. A., Abdelkareem, M. A., Rahman, S. M. A., Shah, S. K., & Sayed, E. T. (2022). Progress in Solar Thermal Systems and Their Role in Achieving the Sustainable Development Goals. In *Energies* (Vol. 15, Issue 24). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en15249501>



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



Herramientas de programación lineal para seleccionar alternativas de generación de energía sostenible en zonas de alta montaña de Colombia

Ana María Rosso Cerón

Universidad de Pamplona, Grupo de Investigaciones en Ingeniería Química -Colombia,

ana.rosso@unipamplona.edu.co

En Colombia, el acceso a la energía en zonas de alta montaña es limitado debido a la geografía compleja, la falta de infraestructura y la baja densidad poblacional. Estas áreas dependen principalmente de plantas diésel para su suministro energético, lo que implica altos costos operativos, emisiones contaminantes y problemas de salud derivados del uso de combustibles fósiles. A pesar de contar con un potencial significativo de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) como la solar, eólica y biomasa, la implementación de estas tecnologías sigue siendo escasa debido a barreras económicas y técnicas. Por ello, se hace necesario contar con metodologías que permitan evaluar alternativas de generación de energía sostenibles en estas regiones, contribuyendo así a una transición energética más inclusiva.

Este estudio presenta una herramienta de programación lineal para la selección de alternativas de generación de energía sostenible en zonas de alta montaña de Colombia. La programación lineal es una técnica de optimización matemática utilizada para resolver problemas complejos con restricciones múltiples. En este contexto, el modelo propuesto evalúa diversas tecnologías de FNCER considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales, como el costo de implementación, el impacto ambiental y los beneficios socioeconómicos. El objetivo es facilitar la toma de decisiones para actores clave del sector energético, incluyendo instituciones gubernamentales, empresas de energía y comunidades locales.

El modelo analiza fuentes de energía como sistemas fotovoltaicos, microturbinas eólicas y generadores de biomasa. Cada tecnología se evalúa en función de su capacidad de generación, costos de capital, operación y mantenimiento, así como su viabilidad para satisfacer la demanda local de electricidad y calor. Se incluyen restricciones específicas

para zonas de alta montaña, como la variabilidad climática y los desafíos logísticos en la



instalación de equipos. De esta forma, se asegura que las soluciones propuestas sean viables y adaptadas a las condiciones locales.

Para desarrollar el modelo, se recopiló información sobre la oferta y demanda de energía, así como los costos y el rendimiento de las tecnologías disponibles. Se utilizaron métodos de análisis multicriterio para priorizar las alternativas según indicadores de sostenibilidad, tales como la reducción de emisiones de CO₂, la generación de empleo y la mejora en la calidad de vida. Los resultados permiten identificar combinaciones de tecnologías adecuadas para cada región, optimizando el uso de recursos renovables y minimizando costos e impactos ambientales.

El uso de herramientas de programación lineal en la planificación energética de zonas de alta montaña representa una solución efectiva para promover el desarrollo sostenible en Colombia. Mejora el acceso a energía limpia y fomenta la inclusión socioeconómica de comunidades rurales, a menudo desatendidas por las políticas energéticas tradicionales. La diversificación de la matriz energética mediante FNCER contribuye al cumplimiento de los compromisos internacionales en mitigación del cambio climático, alineándose con el Acuerdo de París.

La aplicación de este enfoque ha demostrado ser efectiva en estudios de caso específicos, facilitando la identificación de alternativas viables para la generación de energía en estas zonas. Los resultados obtenidos pueden servir como base para el diseño de políticas públicas y la implementación de proyectos piloto, validando las soluciones en el terreno. La adopción de metodologías integrales como la programación lineal es clave para maximizar el uso de recursos renovables y minimizar los impactos del uso de combustibles fósiles en Colombia.

Palabras clave: programación lineal, energía sostenible, alta montaña, Colombia, fuentes no convencionales de energía renovable, transición energética

Referencias

1. Agencia Internacional de Energía (2018). *World Energy Outlook 2018*.
2. Departamento Nacional de Planeación (2019). *Plan Energético Nacional 2050*. Bogotá, Colombia.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

- 
3. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2014). Ley 1715 de 2014: *Fomento al uso de fuentes no convencionales de energía renovable.*
 4. Unidad de Planeación MineroEnergética (UPME) (2019). *Energía Renovable en Zonas No Interconectadas de Colombia.*



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



El ingeniero Químico como un promotor de cambio social

Autor: Asbleidy Karen Fernández Mejía

Universidad del Atlántico, Grupo de Investigación Louis Pasteur, Colombia, correo electrónico: akarenfernandez@mail.uniatlantico.edu.co

RESUMEN

Un proceso es una operación o serie de operaciones que provoca cambios físicos, químicos o bioquímicos en un material o mezcla de materiales convirtiendo materias primas de bajo valor o costo en productos de mayor valor. El material que entra a un proceso se conoce como la entrada o alimentación al proceso; mientras que aquel que lo abandona se llama salida o producto.

Un ejemplo, es el proceso de producción de gasolina es un proceso complejo que involucra varias etapas. A continuación, se presenta una visión general del proceso:

1. Extracción del petróleo: El petróleo se extrae del subsuelo mediante pozos de perforación.
2. Transporte del petróleo: El petróleo se transporta a la refinería mediante ductos o barcos.
3. Refinación del petróleo: El petróleo se refina para separar los diferentes componentes, incluyendo la gasolina.
4. Destilación: El petróleo se calienta y se separa en fracciones según su punto de ebullición.
5. Cracking: Las fracciones más pesadas se someten a un proceso de cracking para producir gasolina y otros productos.
6. Reformación: La gasolina se somete a un proceso de reformación para mejorar su calidad.
7. Almacenamiento y distribución: La gasolina se almacena y se distribuye a los centros de suministro.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

Teniendo en cuenta que la energía es una propiedad física que se define como la capacidad de realizar trabajo o producir cambios en un sistema y la transformación de la materia se

refiere a los cambios que ocurren en la composición, estructura o estado físico de una sustancia. Estos cambios pueden ser químicos, físicos o biológicos.

Por consiguiente, esta energía en el aspecto social sería la que mueve a las personas debido a una combinación de motivaciones, factores sociales y beneficios que impulsan el cambio y el crecimiento de las comunidades.

La materia, en el contexto de las comunidades Wayúu, puede ser vista como un proceso de transformación que abarca aspectos culturales, sociales y económicos.

Por lo cual, el liderazgo es la energía que puede transformar a una persona o una comunidad, impulsando cambios positivos y mejorando la calidad de vida. Un liderazgo efectivo debe tener una visión clara, comunicarse de manera efectiva, ser empático, íntegro y resiliente.

El liderazgo de un Ingeniero Químico desde la proactividad implica anticiparse y tomar iniciativa para resolver problemas y mejorar procesos. El ingeniero Químico tiene la capacidad de ser resiliente enfrentando desafíos y cambios para superar adversidades.

Por lo que las personas de las comunidades también son resilientes al proceso de adaptarse bien a la adversidad, a un trauma, tragedia, amenaza, o fuentes de tensión significativas.

La pasión ha sido mi motivación para involucrarme en proyectos que ayuden a mejorar las condiciones del entorno que viven los niños wayúu, considero que desde la Ingeniería Química con los conocimientos adquiridos puedo colocarlo al servicio de los indígenas wayúu, eso es lo que me mueve a liderar procesos en el campo de la Ingeniería.

Las habilidades comunicativas han sido fundamental para tener esa interacción con mi gente ya que me permite hablar su lengua y esto hace posible que ellos puedan comprender la importancia del Proyecto A'atapaa en el cual, buscamos generar oportunidades educativas y asegurar el cumplimiento de los objetivos en las comunidades de Kaurasira, Pakimana, Samatuy y otras.

Palabras claves: Procesos, liderazgo, comunidades wayúu.





Referencias

1. "Ingeniería Química y Desarrollo Sostenible" de Juan M. Lema y Francisco Omil (2013)
2. "La Ingeniería Química en la Sociedad del Siglo XXI" de José M. Ponce (2015)
3. "Ingeniería Química para un Desarrollo Sostenible" de María T. García y otros (2017)



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Evaluación de Riesgos en Sistemas Reactivos Exotérmicos

Juan Carlos Ojeda-Toro^{a*}

^aGrupo de Investigación en Ingeniería Química, Departamento de Civil, Ambiental y Química, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Km 1 Vía Bucaramanga Ciudad Universitaria Pamplona - Norte de Santander, Colombia.

*Autor de correspondencia: juan.ojedaca@unipamplona.edu.co, tel.: (+57) 3148267334

Resumen

En este trabajo se presenta una metodología sistemática para la estimación de riesgos en reactores químicos con descontrol térmico basada en los principios de las teorías de la singularidad y bifurcaciones. Esta se aplicó para el análisis específico de un sistema reactivo exotérmico (hidrólisis de cloruro de acetilo) como caso de estudio. Se dedujeron los balances de materia y energía del sistema reactivo y se parametrizaron para dar lugar al modelo matemático adimensional del sistema. Posteriormente, se construyeron diagramas de bifurcación y continuación a diferentes condiciones de operación mediante el método de longitud de arco, incorporado en la interfaz gráfica de MATCONT (MATLAB®). Se identificaron las regiones en las cuales surgen los fenómenos de histéresis térmica y comportamiento oscilatorio de la temperatura, que a su vez permitieron establecer las regiones seguras de operación del sistema. Finalmente, se verificó la alta sensibilidad térmica del sistema mediante el cálculo de series de tiempo a diferentes condiciones y se realizaron algunas recomendaciones con el fin de prevenir posibles accidentes catastróficos.



Palabras clave: Runaway térmico, análisis de estabilidad térmica, comportamiento oscilatorio, análisis de bifurcaciones, hidrólisis de cloruro de acetilo.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Sostenibilidad rural en la era de la Inteligencia Artificial: Desarrollo de modelos predictivos para la mitigación del Cambio Climático

David Jesús Felibert Álvarez¹, Johanna Karina Solano Meza², Javier Rodrigo Ilarri³

1. Universitat Politècnica de València, España, dfelalv@doctor.upv.es
2. Universidad EAN, Bogotá, Colombia, jksolano@universidadean.edu.co
3. Universitat Politècnica de València, España, jrodrigoilarri@gmail.com

El análisis de la variabilidad climática se ha convertido en una necesidad prioritaria en la actualidad, debido a la importancia de evaluar y predecir posibles eventos extremos, lo que permite la formulación oportuna de estrategias de mitigación específicas dirigidas a contrarrestar impactos negativos en las comunidades y los ecosistemas ante el cambio climático. El entendimiento de patrones en el clima provee la posibilidad de diseñar políticas y medidas adaptativas que puedan minimizar riesgos en diversos sectores, por ejemplo, en la agricultura permite identificar efectos adversos causados por sequías e inundaciones principalmente. Esta capacidad predictiva es decisiva para incrementar la resiliencia de las comunidades frente a los desafíos ambientales y asegurar un desarrollo sostenible a largo plazo.

La investigación en sostenibilidad rural es primordial para garantizar la seguridad alimentaria, por lo que se deben plantear métodos que permitan proporcionar información precisa a los agricultores referente a posibles eventos climáticos, de manera que se facilite la toma de decisiones y se reduzcan posibles pérdidas, impulsando así la economía rural, lo que tiene como efecto no solo garantizar la disponibilidad de alimentos a futuro sino que también se mejore la calidad de vida en estas áreas.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



La Inteligencia Artificial (IA) es una herramienta que actualmente se encuentra disponible para el análisis de posibles fenómenos, su uso puede ser aprovechado por los tomadores de decisiones para realizar análisis predictivos de forma que se minimicen riesgos ambientales, sociales y económicos en las regiones, mediante el suministro de información eficaz y en tiempo real para optimizar el uso eficiente de recursos como agua, energía y fertilizantes ante posibles eventos extremos.

Los modelos basados en Inteligencia Artificial (IA) se constituyen en una alternativa interesante para pronosticar los posibles efectos de la variabilidad climática en áreas rurales ya que poseen la capacidad de analizar datos complejos y en grandes cantidades, permitiendo formular con anticipación políticas y estrategias de planificación a corto, mediano y largo plazo. Aunque la IA está ganando terreno para respaldar las proyecciones y los impactos asociados al cambio climático, se ha realizado un trabajo limitado en esta área (Cheong et al., 2022).

Es por tal motivación que la presente investigación se enfoca en el desarrollo de modelos predictivos para la mitigación de efectos asociados a la variabilidad climática en áreas rurales, tomando como caso de estudio el departamento de Cundinamarca, integrando técnicas de IA como enfoque principal de manera que se generen herramientas para la toma de decisiones de forma oportuna, dirigidas a la minimización de posibles riesgos e impactos futuros en la agricultura. Es de mencionar que el desafío principal es la integración de variables en un solo modelo y el análisis de datos existentes para la zona de estudio, los cuales por su naturaleza pueden llegar a ser escasos, faltantes y complejos.



Palabras claves: Inteligencia Artificial, Cambio Climático, Variabilidad Climática, Sostenibilidad Rural, Agricultura sostenible.

Referencias

Cheong, S. M., Sankaran, K., & Bastani, H. (2022). Artificial intelligence for climate change adaptation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 12(5), e1459.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Sensores de Óxidos Metálicos Semiconductores para la detección de gases contaminantes: principios y aplicaciones.

M. Conde-Guevara¹, T. V. K. Karthik² A. Méndez-Blas³, R. Silva-Gonzalez³, M. J. Robles-Aguila¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias, Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores, Edificio 105 C, Boulevard 14 Sur y Av. San Claudio, Col. San Manuel, C. P. 72570, Puebla, Pue., México

²Tecnológico de Monterrey, Escuela de ciencias e ingeniería, Departamento de mecanica y Materiales avanzados, Avenida Lago de Guadalupe km 3.5, Margarita Maza de Juárez, 52926 López Mateos, Ciudad de Mexico.

³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Física Ing. Luis Rivera Terrazas, Puebla, Pue., México.

Palabras clave: Sensores MOS, Doctor Blade, Óxido de Tungsteno, Sensores de gas, Detección de CO₂

Resumen

La urbanización, la industria, la deforestación y los hábitos de consumo han incrementado la emisión de sustancias contaminantes que afectan la atmósfera, el agua, el suelo y la salud humana. Gases como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), ozono (O₃), óxidos de nitrógeno (NO_x) y gases fluorados son algunos de los principales contaminantes que afectan la calidad del aire, provocando enfermedades respiratorias y otros riesgos para la salud (Shendage et al., 2017). Para mitigar estos problemas, se han desarrollado sensores avanzados que permiten sensar estos gases de manera rápida y precisa. Los sensores de gases se dividen en varias categorías según su principio de funcionamiento, tipo de gas objetivo, material sensible a utilizar y su aplicación, como sensores resistivos, electroquímicos, infrarrojos, ópticos, entre otros. Estos sensores se utilizan para detectar gases tóxicos, inflamables, refrigerantes y otros contaminantes presentes en el aire (Deng, 2019).

Los materiales más utilizados en su fabricación son los óxidos metálicos semiconductores (MOS, Metal Oxide Semiconductor por sus siglas en inglés), los MOS más empleados son óxido de estaño (SnO₂), óxido de titanio (TiO₂), óxido de zinc (ZnO) y óxido de tungsteno



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (+57) 3153429495 - 3160244475
www.unipamplona.edu.co



específico a una temperatura de trabajo establecida, permitiendo que su detección sea confiable, eficiente y de menor costo (Korotcenkov, 2014). Estos dispositivos son fundamentales en diversas aplicaciones, como el monitoreo ambiental para evaluar la calidad del aire; la seguridad industrial, para detectar fugas de gases tóxicos; y en el ámbito médico, para controlar gases en la respiración o anestesia. El diseño de sensores eficientes y económicos es crucial para reducir el impacto ambiental y proteger la salud humana.

En esta presentación, se abordará el diseño y desarrollo de un sensor de WO_3 el cual es un semiconductor de tipo n con propiedades interesantes que lo hacen muy útil para aplicaciones tecnológicas, en particular para la detección de gases tóxicos y compuestos orgánicos volátiles. Las películas de WO_3 son de especial interés para la detección de gases porque exhiben actividad catalítica en superficies sólidas tanto en reacciones de oxidación como de reducción, lo que lleva a un cambio considerable en su conductividad eléctrica. A través de los años, la detección de gases ha ganado una atención significativa entre los investigadores porque juega un papel crucial en el monitoreo ambiental, la seguridad pública y el control de procesos industriales, donde los avances continuos son necesarios para la tecnología de sensores (Sáenz-Hernández et al., 2022)

El WO_3 es un sensor que exhibe una excelente selectividad y sensibilidad de CO_2 para detectar bajas concentraciones de gases, lo que lo hace adecuado para su uso en dispositivos de detección de gases y sistemas de monitoreo. La detección de CO_2 es importante para varias aplicaciones, incluido el monitoreo ambiental, los procesos industriales y el control de la calidad del aire interior. El efecto de la temperatura en la síntesis de WO_3 se ha estudiado ampliamente. Se ha observado que la temperatura desempeña un papel esencial en el rendimiento de los sensores de película WO_3 porque es necesaria para optimizar sus capacidades de detección en las reacciones de reducción de CO_2 . Se ha descubierto que la temperatura de WO_3 afecta a sus propiedades de detección de gases (Jamali & Shariatmadar Tehrani, 2021). Los sensores de película WO_3 depositados a temperaturas más altas, como 500 °C, han demostrado una respuesta más





eficaz que los que se utilizan a temperatura ambiente para detectar gases como el dióxido de nitrógeno (NO_2). Por otro lado, los sensores de película WO_3 recién depositados también han mostrado una baja sensibilidad cuando se utilizan para detectar gases reductores como el hidrógeno (H_2) y el amoníaco (NH_3), lo que destaca las excelentes propiedades de selectividad de los sensores de película WO_3 . Las propiedades fundamentales de los materiales

de detección, que incluyen porosidad, composición química, dimensionalidad, conductividad, dopaje, defectos y piezoelectricidad, así como las interacciones entre el material y el analista, las diversas metodologías y la configuración, afectan significativamente su rendimiento de detección, como la sensibilidad o el límite de detección, la selectividad, el tiempo de respuesta/recuperación, la reproducibilidad y la estabilidad. El WO_3 se ha sintetizado empleando varios métodos, como son sol-gel, coprecipitación, radiación ultrasónica, hidrotermal, deposición física de vapor (PVD), deposición química de vapor (CVD), oxidación de filamentos de tungsteno mediante calentamiento por inducción *in situ*, crecimiento asistido por plantilla, evaporación térmica, radiación de microondas, etc.

Varios estudios han descrito cómo un material sensor interactúa con un gas objetivo, lo que genera fluctuaciones en sus propiedades eléctricas, dieléctricas, magnéticas, ópticas, termométricas, acústicas, colorimétricas y gravimétricas. Se puede utilizar un transductor para traducir estas fluctuaciones en señales detectables. El objetivo principal de este estudio es sintetizar polvos de WO_3 a diferentes temperaturas (400, 600 y 900 °C) para investigar los efectos en sus propiedades estructurales, morfológicas, ópticas y eléctricas. Esta investigación es importante ya que tiene como objetivo mejorar la comprensión del mecanismo de detección de los sensores de película de WO_3 utilizando el gas CO_2 como modelo de estudio.

Los sensores de película WO_3 se fabricaron utilizando la sencilla técnica de cuchilla sin utilizar materiales aditivos. Se utilizaron diferentes temperaturas de calcinación para estudiar la variación de las propiedades estructurales, morfológicas, texturales, eléctricas y ópticas de los sensores de película. Observando que el aumento de la temperatura provocó un aumento del tamaño de los cristalitos, lo que redujo la microdeformación y la densidad de dislocación y provocó variaciones en la intensidad del pico Raman, la



morfología, los coeficientes ópticos y de detección de gases, donde el sensor de película WO3-400 °C tuvo el tiempo de respuesta más corto (29,32 s) y el tiempo de recuperación (34.36 s) para la detección de CO₂, lo que lo convierte en un sensor prometedor para sitios cerrados. El sensor de película WO3-600 °C, con una respuesta de detección del 350.99% y una sensibilidad del 4.51, resultó ser el sensor de película más adecuado para la detección de CO₂.

Figura.1

Graphical abstract de los sensores de gas Óxidos Metálicos Semiconductores para la detección de gases contaminantes.



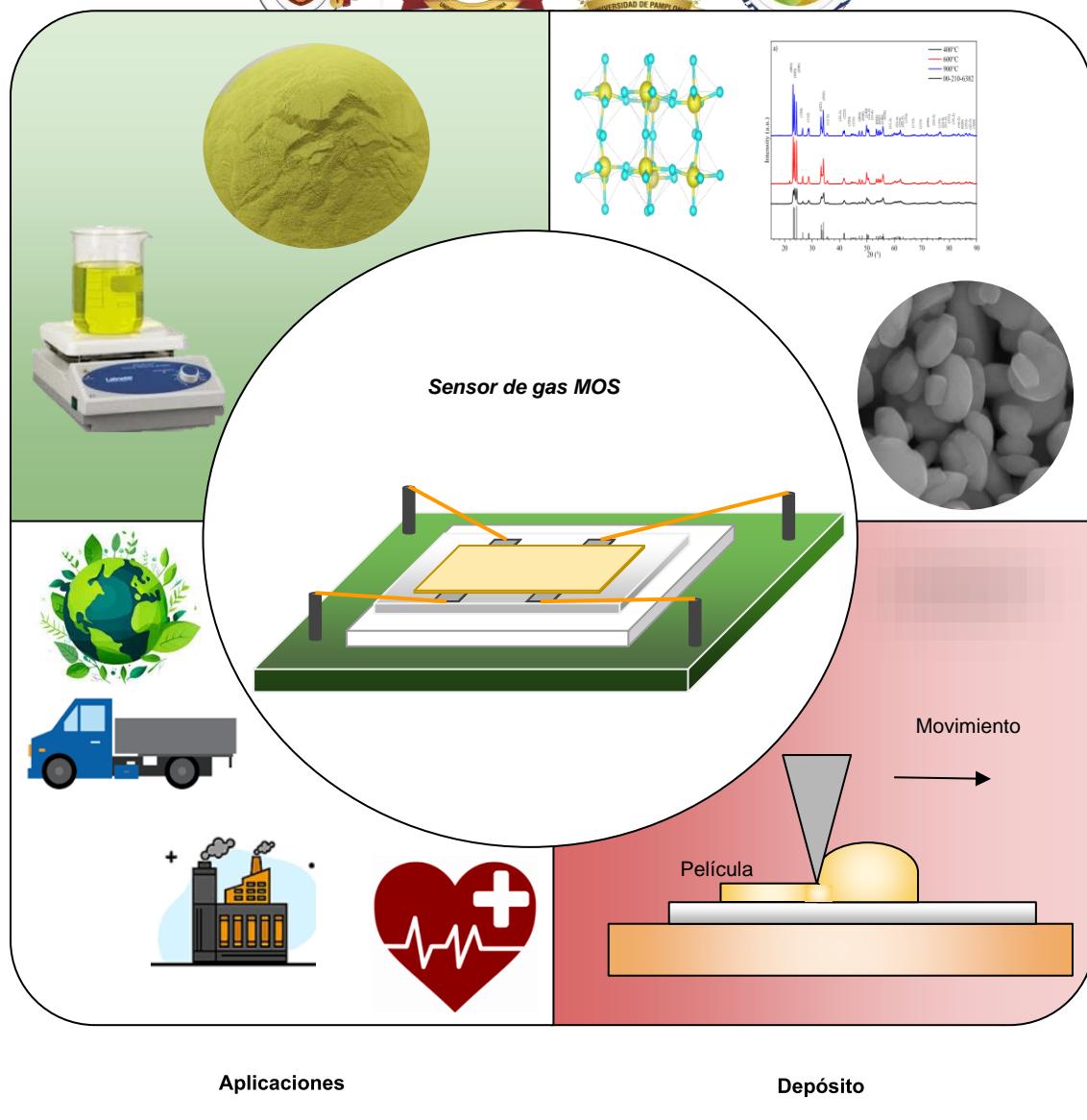
"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Síntesis

Caracterización



Referencias

Deng, Y. (2019). Semiconducting Metal Oxides for Gas Sensing. In *Semiconducting Metal Oxides for Gas Sensing*. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5853-1>

Jamali, M., & Shariatmadar Tehrani, F. (2021). Thermally stable WO₃ nanostructure synthesized by hydrothermal method without using surfactant. *Materials Science and Engineering: B*, 270(November 2020), 115221. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2021.115221>



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Korotcenkov, G. (2014). *Handbook of Gas Sensor Materials*. In Book (Vol. 2).

<http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-7388-6>

Sáenz-Hernández, R. J., Herrera-Pérez, G. M., Uribe-Chavira, J. S., Grijalva-Castillo, M. C., Elizalde-Galindo, J. T., & Matutes-Aquino, J. A. (2022). Correlation between Thickness and Optical Properties in Nanocrystalline γ -Monoclinic WO₃ Thin Films. *Coatings*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/coatings12111727>

Shendage, S. S., Patil, V. L., Vanalakar, S. A., Patil, S. P., Harale, N. S., Bhosale, J. L., Kim, J. H., & Patil, P. S. (2017). Sensitive and selective NO₂ gas sensor based on WO₃ nanoplates. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 240(2), 426–433. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.08.177>



El ingeniero químico como integrador de multidisciplinas para la sostenibilidad.

Autor: Fernando Santiago Gómez Martínez

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Grupo Académico

Interdisciplinario Ambiental, México, correo electrónico: fsgomez@quimica.unam.mx

RESUMEN

La carrera de ingeniería química cuenta con las competencias y los conocimientos necesarios para llevar a cabo el análisis, el diseño, la construcción, y el gestionamiento de los procesos de transformación de materias primas en la elaboración o en el diseño de productos de mayor valor agregado con un enfoque científico-práctico e interdisciplinario, para beneficio de la sociedad, cuidando que el desarrollo de tecnología y procesos sean sustentables y amigables con el medio ambiente. La química es indispensable para asegurar que las siguientes generaciones de productos químicos, materiales y energía sean sustentables. La química es también esencial para limpiar el planeta de contaminantes ya existentes.

Desde este punto de vista los procesos sostenibles deberán tener como función el diseño, optimización y operación de todo tipo de procesos en todos los ámbitos; así como la gestión del agua, la energía y tratamiento de residuos sólidos. Esta conferencia está orientada a la comprensión de todas las áreas de influencia en las que puede participar un ingeniero químico para generar condiciones de sostenibilidad en las áreas en las que puede tener influencia.

Palabras claves: Interdisciplina, procesos, optimización.

Referencias:

- **Gómez Martínez Fernando Santiago.** Estado Base - Línea Base, Núcleo Interdisciplinario Derecho, Sociedad y Ambiente, actualización del Diccionario Jurídico Mexicano, Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, 26 de octubre del 2016.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

- **Gómez Martínez Fernando Santiago.** *Comentarios de la Determinación del Estado Base* páginas 245 a 256, *Comentarios Académicos, La Constitución y los Derechos Ambientales.*
- Instituto de Investigaciones Jurídicas, Serie Doctrina Jurídica Núm. 746, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México D.F. 2015.
- **Luna Pabello Víctor Manuel, Carranza Rodríguez Mabel, Gómez Martínez Fernando.** *Intervención holística para el manejo adecuado de residuos en pymes.* Universidad de Santo Tomás, Bogotá, Colombia. Capítulo 6 *El beneficio ambiental del manejo de los desechos líquidos mediante la aplicación de estrategias de prevención*, páginas 93 a 113. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México D.F. 2012.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona





Las tecnologías de electrocoagulación y biocoagulación para tratamiento de aguas residuales y potabilización

Ángel Villabona Ortiz, Lenis Eduardo De la rosa Jiménez, Diego Andrés Navarro Romero, Betsy Mary Torres Castillo, Carelisi Margarita Cueto Padilla, Gabriela María Cuten Trespalacio

Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia

Resumen

La contaminación del agua es una dificultad que enfrenta la sociedad actual, la preocupación por esta contaminación ha dado como resultado el aumento en la investigación y el desarrollo de tecnologías sustentables, principalmente para la clarificación del agua, uno de estas es el proceso de coagulación/floculación, el cual consiste en la desestabilización de partículas coloidales a través de formación de flóculos. El método más común de coagulación es el uso de coagulantes químicos como el sulfato de aluminio, este presenta alto grado de remoción de turbidez, entre otros contaminantes pero la posibilidad de remanentes de este químico por una incorrecta dosificación en el agua tratada puede ser un riesgo para la salud, debido a estos inconvenientes, se plantean dos alternativas a la coagulación química: la electrocoagulación, que usa la electricidad para oxidar electrodos de hierro o aluminio generando hidróxidos como agentes coagulantes, como otro método es el uso de coagulantes naturales extraídos de plantas, como lo pueden ser almidones, taninos, proteínas entre otros bio-compuestos, con capacidad coagulante. En la presente presentación se presentan el funcionamiento, así como los datos de la capacidad de remoción de contaminantes de estos dos métodos obtenidos en el semillero de investigación SISAM de la universidad de Cartagena, donde se evaluó la capacidad de remoción de la electrocoagulación del surfactante Sulfonato

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"



Universidad de Pamplona

Alquilbenceno Lineal y de colorante aniónico Rojo 40 con remociones de 75% y 90% respectivamente, y se recolectaron lotes de semillas de cuatro plantas de la región, Albizia Lebbeck (AL), Cassia Fistula (CF), Delonix Regia (DR) y Leucaena Leucocephala (LL) de la cual se extrajo el activo coagulante dando buenos resultados de remoción de turbidez, siendo el orden de mayor a menor: CF > DR > AL > LL, obteniendo remociones de 99,12%, 96,49%, 93,62% y 86% respectivamente, valores cercanos a los obtenidos con sulfato de aluminio de 99,05% con alteraciones menores en el pH. Estos resultados nos presentan nuevas alternativas prometedoras en el tratamiento de agua y potabilización.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



AVANCES Y DESAFÍOS EN LA ELIMINACIÓN DE METALES PESADOS, COLORANTES Y METABOLITOS DE FÁRMACOS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA DE ADSORCIÓN

Candelaria Nahir Tejada Tovar

Representante de las universidades de Colombia ante la junta de consejeros del Consejo profesional de ingeniería química (CPIQ)- Programa de Ingeniería Química, Grupo de Investigación en Diseño de Procesos y Aprovechamiento de Biomasa (IDAB); Docente de la universidad de Cartagena. ctejadat@unicartgena.edu.co

La adsorción se presenta como una tecnología prometedora para la eliminación de contaminantes ambientales, como metales pesados, colorantes y metabolitos de fármacos, que representan un riesgo significativo para los ecosistemas acuáticos y la salud humana. Esta problemática se agrava por la acumulación de residuos agroindustriales y la falta de estrategias sostenibles para su aprovechamiento, así como por la limitada efectividad de los métodos convencionales de tratamiento de aguas. Como grupo de investigación hemos desarrollado bioadsorbentes a partir de residuos agroindustriales, como cáscaras de ñame, yuca, coco, arroz, cacao, tallo de plátano, entre otros, mediante procesos de selección, pretratamiento físico-químico, molienda, activación físico-química y caracterización. Asimismo, se ha implementado la ingeniería de procesos asistida por computador para el modelado de columnas operativa a escala industrial tendiente a la adsorción de metales pesados. Los materiales preparados fueron evaluados en sistemas discontinuos y continuos para determinar su capacidad de remoción de contaminantes específicos bajo diferentes condiciones operativas. Los



resultados demostraron una alta eficiencia en la remoción de metales pesados como Cromo (VI), Níquel (II), Plomo (II), Mercurio (II), colorantes aniónicos y catiónicos, como el Azul de Metileno, Rojo Congo, tartrazina, entre otros y metabolitos de fármaco; amoxicilina e ibuprofeno, entre otros, evaluando la incidencia de variables como la dosis de adsorbente, el tamaño de partícula y las condiciones del medio. Estos hallazgos confirman el potencial de los residuos agroindustriales como materia prima para el desarrollo de soluciones sostenibles. Sin embargo, se identificaron desafíos importantes, como la regeneración de adsorbentes agotados, la compatibilidad con matrices reales y la escalabilidad del proceso. Asimismo, se propone la integración de herramientas como la inteligencia artificial para optimizar el diseño de procesos y mejorar la predicción en el tratamiento de contaminantes. Este estudio contribuye al desarrollo de tecnologías ambientalmente responsables y accesibles para la gestión de contaminantes en cuerpos de agua.

Palabras clave: Adsorción; Biomasa; Colorantes, Metales pesados, Metabolitos de fármaco; Modelado; Residuos agroindustriales



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Las funciones ejecutivas del cerebro aplicadas a la sostenibilidad.

Autor: Fernando Santiago Gómez Martínez

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental, México, correo electrónico: fsgomez@quimica.unam.mx

RESUMEN

La complejidad en la solución de problemas que involucran nuevos enfoques se ha hecho cada más patente en el Siglo XXI, de tal manera que las estructuras y procedimientos para resolver los mismos requieren de habilidades que complementen diferentes alternativas de pensamiento. Se han llevado a cabo grandes esfuerzos en los diferentes órdenes de pensamiento y del conocimiento de como los seres humanos resolvemos problemas y la forma en que esto sucede desde un punto de vista neurológico, conocimiento que es reciente y que gracias a la tecnología se profundiza cada vez más.

Las funciones ejecutivas del cerebro permiten entender de manera más clara la manera en que el cerebro afronta un problema y de cómo lo resuelve. Dichas funciones ejecutivas se desarrollan de manera sistemática mediante procesos químicos internos y con la evaluación continua de los diferentes entornos a los que se expone. La formación de los ingenieros químicos tiene mucho que correlacionarse con estas funciones, ya que permiten adentrarse en las diferentes formas de pensar y de actuar.

Aplicando estas condiciones se pueden entender y proponer soluciones para la sostenibilidad, ya que ésta se encuentra condicionada con las estructuras básicas y complejas del propio desarrollo del cerebro. Uno de los principales retos en cuanto a la sustentabilidad y la sostenibilidad tiene que ver con visualizar futuros desde el presente, y es aquí en donde se pueden combinar múltiples posibilidades conjugando el entendimiento de los procesos neuronales y de la práctica de la ingeniería química.



Palabras claves: Funciones ejecutivas, procesos neuronales.

Referencias:

- **Moreno Bote Rubén.** *¿Cómo tomamos decisiones?* Editorial Salvat, 2019.
- **Sepulcre Jorge.** *Redes Cerebrales y Plasticidad Neuronal, El Cerebro que Cambia y se Adapta*, Editorial Salvat, 2019.
- **Dierssen Mara.** *¿Cómo Aprende (y Recuerda) el Cerebro, Principios de Neurociencia para Aplicar en la Educación*, Editorial Salvat 2018.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Transformación de residuos en recursos: Valorización de Biomasa Urbana y Agroindustrial para una Gestión Sostenible

Johanna Karina Solano Meza¹, Paola Andrea Acevedo Pabón², Ana Paola Becerra Quiroz³, Javier Rodrigo Ilarri⁴

1. Universidad EAN, Bogotá, Colombia, jksolano@universidadean.edu.co
2. Universidad EAN, Bogotá, Colombia, paacevedo@universidadean.edu.co
3. Universidad Manuela Beltrán, Bogotá, Colombia, dir.ambiental@umb.edu.co
4. Universitat Politècnica de València, España, jrodrigoilarri@gmail.com

La búsqueda de alternativas para la obtención de fuentes energéticas que minimicen el impacto ambiental asociado al consumo de combustibles fósiles ha impulsado el análisis de la viabilidad de utilizar recursos renovables. Dentro estos recursos se encuentra la biomasa residual, que cuenta con un verdadero potencial de aprovechamiento y que cuya disponibilidad en el país hace técnicamente factible su uso para la obtención de energía tanto para el sector residencial como comercial e industrial.

La biomasa es actualmente una de las opciones más importantes para producir diversas formas de energía, y junto con otras fuentes renovables, es capaz de proporcionar todos los servicios energéticos necesarios en una sociedad moderna, tanto a nivel local como globalmente (Ladanai y Vinterbäck, 2009).

Tanto la biomasa residual que se genera en procesos agroindustriales, así como la generada por las actividades urbanas puede ser aprovechada a través de diferentes desarrollos tecnológicos para la obtención de bioenergía, ya que tiene el potencial de proporcionar biogás, combustibles líquidos o sólidos, bioabono, electricidad o calor

(Bridgwater, 2006), lo que se puede lograr a través de biorrefinerías. En el proceso de

Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz





aprovechamiento, se pueden generar productos adicionales útiles, otorgando a las biorrefinerías una gran relevancia en el marco de políticas nacionales de economía circular, además de apoyar la agricultura sostenible, esto genera valor y posibles beneficios para los agricultores, convirtiéndose en una estrategia clave para el desarrollo económico. De otra parte, aprovechar la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos ayuda a minimizar la presión sobre los vertederos, lo que conlleva a mitigar problemas de contaminación a fuentes hídricas superficiales y subterráneas, además de aportar a la mejora de la calidad del aire. Igualmente, su valorización disminuye la posible quema incontrolada de los residuos minimizando la emisión de gases contaminantes. Así, la generación de productos de interés a través del aprovechamiento de la biomasa residual se convierte en una alternativa para crear nuevos empleos y beneficios económicos al desarrollarse oportunidades de negocio, destacando a las Biorrefinerías por ser una tecnología en evolución y con potencial económico de la cual se puede obtener biocombustibles, bioplásticos, fertilizantes e hidrógeno siendo este último de interés dadas las políticas actuales del país asociadas a la transición energética.

Es entonces que este trabajo presenta las biorrefinerías como estrategia para el aprovechamiento eficiente de la biomasa buscando la minimización de impactos ambientales y el aporte a políticas nacionales, siendo una tecnología factible para la generación de energía renovable, así como la obtención de productos diversos, lo cual traería beneficios a las comunidades directamente involucradas en el sector agroindustrial así como las encargadas de la gestión de los residuos sólidos orgánicos urbanos.

Palabras claves: Biorrefinerías, Fracción orgánica de residuos sólidos, Biomasa, Bioenergía, Residuos Orgánicos agroindustriales.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Evaluación de electrocoagulación en el tratamiento de agua residuales lácteas

Beatriz Elizabeth Arteaga Benavides, Karen Guerrero Muñoz, Darío Javier Vallejos Benavides

Semillero Química y Medio Ambiente (SEQUIM) – Grupo IDEA, Tecnoacademia Fija de Túquerres - Centro Sur Colombiano de Logística Internacional-SENA

Túquerres, Colombia.

Autor de Correspondencia: bearteagab@sena.edu.co

Resumen

El departamento de Nariño se caracteriza por ser un sector ganadero y donde se enfrenta a graves problemas ambientales derivados de la industria láctea, que genera grandes volúmenes de aguas residuales con altos niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), afectando los cuerpos de agua y ecosistemas acuáticos de la región. Estas aguas, cargadas de suero lácteo y otros contaminantes, contribuyen a la disminución de oxígeno en ríos como el Río Blanco de Ipiales, lo que ha causado crisis sanitarias. Con el fin de mitigar estos efectos, este estudio propone la electrocoagulación como una solución económica y sostenible. El proceso utiliza electrodos de aluminio que aglomeran las partículas coloidales, disminuyendo la turbiedad y carga orgánica, permitiendo la recolección del lodo resultante, que puede utilizarse como abono. Para este fin, se diseñó y construyó una celda de electrocoagulación con láminas de aluminio reciclados de la industria de construcción, y se probaron en muestras de agua residual de una industria láctea de Túquerres, evaluando parámetros como pH, turbiedad, conductividad, DBO, DQO y grasas. En pruebas preliminares, este método ha logrado eliminar hasta el 95% de la



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



turbidez, con estudios que reportan reducciones del 66% al 96% de DQO. En conclusión, la electrocoagulación es una tecnología eficiente para reducir la carga orgánica de las aguas residuales lácteas, preservando los ecosistemas acuáticos y ayudando a cumplir con las normativas ambientales de Nariño.

Palabras clave: electrocoagulación, electrodo de aluminio, aguas residuales, lactosuero, impacto ambiental.

Introducción

El departamento de Nariño se caracteriza por ser un sector ganadero centrándose en las regiones de Pasto, Guachucal, Cumbal, Túquerres e Ipiales, en donde se obtiene leche como principal propósito, aportando con el 27% del PIB del sector agropecuario de Nariño, beneficia a 160.000 personas, 296 empresas asociativas y genera 8.100 empleos de los cuales más del 50% corresponde a mujeres. La leche se traslada a los centros de acopio donde se realiza la transformación y elaboración de derivados lácteos como yogurt y diferentes variedades de quesos. Según la secretaría láctea en el departamento de Nariño existen 170 establecimientos registrados y 100 empresas que no están registradas y corresponden a microempresas localizadas en los municipios productores de leche (Gobernación de Nariño, 2019). Esta industria es la responsable de generar grandes impactos ambientales debido a que emite grandes cantidades de gases de efecto invernadero y se generan altos volúmenes de aguas residuales con alto contenido orgánico, además, consumen diariamente elevados volúmenes de agua en sus procesos de lavado, desinfección y limpieza de sus maquinarias. En Ipiales en los últimos años se han presentado varias crisis sanitarias por la presencia de este tipo de residuos que son arrojados sin ningún tratamiento al Río Blanco. El principal subproducto de la industria



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

láctea es el suero que genera grandes impactos por sus altos niveles de grasas, lactosa, minerales y proteínas que elevan los niveles de contaminación expresados en Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) y variedad de productos químicos como ácidos, detergentes entre otros, lo que ocasiona cambios en la calidad del agua e impacto negativo en las fuentes de agua y ecosistemas acuáticos, es por esto que estas aguas deben recibir un tratamiento antes de ser arrojadas a los ríos.

Los altos niveles de DBO (2,000 - 3,000 mg/L) y DQO (2,000 - 4,000 mg/L) en las aguas residuales lácteas consumen grandes cantidades de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua receptores , además contribuyen a la disminución del oxígeno disponible asfixiado a los peces y otras especies acuáticas, inhibiendo su crecimiento; el desarrollo los nutrientes como el nitrógeno y fósforo también pueden causar eutrofización, lo que lleva a un crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas y el crecimiento descontrolado de la flora acuática reduce aún más los niveles de oxígeno, creando un ciclo vicioso perjudicial para la vida acuática (Tapará, 2022). El no cumplimiento de los parámetros límites permisibles ocasiona que las empresas deben pagar multas a la entidad ambiental del departamento: CORPONARIÑO.

Como solución se plantea la implementación de la electrocoagulación, un proceso electroquímico que consiste en proporcionar corriente eléctrica a electrodos que pueden ser de diversos materiales, en esta ocasión se utilizó electrodos de aluminio. En estos electrodos se producen coagulantes por desintegración de iones, lo que permite aglomerar partículas coloidales y por flotación estas se depositan en la superficie (Rodríguez Díaz et al., 2021; Tapará, 2022). De esta manera el agua se vuelve más clara y puede ser recogida, mientras que el lodo que queda en la superficie se retira y se utiliza como abonos. El propósito de este trabajo es disminuir la carga orgánica de las industrias

lácteas y evitar así el deterioro de los sistemas acuáticos, brindando una alternativa de tratamiento sostenible para las empresas lácteas.



Materiales y métodos

El montaje del electrocoagulador y puesta en marcha del experimento se llevó a cabo en las instalaciones de ambiente de formación de Química y nanotecnología de Tecnoacademia Túquerres del SENA. Para el diseño y construcción de la celda de electrocoagulación se utilizó láminas de aluminio obtenidas de desechos de construcción y el agua residual se obtuvo de una industria láctea del municipio de Túquerres. El diseño de la celda de electrocoagulación se realizó en la plataforma de AUTODESK Tinkercard y posteriormente se imprimió el soporte en una impresora 3D. Se tomaron las muestras y se analizó pH, conductividad, DQO, DBO y grasas.

Para el diseño de la celda se tuvo en cuenta parámetros como distancia entre electrodos, voltaje, amperaje de la fuente, dimensiones y número de electrodos (Aguilar & Matta, 2020)

Resultados preliminares y discusión

Los resultados del diseño de la celda de electrocoagulación se muestran en la Fig. 1. Para la construcción de la celda de electrocoagulación se utilizaron siete (7) electrodos de aluminio con una capacidad de 500 mililitros en funcionamiento tipo Bach como se observa en la figura 2. En la tabla 1 se muestran los parámetros fisicoquímicos iniciales.

Tabla 1. Características fisicoquímicas iniciales

pH	10.34
Turbiedad (NTU)	990.4
Conductividad (us/cm)	2560

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"



Universidad de Pamplona



Fig 1. Diseño de la celda de electrocoagulación en la plataforma Tinkercard. Fuente: Karen Guerrero

En estudios preliminares de este proyecto se eliminó el 95% de turbidez durante 1 hora de tratamiento y con un voltaje de 12 voltios y 1.56 Amperios, otros estudios reportan eliminación del 66 al 96% de DQO (Freitas Silva et al., 2020; Rodríguez Díaz et al., 2021).

En la Fig 3, se puede observar de forma visual estos resultados.



Fig 3. Resultados de tratamiento de electrocoagulación



Este proyecto surgió a partir de la propuesta presentada por la semillerista Karen

Guerrero ante la fundación She Is del programa Ella es Astronauta. Actualmente, se encuentra en desarrollo y contempla la realización de más ensayos utilizando diferentes configuraciones de electrodos y variaciones en la distancia entre ellos. Posteriormente se cuantificará la remoción de materia orgánica en términos de DQO y DBO.

Conclusiones

La electrocoagulación es una alternativa sostenible y muy efectiva para reducir la materia orgánica en las industrias lácteas del departamento de Nariño, al transformar los residuos lácteos en efluentes menos contaminados que garanticen la preservación de los sistemas acuáticos y prevención de problemas de salud pública de nuestra región.

Referencias citadas

Aguilar, C., & Matta, F. (2020). Diseño de un prototipo de una celda de electrocoagulación para el tratamiento de las aguas residuales de industrias lácteas: caso Combilac. Universidad Santo Tomás, Tunja.

Freitas Silva, G., Mendonça, R., & Leonardo Bonato, F. (2020). Electrocoagulation using zinc electrodes for dairy industry wastewater treatment. Desalination Water Treat, 206, 58–65. <https://doi.org/10.5004/DWT.2020.26294>.

Gobernación de Nariño. (2019). Plan departamental de extensión agropecuaria del departamento de Nariño.



Rodríguez Díaz, Y., Fuentes Guevara, O., Belén Díaz, D., & Montoya, A. (2021).

Electrocoagulación como proceso de tratabilidad de aguas residuales de una planta de lácteos y cárnicos. *Tecnura*, 25(67), 26–39. <https://doi.org/10.14483/22487638.15769>.

Tapará, V. (2022). Electrocoagulación en la depuración de aguas residuales de una planta de productos lácteos [Universidad Nacional Del Centro Del Perú].
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8044>.



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



Eco Agua: soluciones integrales para el agua

Beatriz Elizabeth Arteaga Benavides, Xiomara Leiton Betancourth, Karen Guerrero Muñoz, Sarita Eraso Cuatapi, José Mora Chaucanes, Wilmar Mora Cupacan,

Semillero Química y Medio Ambiente (SEQUIM) – Grupo IDEA-Tecnoacademia Fija de Túquerres - Centro Sur Colombiano de Logística Internacional-SENA
Túquerres, Colombia.

Autor de Correspondencia: bearteagab@sena.edu.co

Resumen

La disponibilidad de agua es esencial para preservar la vida y la salud. Se dice que, en todo el mundo, una de cada tres personas no tiene acceso a agua potable y el poco saneamiento e higiene y agua contaminada causa cerca de 829. 000 muertes cada año (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2022). En Colombia existe una cobertura de acueducto del 98% en zonas urbanas y un 76% en zonas rurales, de este último, 12 millones de personas tienen inadecuada prestación del servicio y 2,6 millones de personas no presentan acceso a agua potable; en Nariño para el año 2021 se reportó que el 50% de las zonas rurales no tienen acueducto y de los que lo poseen, el 66 % presentaron riesgo alto para consumo humano según el Índice de Calidad de Agua Potable (IRCA) (Ministerio de vivienda ciudad y territorio, 2021). Esta problemática también afecta a los ganaderos, causando pérdidas económicas de hasta \$200 COP por litro de leche debido al uso de agua contaminada en sus labores de ordeño (Tecnoacademia Túquerres, Semillero SEQUIM, 2024).

En este contexto, EcoAgua surge como una propuesta innovadora que combina ciencia, sostenibilidad y emprendimiento para abordar esta problemática. Este proyecto utiliza



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona

extractos naturales, como semillas de moringa, almidón de papa y frijol, para desarrollar un coagulante eficiente y biodegradable que optimiza el proceso de tratamiento de agua.



La metodología aplicada comenzó desde el 2022 e incluyó el análisis fisicoquímico y microbiológico de fuentes de agua en las veredas del municipio de Túquerres, Nariño, Colombia, determinando que más del 50% de las veredas estudiadas presentan riesgo alto para consumo humano según el IRCA. Además, se realizaron pruebas de tratabilidad para evaluar la eficiencia del coagulante natural en términos de remoción de turbidez y color. Se tomaron muestras de agua de la Planta de potabilización “El partidero” con apoyo de la Empresa de Servicios Públicos de Túquerres (EMPSA) y se encontró una reducción del 96% en los niveles de turbidez. Además, el pH de las muestras tratadas se mantuvo en un rango entre 6,72 y 7,52 con un coeficiente de variación menor del 0,05 y por lo tanto no se requiere de acondicionamiento químico ni antes ni después de todo el tratamiento.

Posteriormente, se realizaron pruebas en entornos reales utilizando agua de cinco fincas ganaderas de la ex provincia de Obando en el departamento de Nariño, alcanzando una remoción de turbidez de hasta el 87,28 %, lo que permitió que el proyecto evolucionara a un modelo de negocio sólido. Además, se realizaron encuestas de validación del producto a más de 100 campesinos y ganaderos, donde el 94% destacó su preferencia por una alternativa natural frente a las opciones químicas convencionales. Actualmente, EcoAgua se posiciona en un nivel de madurez tecnológica (TRL) grado 8: sistema completo y certificado a través de pruebas y demostraciones, lo que indica que está listo para su despliegue a escenarios operativos reales.

EcoAgua ha sido reconocido a nivel nacional, socializando sus resultados en la COP 16: Paz con la naturaleza y alcanzando el segundo lugar en el programa Futuros



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



Emprendedores del Ministerio de Ciencias entre 100 emprendimientos, lo que refleja su potencial como solución práctica y accesible. Asimismo, su enfoque sostenible contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente en el acceso a agua limpia (ODS 6) y la promoción de producción y consumo responsables (ODS 12).

El impacto social de EcoAgua incluye la sensibilización de comunidades rurales sobre la importancia del agua potable y la implementación de soluciones sostenibles. Además, el proyecto fomenta el fortalecimiento de capacidades en ciencia y tecnología entre los jóvenes investigadores de educación básica secundaria del semillero SEQUIM de Tecnoacademia Túquerres, alineándose con los principios de la investigación aplicada y la apropiación social del conocimiento. Lo anterior demuestra que EcoAgua no solo es una solución innovadora, sino también un ejemplo de cómo la ciencia y la tecnología pueden transformar realidades sociales y ambientales.

Palabras clave: Tratamiento de agua potable, sostenibilidad, coagulantes naturales, emprendimiento, Objetivos de Desarrollo Sostenible

Referencias

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). Agua para consumo humano. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Mesa Martínez, C. A., & Palacio Zuleta, J. M. (2021). Uso de la Moringa oleífera como coagulante alternativo en la potabilización de agua en zonas rurales de Colombia. Revista Científica de La Facultad de Ingeniería. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/2318>
- Ministerio de vivienda ciudad y territorio. (2021). Informe de monitoreo 2021 Departamento de Nariño.

- Tecnoacademia Túquerres, Semillero SEQUIM (2024). Encuesta de validación y de medición de impacto del agua contaminada en la producción ganadera en la ex provincia de Obando, Nariño. Informe técnico interno. SENA.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



ETICA Y LIDERAZGO EN EL EJERCICIO DE LA PROFESION DE LA INGENIERIA QUIMICA – MOVILIDAD INTERNACIONAL CONVENIO PORTUGAL

David Martínez Consuegra¹, Candelaria Nahir Tejada Tovar²

¹. Director ejecutivo y representante legal del Consejo profesional de ingeniería química

(CPIQ). direccion@cpiq.gov.co

². Representante de las universidades de Colombia ante la junta de consejeros del Consejo profesional de ingeniería química (CPIQ)- Programa de Ingeniería Química, Grupo de Investigación en Diseño de Procesos y Aprovechamiento de Biomasa (IDAB); Docente de la universidad de Cartagena. ctejadat@unicaratgena.edu.co

RESUMEN

La ética y el liderazgo son dos pilares fundamentales en el ejercicio profesional de la ingeniería química, que no solo se centran en la aplicación de conocimientos técnicos, sino que también requieren una profunda reflexión sobre el impacto de nuestras decisiones en la sociedad y el medio ambiente. La ética, en este contexto, se refiere a la aplicación de principios morales y valores que guían la toma de decisiones y la práctica profesional. Por otro lado, el liderazgo implica la capacidad de inspirar y motivar a otros para alcanzar objetivos comunes, fomentando un ambiente de colaboración y compromiso. En el ámbito de la ingeniería química, la intersección entre ética y liderazgo es crucial para garantizar la seguridad, la calidad y la sostenibilidad de los procesos y productos. Los ingenieros químicos enfrentan constantemente dilemas éticos que requieren una evaluación cuidadosa y una toma de decisiones informada. Por ejemplo, al desarrollar nuevos productos químicos o procesos industriales, es fundamental considerar



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



no solo la viabilidad técnica y económica, sino también el impacto ambiental y social de dichas decisiones. La responsabilidad de los ingenieros químicos va más allá de cumplir con las normativas; implica un compromiso activo con el bienestar de la comunidad y la protección del entorno. El objetivo de esta ponencia es enfatizar la importancia de la ética y el liderazgo en el ejercicio profesional de la ingeniería química.

Desde el Consejo Profesional de Ingeniería Química de Colombia (CPIQ), se subraya la necesidad de que los ingenieros químicos sean capaces de dirimir dilemas éticos y tomar decisiones que no solo beneficien a sus empleadores, sino que también impacten positivamente en la sociedad en su conjunto. La formación en ética profesional debe ser un componente esencial en la educación de los ingenieros, preparándolos para enfrentar los desafíos éticos que surgirán a lo largo de su carrera; es por ello el esfuerzo que se ha realizado con el desarrollo de la catedra Iberoamericana de ETICA en conjunto con ASIBEI y ACOFI. Además, se presentará un convenio significativo firmado entre el CPIQ y la Orden de Ingenieros de Portugal; este acuerdo no solo facilita la movilidad de los ingenieros químicos entre ambos países, sino que también busca promover oportunidades laborales y académicas entre los profesionales de la ingeniería química en Colombia y Portugal. La movilidad internacional es una oportunidad valiosa para enriquecer la experiencia profesional, fomentar el aprendizaje mutuo y fortalecer las redes de colaboración en el ámbito de la ingeniería química.

Esta ponencia tiene como propósito inspirar a los asistentes a reflexionar sobre la importancia de la ética y el liderazgo en su práctica profesional. Se alentará a los estudiantes y profesionales en general a explorar oportunidades de colaboración y movilidad internacional, reconociendo que el intercambio de ideas y experiencias puede conducir a soluciones innovadoras y sostenibles en el campo de la ingeniería química. En

conclusión, la ética y el liderazgo son esenciales para el desarrollo de una ingeniería

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"



química responsable y sostenible. Al integrar estos valores en nuestra práctica profesional, no solo contribuimos al avance de la disciplina, sino que también aseguramos un futuro más seguro y equitativo para las generaciones venideras. La responsabilidad recae en cada uno de nosotros como profesionales para actuar con integridad y liderazgo, promoviendo un impacto positivo en la sociedad y el medio ambiente.



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



Advances in Green Hydrogen and Ammonia: Towards a Sustainable Hydrogen Economy

Dr. Rui Pedro Pinto Lopes Ribeiro

HyLab - Green Hydrogen Collaborative Laboratory, Portugal

Hydrogen (H_2) is considered an important vector for the energy transition underway due to the urgency to move from fossil fuels to sustainable energy sources. H_2 has the advantage of being a clean energy source – i.e. can be used without direct carbon emissions – which makes it greatly interesting for hard to decarbonize sectors. Furthermore, H_2 has high demand to produce ammonia, methanol, and other valuable energy carriers and products.

Hydrogen can be obtained from various sources with around 47% of its production obtained from natural gas, 30% from oil, 18% from coal, and only 4% from water electrolysis. The production of H_2 by electrolysis is a flexible approach that can allow storing excess electricity generated from intermittent renewable energy sources (green H_2 production), such as wind and solar, enhancing grid stability.

The production of high purity green hydrogen streams involves a complex combination of systems and unit operations. Besides the electrolyser itself, which can be based in different technologies (e.g. alkaline or PEM), several other peripheric components are needed to guarantee the operation of the electrolysis systems. For that an optimized Balance of Plant (BoP) is needed and an important



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



part of it is the gas purification system, typically consisting of the combination of an oxygen (O_2) removal system and a gas drying unit.

This stream polishing is of great importance for H_2 use in fuel cells, as, in this case, a minimum purity of 99.97% must be met, while guaranteeing that H_2O and O_2 concentrations are under $5 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ each.

Oxygen is usually removed by the catalytic recombination with hydrogen, Then, the removal of water vapour can be performed through Pressure or Temperature Swing Adsorption (PSA or TSA) processes.

Furthermore, the conversion of H_2 into carriers such as ammonia is of great importance. Ammonia has been produced by the Haber-Bosch process, but it has problems of integration with green H_2 . Therefore, novel technologies are envisioned for the production of ammonia. These include electrochemical, mechanochemical, and other methods.



Selección de microorganismos exoelectrogénicos y su uso en una celda de combustible microbiana

Leandro Chaires Martínez, Alejandro Cruz Hernández y Cinthya Berenice

Fosados Osorio

Centro de Investigación en Alimentos y Ambiental. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, km 6.5 Carretera Potrero del Llano-Tuxpan, C.P. 92750, Álamo Temapache, Veracruz., México.

leandro.cm@alamo.tecnm.mx

Introducción. Las celdas de combustible microbianas (CCMs) convierten la energía química de la materia orgánica en electricidad mediante el uso de microorganismos que actúan como biocatalizadores. La actividad electroquímica de una cepa microbiana, está determinada por el flujo de una corriente eléctrica generada a partir de la transferencia extracelular de electrones, de esta manera conectando el metabolismo intracelular a un acceptor de electrones sólido externo (electrodo) mediante el mecanismo denominado como actividad exoelectrogénica (AEE). Los electrones pueden llegar al electrodo de forma directa o indirecta. La evaluación eficiente de la AEE es crucial para postular o no a un determinado microorganismo en ensayos de CCMs. Se han desarrollado métodos rápidos y económicos para evaluar la AEE. Xiao *et al* (2017) desarrollaron un ensayo fotométrico simple pero eficiente basado en la reducción extracelular de colorantes altamente polares. El naranja de metilo fue uno de los colorantes que mostró buenos resultados en dicho ensayo. Por todo lo anterior, el objetivo del presente proyecto fue determinar la capacidad exoelectrogénica de microorganismos aislados de diversas



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

fuentes, entre ellas, tarquinas de hidrocarburos, estuarios contaminados con hidrocarburos y de lodos de tratamiento de aguas residuales.



Metodología. Se aisló la levadura *Candida tropicalis* y la bacteria *Stenotrophomonas maltophilia*, de una tarquina de hidrocarburos y se identificaron molecularmente mediante la secuenciación de los espaciadores internos transcritos y/o dominios D1/D2 del gen ARNr 18S y 16S del ADNr, respectivamente. *Bacillus*

cereus se aisló de sedimentos estuarinos contaminados con hidrocarburos y *Chromobacterium rhizolyzae* se aisló de una planta de tratamiento de lodos activados. Las cepas se mantuvieron en refrigeración a 4 °C en medio de peptona/glucosa. Para la reactivación de las cepas, se inocularon 100 ml de medio de peptona y glucosa previamente esterilizado. Los matraces inoculados se colocaron en una incubadora orbital a 120 rpm y 30 °C durante 24 h hasta alcanzar la fase exponencial de crecimiento.

Se llevaron a cabo preparaciones de naranja de metilo en agua desionizada en concentraciones de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 mg/L para elaborar una curva de calibración. Se midió la absorbancia de cada disolución a una longitud de onda de 466 nm. A partir del gráfico de absorbancia contra concentración se calculó la ecuación de la recta mediante un ajuste de regresión lineal.

Posteriormente, Se llevaron a cabo experimentos en lote en matraces de 250 mL con capacidad de trabajo de 100 mL colocados en una incubadora orbital a 150 rpm. Se adicionó naranja de metilo (a partir de una solución madre concentrada) a los cultivos que se encontraban en fase exponencial de crecimiento; las concentraciones para cada lote fueron de 200, 400, 600, 800 y 1000 mg/L. Para el seguimiento de la decoloración, se tomó una alícuota de 5 mL cada 24 h durante 96 h, se centrifugó a 3500 rpm, se recuperó el sobrenadante y se tomaron lecturas en un espectrofotómetro UV-Vis a 465 nm para



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

determinar el colorante residual en el medio líquido. La eficiencia de decoloración por cada cepa y en cada concentración de naranja de metilo se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ decoloración} = \left(\frac{C_1 - C_2}{C_1} \right) (100) \quad (1)$$

Donde C₁ es la concentración de naranja de metilo (mg/L) al inicio de cada lote experimental y C₂ la concentración al tiempo de la toma de muestra (absorbancia final). La concentración del naranja de metilo de muestras experimentales se determinó midiendo la absorbancia y substituyéndola en la ecuación de la recta de la curva de calibración.

Una vez seleccionada la mejor cepa con AEE, se procedió a medir su actividad en una CCM de una sola cámara, que contó con un ánodo de carbono vidrioso y un cátodo de platino y plata. Se monitoreo el voltaje, densidad de corriente y remoción de DQO durante el tiempo de operación de la CCM. Todos los experimentos se llevaron a cabo por triplicado reportando las medias y su desviación estándar. Así mismo, se compararon las medias mediante un análisis de varianza (ANOVA) a una vía y con prueba posterior de Tukey para ver diferencias significativas ($P < 0.05$) entre ambos microorganismos con el programa IMB SPSS statistics 20 (USA).

Resultados y discusión. El microorganismo que presentó mejores resultados de degradación de naranja de metilo fue *C. rhizoryzae*, mostró mayor generación de electricidad logrando alcanzar hasta 526 mV y significativamente ($P < 0.05$) el mayor valor de densidad de carga fue de 619 mA/m² y de densidad de potencia de 326 mW/m² en comparación con las demás cepas.



Conclusiones. Se demostró que *Chromobacterium rhizoryzae* significativamente degradó en mayor porcentaje el naranja de metilo y mostró mayor AEE, por lo que se evidencia que esta cepa tiene un potencial para continuar las investigaciones en el escalamiento de CCMs.

Agradecimientos. Se agradece el financiamiento del proyecto 8306.20-PD por parte del Tecnológico Nacional de México.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



ecopETROL

TECNOLOGÍA Y DESCARBONIZACIÓN

Oscar Mauricio Casas Leuro

Instituto Colombiano del Petróleo y Energías de la Transición | ICPET

Ecopetrol, con el apoyo del Instituto Colombiano del Petróleo y Energías de la Transición (ICPET), está llevando a cabo investigaciones sobre Soluciones Naturales para el Clima en diversos ecosistemas estratégicos de Colombia, como páramos, turberas, humedales, bosques de galería, sabanas, manglares del Caribe, bosques húmedos, bosques andinos y sistemas agrícolas productivos. Este esfuerzo busca alcanzar la meta de reducir 3 millones de toneladas de CO₂e para el 2030, contribuyendo así de manera significativa a la mitigación del cambio climático.

Dicho programa se realiza en sinergia con aliados clave como Fundación Natura, la Universidad Javeriana, el IDEAM, el Instituto Humboldt, entre otros, lo que ha permitido el desarrollo de importantes productos tecnológicos. Estos avances, basados en ciencia y tecnología, son fundamentales para apoyar la transición energética en el territorio nacional.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Nanotecnología en acción: materiales nanoestructurados para la remediación ambiental

Dra. María Josefina Robles Águila

Instituto de Ciencias

Benemérita Universidad Autónoma Puebla

En esta conferencia, exploraremos el papel crucial de los materiales nanoestructurados en la remediación ambiental, abordando la creciente preocupación por los contaminantes emergentes que amenazan nuestros ecosistemas y la salud humana. Discutiremos cómo los fotocatalizadores, han demostrado ser materiales efectivos para la degradación de sustancias nocivas en el agua y el aire, y cómo su diseño a nivel nanométrico maximiza su eficiencia.

Se mostrarán resultados de la investigación realizada sobre pesticidas, colorantes y otras moléculas, donde se demuestra la eficacia de los fotocatalizadores en modelos de estudio de agua contaminada, destacando los avances en investigación y las tecnologías emergentes. También se abordarán los retos y oportunidades que presenta el uso de estos nanomateriales en un contexto sostenible y su integración en prácticas de ingeniería química.

El objetivo de esta conferencia es inspirar a los estudiantes a explorar el potencial de la nanotecnología en la ingeniería química y fomentar el desarrollo de soluciones innovadoras para enfrentar los desafíos ambientales actuales. La finalidad de la conferencia es que los estudiantes de ingeniería química tengan una comprensión profunda de cómo los nanomateriales tienden a transformar la forma en que abordamos la contaminación y promuevan un futuro más limpio y sostenible.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



RETOS DE LA ELECTROQUÍMICA EN EL SIGLO XXI

O. Morales-Romero

Departamento de Materiales Metálicos y Cerámicos, Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, CDMX, México

omorales@pceim.unam.mx

La electroquímica nace como una ciencia que estudia los fenómenos químicos a través de manifestaciones electrónicas: transferencia de carga, potencial eléctrico, conductividad, impedancia, corriente farádica; etc. A mediados del siglo XX, esta disciplina describía únicamente propiedades macroscópicas a través de descripciones fenomenológicas en procesos controlados por voltaje o corriente utilizando la cinética química y la termodinámica clásica. El desarrollo de técnicas e instrumentos de precisión para el estudio de los sistemas electroquímicos ha permitido la evolución y desarrollo de la electroquímica como una ciencia interdisciplinaria casi omnipresente en el quehacer cotidiano.

En esta presentación se exponen algunas de las aplicaciones más comunes de la electroquímica, así como también se exploran enunciativas mas no limitativamente algunos de los desafíos del siglo XXI que son relevantes para futuros egresados de ingeniería química que buscan hacer carrera en esta disciplina.

Palabras clave: Electroquímica, Ingeniería Electroquímica, Desafíos SXXI, Ingeniería Química, Electroquímica moderna

REFERENCIAS

- Lipkowski, J. (2011). Challenges and opportunities of modern electrochemistry—a personal reflection. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 15(7-8), 1673–1677.
<https://doi.org/10.1007/s10008-011-1343-6>



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona

Thomas Francis Fuller, & John Naim Harb. (2018). *Electrochemical engineering*. John Wiley & Sons, Inc.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Propuesta metodológica para la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Cuba: Casos de estudios.

Autores: Dr. C. Ronaldo Francisco Santos Herrero; MSc. Teresa Margarita Cárdenas Ferrer, Dr. C. Ana Margarita Contreras Moya, Dr. C. Elena Rosa Domínguez; MSc. Yania Correa Cortés, MSc. Jorge Antonio Domínguez Nuñez; Dr. C. María Belén Muñoz Menéndez

Colaboradores: MSc Niury Triana Díaz; MSc. Mariurquis Almarales Ríos; Leidy Gómez Moya; MSc Midalys Yamilex Martínez Chaviano; MSc. Dania Luisa Clemades Méndez.

Entidad: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. (UCLV). **Email:** ronaldo@uclv.edu.cu

Palabras claves: residuos sólidos urbanos, energía renovable, digestión anaeróbica, vertederos.

Resumen

Entre los problemas ambientales que se presentan actualmente a nivel mundial, se destacan los relacionados con la generación y disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU), ya que el crecimiento demográfico e industrial hace que diariamente se arrojen millones de toneladas a las superficies terrestre y acuática, sin ningún tratamiento ni manejo previo, produciéndose una grave contaminación que implica consecuencias irreversibles.

La generación de residuos tiene una triple repercusión ambiental: contaminación, desperdicio de recursos y la necesidad de espacio para su disposición final, por lo que las implicaciones que los mismos plantean sobre la contaminación ambiental y el agotamiento de los recursos naturales, hace que sea esencial la búsqueda de caminos para su gestión correcta desde el punto de vista ambiental, económico y social. Una gestión que aborde el ciclo completo de los residuos sólidos, desde la generación, recolección y transporte hasta la disposición final, el tratamiento y su eventual reutilización y aprovechamiento,



“con lleva claros beneficios para la salud humana”

Universidad de Pamplona



El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se considera la mejor herramienta para evaluar el desempeño medioambiental de sistemas de gestión de residuos, ya que permite evaluar, globalmente, todos los impactos ambientales que ocasiona la actividad, facilitando la comparación de alternativas de tratamiento, los procesos de toma de decisiones y la planeación de estrategias (Bovea et al., 2016; Abeliotis, 2011).

Es por esto que el objetivo general de la investigación es elaborar una guía metodológica para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos Cuba.

La guía metodología propuesta toma como referencia experiencias de investigadores de diferentes países y es adaptada al caso específico de Cuba. Esta incluye aspectos generales a considerar en todo el proceso de la gestión de los RSU, tales como almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final. La misma es validada con su aplicación a diferentes casos de estudios.

Como resultado de la aplicación de la guía, se propone el sistema de gestión para las condiciones actuales de los casos de estudio, demostrando la validez de la guía y su propuesta de aplicación a otros casos de estudios.

En todos los ejemplos, se constata que el sistema actual de manejo de RSU no responde a las necesidades ambientales, sanitarias y legales de la población al que se le debe prestar el servicio, solo incluye la recogida y disposición de los residuos en el vertedero.

Los principales resultados por casos de estudio fueron:

Institución de Educación Superior: La producción promedio de residuos en la ciudad universitaria es de 999.254 Kg/día; el valor per cápita promedio de 0.134903 Kg/hab/día; la



mayor cantidad de residuos que se producen corresponden a la materia orgánica (31,8 %) y papel y cartón (41,65 y 13,93%); como solución para la disposición final correcta de los residuos sólidos en la UCLV se propone un relleno sanitario manual.

Zona Turística: Con la implementación del Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos, se ahorran recursos naturales y economizan portadores energéticos, realizando la recogida en un menor tiempo, aumentando la capacidad de transportación y aprovechando el material recicitable en otras esferas productivas. Los cálculos económicos para el nuevo Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos, es factible económicamente ya que los análisis realizados muestran ganancias por un Valor Actual Neto de \$ 36 619 165,95, una Taza interna de Rendimiento de 780 % y un periodo de recuperación de descuento menor a un año.

Ciudad de Santa Clara: El diagnóstico del sistema de gestión de RSU para Santa Clara reveló las principales deficiencias, centrándose los mismos en la no realización de segregación en el origen, mala manipulación y recolección de los residuos, falta de disponibilidad técnica para el transporte, ineficiente sistema de tratamiento en el vertedero municipal y falta de educación en general. La alternativa más factible desde el punto de vista ambiental resultó ser la del tratamiento de la fracción orgánica en una planta de biogás y la disminución del vertido en el sitio de disposición final.

Ciudad de Sagua La Grande: A partir de la caracterización realizada en la Ciudad de Sagua La Grande se corroboró, que la porción orgánica se comporta entre 60% y el 65 %, por lo que es posible aplicar varias alternativas para su tratamiento. De todas las alternativas analizadas, la de mejores resultados plantea la construcción de una planta de transferencia, para la selección de los materiales inorgánicos reciclables y su posterior

comercialización, además del aprovechamiento de la materia orgánica, según corresponda con la implementación de una Planta Biogás.



Poblado Costero: Los RSU del poblado no son gestionados eficientemente, resultando en impactos ambientales considerables, particularmente contra el suelo y el aire, aunque es significativo el efecto del vertimiento indiscriminado de los desechos hacia el mar; el Análisis del Ciclo de Vida desarrollada demostró que la categoría de impacto más afectada es el uso de los combustible fósiles y la de respiración de inorgánicos por el uso de los combustible y las emisiones a la atmósfera de Material particulado (PM), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y de Azufre (SOx) que se desprenden durante la transportación de los residuos al vertedero, también se muestra un impacto negativo en las 3 categorías de daños. Se propone como alternativas más factibles para la gestión de los RSU la segregación de residuos en el origen y la construcción de un relleno sanitario.

Agradecimientos: Al programa de cooperación Institucional entre universidades flamencas de Bélgica (VLIR) y la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas y al CITMA, Villa Clara, Cuba.



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



AVANCES EN LA DETECCIÓN NO INVASIVA DE LEISHMANIASIS EN CANINOS USANDO TECNOLOGÍAS QUÍMICAS Y ELECTRÓNICAS

Aylen Lisset Jaimes Mogollón^{1,2}, Septimiu Radu Ionescu²

¹ Universidad de Pamplona, LOGOS, Colombia, lisset.jaimes@unipamplona.edu.co

² Universidad de Ciencias de la Vida, Instituto de Medicina Veterinaria y Ciencias Animales, Estonia, Septimiu-Radu.Ionescu@emu.ee

El análisis de los compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por muestras biológicas ha sido objeto de gran atención por parte de la comunidad investigadora en las últimas décadas debido a su gran potencial para el diagnóstico, pronóstico y seguimiento de enfermedades (Giannoukos et al. 2019). Si bien se ha hecho especial hincapié en el análisis de la composición del aliento exhalado por su especial atractivo como técnica de muestreo rápida, no invasiva y de fácil uso para el paciente, el análisis simultáneo de los COV liberados por diversas muestras (por ejemplo, aliento, piel, orina, heces, saliva, sangre, células, etc.) puede proporcionar información complementaria y una cartografía más precisa del estado de salud de un individuo (Das et al. 2020). En general, las muestras volátiles pueden analizarse empleando dos enfoques volatolómicos diferentes: (i) técnicas analíticas, cuyo objetivo es determinar biomarcadores volátiles relacionados con enfermedades debido a su capacidad para identificar los componentes individuales que forman la muestra y estimar su concentración, y (ii) sistemas de sensores, que se centran en identificar patrones de COV asociados al estado de salud, ya que no son selectivos en cuanto a los compuestos (Broza et al. 2015).



El presente estudio se centró en una población de perros infectados con leishmaniasis canina, con el objetivo de descifrar el perfil volatolómico asociado a esta enfermedad en perros, que representan el principal reservorio animal para la transmisión del patógeno Leishmania al ser humano (Jaimes et al 2021). Los volátiles emitidos por el aliento y el pelo de los perros se analizaron empleando la técnica de cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS).

Los resultados revelaron un biomarcador volátil tentativo en el aliento y cinco biomarcadores volátiles tentativos en el pelo para la forma cutánea de la enfermedad, que se caracteriza por ulceraciones en la piel (Magalhães et al. 2014). Además, se encontraron nueve biomarcadores volátiles tentativos en el aliento y cuatro biomarcadores volátiles tentativos en el pelo para la forma visceral de la enfermedad, que afecta a órganos internos como el bazo, el hígado y la médula ósea (de Oliveira et al. 2008).

Todos los biomarcadores tentativos identificados en este estudio estaban regulados al alza en la leishmaniasis cutánea, mientras que en la leishmaniasis visceral todos los biomarcadores tentativos estaban regulados al alza en el aliento, y sólo uno de los cuatro en el pelo. Sólo un compuesto (monooleato de glicerilo) fue identificado como biomarcador volátil tentativo para ambas formas de la enfermedad, en el pelo de los perros.

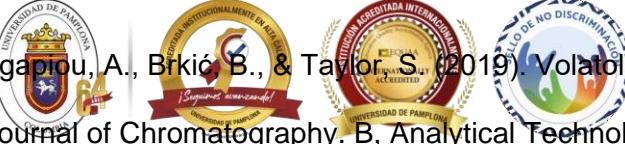
Palabras claves: Biomarcadores, Volátiles, Espectrometría de masas por cromatografía de gases

Referencias



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona

- 
1. Giannoukos, S., Agapiou, A., Brkić, B., & Taylor, S. (2019). Volatolomics: A broad area of experimentation. *Journal of Chromatography. B, Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 1105, 136–147.
<https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2018.12.015>
 2. Das S, Pal M. Review—Non-Invasive Monitoring of Human Health by Exhaled Breath Analysis: A Comprehensive Review. *J Electrochem Soc.* 2020;167:037562.
 3. Broza YY, Mochalski P, Ruzsanyi V, Amann A, Haick H. Hybrid volatolomics and disease detection. *Angewandte Chemie International Edition* 2015;54:11036–48.
 4. Jaimes-Mogollón AL, Welearegay TG, Salumets A, Ionescu R. Review on Volatolomic Studies as a Frontier Approach in Animal Research. *Adv Biol.* 2021;5:2000397.
 5. Magalhães-Junior JT, Mesquita PRR, dos Santos Oliveira WF, Oliveira FS, Franke CR, de Medeiros Rodrigues F, et al. Identification of biomarkers in the hair of dogs: new diagnostic possibilities in the study and control of visceral leishmaniasis. *Anal Bioanal Chem* 2014;406:6691–700.
 6. de Oliveira LS, Rodrigues F de M, de Oliveira FS, Mesquita PRR, Leal DC, Alcântara AC, et al. Headspace solid phase microextraction/gas chromatography–mass spectrometry combined to chemometric analysis.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



New Approximate Methods for Estimating Thermal Expansion in Solid Materials

Nuevos Métodos Aproximados para Estimar la Expansión Térmica en Materiales Sólidos

BRANDON SMITH MARTINEZ COSTA

Chemical Engineer, PhD student

Estudiamos nuevos métodos aproximados para estimar la expansión térmica lineal, superficial y volumétrica en materiales sólidos. Para el desarrollo de este método, nos basamos en el teorema del valor numérico real (TRNV), donde las medidas lineales, superficiales y volumétricas se interpretan como una función derivable en una variable real. La física del estado sólido es un campo de estudio muy complejo, que abarca el análisis y las propiedades de la materia condensada. Sabemos que el estado sólido de la materia se caracteriza por contener un orden uniforme en las moléculas, y que, en general, estos sólidos optan por una estructura cristalina que es el reflejo vivo del orden de los átomos. Sin embargo, cuando un material sólido se somete a altas o bajas temperaturas, tiende a experimentar un cambio en sus dimensiones, es decir, los átomos aumentan su energía cinética, haciendo que las distancias entre las moléculas se vean afectadas. Este fenómeno se conoce como expansión térmica o expansión del material sólido, la cual es una propiedad termofísica de los materiales [6]. Para el desarrollo de este artículo, nos basamos en la investigación del teorema del valor numérico real [1, 2]. Por medio de este teorema tendremos una función en una variable real, de la forma $y = f(u)$ tal que $u \in N$ para cada caso de dilatación. La expansión térmica de los materiales



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



sólidos es un fenómeno dado por los cambios de temperatura, sin embargo, los métodos matemáticos asociados a este comportamiento son muy escasos. Por un lado, también se suelen utilizar modelos más sencillos, tomando como base algunos teoremas de la física clásica [3]. De forma similar a lo dicho anteriormente, en este artículo también partimos de un teorema, un teorema perteneciente al análisis matemático, que, en cierto modo, se convierte en clave para el estudio de la expansión térmica en materiales sólidos. Debemos aclarar que este método es un caso particular para sólidos, es decir, no es aplicable a la expansión térmica en líquidos y gases. Esto se debe a que nuestro método aproximado parte de un teorema numérico, que se basa en aplicaciones geométricas donde se incluyen sólidos [4].

Palabras claves: expansión térmica, coeficiente de dilatación, función derivable, arreglo adimensional unitario.

Referencias

- [1] Y. Hugh, R. Freedman, *University Physics Volumen 1* (Pearson Educación, 2009), pp. 576-578.
- [2] M.C. Brandon, "Theorem of the real numerical value of a polynomial according to the derivatives of higher order," J. Matua 5, 29-35 (2018)
- [3] T. David, "A simple model of thermal expansion," Eur. J. Phys 17, 85-87 (1996).
- [4] M.C. Brandon, *Theorem of the Real Numerical Value of a Polynomial* (Spanish Academic Editorial, 2019), pp. 25-37.
- [5] D.R. Jackett, T.J. McDougall, M.H. England, A.C. Hirst, "Thermal expansion in ocean and coupled general circulation models," J. Climate 13, 1384–1405 (2000).
- [6] Krishnan, R. S., Srinivasan, R., & Devanarayanan, S. (2013). *Thermal expansion of crystals: international series in the science of the solid state*. Elsevier.



Simulación de un Sistema de Reactor de Reforma de Metano e Hidrogenación de Nitrobenceno Acoplado Térmicamente

Guerra Ruiz Juan Luis, Peña Pinto Juan David

Universidad de Pamplona, juan.guerra21@unipamplona.edu.co,

juan.peña5@unipamplona.edu.co

La producción de hidrógeno mediante la reforma de metano con vapor (SRM, por sus siglas en inglés) es ampliamente utilizada en la industria debido a su eficiencia en la generación de gas de síntesis rico en hidrógeno. Sin embargo, el proceso convencional presenta desafíos significativos, como un alto consumo de energía y la necesidad de grandes hornos que requieren combustión de metano, lo cual incrementa los costos operativos y el impacto ambiental. En este contexto, el presente trabajo introduce una configuración novedosa de reactor acoplado térmicamente para integrar el proceso de reforma de metano con la hidrogenación de nitrobenceno, lo cual permite optimizar el uso de energía mediante la transferencia de calor entre reacciones exo- y endotérmicas. Este diseño busca no solo satisfacer la demanda de hidrógeno sino también generar anilina como producto de valor agregado sin recurrir a hornos adicionales.

La configuración propuesta se basa en un reactor recuperativo acoplado, donde la reforma de metano ocurre en el lado endotérmico (tubo interno), y la hidrogenación de nitrobenceno en el lado exotérmico (carcasa externa). Para evaluar el rendimiento de esta configuración, se utilizó un modelo de simulación numérica que contempla variables como la temperatura de entrada y el flujo molar de la sección exotérmica, permitiendo un análisis detallado del comportamiento del reactor en condiciones de operación industrial.

En comparación con un reactor convencional de lecho fijo, la configuración acoplada

mostró una conversión de metano del 26% en la sección endotérmica, similar a la de un

Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz



Universidad de Pamplona



reactor convencional, mientras que la conversión de nitrobenceno alcanzó el 100% en la sección exotérmica, con una producción simultánea de gas de síntesis y anilina.

Para la simulación del reactor acoplado, se empleó un modelo numérico unidimensional bajo condiciones de estado estacionario. La transferencia de calor entre las secciones endotérmica y exotérmica se modeló bajo el supuesto de flujo tipo pistón y condiciones de no dispersión de calor axial, lo que permite optimizar el cálculo de balances de masa y energía. La reacción de reforma de metano se catalizó mediante níquel, mientras que la reacción de hidrogenación de nitrobenceno utilizó catalizadores a base de cobre, níquel y paladio en la carcasa. La entrada de los reactantes en modo de flujo paralelo facilitó la comparación con datos de reactores industriales, y se realizaron simulaciones variando las temperaturas de entrada y las tasas de flujo de cada lado para observar su efecto en la eficiencia del proceso y la calidad del gas de síntesis.

Los resultados de la simulación indican que la configuración acoplada permite una producción efectiva de gas de síntesis con una calidad y rendimiento equivalentes a los del reactor de reforma convencional, logrando, además, la producción adicional de anilina.

A temperaturas de entrada en el flujo exotérmico de hasta 1270 K, se alcanzó una conversión de metano del 26% y una conversión de nitrobenceno del 100%. La transferencia de calor de la reacción exotérmica favoreció la reacción de reforma en el tubo, permitiendo una producción sostenida de hidrógeno con un rendimiento del 0.98 en condiciones óptimas de temperatura y flujo molar. Además, los perfiles de temperatura mostraron que la temperatura en la sección endotérmica se mantuvo estable a lo largo del reactor, lo cual optimizó la eficiencia energética y minimizó la formación de puntos fríos.



Palabras claves: reactor acoplado térmicamente, reforma de metano, hidrogenación de nitrobenceno, producción de anilina, eficiencia energética

Referencias

Aboosadi, Z., Rahimpour, M. R., & Jahanmiri, A. (2011). A novel integrated thermally coupled configuration for methane-steam reforming and hydrogenation of nitrobenzene to aniline. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(5), 2960–2968.

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.12.005>



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Diseño de una planta de producción de alcohol isopropílico mediante hidratación del propileno

Estefani Del Pilar Trespalacios Pedrozo; Juan Esteban Guerra Arzuaga; Ferney Villamizar

González

[estefani.trespalacios@unipamplona.edu.co.](mailto:estefani.trespalacios@unipamplona.edu.co;); [juan.querra3@unipamplona.edu.co.](mailto:juan.querra3@unipamplona.edu.co;);

ferney.villamizar@unipamplona.edu.co.

Selección del proceso

La producción de alcohol isopropílico mediante hidratación de propileno cuenta con 3 posibles vías de producción la cual son las siguientes: hidratación en fase gaseosa, hidratación en fase líquida e hidratación con catalizador de intercambio iónico. Cada una de estos métodos usan diferentes catalizador, temperaturas y rendimiento, siendo la hidratación en fase líquida una opción atractiva para producir isopropanol gracias a su rendimiento del 60%, que supera al de otros métodos, y a su pureza del 98%, que resulta adecuada para muchas aplicaciones industriales. Aunque este proceso requiere trabajar a mayores presiones y consume más energía, su alta eficiencia al convertir el propileno y la posibilidad de reciclar tanto la solución catalítica como el propileno disuelto permiten optimizar los costos y minimizar el impacto ambiental. En conjunto, estos beneficios hacen que el proceso sea una opción económica y sostenible. (Valdez, 2017).

Impactos ambientales

Se aplicó la metodología GREENSCOPE para evaluar la sostenibilidad del proceso de producción de isopropanol, identificando su impacto ambiental y los riesgos asociados. En el análisis se detectaron tres sustancias peligrosas, entre ellas el propileno, que es reactivo e inflamable, con riesgo de explosión si entra en contacto con oxígeno. Para reducir este riesgo, se recomienda controlar la presión y temperatura del propileno, evitar



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



su proximidad con otras sustancias y realizar un monitoreo constante. Por otra parte, el proceso no incluye sustancias PBT, lo cual es favorable para la sostenibilidad ambiental.

(Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA], s.f.).

Impactos económicos

El análisis económico para producir Alcohol Isopropílico se basa en el método de Vian, que permite calcular los costos iniciales y anuales de operación. Se estima el costo de los equipos principales con Aspen Plus, agregando un 5% para repuestos, obteniendo así la cuenta base. A partir de esto, se calculan los costos de instalación (10% de cada equipo) y otros costos de obras civiles, como aislamiento (5%), tuberías (20%), cimentaciones, edificaciones y estructuras (5% cada una). Teniendo así un costo total inicial de inversión de **3.986.210 USD.**

Además, se consideran gastos adicionales para investigación, desarrollo, construcción, ingeniería y personal para el primer año, los costos operativos incluyen materias primas (propileno, agua, cloroformo) y mano de obra (32 operarios en 4 turnos con 8 horas de trabajo). Este análisis permite planificar la inversión y los costos operativos necesarios para la planta en su fase inicial y su primer año operativo (García Méndez, 2017).

Impacto social

Mediante el índice de Gini se estudia la relación entre pobreza y desigualdad, especialmente en el contexto de clases sociales, y cómo las estructuras socioeconómicas influyen en el acceso a recursos. El **índice de Gini** es una medida estadística que evalúa la **desigualdad** en la distribución de un recurso o variable, como los ingresos o la riqueza, en una población para evaluar y comparar la desigualdad dentro de una población en términos de distribución de recursos, siendo una medida sencilla pero poderosa para este tipo de análisis. Mediante este índice también se puede saber que tanto contribuye el

proceso a la sociedad donde se va a llevar a cabo, al realizar la evaluación del índice de Gini en nuestro trabajo se pudo ver que este contribuía a reducir la desigualdad social en la ciudad de Cartagena. (Datosmacro, 2024)

Palabras clave: costos directos, inversión inicial, desigualdad, índice de Gini, hidratación en fase liquida, catalizador, reactividad, inflamabilidad

Bibliografía

Datosmacro. (09 de Noviembre de 2024). datosmacro.expansion.com. Recuperado el 09 de Noviembre de 2024



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Estudio de la Cinética de Oxidación a Alta Temperatura de un Acero al Carbono Recubierto con Ni-P

Heidy Sofia Cañón Aldana¹, Stiven Daniel Cruz Patiño¹, William Yamid Aparicio Bayona²,
Lina Juliana Jaimes Zarate², Jacqueline Corredor Acuña¹

¹Universidad de Pamplona, Grupo de investigación en Ing. Química, Colombia,

²Egresado(a) Universidad de Pamplona; heidy.canon@unipamplona.edu.co,
stiven.cruz@unipamplona.edu.co, yamid-bayona96@hotmail.com,
jacqueline.corredor@unipamplona.edu.co

Una técnica para impedir la corrosión que ha demostrado eficacia es aplicar recubrimientos metálicos Ni-P, porque éstos (o los óxidos a los que dan lugar) aíslan los sustratos sobre el que son aplicados del medio agresivo (Farrokhzad, 2017). Los recubrimientos auto catalíticos se destacan por ser, de espesor y composición uniforme, adherentes y con una operación exitosa del proceso de obtención, ser libres de defectos como huecos o grietas, por tanto, utilizarlos para recubrir acero A36 convierte los resultados de este estudio en foco de interés para la industria y la academia. En este trabajo, se están investigando las cinéticas de oxidación (CO) de acero A36 (composición en %: C: 0,16, Mn: 0,56, P: 0,009, S: 0,031, Si: 0,17 e Fe: 99,07) recubierto con Ni-P (88%/12%) y sin recubrir expuestos a escala de laboratorio a una atmósfera de aire a 550°C en un proceso de exposición cíclica de enfriamiento y calentamiento (10h) hasta completar 270 horas. En la Figura 1 se presentan las probetas al final del ensayo: la inspección visual y el desprendimiento progresivo de los óxidos crecidos revelaron que la muestra sin recubrir perdió masa en forma catastrófica en cada ciclo de calentamiento desprendiéndose grandes escamas de óxidos, poco adherentes, dejando desprotegida la matriz metálica produciendo nueva superficie, realzando la reacción electroquímica y la difusión y disminuyendo la resistencia a la transferencia de carga, mientras, la recubierta no perdió masa significativamente porque los óxidos la pasivaron.

Figura 1.

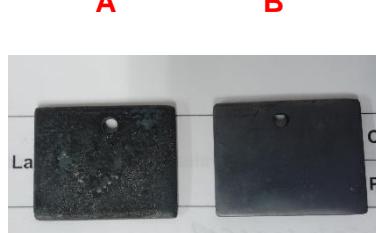
Aspecto de las muestras después de 270 horas de exposición a 550°C aproximadamente.

A: acero A36 sin recubrir y B: acero recubierto con Ni-P



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

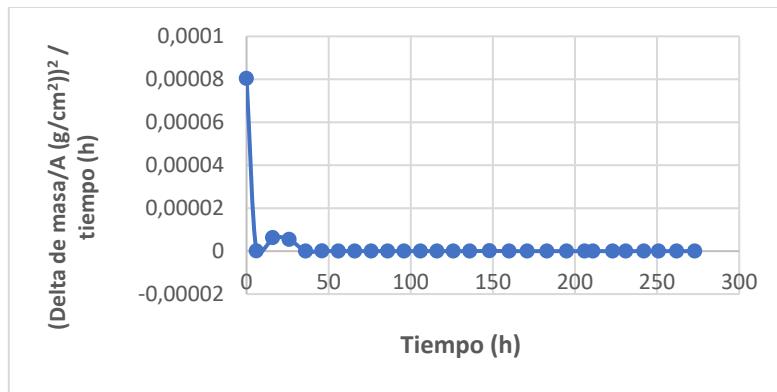
Universidad de Pamplona



Con respecto a las CO y se puede reportar que, al acero sin recubrir no se le pudo realizar el seguimiento al cambio de peso (ni determinar la constante cinética K), por el fenómeno catastrófico ya explicado y en la muestra recubierta se determinaron los valores de la constante de velocidad parabólica instantánea (K_p^i) en función del tiempo que se presentan en la Figura 2. En ésta se observa que el valor de la constante es elevado inicialmente, disminuyendo con el tiempo y alcanzando valores quasi-estables a periodos elevados. Las K_p^i determinadas confirmaron que la CO siguió el modelo parabólico reportado en procesos a alta temperatura controlados por procesos difusivos en la escama de óxidos (Promdirek & Boonpensin, 2023).

Figura 2.

K_p^i vs tiempo de la probeta de acero A36 recubierta con Ni-P



Palabras clave: Corrosión y oxidación, cinética, API-A36, recubrimientos autocatalíticos

Referencias

- Farrokhzad, M. A. (2017). High temperature oxidation behaviour of autocatalytic Ni-P-BN(h) coatings. *Surface and Coatings Technology*, 309, 390–400. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.11.089>



Promdirek, P., & Boonpensin, M. (2023). High-temperature corrosion behavior of carbon steel subjected to simulated combustion atmosphere. *Materials Today: Proceedings*, 77, 1112–1115. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.12.046>



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Remoción del Metal Pesado Cobre Mediante Electrocoagulación.

Lina Juliana Jaimes Zarate¹, Stiven Daniel Cruz Patiño², Jacqueline Corredor Acuña²

¹Egresada de la Universidad de Pamplona, ²Universidad de Pamplona, Grupo de investigación en Ing. Química, Colombia.

lina.jaimes2@unipamplona.edu.co, stiven.cruz@unipamplona.edu.co,
jacqueline.corredor@unipamplona.edu.co

La electrocoagulación es una solución atractiva para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con metales pesados, debido a que es una técnica económicamente viable y que logra altos niveles de remoción (Eunice et al., 2013). Tras el proceso de electrocoagulación, se genera un residuo compuesto por especies químicas de aluminio sobre las que se adsorbe el cobre, que pueden ser separadas por filtración, obteniéndose un residuo de fácil disposición final. En este estudio se prepararon muestras en laboratorio, que se denominarán “sintéticas”, disolviendo una sal de metal pesado en agua destilada, con el fin de remover mediante electrocoagulación cobre II, catión presente en algunas aguas residuales industriales y que puede contaminar fuentes de agua cuando los residuos son vertidos indiscriminadamente. Se estudio la siguiente combinación de variables: un tiempo de tratamiento de 45 y 60 minutos, voltajes de 10 V y 15 V, concentraciones de 32 y 16 ppm de Cu^{+2} , ánodo de aluminio y cátodo de acero inoxidable y electrolito soporte NaCl.

Principio de determinación de cobre: se utilizó un método colorimétrico desarrollado en rangos de concentración en los que se demostró el seguimiento exacto de la ley de Beer (Rush & Yoe, 1954), consistente en la formación de un complejo coloreado del Cu^{+2} con el reactivo 2-carboxi-2-hidroxi-5-sulfoformacil benceno (Zincón) en una solución tampón de pH=9. En la Figura 1 se presentan los patrones preparados.

Figura 1.

Soluciones patrón de Cu^{+2} en concentraciones de 0.25 ppm (izquierda) a 1 ppm (derecha).





Los porcentajes de remoción determinados fluctuaron entre 80-97%, el pH final del agua sintética tratada fue básico y por tanto, se requiere neutralizarlo para cumplir con las normas ambientales.

Aspectos destacados:

- Eliminación de cobre en porcentaje elevado
- No se adicionaron coagulantes
- Costo energético: en el mejor resultado 0,282 W por g Cu eliminado.
- Agua tratada completamente clarificada trascurridas 24h después del ensayo
- No se realizó ajuste al pH del agua sintética preparada para el estudio

Palabras clave: agua residual, ley de Beer, electroquímica, aluminio, acero.

Referencias

- Eunice, G., Niño, A., Carlos, •, Barrera, A. C., García, A. B., Elisabeth, •, & Lumbaque, C. (2013). Electrocoagulation as an efficient treatment for the removal of heavy metals from wastewater. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 9(2), 306–316.
- Rush, R. M., & Yoe, J. H. (1954). Colorimetric Determination of Zinc and Copper with 2-Carboxy-2-hydroxy-5-sulfoformazyl benzene. *Analytical Chemistry*, 26, 1345–1347.



Diseño de una planta de producción de isopropilbenceno a partir de benceno

Diana Karina Laguado Ortega, Angela Yinet Melo Salamanca, Deyanira Paola Polo Apolinar

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Pamplona

El Cumeno conocido también como isopropilbenceno es un compuesto de gran relevancia industrial, utilizado como componente clave en la industria petroquímica y fundamental en la síntesis de diversos productos químicos, principalmente elaboración de fenol y acetona. Industrialmente el Cumeno es valorado como producto intermedio o producto final dependiendo del contexto en el cual se implemente. La producción de isopropilbenceno se realiza por medio de la alquilación de benceno con propileno, creando una reacción exotérmica irreversible que se destaca por su eficiencia y viabilidad económica. Dicho lo anterior se pretende aprovechar el amplio potencial de este producto para realizar el diseño y análisis de una planta para su producción, teniendo en cuenta factores como la selección del proceso, ubicación de la planta, impacto económico, social y ambiental, entre otros elementos que avalen la factibilidad de implementación de esta industria.

Palabras claves: Materia prima, producción, indicadores, pureza, simulación

Contenido

Selección del proceso

Se realiza la selección de la vía de obtención del Cumeno por ruta petroquímica, entre las rutas estudiadas se analizó el método Q-Max de UOPLLC, el método Badger, el método Monsanto-Lummus technology y el método CDTECH & ABB Lummus global, seleccionando el método Monsanto-Lummus technology por su capacidad de producir

Cumeno de alta pureza mediante la alquilación de Benceno y diferentes tipos de propileno



Por medio de la simulación se obtiene el diseño de la planta

Universidad de Pamplona

(desde grado polímero hasta grado refinería), además de reducir la relación de alimentación de Benceno/Propileno en el proceso, se implementa zeolitas como

catalizador. Este proceso se destaca por su elevado rendimiento, calidad superior del producto, menor costo de inversión y operación.(Máster *et al.*, 2017)

Ubicación de la planta

Se establece la localización de esta planta en la ciudad de Cartagena, Colombia. Ubicada en el sector industrial Mamonal teniendo en cuenta los requerimientos mínimos prioritarios para su funcionamiento como lo son la disponibilidad de materia prima, zonas industriales, servicios públicos, mano de obra, condiciones ambientales, infraestructura y transporte con el fin de favorecer la minimización de los costos de inversión y operación del proceso. En conclusión, esta cercanía geográfica facilita el transporte de materias primas, el acceso a puerto Colombia y su proximidad a refinerías industriales.(Ciotta *et al.*, 2019)

Impacto económico

Se determina el valor de inversión inicial y el presupuesto necesario para la puesta en marcha de la planta y su respectivo estudio de factibilidad a largo plazo por medio del método de Vian. Este método calcula el costo total de los equipos principales, establece el costo de los repuestos (5%) total de los equipos, el costo de instalación (10%) de cada equipo, la suma del costo total de los equipos y el presupuesto, una vez calculados se deduce el valor de cuenta base, para tener el costo por obras civiles. Una vez se tiene el costo por obras civiles se determina los indicadores, de los cuales se obtienen los elementos que me permiten establecer los costos de inversión inicial



del proyecto. Simultáneamente se obtienen los costos directos e indirectos del porcentaje de inversión para el primer año de operación de la planta estableciendo un presupuesto.

Impacto social

Para el adecuado funcionamiento de la planta, es esencial contar con un equipo diverso de profesionales y especialistas en distintas áreas de la empresa, a quienes se debe remunerar de manera justa para evitar un alto impacto social. Este impacto social se evalúa a través del índice de Gini, el indicador más utilizado para medir el nivel de desigualdad en la distribución del ingreso en un país. Este coeficiente varía entre 0 y 1. En una situación de igualdad perfecta, el índice de Gini sería 0, lo que indica que todos los hogares de la sociedad tienen el mismo ingreso, reflejando una distribución completamente equitativa. En el extremo opuesto, un índice de Gini de 1 indicaría desigualdad total, es decir, que un solo hogar o individuo concentra todo el ingreso (DANE, 2010). En Colombia, el índice de Gini alcanzó 0.546 en el año 2023, lo que refleja un nivel considerable de desigualdad en la distribución de ingresos en el país (Moreno González Nathalia, 2024).

Impacto ambiental

El impacto ambiental generado en el proceso de producción de isopropilbenceno será calculado mediante el método Greenscope por medio de 11 indicadores. El Indicador 1 mide el número de sustancias peligrosas que ingresan al proceso. El Indicador 2 evalúa la masa total de materiales peligrosos que entran. El Indicador 3 se enfoca en la entrada de materias primas peligrosas específica. El Indicador 4 registra la masa total de sustancias químicas persistentes, bioacumulativas y tóxicas. El Indicador 6 calcula el potencial de las



Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Universidad de Pamplona



sustancias. El Indicador 8 mide la capacidad de las sustancias para moverse y dispersarse en el medio ambiente. El Indicador 9 evalúa el riesgo de incendios o explosiones. El Indicador 10 examina la primera categoría de posibles reacciones o descomposiciones, mientras que el Indicador 11 analiza la segunda categoría de reacciones potenciales. Finalmente, el Indicador 12 mide la toxicidad inmediata o a corto plazo de las sustancias. (Ruiz-Mercado, Smith and Gonzalez, 2012)(Koller, Fischer and Hungerbühler, 2000)(Persistent, 2002).

Referencias

- Ciotta, E. et al. (2019) 'Detection and removal of heavy-metal ions in water by unfolded-fullerene nanoparticles', *AIP Conference Proceedings*, 2145. Available at: <https://doi.org/10.1063/1.5123569>.
- Koller, G., Fischer, U. and Hungerbühler, K. (2000) 'Assessing safety, health, and environmental impact early during process development', *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 39(4), pp. 960–972. Available at: <https://doi.org/10.1021/ie990669i>.
- Máster, T.F. De et al. (2017) 'Escuela Politécnica Superior de Jaén'.
- Persistent, O. (2002) 'Emergency planning and community right-to-know act - Section 313: Guidance for reporting toxic chemicals: Polycyclic aromatic compounds category', *EPA Publications* [Preprint], (745 B-01–00X).
- Ruiz-Mercado, G.J., Smith, R.L. and Gonzalez, M.A. (2012) 'Sustainability indicators for chemical processes: I. Taxonomy', *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 51(5), pp. 2309–2328. Available at: <https://doi.org/10.1021/ie102116e>.
- DANE. (2010). POBREZA, INDIGENCIA Y DESIGUALDAD SEGÚN INGRESOS. Atlas Estadístico. Tomo II. Recuperado de: <https://geoportal.dane.gov.co/servicios/atlas>

,Coeficiente%20de%20Gini.,var%C3%ADa%20entre%20cero%20y%20uno.

Moreno González Nathalia. (2024). DANE reveló reducción de la pobreza monetaria en Colombia durante 2023. Consultor Salud. Recuperado de: <https://consultorsalud.com/dane-reduccion-pobreza-monetaria-2023/#:~:text=Resultados%20de%20desigualdad%20de%20ingresos,la%20distribuci%C3%B3n%20de%20los%20ingresos>.



Producción de alimento para ganado por fermentación en estado sólido haciendo uso de un hongo filamentoso.

Gonzalo Andres Delgado Balza¹, Geraldine Carrasquilla Solis², Cristhian Manuel Duran Acevedo³, Jeniffer Katerine Carrillo Gómez^{3,4}, Carla Stephanny Cárdenas Bustos⁴, PaulaAndrea Henao Aguirre⁴, Ángela Maritza Cajiao Pedraza⁵.

¹Semillero de investigación en Sistemas multisensoriales, adquisición de datos y reconocimiento de patrones. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. gonzalo.delgadogon@unipamplona.edu.co

²Semillero de investigación en Microbiología y Biotecnología-SIMBIO
geraldine.carrasquilla@unipamplona.edu.co

³Grupo de investigación en sistemas multisensoriales y reconocimiento de patrones. Facultadde ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia.
cnduran@unipamplona.edu.co.

⁴Grupo de investigación en ingeniería química. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia.
jeniffer.carrillo@unipamplona.edu.co, cs.cardenas208@uniandes.edu.co ,
paula.henao@unipamplona.edu.co

⁵Grupo de Investigación en Microbiología y Biotecnología – GIMBIO. Facultad de cienciasbásicas, Universidad de Pamplona, Colombia.
angelacajiao@unipamplona.edu.co

Palabras claves: Fermentación en estado sólido, hongos, alimento, ganado,
Pleurotus Ostreatus

La fermentación en estado sólido se ha consolidado como una alternativa prometedora para la producción de alimentos para consumo animal, ofreciendo mejoras significativas en la calidad, inocuidad y valor nutritivo de los productos finales, además de incrementar el contenido total de proteínas lo cual es de gran interés en la industria agroalimentaria (Zwinkels et al., 2023). Este proceso no solo permite mejorar la calidad de residuos agroindustriales sino también promueve la sostenibilidad al aprovechar subproductos y residuos agrícolas, y optimiza la utilización de recursos.



Durante la fermentación en estado sólido, se pueden emplear hongos filamentosos como del género *Pleurotus*, destacando especialmente el *Pleurotus ostreatus*, conocido comúnmente como “orellana”. Estos hongos se adaptan de manera óptima a sustratos sólidos con bajo contenido de agua libre y presentan una elevada capacidad para descomponer polisacáridos en monosacáridos, aprovechando las fuentes de carbono presentes en materiales agrícolas como el bagazo de caña, restos de cultivo de maíz y otros compuestos ricos en lignocelulosa. (Nasehi et al., 2017).

La fermentación en estado sólido, además de ser una alternativa ecológicamente sostenible para la valorización de residuos agrícolas, es empleada en diversas industrias como la farmacéutica, alimentaria y textil para producir metabolitos secundarios biológicamente activos (Nigam et al., 2009). En la agroindustria, esta técnica permite el análisis de los complejos lignocelulósicos presentes en los residuos de cultivos, liberando celulosa que incrementa su valor nutritivo para rumiantes. Estudios han demostrado que los forrajes tratados mediante fermentación en estado sólido presentan una digestibilidad significativamente mayor tanto en nutrientes de las paredes celulares como en solubles celulares, junto con un incremento en el contenido de proteínas crudas y carbohidratos fermentables en comparación con los forrajes no tratados (Srivastava et al., 2021).

En esta investigación, se plantea el uso de diversos sustratos para el proceso de fermentación en estado sólido con *Pleurotus ostreatus*. Los sustratos seleccionados incluyen el maní forrajero (*Arachis pintoi*), el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), el pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*), restos de cultivo de maíz (*Zea mays*) y el pasto Clon 51 (*Cenchrus purpureus*). Cada uno de



Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Universidad de Pamplona






 adaptabilidad y eficiencia del hongo en el procesamiento de compuestos complejos y en la producción de componentes nutricionales que puedan ser aprovechados en aplicaciones agroindustriales.

Figura 1. Metodología aplicada para la fermentación en estado sólido del maní forrajero(*Arachis Pintoi*). Fuente: Autores.



Al momento, se han realizado los análisis de contenido total de nitrógeno para el maní forrajero, el cual arrojó un valor de 15.13%. También se analizaron otros parámetros importantes como el contenido de ceniza y humedad, que presentaron valores de 14% y 8%, respectivamente.

La materia prima fue sometida a un proceso de pretratamiento que incluyó las etapas de secado, molienda y esterilización, y se ajustó su contenido de humedad mediante la adición de agua destilada para garantizar condiciones óptimas para la fermentación en estado sólido.

En cuanto al hongo *Pleurotus ostreatus*, se realizó su cultivo y masificación en placas Petri utilizando un medio de cultivo de agar dextrosa de papa (PDA, por sus siglas en inglés), el cual proporciona un entorno rico en nutrientes adecuado para el desarrollo y



expansión del micelio del hongo. Finalmente, se realizó la inoculación del hongo en el sustrato, esto se efectuó mediante la obtención de "tacos o platos" de las placas de

Petri con el hongo para así introducirlas a los Erlenmeyer junto al sustrato.

Actualmente, se está llevando a cabo el proceso de fermentación en estado sólido, y se evaluarán las propiedades del sistema en intervalos de 10, 20 y 30 días para monitorear el progreso de la degradación de la materia lignocelulósica y la generación de compuestos de interés como el CO₂ mediante la aplicación de un sensor, esto con el fin de conocer la producción de biomasa.

Una vez realizada la fermentación en estado sólido de los sustratos, se espera obtener un producto con un aumento de la cantidad de proteínas, así como mejoras en propiedades organolépticas del alimento como lo son el aroma, la textura y el sabor. En futuras etapas de investigación, se tiene previsto estudiar el comportamiento de otros sustratos como el bagazo de caña de azúcar, el pasto Cuba 22, restos de cultivo de maíz y el pasto Clon 51, lo que permitirá ampliar la comprensión sobre la adaptabilidad y eficiencia del *Pleurotus ostreatus* en distintos entornos agrícolas y su potencial en la valorización de estos residuos.

Referencias:

Zwinkels, J., Wolkers-Rooijackers, J., & Smid, E. J. (2023). Solid-state fungal fermentation transforms low-quality plant-based foods into products with improved protein quality. *LWT*, 184,114979. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114979>

Nasehi, M., Torbatinejad, N. M., Zerehdaran, S., & Safaei, A. R. (2017). Effect of solid-statefermentation by oyster mushroom (*Pleurotus florida*) on nutritive value of some agro by- products. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1), 221–226. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1150850>



Nigam, P., & Pandey, A. (Eds.). (2009). *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation*. Springer Science.

Srivastava, R., Rana, P., & Singha, S. (2021). *SOLID-STATE FERMENTATION IN ANIMAL NUTRITION*.

NUTRITION. 3(2).

https://www.researchgate.net/publication/357699766_SOLID-STATE_FERMENTATION_IN_ANIMAL_NUTRITION



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Implementación de cinética de Monod en la simulación de fermentación láctica para producción de yogur

Autor: Juan David Peña Pinto

Contacto: juan.pena5@unipamplona.edu.co

Departamento de Ingenierías Y arquitectura, Programa de Ingeniería química
Universidad de pamplona – Colombia

Introducción:

La fermentación láctica es el proceso clave en la producción de yogur, donde las bacterias ácido- lácticas, como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, convierten la lactosa de la leche en ácido láctico. Esta reacción acidifica el medio, generando el sabor característico del yogur y contribuyendo a la coagulación de las proteínas lácteas [1]. El proceso se puede describir mediante modelos matemáticos basados en cinéticas de Monod, que permiten simular el crecimiento bacteriano, el consumo de sustrato (lactosa) y la producción de ácido láctico en función del tiempo y la disponibilidad de nutrientes [2]. La dependencia de la tasa de crecimiento bacteriano respecto al pH y la concentración de lactosa se modela considerando factores de inhibición logísticos y una relación empírica para la disminución del pH, lo que permite describir con precisión la acidificación del medio durante el proceso [1] [2].

Metodología:

El proceso de producción de yogur inicia con el tratamiento térmico de la leche para eliminar microorganismos indeseables, seguido por la adición de los cultivos lácticos específicos. Posteriormente, la mezcla se incuba en condiciones controladas de temperatura, permitiendo que las bacterias fermenten la lactosa [3]. Para modelar matemáticamente este proceso, se ha desarrollado una simulación basada en ecuaciones diferenciales que describen la dinámica de la concentración de lactosa, ácido láctico y biomasa bacteriana. Las ecuaciones incluyen términos para la cinética de Monod y la inhibición por pH, integrados mediante el método de Runge-Kutta de orden 4 (RK45) en Python. Los parámetros de simulación, como la tasa máxima de crecimiento (μ_{max}) y la constante de saturación de lactosa (K_s) se ajustaron a valores comúnmente reportados en la literatura [1] [2].

Resultados:

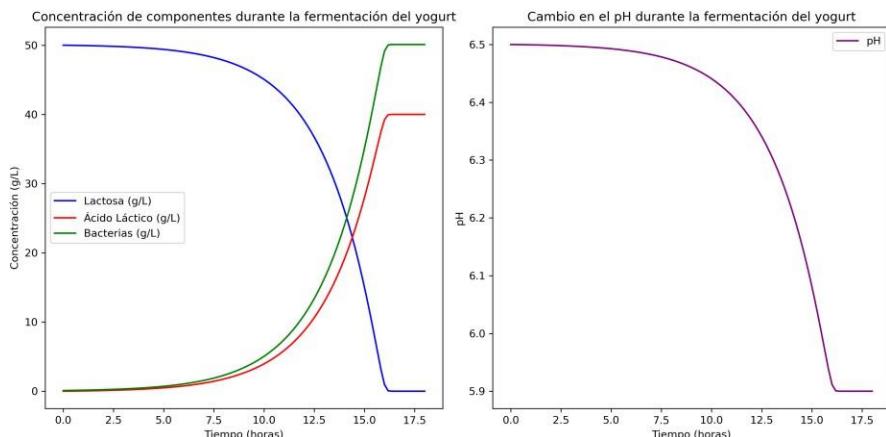


"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Los resultados de la simulación muestran la evolución temporal de la concentración de lactosa, ácido láctico, biomasa bacteriana y el pH. Las curvas de crecimiento de biomasa exhiben un comportamiento logístico, con una fase de aceleración inicial que se desacelera a medida que disminuye la disponibilidad de lactosa y aumenta el ácido láctico. La producción de ácido láctico sigue una curva sigmoidea, lo cual corresponde a la acumulación del producto a partir del consumo de lactosa. El descenso del pH es gradual en la fase inicial y se acelera a medida que aumenta la concentración de ácido láctico, inhibiendo el crecimiento bacteriano en las últimas etapas de fermentación. Estos resultados muestran la capacidad del modelo para capturar los comportamientos característicos de la fermentación del yogur, permitiendo prever los cambios de pH y la dinámica de crecimiento y consumo de sustrato en el proceso.



Referencias

- [1] A. G. D. Brabandere y J. G. De Baerdemaeker, Effects of process conditions on the pH development during yogurt, *Journal of Food Engineering*, vol. 41, pp. 221–227, 1999.
- [2] Wenge Fu y A.P. Mathews, Lactic acid production from lactose by *Lactobacillus plantarum*: kinetic model and effects of pH, substrate, and oxygen, Manhattan, KS 66506, USA: *Biochemical Engineering Journal*, 1999, p. 163170.
- [3] N. M. V. Herrera, «"Diseño de plan de mejoramiento de los procesos de producción de yogur, queso doble crema y queso pasteurizado en la empresa Scalea S.A.S,"» Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Seccional Sogamoso, Escuela de Ingeniería Industrial, Sogamoso, Colombia, 2016



Ingeniería Básica y Conceptual de una Planta de Óxido de Etileno

Wilber Stiven Marin Cortes, Raúl David Quiroga Castellanos, Gisell Marcela Rodríguez

¹Universidad de Pamplona, Ingeniería Química, Facultad de ingenierías y arquitectura.

E-mail: {wilber.marin,raul.quiroga,gisell.rodriguez}@unipamplona.edu.co.

Resumen

Este proyecto de ingeniería conceptual explora la producción de óxido de etileno (OE) mediante el proceso de oxidación directa de etileno, implementado a través de simulaciones en Aspen PLUS. El óxido de etileno es un compuesto esencial en la industria química, utilizado en la fabricación de glicoles, surfactantes, polímeros y otros productos de alto valor añadido. Tras evaluar diversas alternativas, el proceso de oxidación directa fue seleccionado por su eficiencia y menor impacto ambiental en comparación con el método de clorohidrina. A diferencia de este último, la oxidación directa minimiza el uso de cloro y la generación de subproductos contaminantes, siendo así una opción más sostenible desde el punto de vista ambiental y económico.

La planta se ubicará en el Ecoparque Diamante, una zona industrial próxima a Barrancabermeja, Colombia. La decisión de esta ubicación responde a factores estratégicos que incluyen beneficios tributarios locales, acceso directo a materias primas y cercanía a infraestructuras críticas para la logística y distribución del producto final. El Ecoparque Diamante, diseñado para operaciones industriales de gran escala, cuenta con una infraestructura que cumple con las normativas de seguridad y medioambientales, además de disponer de servicios de última generación, como seguridad, mantenimiento y conexiones a servicios públicos esenciales (agua, electricidad, gas e internet de alta velocidad). Este parque industrial proporciona también facilidades aduaneras y ventajas fiscales que favorecen la competitividad del proyecto en el mercado nacional e internacional. Además, la proximidad a las instalaciones de Ecopetrol, uno de los mayores productores de nafta en el país, garantiza un suministro constante y eficiente de etileno, lo cual es fundamental para la estabilidad y viabilidad del proceso de producción.





Para evaluar el impacto económico del proyecto, se implementará el método de Vian, el cual permite estimar la inversión inicial y desarrollar un presupuesto detallado que incluye tanto los costos de adquisición de equipos como los gastos operativos. Este análisis económico se realizará con el apoyo del Aspen Economic Analyzer, herramienta que facilita la evaluación de los costos de los equipos principales y el cálculo de diferentes configuraciones de proceso. A través de técnicas de análisis de sensibilidad, se identificarán las variables críticas que pueden afectar la rentabilidad del proyecto, permitiendo así optimizar la toma de decisiones para asegurar la viabilidad financiera de la planta.

En el aspecto social, se calculará el impacto a través del índice de Gini, usando una tabla que detalla la cantidad de empleados por nivel de ingreso mensual. Este índice permite medir la desigualdad salarial en la planta y compararlo con el promedio nacional en Colombia, proporcionando una visión sobre la equidad en la distribución de los ingresos generados por la planta. Con esto, se pretende identificar áreas de mejora en las políticas salariales y laborales de la empresa, promoviendo un entorno de trabajo más justo y equitativo que impacte positivamente a la comunidad local y refuerce el compromiso social del proyecto.

Desde la perspectiva ambiental, se utilizará la herramienta Greenscope, desarrollada según los principios de sostenibilidad industrial establecidos. Esta herramienta permite evaluar el impacto ambiental del proceso de producción mediante una serie de indicadores que miden la eficiencia de los recursos, el uso de sustancias químicas, y los niveles de toxicidad, irritación y contaminación. El uso de Greenscope asegura un enfoque integral y cuantitativo para gestionar y minimizar los riesgos ambientales asociados con la producción de óxido de etileno, como la emisión de sustancias tóxicas o el consumo de recursos no renovables. Se considera especialmente importante monitorear las emisiones de dióxido de carbono y otros contaminantes potenciales, dada la naturaleza exergónica del proceso de oxidación directa, la cual libera una cantidad significativa de calor y puede contribuir a emisiones si no se controla adecuadamente.

Este proyecto busca no solo optimizar la eficiencia de la producción de óxido de etileno mediante un enfoque técnico y económico sólido, sino también integrar criterios de responsabilidad ambiental y social. La metodología propuesta para los impactos económico, social y ambiental asegura un análisis exhaustivo que permitirá identificar oportunidades de mejora y garantizar la sostenibilidad del proceso a largo plazo. A través de estos esfuerzos, se espera que la planta de producción de óxido de etileno contribuya al desarrollo industrial de la región de Barrancabermeja, fortaleciendo al mismo tiempo el compromiso de la industria química con la reducción de impactos ambientales y la promoción de una distribución justa de beneficios económicos.

Palabras claves: Óxido de Etileno, Método clorohidrina, Aspen plus, Impactos encomios, social y ambiental.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Planta de Ácido Levulínico

Santiago Espinoza Latorre, Yaritza Carvajal Hernández, Karoll Juliana Burbano Almeida

¹Universidad de Pamplona, Ingeniería Química, Facultad de ingenierías y arquitectura.

La presente investigación bibliográfica nos dará a conocer la ingeniería conceptual del ácido levulínico, que es, para que se usa y como es su proceso de obtención, aclarando características y aspectos importantes para realizar un diseño de planta de este producto. En la investigación se incluye: la selección del proceso, impacto social, ambiental y económico.

Este ácido es un compuesto clave en la química verde, utilizado en la síntesis de biocombustibles y productos químicos. Su obtención se lleva a cabo principalmente mediante la hidrólisis de biomasa lignocelulósica, donde se utilizan condiciones de temperatura (150-200 °C) y presión (1- 5 atm) óptimas para maximizar el rendimiento.

El proceso incluye etapas de pretratamiento, hidrólisis y purificación. En el pretratamiento, se prepara la biomasa para facilitar la descomposición. La hidrólisis, catalizada por un ácido, convierte los polisacáridos en azúcares fermentables, que se transforman en ácido levulínico. Posteriormente, se aplica un proceso de purificación para separar el ácido de subproductos indeseables.

La simulación en Aspen Plus permite modelar el proceso, optimizando parámetros operativos y evaluando la eficiencia de los equipos involucrados, como reactores y separadores. Este enfoque no solo proporciona una visión clara de las dinámicas del proceso, sino que también facilita la identificación de oportunidades para la mejora del rendimiento y la sostenibilidad económica. La combinación de estos elementos hace que el proceso de obtención de ácido levulínico sea una alternativa prometedora en la producción de químicos renovables.

La planta se ubicará en Palmira – Valle del Cauca debido a la disponibilidad y accesibilidad para obtener las materias primas, las cuales son biomasa y celulosa, el transporte, también por los precios de mercado, debido a la abundancia de la industria azucarera, los precios de las materias primas, particularmente el bagazo

de caña, son competitivos. El clima también juega un factor importante al

momento de escoger el lugar, palmira es tropical, estable y adecuado para actividades industriales. El clima es ideal para los procesos agrícolas e industriales, lo que reduce el riesgo de interrupciones climáticas. Temperatura de 29°C, viento 6 km/h, ráfagas de viento 6 km/h y buena calidad de aire.

La producción de ácido levulínico en Colombia utilizando como materia prima la hidroximetilfurfural (HMF) puede brindar beneficios al medio ambiente, pero también presenta retos considerables en cuanto a la administración de desechos y control de emisiones. Por una parte, el HMF es un agente renovable proveniente de biomasa vegetal y su aplicación puede contribuir a disminuir la dependencia de sustancias petroquímicas, fomentando así una economía más sustentable. Al emplear HMF, se utilizan desechos agrícolas o forestales que, en otras circunstancias, podrían favorecer la acumulación de residuos. En este contexto, la generación de ácido levulínico podría minimizar el efecto en el medio ambiente al promover la valorización de materiales orgánicos locales y, si se administra adecuadamente, reducir la huella de carbono vinculada a la producción de ácidos provenientes de fuentes fósiles. El poco uso de sustancias químicas persistentes, y tóxicas es una fortaleza significativa, reduciendo los riesgos ambientales a largo plazo. Por otro lado, los resultados pequeños en los factores de incendio, explosión y reactividad reflejan un ámbito operario seguro y estable. Sin embargo, hay valores elevados los cuales son preocupantes y lo ideal sería generar medidas de protección.

Para evaluar el impacto económico de diseñar una planta de ácido levulínico en Colombia, se utilizó el método de estimación de costos de Vian. Este método funcionó para obtener una primera idea del presupuesto necesario para poner en marcha la planta, adaptando los cálculos a un proyecto de procesos químicos como este. Como apoyo, se usó el software Aspen Plus, herramienta ampliamente utilizada en la industria para simular procesos químicos y realizar estimaciones de costos. Con Aspen Plus se logró simular toda la cadena de producción del ácido levulínico y analizar en detalle aspectos como el consumo de materias primas, la energía requerida, el tamaño y costo de los equipos necesarios. Una de las ventajas del haber trabajado con Aspen Plus fue que nos permitió obtener datos específicos sobre cómo funcionaría la planta en condiciones locales. Con esta información, se logró hacer una proyección económica mucho más realista que considera tanto la inversión inicial como los costos de operación de la planta, así

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"



Universidad de Pamplona

como el posible retorno de inversión.

Palabras clave: Hidrólisis, ácido levulínico, Aspen plus, biomasa (bagazo de azúcar), condiciones óptimas, impacto ambiental, económico y social.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Evaluación de la Presencia de Carbamazepina en Cuerpos de Agua utilizando Sensores Electroquímicos.

Raul David Quiroga Castellanos ^{1a}, Jesus Fernely Cogua Orrego ^{1b}, Cristhian Durán Acevedo

², Jeniffer Carrillo Gómez ^{2,3}

¹Semillero de investigación en Sistemas multisensoriales, adquisición de datos y reconocimiento de patrones. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. raul.quiroga@unipamplona.edu.co^a, jesus.cogua@unipamplona.edu.co^b.

²Grupo de investigación en sistemas multisensoriales y reconocimiento de patrones. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia.
Cmdurán@unipamplona.edu.co.

³Grupo de investigación en ingeniería química. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia.
Jeniffer.carrillo@unipamplona.edu.co.

En Colombia, numerosos cuerpos de agua, como ríos, cuencas, arroyos y quebradas, están contaminados con una variedad de agentes patógenos que representan un riesgo tanto para la salud humana como para los ecosistemas acuáticos. Entre los contaminantes más preocupantes se encuentran los productos farmacéuticos y de cuidado personal, conocidos como Contaminantes Emergentes (CE). Estos compuestos están ampliamente distribuidos en las fuentes hídricas del país y han captado cada vez más la atención de la comunidad científica por su impacto ambiental.

Estudios realizados en ríos como el Bogotá y el Cauca, así como en cuerpos de agua superficiales en el departamento de Córdoba, han identificado al menos 37 contaminantes farmacológicos. Destacan el acetaminofén, ibuprofeno, naproxeno, paracetamol, sulfametoxazol y carbamazepina. Este último es particularmente preocupante, ya que se utiliza como anticonvulsivo en el tratamiento de la epilepsia, enfermedades neurológicas crónicas y neuralgia del trigémino. La ingestión de altas concentraciones de carbamazepina en personas sanas puede causar el síndrome de Stevens-Johnson o necrólisis epidémica tóxica (Universidad del Valle, 2022).



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



La carbamazepina (CBZ) es un compuesto tricíclico derivado del iminostilbeno que comenzó a comercializarse en 1962 para tratar la neuralgia del trigémino, y posteriormente se amplió su uso como antiepileptico y en el tratamiento del trastorno bipolar. En 1967 se reportaron los primeros efectos adversos en la piel relacionados con su uso, y en 1982 se documentaron los primeros casos de necrólisis epidémica tóxica asociada a este fármaco. En 1985, además, se registró el primer caso de eccema exfoliativo tras su administración (Navarro-Triviño & Ruiz- Villaverde, 2022)

La literatura médica ha documentado varias formas de toxicidad cutánea relacionadas con la carbamazepina, que van desde erupciones liquenoides, lesiones similares a la micosis fungoide y dermatosis ampollosa lineal por IgA, hasta manifestaciones más graves, como el síndrome de Stevens-Johnson y la necrólisis epidémica tóxica (Navarro-Triviño & Ruiz-Villaverde, 2022).

Este proyecto se centra en la identificación de la carbamazepina en aguas superficiales a través de una innovadora lengua electrónica basada en sensores electroquímicos. Este dispositivo consta de una serie de sensores químicos no selectivos que reaccionan parcialmente a diferentes componentes de la solución, simulando el funcionamiento de las papillas gustativas humanas. Al adicionar a los sensores una muestra de agua y aplicar un voltaje entre ellos y un electrodo de referencia, se genera una respuesta eléctrica que, procesada con software estadístico, permite construir una "huella digital" del perfil químico de la muestra. Este método facilita la identificación de compuestos específicos y proporciona una estimación de su concentración en cuerpos de agua superficiales (Arrieta et al., 2014).

Para la detección de carbamazepina en soluciones acuosas, se prepararon muestras de diferentes concentraciones, con el objetivo de establecer el límite de detección de la lengua electrónica. Estas concentraciones se seleccionaron en base a los niveles permisibles y tóxicos de la carbamazepina en cuerpos de agua, conforme a los estándares ambientales y de salud pública reportados en la literatura científica.

Como dispositivo de detección, se utilizó un sensor serigrafiado de carbono junto con un Potenciómetro-Galvanómetro múltiple μStat 8000, que opera en conjunto como una lengua electrónica. A cada sensor se le aplicaron 50 µL de la muestra contaminada con carbamazepina. Mediante el uso del software DropView y la técnica de voltametría cíclica, se logró inducir una reacción de oxidación-reducción en presencia de

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"



carbamazepina, registrando así una señal electroquímica característica de este compuesto.



Los datos generados fueron procesados mediante Análisis de Componentes Principales (PCA) para identificar patrones en las señales electroquímicas, permitiendo distinguir las concentraciones y la presencia de carbamazepina. Posteriormente, los resultados fueron clasificados empleando técnicas de machine learning, tales como algoritmos de clasificación supervisada, lo que incrementó la precisión y sensibilidad en la identificación del compuesto.

Este enfoque multidimensional, apoyado en métodos estadísticos y de aprendizaje automático, ha demostrado ser una herramienta poderosa en el análisis de contaminantes en cuerpos de agua, alineándose con estudios recientes en el campo de la electroquímica y el monitoreo de contaminantes emergentes.

Palabras claves: contaminantes emergentes, carbamazepina, lengua electrónica,

Referencias

Arrieta, A. A., Fuentes Amín, O. C., & Jaramillo Muñoz, A. F. (2014). Sistema portátil de sensoresinteligentes (lengua electrónica) para el análisis de alimentos.

Investigaciones Aplicadas, ISSN-e 2011-0413, Vol. 8, Nº. 1, 2014 (Ejemplar Dedicado a: Revista InvestigacionesAplicadas), Págs. 30-36, 8(1), 30–36.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5001670&info=resumen&idioma=SPA>

Universidad del Valle. (2022, March 18). *Los 19 medicamentos que contaminan el río Cauca - Universidad del Valle / Cali, Colombia*. <https://www.univalle.edu.co/medio-ambiente/los-19-medicamentos-que-contaminan-el-rio-cauca>

Navarro-Triviño, F. J., & Ruiz-Villaverde, R. (2022). Queratodermia multifocal adquirida inducida por carbamazepina. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 113(6), 652–653.
<https://doi.org/10.1016/J.AD.2021.02.013>



Aprovechamiento Sostenible De Los Residuos Generados Por Los Sectores Productivos, Extractivos Y De Servicios Del Municipio De Toledo Y El Zulia.

Kenia Eduneidys Coronado Mendoza¹, Fabián Andrés Robledo Escalante¹, Cristhian Manuel Durán Acevedo², Juan Miguel García³, Jeniffer Katerine Carrillo Gómez^{2,3}.

¹ Semillero de Investigación en Sistemas multisensoriales, adquisición de datos y reconocimiento de patrones. Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia kenia.coronado@unipamplona.edu.co, fabian.robledo21@unipamplona.edu.co

² Grupo de Investigación en sistemas multisensoriales y reconocimiento de patrones. Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. cmduran@unipamplona.edu.co

³ Grupo de investigación en ingeniería química. Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. jeniffer.carrillo@uniapmplona.edu.co , juangarciamen@unipamplona.edu.co .

El proyecto aborda el aprovechamiento sostenible de los residuos generados por la producción de café, destacando la importancia de optimizar el uso de estos subproductos para la obtención de energía renovable. El mucílago de café, que representa un 20% del fruto en base húmeda, es un recurso valioso debido a su alto contenido de carbohidratos, lo que lo hace adecuado para la digestión anaeróbica y la producción de biogás.

El proceso de producción de biogás implica varias etapas, comenzando con el pretratamiento de los residuos para eliminar impurezas y ajustar condiciones como el pH y la temperatura.

Posteriormente, en un biodigestor, las bacterias descomponen la materia orgánica en cuatro fases, resultando en un subproducto sólido conocido como digestato, que es rico en nutrientes y puede ser utilizado como fertilizante orgánico.



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



También se plantea una pregunta de investigación sobre cómo la conversión de residuos de café en energía puede mitigar el impacto ambiental de la industria cafetera y promover la sostenibilidad. Se establecen objetivos generales y específicos, como promover el uso de residuos orgánicos en energías alternativas y estudiar las propiedades fisicoquímicas de los residuos del café.

Además, se presentan resultados de un estudio sobre la recolección de residuos de café de un restaurante en República Checa, donde se evaluaron diferentes métodos de secado. El secado solar resultó ser el más eficiente, permitiendo reducir el contenido de humedad de los residuos por debajo del 10%, haciéndolos aptos para su uso como biocombustible. Los residuos de café tienen el potencial de convertirse en pellets, biogás y biodiésel, contribuyendo así a la reducción de residuos y a la producción de energía limpia.

En el estudio titulado Aprovechamiento de pulpa de café para la producción de biogás en un reactor de flujo pistón (Londoño & Hernán, 2017), se llevaron a cabo ensayos preliminares de digestión anaerobia en condiciones de laboratorio. Estos ensayos utilizaron biodigestores anaerobios de 3.0 L, los cuales fueron alimentados con una mezcla de agua, lodo activado y pulpa de café. Para la cuantificación del biogás producido, se empleó el método de desplazamiento de líquido: el biogás generado ejercía presión sobre el sistema, desplazando el agua en un recipiente conectado, lo cual permitía medir el volumen de gas liberado de forma precisa.

Durante los ensayos, se observó que el pH del sistema se estabiliza en un rango favorable para las bacterias metanogénicas, lo cual es crucial para un funcionamiento eficiente. Estos ensayos preliminares permitieron determinar las cantidades óptimas de cada componente en el sustrato para maximizar la producción de biogás, alcanzando en algunos casos hasta 10,73 L de biogás por kg de pulpa de café utilizada en los reactores que mostraron mejor rendimiento.

Estos resultados iniciales fueron esenciales para ajustar el modelo de dosificación que se implementó en el reactor principal de flujo pistón (PFR) para la producción de biogás en mayor escala.

Palabras claves: Sostenibilidad, biogás, biodigestor, mucílago de café, posos de café

Referencias



Tun, M. M., Raclavská, H., Juchelková, D., Růžičková, J., Šafař, M., Štrbová, K., & Gikas, P. (2020). Spent coffee ground as renewable energy source: Evaluation of the drying processes. *Journal of Environmental Management*, 275, 111204.

Carrère, H., Dumas, C., Battimelli, A., Batstone, D. J., Delgenes, J. P., Steyer, J. P., & Ferrer, I. (2010). Pretreatment methods to improve sludge anaerobic degradability: A review. *Journal of Hazardous Materials*, *183*(1–3), 1-15.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.06.129>

Londoño, E., Hernán, D. (2017). Aprovechamiento de pulpa de café para la producción de biogás en un reactor flujo pistón.



Evaluación Comparativa de Catalizadores Orgánicos e Inorgánicos en la Producción de Biodísel a partir de Aceite de Cocina Usado: Un Enfoque hacia la Sostenibilidad

Jhoan Stiven Navarrete¹, Cristhian Manuel Durán Acevedo², Jeniffer Katerine Carrillo

Gómez^{2,3}.

¹Semillero de investigación en Sistemas multisensoriales, adquisición de datos y reconocimiento de patrones. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. jhoan.navarretejho@unipamplona.edu.co

²Grupo de investigación en sistemas multisensoriales y reconocimiento de patrones. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. Cmduaran@unipamplona.edu.co.

³Grupo de investigación en ingeniería química. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. Jeniffer.carrillo@unipamplona.edu.co.

Este proyecto de investigación surge de la necesidad urgente de encontrar alternativas a los combustibles fósiles, cuyo impacto ambiental y económico es insostenible en el tiempo. Dado que el biodísel es un biocombustible renovable que puede contribuir a una matriz energética más limpia, uno de los principales desafíos es encontrar fuentes económicas y sostenibles para su producción, como el aceite de cocina usado, que usualmente se desechara sin aprovecharse. Esta materia prima representa una opción ideal, tanto por su bajo costo como por su capacidad para reducir la generación de desechos urbanos, contribuyendo así a una economía circular.

En el desarrollo de este proyecto se llevó a cabo un análisis comparativo entre catalizadores orgánicos e inorgánicos en el proceso de transesterificación del aceite de cocina usado.

El trabajo experimental consistió en realizar la transesterificación en el laboratorio, logrando las primeras muestras de biodísel de forma práctica y controlada. Durante el proceso, se separó la glicerina del biodísel, y este fue secado en una cámara especial para remover cualquier traza de humedad o compuestos residuales. Las muestras



Normandos Nuevos para la Construcción de un Nuevo País en Paz

Universidad de Pamplona



obtenidas se enviarán para sus diferentes análisis mediante técnicas como cromatografía de gases y análisis termogravimétrico para asegurar su calidad y estabilidad.



Actualmente, el proyecto se encuentra en una etapa de mejora de la eficiencia del proceso. Nos encontramos diseñando un sistema automatizado que operará en un reactor especialmente adaptado para controlar de forma precisa parámetros clave, como la temperatura, la velocidad de agitación y la proporción de reactivos. Esta automatización busca optimizar el rendimiento de la transesterificación, reducir tiempos de reacción y asegurar una producción constante y uniforme de biodiésel. A futuro, se espera que la automatización del proceso, junto con la caracterización completa del biodiésel resultante, proporcione una producción más sostenible y económicamente viable, especialmente para su aplicación en el sector del transporte. El objetivo final es que el biodiésel derivado de aceite de cocina usado se convierta en una alternativa cada vez más atractiva y realista para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, promoviendo un modelo de economía circular en la región.

Palabras claves: Biodiesel, transesterificación, catalizadores, sostenibilidad, biocombustibles.

Referencias



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Mena Roa, M. (2022, 5 de abril). ¿Quiénes apoyan el abandono de los combustibles fósiles? Energía y medioambiente. Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Unión Alemana para el Fomento de Plantas Oleaginosas y Proteaginosas (UFOP). (Año de publicación). La UE e Indonesia, líderes productores de biodiésel. Recuperado de: <https://www.ufop.de/english/news/ufop-publishes-progress-report-biodiesel-co-20212022/>

Parlamento Europeo. (2019, 22 de marzo). Emisiones de CO2 de los coches: hechos y cifras (infografía). Recuperado. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20190313STO31218/emisiones-de-co2- de-los-coches-hechos-y-cifras-infografia>

Argumedo Negrete, A. (2019). Diseño y construcción de un reactor batch para la producción de biodiésel como combustible de origen orgánico producido a partir de aceites vegetales variando la relación molar aceite/alcohol. Universidad de Pamplona, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Departamento de Ingenierías Química, Ambiental y Civil, Programa de Ingeniería Química.

Castellar Ortega, G. C., Angulo Mercado, E. R., & Cardozo Arrieta, B. M. (2014). Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos. Prospectiva, 12(2), 90. <https://doi.org/10.15665/rp.v12i2.293>

Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels. (s. f.). Recuperado 13 de septiembre de 2024, de <https://www.astm.org/d6751-20a.html>

Fedebiocombustibles. (2023). Conoce El Aporte De Los Biocombustibles A La SeguridadEnergética Y A La DescarbonizaciónDe Colombia. Recuperado de: <https://fedebiocombustibles.com/wp-content/uploads/2023/12/Factsheet-FNBC-2024- PW.pdf>



Evaluación de la capacidad de *Saccharomyces cerevisiae* para generar bioelectricidad usando medios de cultivo sintéticos

Diego Barón Reyes^{1a}, Harry Bolívar Suarez^{1b}, Yordan Rodríguez Pinzón^{1c}, Sandry Ochoa Cruz^{1d}, Cristhian Durán Acevedo², Jeniffer Carrillo Gómez^{2,3}, Alba Roa Parra⁴.

¹Semillero de investigación en Sistemas multisensoriales, adquisición de datos y reconocimiento de patrones. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. diego.barondi@unipamplona.edu.co^a, harry.bolivar@unipamplona.edu.co^b, yordan.rodriguez@unipamplona.edu.co^c, sandryd.ochoa@unipamplona.edu.co^d

²Grupo de investigación en sistemas multisensoriales y reconocimiento de patrones. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. Cmduan@unipamplona.edu.co.

³Grupo de investigación en ingeniería química. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. Jeniffer.carrillo@unipamplona.edu.co.

⁴Grupo de Investigación en Recursos Naturales. Facultad de ciencias básicas, Universidad de Pamplona, Colombia. albalurp@unipamplona.edu.co

La presente investigación tiene por objetivo principal evaluar el empleo de *Saccharomyces cerevisiae*, una levadura, como biocatalizador en celdas de combustible microbianas (CCM) de configuración bicameral. El propósito es explorar la capacidad de este microorganismo para la bioelectrogénesis y el tratamiento simultáneo de efluentes orgánicos. Las CCM son una tecnología bioelectroquímica emergente que permite convertir la energía química de compuestos orgánicos directamente en energía eléctrica, aprovechando la actividad metabólica de los microorganismos, cuando estos, ubicados en el ánodo, oxidan los sustratos presentes en los efluentes, liberan electrones que se transfieren a través de un circuito externo hacia el cátodo, completando así la reacción y generando una corriente eléctrica aprovechable.

La configuración de la CCM empleada en esta investigación comprende dos cámaras separadas por una membrana de intercambio de protones: el ánodo, donde se produce

la oxidación de sustratos y la liberación de electrones, y el cátodo, donde estos

“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”





electrones son aceptados, generalmente mediante la reducción de oxígeno o de un acceptor alternativo. Este flujo de electrones, impulsado por las reacciones bioquímicas en el ánodo, es la clave para la generación de electricidad en la CCM.

La elección de *Saccharomyces cerevisiae*, como biocatalizador en este estudio responde a las propiedades únicas de esta levadura, es uno de los microorganismos más estudiados en biotecnología, y ello se debe a su robustez y versatilidad metabólica. Ampliamente utilizada en la fermentación alcohólica y en la industria alimentaria, esta levadura también ha sido explorada en aplicaciones ambientales por su capacidad para transformar sustratos orgánicos simples en productos de valor, como etanol y CO₂. En el contexto de las CCM, *S. cerevisiae* puede degradar carbohidratos simples y otros compuestos presentes en los efluentes agroindustriales, liberando electrones durante el proceso de oxidación, lo que contribuye a la generación de electricidad. Este enfoque no solo permite obtener energía renovable a partir de residuos, sino que también mejora la calidad del agua residual presente tras el proceso. Este enfoque híbrido tiene el potencial de integrar procesos de bioenergía y tratamiento de cargas orgánicas simples en un solo sistema, incrementando así la sostenibilidad de las tecnologías de tratamiento de residuos y energía renovable.

Para asegurar el adecuado rendimiento y eficiencia de las CCM, se implementó un sistema de monitoreo in situ de parámetros críticos, como pH, voltaje, corriente y temperatura, mediante el uso de sensores específicos para cada variable. Este monitoreo es fundamental, ya que permite establecer correlaciones entre la tasa de degradación de los sustratos y la densidad de corriente generada, proporcionando datos cruciales para optimizar el proceso de generación de bioelectricidad. Los resultados preliminares muestran una correlación positiva entre la velocidad de degradación de los sustratos simples y la producción de corriente eléctrica, lo que evidencia la capacidad adaptativa de *S. cerevisiae* para tratar este tipo de sustratos. Se recomienda evaluar el desempeño de este sistema microbiano en el tratamiento de efluentes orgánicos complejos, precedido por una etapa de hidrólisis básica, con el fin de mejorar la biodegradabilidad y facilitar la posterior utilización por parte de *S. cerevisiae* para la generación de energía eléctrica.

Además, esta investigación se inscribe en el contexto más amplio de la economía

circular, en la cual se busca maximizar el aprovechamiento de recursos y minimizar la





generación de residuos. Al valorizar efluentes agroindustriales y otros desechos como fuente de bioenergía, las CCM impulsadas por *S. cerevisiae* contribuyen a la generación de tecnologías sostenibles y autosuficientes que, además de ofrecer una solución para la gestión de residuos, generan electricidad limpia. Este enfoque integral responde a los apremiantes desafíos ambientales y energéticos contemporáneos, permitiendo el desarrollo de soluciones que integran la gestión eficiente de efluentes y la producción de energía renovable.

A largo plazo, los hallazgos de esta investigación podrían tener un impacto significativo en el desarrollo de tecnologías de biorremediación y generación de energía, con beneficios tanto ambientales como energéticos. Las CCM representan un avance notable en la integración de sistemas biotecnológicos en el tratamiento de efluentes y en la producción de energía, lo que podría contribuir a un futuro más sostenible y energéticamente eficiente.

Palabras claves: *bioelectrogénesis, celdas de combustible microbianas, Saccharomyces cerevisiae, efluentes orgánicos, economía circular, biorremediación, energía renovable*

Referencias

- Ahn, Y., & Logan, B. E. (2010). Effectiveness of domestic wastewater treatment using microbial fuel cells at ambient and mesophilic temperatures. *Bioresource Technology*, 101(2), 469–475. <https://doi.org/10.1016/J.BIOTECH.2009.07.039>
- Allami, S., Hasan, B., Redah, M., Hamody, H., & Abd Ali, Z. D. (2018). Using Low Cost Membrane in Dual-Chamber Microbial Fuel Cells (MFCs) for Petroleum Refinery Wastewater Treatment. *Journal of Physics: Conference Series*, 1032(1), 012061. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1032/1/012061>
- Behera, M., & Ghangrekar, M. M. (2009). Performance of microbial fuel cell in response to change in sludge loading rate at different anodic feed pH. *Bioresource Technology*, 100(21), 5114–5121. <https://doi.org/10.1016/J.BIOTECH.2009.05.020>
- Catal, T., Li, K., Bermek, H., & Liu, H. (2008). Electricity production from twelve monosaccharides using microbial fuel cells. *Journal of Power Sources*, 175(1), 196–200. <https://doi.org/10.1016/J.JPOWSOUR.2007.09.083>
- Hamed, M. S., Majdi, H. S., & Hasan, B. O. (2020). Effect of Electrode Material and Hydrodynamics on the Produced Current in Double Chamber Microbial Fuel Cells. *ACS*



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona

Omega, 5(18),



-10348.

10339

https://doi.org/10.1021/ACSOMEWA.9B04451/ASSET/IMAGES/LARGE/AO9B04451_0007.JPE G

In Ho, P., Gnana Kumar, G., Kim, A. R., Kim, P., & Suk Nahm, K. (2011). Microbial electricity generation of diversified carbonaceous electrodes under variable mediators. *Bioelectrochemistry*, 80(2), 99–104. <https://doi.org/10.1016/J.BIOELECHEM.2010.06.007>

Liu, Y., Harnisch, F., Fricke, K., Schröder, U., Climent, V., & Feliu, J. M. (2010). The study of electrochemically active microbial biofilms on different carbon-based anode materials in microbial fuel cells. *Biosensors and Bioelectronics*, 25(9), 2167–2171. <https://doi.org/10.1016/J.BIOS.2010.01.016>



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona

11



Determinación de la Difenilamina en una Muestra Problema por Medio de Pruebas de Solubilidad y Grupos Funcionales

Karla Heliana Robles Escaño

Facultad de ingenierías y arquitectura, Programa de ingeniería química

Universidad de Pamplona, Norte de Santander

Karla.robles@unipamplona.edu.co

Este breve ensayo, presenta la identificación de un compuesto desconocido mediante pruebas de solubilidad y de grupos funcionales. La muestra, con un punto de fusión de 53°C, fue sometida a análisis de solubilidad y pruebas químicas como la de Lassaigne y Beilstein. Los resultados indicaron la presencia de anillos aromáticos y aminas, permitiendo concluir que el compuesto era difenilamina, una amina aromática. Este ensayo evidencia el uso de reacciones específicas para caracterizar y determinar compuestos orgánicos.

La determinación de compuestos desconocidos es fundamental en química orgánica. Para este estudio, la identificación de la muestra se apoyó en propiedades físicas y químicas, como la solubilidad, el punto de fusión y la reactividad de los grupos funcionales. Con pruebas de disolución en agua, ácidos y bases, y experimentos específicos como el método de Lassaigne y la prueba de Beilstein, se busca identificar los elementos y grupos funcionales presentes en el compuesto desconocido. Estos métodos permiten obtener información crítica sobre la estructura y la composición química de la muestra.

Se realizaron pruebas de solubilidad para determinar la reactividad de la muestra en distintos disolventes. La Figura 1 muestra el esquema de clasificación de solubilidad utilizado en este estudio.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

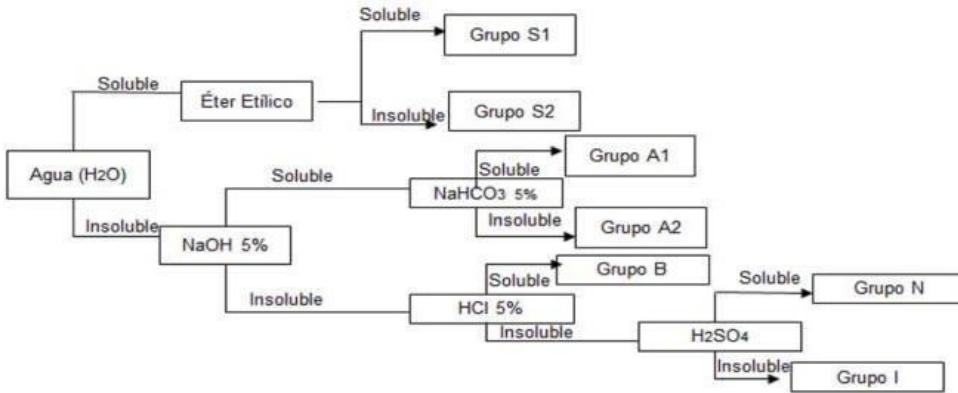


Figura 1. Esquema de clasificación de solubilidad de la muestra

Para detectar la presencia de grupos funcionales específicos, se aplicaron pruebas con reactivos como el permanganato de potasio y el reactivo de Tollens (ver Figura 2). Además, se realizaron pruebas específicas para detectar azufre, nitrógeno y halógenos mediante el método de Lassaigne. También se empleó la prueba de Beilstein, que indica la presencia de halógenos al observar una llama coloreada.

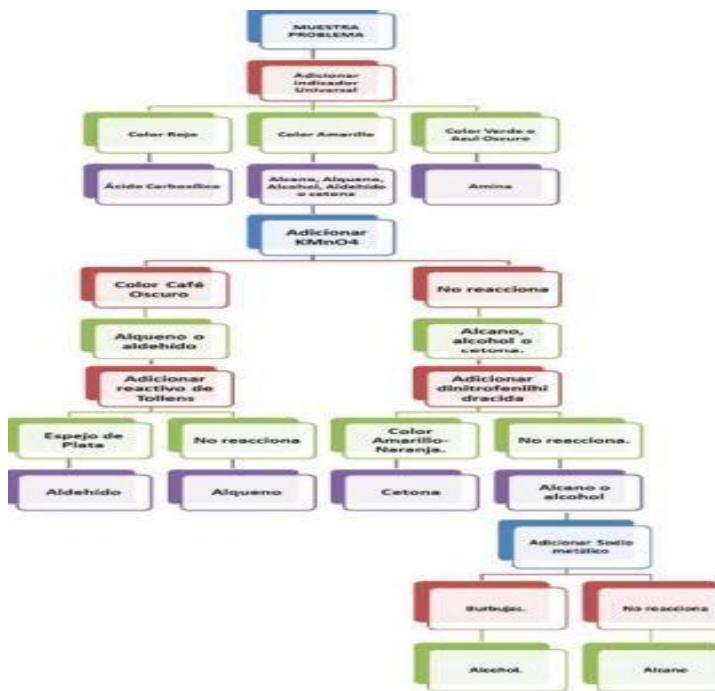


Figura 2. Ruta de identificación de grupos funcionales mediante pruebas químicas



Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Universidad de Pamplona



La muestra resultó insoluble en agua, NaOH al 5%, HCl al 5% y H_2SO_4 concentrado, lo que la ubicó en el grupo de solubilidad I, correspondiente a compuestos como hidrocarburos saturados o aminas aromáticas. La prueba de Lassaigne confirmó la presencia de nitrógeno, descartando azufre y halógenos. La prueba de Beilstein no mostró la coloración verde característica de halógenos, mientras que la llama fuliginosa y la formación de hollín evidenciaron la presencia de anillos aromáticos. La prueba de la lignina, que genera una coloración característica en presencia de aminas aromáticas, indicó positivamente su presencia en la muestra, como se observa en la Figura 3.

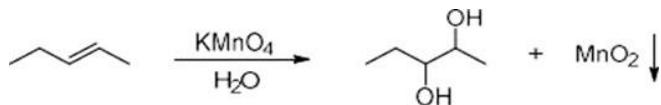


Figura 3. Papel periódico empapado en la muestra coloración naranja, indicando aminas aromáticas

El análisis de los resultados confirma que la muestra corresponde a una amina aromática, probablemente difenilamina, por su punto de fusión de 53°C y su capacidad de oxidación rápida en presencia de permanganato de potasio. Este estudio muestra la importancia de las técnicas cualitativas de solubilidad y reactividad para identificar compuestos orgánicos, permitiendo el reconocimiento de estructuras complejas mediante métodos simples y específicos.

Palabras Claves: muestra problema, punto de fusión, grupos funcionales, solubilidad, amina aromática.



Estudio de viabilidad para crear una planta de producción de butanol a partir de propileno mediante la vía Oxosíntesis

Karen Vanessa Macana Álvarez, Fabian David Simanca Ramirez, Anderson Arrieta Alvarez

1Universidad de Pamplona, Ingeniería Química, Facultad de ingenierías y arquitectura.

E-mail: {karen.Macana17,fabian.simanca, anderson.arrieta2}@unipamplona.edu.co.

Resumen

La creación de una planta de producción de n-butanol se desarrolló a partir de una serie de estudios y análisis. En primer lugar, se generó la idea inicial, investigando las diferentes vías de producción, las materias primas y el producto final. Con esta información, se evaluaron varias rutas de producción, tomando en cuenta las materias primas disponibles y la conversión al producto final. Posteriormente, se realizó un estudio de mercado para analizar la disponibilidad de las materias primas y la demanda del producto tanto a nivel nacional como internacionales se seleccionó el proceso más adecuado el cual fue producción de butanol a partir de propileno mediante la vía Oxosíntesis.

La selección del lugar y el tamaño óptimo de la planta se basó en las necesidades específicas del proyecto, garantizando que la ubicación y la escala fueran las más adecuadas dando con destino de la ubicación de la planta en Barrancabermeja. Con base en la literatura científica, se definieron las condiciones de operación, los parámetros de diseño de la planta y las especificaciones de los equipos necesarios. Para finalizar, se llevó a cabo un análisis termodinámico y cinético del proceso, y con el uso del software Aspen Plus se simuló la producción de la planta. La vía de Oxosíntesis fue seleccionada por cumplir con los parámetros estudiados, ofreciendo una óptima relación costo-calidad para el producto final. Además, esta vía es reconocida por ser más amigable con el medio ambiente, lo cual es crucial en la actualidad, dado el contexto de lucha contra el cambio climático.

El análisis de los costos de los equipos se llevó a cabo mediante el uso de la

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona





herramienta análoga de Aspen Economics, la cual es reconocida en la industria por su capacidad para evaluar con alta precisión la viabilidad económica de proyectos industriales. Aspen Economics proporciona simulaciones detalladas que permiten modelar y proyectar los costos asociados a las inversiones iniciales y operativas de un proyecto, teniendo en cuenta variables como la disponibilidad de recursos, la eficiencia de los procesos y la optimización de la producción. Esta herramienta facilita la identificación de posibles riesgos financieros y la toma de decisiones informadas, asegurando que el proyecto sea rentable a largo plazo. Con los resultados obtenidos, se procedió a realizar los cálculos necesarios utilizando el método de Vian, lo que permitió obtener un valor aproximado de la inversión inicial. Este método se destaca por su enfoque en la determinación precisa de los costos de capital y de operación, considerando todos los factores involucrados en la implementación del proyecto industrial.

Para el impacto social, se utilizó el índice de Gini para medir la desigualdad económica y social que podría generarse como resultado del proyecto. El índice de Gini es una herramienta estadística que permite evaluar la distribución de ingresos dentro de una población. Al aplicar este índice, se identificaron las posibles repercusiones de las actividades industriales en las comunidades cercanas, con el fin de comprender cómo la implementación de este proyecto podría influir en la equidad social y el bienestar de la población. De esta forma, se establecieron estrategias para mitigar posibles efectos negativos y fomentar una distribución más equitativa de los beneficios.

Para evaluar el impacto ambiental del proyecto, se recurrió a la herramienta Greenscope, especializada en medir y analizar los impactos ambientales generados durante el proceso de producción de butanol. Greenscope permite una evaluación detallada de las emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo de energía y los recursos naturales, así como el impacto sobre la biodiversidad y la calidad del aire y del agua. Esta herramienta proporciona datos precisos que son esenciales para la toma de decisiones sobre la sostenibilidad del proyecto y la adopción de prácticas más limpias y eficientes.

La combinación de los estudios de estos tres impactos encomios, social y ambiental nos garantiza que el proceso de producción de butanol ayude a mitigar los efectos de gases de efecto invernadero, el daño a la capa de ozono y la degradación de la corteza

Asimismo, se garantizará que la planta cumpla con los más altos estándares de seguridad y salud en el trabajo.



Palabras claves: butanol, Vía Oxosíntesis, Aspen plus, Impactos encomios, social y ambiental.

Referencias

Bosch Jiménez, C. (2019). Simulación del proceso de producción de n-butanol por la vía Oxosíntesis.

Portal Ecopetrol. (s/f). Com.co. Recuperado el 15 de junio de 2024, de
<https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/>

Colombia es pionera en Latinoamérica en producir Polipropileno Circular! (s/f).

Pactoglobal- colombia.org. Recuperado el 24 de octubre de 2024, de
<https://www.pactoglobal-colombia.org/news/colombia-es-pionera-en-latinoamerica-enproducirpolipropileno-circular.html>



Uso De Una Lengua Electrónica a través de electrodos serigrafiados de carbono Como Técnica Alternativa Para La Detección De Plomo En Aguas Provenientes De La Minería en Norte De Santander.

Laura Daniela Patiño Barrera¹, Cristhian Manuel Durán Acevedo², Jeniffer Katerine Carrillo Gómez^{2,3}.

¹Semillero de investigación en Sistemas multisensoriales, adquisición de datos y reconocimiento de patrones. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia.

laura.patinola@unipamplona.edu.co.

²Grupo de investigación en sistemas multisensoriales y reconocimiento de patrones. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia.

Cmdur'an@unipamplona.edu.co.

³Grupo de investigación en ingeniería química. Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia. Jeniffer.carrillo@unipamplona.edu.co.

La detección de plomo en aguas es crucial debido a su alta toxicidad, que afecta tanto la salud humana como el medio ambiente. El plomo puede causar serios daños neurológicos, especialmente en niños, además de contaminar ecosistemas acuáticos(Li et al., 2023). Las técnicas convencionales de detección, como la espectrometría de absorción atómica y la espectroscopía de fluorescencia(Rajoria et al., 2023), son precisas pero costosas y requieren equipos sofisticados, lo que impulsa la búsqueda de métodos alternativos. Una opción prometedora es la lengua electrónica, un sistema basado en sensores que simula el sentido del gusto para identificar sustancias químicas(Falina et al., 2021). Esta tecnología ya ha demostrado su eficacia en la detección de metales pesados y otros contaminantes en el agua.

Las lenguas electrónicas son dispositivos diseñados para imitar el funcionamiento de la lengua humana mediante el uso de sensores electroquímicos, los cuales permiten la detección y diferenciación de diversas sustancias en soluciones líquidas(Vlasov et al., 2000). En la detección de metales pesados, estos sensores están recubiertos con materiales selectivos que interactúan específicamente con los iones metálicos, favoreciendo reacciones de reconocimiento químico. Este proceso genera una señal electroquímica que, al ser procesada, proporciona información detallada sobre la presencia y concentración de los metales en la solución. La especificidad y sensibilidad de

la lengua electrónica se logra mediante una calibración cuidadosa y el uso de algoritmos avanzados para el procesamiento de señales, que permiten discriminar eficientemente entre diferentes tipos de iones, lo cual la convierte en una herramienta innovadora y eficaz para el monitoreo de contaminantes en estudios ambientales (Riul et al., 2010).

Este estudio se centró en el uso de una lengua electrónica (ET) como técnica alternativa para la detección de plomo (Pb) en aguas residuales derivadas de la actividad minera de carbón en el departamento de Norte de Santander. En este contexto, la investigación explora la capacidad de la ET para detectar y cuantificar de manera precisa y eficiente la presencia de plomo, ofreciendo una solución complementaria a los métodos convencionales de monitoreo ambiental.

Las muestras de agua residual fueron recolectadas en una mina de carbón: dentro de la mina (punto 2) y a la salida(punto 1) situada en el municipio de Toledo. Inicialmente el estudio se dividido en tres fases: en la primera se determinaron propiedades fisicoquímicas clave, como el pH, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST), la dureza y la alcalinidad, entre otros parámetros, en los laboratorios de la Universidad de Pamplona. Estas propiedades proporcionan información esencial sobre la calidad del agua y su posible impacto ambiental. En la segunda fase los niveles de plomo en las muestras se analizaron utilizando la técnica de espectroscopía de absorción atómica, reconocida por su alta sensibilidad y precisión para la cuantificación de metales pesados. Este ensayo se llevó a cabo en un laboratorio especializado del Sena en Bucaramanga. En la tercera fase, para calibrar y validar la capacidad de la lengua electrónica en la detección de plomo, se prepararon soluciones estándar de plomo en una serie de concentraciones controladas. Este proceso de calibración es fundamental en estudios electroquímicos y sensoriales, ya que permite establecer la sensibilidad, precisión y rango de detección del dispositivo. Las concentraciones de plomo se incrementaron gradualmente, desde niveles bajos hasta concentraciones más elevadas (0.5 ppm hasta 100 ppm), replicando los posibles escenarios de contaminación encontrados en aguas residuales provenientes de la minería.

Se utilizó como lengua electrónica un potenciómetro de un canal (modelo µStat200) de la empresa DropSens (*Home*, s. f.), el cual fue operado mediante el software especializado DropView 200. Este software permite el procesamiento de mediciones electroquímicas y facilita el análisis detallado de los datos obtenidos. Para las mediciones, se emplearon 50





μl de agua residual los cuales fueron depositados con la ayuda de una micropipeta en los electrodos serigrafiados tipo C110, que incluyen un electrodo de trabajo de carbono, un electrodo auxiliar de carbono y un electrodo de referencia de plata. Estos materiales permiten la generación de patrones de corriente mediante voltametría cíclica, los cuales proporcionan información específica sobre la presencia y concentración de plomo (Pb) en las muestras.

Los datos electroquímicos obtenidos fueron analizados utilizando análisis de componentes principales (PCA) (Karkra et al., 2017), una técnica estadística que facilita la reducción de dimensionalidad y mejora la discriminación de los patrones de corriente asociados a diferentes concentraciones de plomo en el agua. Adicionalmente, se utilizaron métodos de machine learning para clasificar las diferentes concentraciones de plomo, optimizando la capacidad de la lengua electrónica para diferenciar niveles de contaminación. Este proceso de clasificación, junto con la validación frente a métodos estándar como la espectroscopía de absorción atómica (Rajoria et al., 2023), respalda la eficacia de la lengua electrónica como una herramienta alternativa y complementaria en el análisis de aguas contaminadas por metales pesados, mejorando la rapidez y accesibilidad de los monitoreos ambientales en campo. En la figura 1, se observa la metodología planteada para el desarrollo del proyecto.

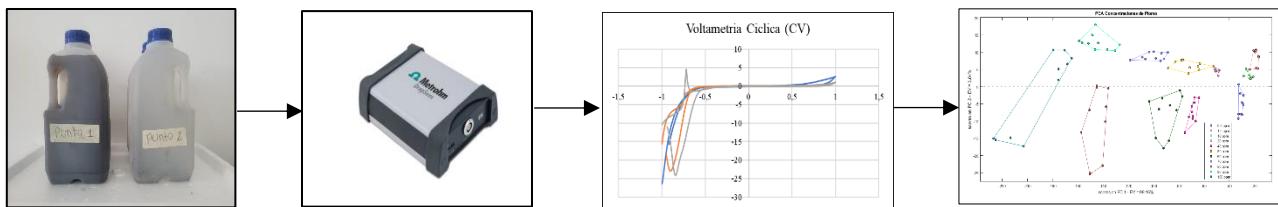


Figura 1. Metodología determinada para la cuantificación de plomo por medio de una lengua electrónica y análisis de datos PCA.

Dentro de los resultados obtenidos en la investigación se realizó la cuantificación de metales pesados presentes en las muestras de agua residual, donde se determinó que contenía altas concentraciones de Hierro, Calcio, Magnesio y una concentración de plomo >0,5 ppm, además se realizó la caracterización fisicoquímica de las muestras donde se obtuvo una conductividad de cerca de los 3000 μS/cm, así{Citation} como un alto contenido de carga orgánica y SST para la muestra del punto (1), además de observarse que tienen pH básico cercano a 8.



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



La distribución de las muestras en el espacio de PCA muestra una discriminación precisa de diferentes niveles de plomo. Los resultados mostraron una precisión de clasificación superior al 90%, lo cual confirma que la SVM es eficaz para distinguir entre concentraciones de plomo en el rango analizado (de 0,5 ppm a 100 ppm). Este resultado indica que el sistema de lengua electrónica, basado en voltametría cíclica y el análisis PCA y SVM, tiene una capacidad notable para diferenciar y clasificar entre concentraciones de plomo, lo que indica su potencial como una herramienta alternativa y complementaria a los métodos tradicionales (como la espectroscopía de absorción atómica). Este tipo de dispositivos permite un monitoreo más rápido y económico de la contaminación por plomo en aguas residuales, lo cual es valioso para aplicaciones en campo.

Por consiguiente, a futuro se busca detectar otros metales pesados en las muestras de agua residual además del plomo, esto por medio de la lengua electrónica, validando así su capacidad de detección e identificación de cada metal y su respectiva concentración, donde finalmente se logre no depender de equipos tradicionales como el de Absorción Atómica.

Palabras clave: Lengua electrónica, metales pesados, sensores, voltametría cíclica.

Referencias

Falina, S., Syamsul, M., Rhaffor, N. A., Hamid, S. S., Zain, K. A. M., Manaf, A. A., & Kawarada, H. (2021). Ten Years Progress of Electrical Detection of Heavy Metal Ions (HMIs) Using Various Field-Effect Transistor (FET) Nanosensors: A Review. *Biosensors*, 11(12), 478. <https://doi.org/10.3390/bios11120478>

Home. (s. f.). Metrohm. Recuperado 10 de noviembre de 2024, de <https://metrohm-dropsens.com/>

Karkra, R., Kumar, P., Bansod, B. K. S., Bagchi, S., Sharma, P., & Krishna, C. R. (2017). Classification of heavy metal ions present in multi-frequency multi-electrode potable water data using evolutionary algorithm. *Applied Water Science*, 7(7), 3679-3689. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0514-0>

Li, H., Yao, J., Sunahara, G., Min, N., Li, C., & Duran, R. (2023). Quantifying ecological and human health risks of metal(loid)s pollution from non-ferrous metal mining and smelting activities in Southwest China. *Science of The Total Environment*, 873, 162364. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162364>



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Riul, A., Dantas, C. A. R., Miyazaki, C. M., & Oliveira, O. N. (2010). Recent advances in electronic tongues. *The Analyst*, 135(10), 2481-2495. <https://doi.org/10.1039/c0an00292e>

Vlasov, Yu. G., Legin, A. V., Rudnitskaya, A. M., D'Amico, A., & Di Natale, C. (2000). «Electronic tongue»—New analytical tool for liquid analysis on the basis of non-specific sensors and methods of pattern recognition. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 65(1), 235-236. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(99\)00323-8](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(99)00323-8)



Diseño y simulación: producción industrial de amoníaco

Diego Alejandro Barón Reyes
Harry Bolívar Suárez
Laura Alejandra Mesa Sotaquira
Jesús Fernely Cogua Orrego

diego.barondi@unipamplona.edu.co

harry.bolivar@unipamplona.edu.co

laura.mesa2@unipamplona.edu.co

jesus.cogua@unipamplona.edu.co

El amoníaco (NH_3) es un compuesto químico fundamental en la industria moderna, conocido por su versatilidad y amplia gama de aplicaciones. Se utiliza principalmente en la producción de fertilizantes nitrogenados, que son esenciales para la agricultura, contribuyendo a aumentar la productividad de los cultivos y, por ende, a la seguridad alimentaria global. Además, el amoníaco es un componente clave en la fabricación de productos químicos, plásticos, explosivos y refrigerantes, lo que resalta su importancia en diversas industrias.

Entre las características del amoníaco, se destaca su alta solubilidad en agua y su naturaleza higroscópica, lo que le permite absorber humedad del aire. Sin embargo, su volatilidad y toxicidad requieren un manejo cuidadoso en su producción y almacenamiento. La creciente demanda de amoníaco, impulsada por el aumento de la población y la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles, ha llevado a la búsqueda de métodos de producción más eficientes y sostenibles.

Selección del Proceso: Haber-Bosch

El proceso Haber-Bosch se basa en la reacción química entre el nitrógeno (N_2) y el hidrógeno (H_2) para formar amoníaco (NH_3). Esta reacción se lleva a cabo en condiciones de alta presión (150-300 atmósferas) y temperatura (400-500 °C), utilizando un catalizador de hierro que acelera la reacción. La elección de este proceso se justifica por su alta

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"





eficiencia y capacidad para producir amoníaco a gran escala, lo que es fundamental para satisfacer la creciente demanda global de fertilizantes y productos químicos.

A pesar de la existencia de otros métodos de producción, como la electrólisis y la gasificación, el proceso Haber-Bosch se destaca por su rentabilidad y su capacidad para integrarse en sistemas industriales existentes. La optimización de este proceso a lo largo de los años ha permitido la incorporación de tecnologías avanzadas que mejoran la eficiencia energética y reducen los costos operativos. Por lo tanto, la selección del proceso Haber-Bosch es una decisión estratégica que responde a la necesidad de innovación y sostenibilidad en la industria química.

Ubicación de la Planta

La ubicación de la planta de producción de amoníaco es un factor crítico que influye en la eficiencia operativa y la rentabilidad del proyecto. Se ha propuesto establecer la planta en una infraestructura adecuada que incluye carreteras, puertos y acceso a recursos energéticos, lo que facilita la logística y el transporte de materias primas y productos finales.

En segundo lugar, la región tiene acceso a fuentes de materia prima, como gas natural, que es esencial para la producción de hidrógeno, uno de los reactivos clave en el proceso Haber-Bosch. Además, la ubicación en Casanare permite una proximidad a los mercados agrícolas, lo que facilita la distribución de fertilizantes a los agricultores locales y regionales. Esta sinergia entre la producción y el consumo contribuye a la sostenibilidad del proyecto y a la creación de una cadena de suministro eficiente.

Impacto Económico, Social y Ambiental

La producción de amoníaco mediante el proceso Haber-Bosch tiene un impacto significativo en la economía local y nacional. Desde el punto de vista económico, la planta generará empleo directo e indirecto, impulsando la industria agrícola y contribuyendo al crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) del país. Se estima que la creación de empleos en la planta y en las industrias relacionadas mejorará la calidad de vida de los habitantes de la región, proporcionando oportunidades de desarrollo profesional y capacitación.

Socialmente, la planta de amoníaco puede tener un efecto positivo en la comunidad al fomentar el desarrollo de habilidades técnicas y la capacitación de la fuerza laboral local. Además, la producción de fertilizantes a partir de amoníaco puede aumentar la productividad agrícola, lo que a su vez puede contribuir a la seguridad alimentaria en la región. Sin embargo, es fundamental considerar el impacto ambiental de la producción de amoníaco, ya que este proceso puede generar emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.

Para mitigar estos efectos negativos, es esencial implementar prácticas sostenibles y tecnologías limpias en la planta. Esto incluye la adopción de sistemas de captura de carbono, el uso de energías renovables y la optimización de procesos para reducir el





consumo de recursos. De esta manera, se puede garantizar que la producción de amoníaco no solo sea económicamente viable, sino también ambientalmente responsable.

Palabras clave: Amoníaco, Haber Bosch, Ubicación planta, impactos económico, social y ambiental.

Referencias

- EasyChem. (2020). Monitoring and Management - Industrial Uses of Ammonia. <https://easychem.com.au/monitoring-and-management/maximising-production/industrial-uses-of-ammonia/>
- Ramos Robles, D. M. (2015). Proceso de Haber-Bosch. Síntesis de amoníaco. MoleQia: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide, 17(1), 22–24
- Rouwenhorst, K. H. R., Krzywda, P. M., Benes, N. E., Mul, G., & Lefferts, L. (2020). Ammonia Production Technologies. En Techno-Economic Challenges of Green Ammonia as an EnergyVector (pp. 41–83). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820560-0.00004-7>



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona



Ingeniería conceptual de una planta de Óxido de Etileno

Jesus Daniel Ortiz Dearmas.

Universidad de pamplona, Colombia, jesus_danieljc9@hotmail.com.

Palabras claves: Oxidación, operación, pureza, etileno

Selección del proceso:

El proceso de oxidación directa reduce la necesidad de emplear grandes cantidades de cloro, a diferencia del proceso de clorohidrinas. Esto simplifica las instalaciones de procesamiento y reduce los costos operativos al no tener subproductos de hidrocarburos clorados para vender, contaminar o disponer a otros medios, lo que lo hace más eficiente económicamente.

Además, se ha observado que el proceso de producción de clorohidrinas exhibe costos significativamente superiores, estimados en una proporción de entre tres a cuatro veces más elevados en comparación con el método de oxidación directa (Ullmann, 2003a). Cabe destacar que este último método de producción ostenta la capacidad de gestionar volúmenes de producción substancialmente mayores en comparación con el proceso de clorohidrinas.

Sin embargo, otros epóxidos de importancia comercial, como el óxido de propileno y la epiclorhidrina, no pueden fabricarse mediante oxidación directa de la olefina original, sí que el método se sigue empleando, pero para otros productos diferentes al OE (Othmer, 2001).

Ahora bien, entre los métodos de oxidación directa, el proceso basado en oxígeno tiene una mayor selectividad para producir OE, con selectividades de alrededor del 70-80% en comparación con el 65-75% del proceso basado en aire (Perzon, 2015). Esto significa que se pierde menos materia prima de etileno en subproductos indeseables como el dióxido de carbono y el agua. Además, este proceso requiere menos equipos, lo cual se traduce en menores costes operativos y de capital.



Aspecto general de la planta:

Tras analizar diferentes disposiciones geográficas de las opciones disponibles, se ha decidido ubicar la planta en las cercanías de Barrancabermeja, Colombia, específicamente en el Ecoparque Diamante, aproximadamente a 30 km de esta ciudad. Esta decisión se fundamenta en varios factores clave que garantizan la eficiencia operativa y la viabilidad económica del proyecto.

Ubicación de la planta:

Adicionalmente, el Ecoparque Diamante, diseñado como un parque industrial cuenta con una dimensión de 27 hectáreas, ofreciendo y siendo suficiente para el área que ocupará la planta. Este parque está equipado con la infraestructura necesaria para soportar operaciones industriales de gran escala, cuenta con facilidades para la gestión de residuos industriales, cumpliendo con las normativas ambientales y de seguridad.

Convenientemente incluyen beneficios fiscales, facilidades aduaneras y un entorno empresarial optimizado para actividades industriales, cuenta con servicios de última generación, como seguridad in situ, servicios de mantenimiento y conexiones de servicios públicos (Agua, luz, gas internet fibra óptica, circuito de seguridad cerrado, vigilancia) y conectividad, lo que facilita la entrada y salida de materias primas y productos terminados (Ecoparque Diamante, 2024).

Fig. 1. Ciudad de ubicación y principal proveedor de planta de producción de OE.





Impacto ambiental:

El OE, como se había mencionado anteriormente, es un gas tóxico, por lo cual puede contribuir a la contaminación ambiental, afectando el agua y la calidad del aire. Una exposición prolongada a este producto puede causar afecciones en la salud de las personas ya que es también un producto cancerígeno (Union of Concerned Scientists, 2020). Este producto es altamente inflamable, logra crear mezclas explosivas en aire. El contacto de este producto con otras sustancias químicas puede ser fuente de explosiones e incendios. Se recomienda utilizar espumas anti-alcohol y polvos químicos como agentes extintores (Benavides, 2016)

Para poder producir legalmente el OE se debe cumplir con las leyes y normatividad dependiendo de cada país, sin embargo, se deben seguir principalmente la ley de prevención y control de la contaminación ambiental, decreto sobre emisiones atmosféricas, normas de calidad del aire (Ministerio de Ambiente, 2024), regulaciones sobre manejo y disposición de sustancias peligrosas, reglamentos sobre salud y seguridad ocupacional, es importante también certificarse como industria limpia, alcanzando la certificación en la norma internacional ISO-14001 (International Organization for Standardization, 2015).

Referencias

Aceros Inoxidables Duplex | Acero Duplex | Acero Super Duplex - Mega Mex (no date). Available at: <https://megamex.com/es/aceros-inoxidables-duplex/> (Accessed: 2 October 2024).

BAE Negocios (2022) *Aumento de la demanda de centros logísticos.*, Negocios. Available at: <https://www.baenegocios.com/negocios/El-precio-de-la-tierra-dentro-de-parques-industriales-es-38-mas-caros-que-fuera-de-ellos-20220413-0055.html> (Accessed: 14 June 2024).

Bayat, M. et al. (2013) 'Dynamic optimal design of an industrial ethylene oxide (EO) reactor via differential evolution algorithm', *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 12, pp. 56–64. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2013.01.004>.

BIOLENE – Esterilización por óxido de etileno (no date). Available at: <https://biolene.com/> (Accessed: 20 June 2024).



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

Brandin, J., Hulteberg, C. and Kušar, H. (2017) 'A review of the thermo-chemical conversion of biomass into biofuels – Focusing on gas cleaning and up-grading process steps.' Available at: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19187.12322>.

Bruce, K. and Omelian, A. (1974) 'PROCESS FOR THE PRODUCTION OF ETHYLENE DICHELORIDE'.

Bullem, F.I.O., Olateju, I.I. and Abdulwahab, G.I.W.A. (2023) 'Modelling and control of a bio-ethylene production process', *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 17(23), pp. 2015–2026. Available at: <https://doi.org/10.59018/122204>.

Business Research Insights (2024) *Análisis del mercado de óxido de etileno (EO) para 2032*. Available at: <https://www.businessresearchinsights.com/es/market-reports/ethylene-oxide-eo-market-112056> (Accessed: 11 May 2024).



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Diseño de una planta de producción de dimetil éter mediante vía indirecta a partir de metanol

Marieth Sanguino Nuñez Tania Marcela Preciado Ardila Yenny Loreth Gelvez Escobar

La producción de dimetil éter es de gran interés en las industrias debido a su versatilidad y gran importancia debido a la reducción de impactos ambientales que se consiguen al utilizarlo, este producto se usa como propelente alternativo a los clorofluorocarbonos, como disolvente en la industria alimentaria y medicinal, también es utilizado como un sustituto del gas licuado de petróleo de uso doméstico, entre otros. Para este proyecto se realiza la selección del proceso teniendo en cuenta la mejor ruta de obtención. Se presenta una posible ubicación para la plantabasado en la disponibilidad de la materia prima y la venta de los productos. Finalmente se analizael impacto ambiental, económico y social que tendrá la planta donde se conocerá información desustancias peligrosas en el proceso, costo de fabricación de equipos, costos de operación de la planta, entre otros factores.

Palabras Clave: Simulación, Producción, Eficiencia, Impactos.

Selección del proceso

El método indirecto de producción de DME que consiste en deshidratar el metanol en un reactor catalítico y luego purificar el producto final. El reactivo no convertido previamente purificado se recircula. La producción de metanol a partir del gas de síntesis y su deshidratación en DME se da mediante la siguiente reacción principal:



El metanol se deshidrata a DME en presencia de un catalizador ácido, y el agua actúa comooinhibidor de la reacción al competir con el metanol por los protones. La síntesis indirecta es elmétodo utilizado por la mayoría de las plantas de DME, en el que el metanol se deshidrata enfase vapor mediante el uso de un catalizador ácido sólido, generalmente alúmina. En el presente proyecto, el mecanismo de reacción utilizado en el reactor del proceso se utilizará para deshidratar el metanol sin la presencia de gas de síntesis ni la presencia de catalizador.

Ubicación de la planta

El lugar más óptimo para instalar la planta de producción es en la ciudad de Cartagena, por su accesibilidad al puerto de la zona caribe, la disponibilidad con las zonas industriales como la refinería de Ecopetrol.S.A. El transporte de la materia prima es un punto clave por la cercanía con la zona geográfica, las condiciones climáticas son



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



estables, aunque se debe moderar la materia prima por su reactividad e inflamabilidad, se recomienda utilizar productos sinertes para evitar riesgo de reactividad o explosión.

Impacto ambiental

Para realizar el impacto ambiental del proceso se utiliza la metodología de Greenscope donde nos basamos en 11 indicadores los cuales miden diferentes parámetros específicos realizando así un análisis del impacto ambiental que presenta el diseño de la planta. Los parámetros utilizados en este proceso son: número de entrada de materiales peligrosos, Masa de entrada de materiales peligrosos, entradas de materias primas peligrosas específicas, masa total de productos químicos persistentes, bioacumulables y tóxicos utilizados, factor de irritación, factor de toxicidad crónica, factor de movilidad, Factor incendio/explosión, reacción/descomposición I, reacción/descomposición II y toxicidad aguda.

Impacto económico

Para realizar el impacto económico del proceso se utiliza el método de Vian donde se determina un valor aproximado de inversión inicial partiendo de la simulación en Aspen Plus empleando Aspen Economic Analyzer. Se determina el costo de los equipos del proceso y se calculan los costos de instalación y repuestos, para obtener el valor de cuenta base y así calcular el valor de costo de obras civiles. Finalmente, del impacto económico se obtienen los valores de presupuesto, costos directos, salario de operarios, y costos indirectos.

Impacto social

Para realizar el impacto social del proceso se utiliza el método de Gini donde se mide la desigualdad de los ingresos en Colombia, para observar el impacto que tendrá el diseño de la planta en la sociedad teniendo en cuenta el salario que tendría cada empleado en la planta.



Diseño De Una Planta De Producción De Ácido Acético Por Medio De Oxidación De Etileno

^a Laura D. Patiño Barrea, ^b Karineth P. Blanco Correa, ^c Juan S. Maldonado Aponte.

Universidad de Pamplona, Diseño de Plantas, Colombia.

^a laura.patinola@unipamplona.edu.co

^b karineth.blanco@unipamplona.edu.co

^c juan.maldonadojua2@unipamplona.edu.co

Palabras claves: Ácido acético, oxidación de etileno.

El Ácido Acético (CH_3COOH), es un compuesto orgánico que posee múltiples beneficios y aplicaciones. Este es usado ampliamente en la industria alimentaria como conservante, es uno de los componentes principales del vinagre, destaca en el factor químico y textil. Por lo que constituye un producto de interés.

En cuanto a las aplicaciones del ácido acético se tienen:

- Industria alimentaria (Vinagre blanco, conservantes, quesos y productos lácteos).
- Regulador de pH, regulador de olores en las fragancias.
- Suplementos y medicamentos.
- Limpieza.
- Además de usarse como reactivos para otros procesos como la fabricación de acetato de vinilopara pinturas y adhesivos.
- Producción de otros reactivos para procesos. [1]

Para el diseño de esta planta se escogió la oxidación del etileno: El proceso se basa en la oxidación catalítica del etileno para producir primero acetaldehído y luego ácido acético. Es un proceso simple y bien establecido que utiliza materias primas baratas y abundantes como etileno y oxígeno. Sin embargo, requiere catalizadores caros y sensibles como el paladio o el platino. Además, requiere dos pasos de reacción, lo que lo hace más complejo y puede requerir más energía debido a las temperaturas y presiones más altas. Este presenta ventajas significativas en cuanto



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

a otros métodos de producción, como la alta eficiencia y que el proceso es continuo.
[2]



Al hacer una evaluación sobre las ubicaciones más recomendables para la planta se encontró como mejores opciones Cartagena y Santa Marta, donde se decidió ubicarla en santa marta ya que no es una zona francamente industrial como Cartagena, pero el costo de vida es más bajo y la logística y transporte solo se elevaría mínimamente.

Se evaluaron los aspectos económicos, sociales y ambientales:

En lo económico se encontró que el proceso es rentable y que el costo inicial puede ser suplido de manera rápida con la producción de la planta, generando una buena expectativa del proceso.

En lo social se evaluó el índice de Gini para verificar que tan desigual era la distribución económica, encontrando un índice mas bajo que el de Colombia en el 2023.

En lo ambiental se evaluaron los riesgos relacionados a las materias primas durante el almacenamiento, distribución y proceso. Encontrando que ambientalmente constituye un procesosostenible y seguro.

Referencias

[1] M. Brunson, «Ácido acético, la esencia del vinagre», *Rev. Médica Homeopat.*, vol. 6, n.º 2, pp.

58-69, may 2013, doi: 10.1016/j.homeo.2013.07.003.

[2] «Acetic Acid Production and Purification: Critical Review Towards Process Intensification: Separation & Purification Reviews: Vol 46 , No 1 - Get Access».

Accedido: 4 de octubre de 2024.[En línea]. Disponible en:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15422119.2016.1185017>



Diseño y simulación de una planta de producción de metanol a partir de gas natural

Ana Karina Liñán Barbosa, Juan Sebastián Guerrero Barreto & Rosa Katherine Triana

Suarez Universidad de Pamplona.

Facultad de ingenierías y arquitectura - Diseño de Plantas

Colombia

ana.linan@unipamplona.edu.co,

juan.guerrero@unipamplona.edu.co,

rosa.triana@unipamplona.edu.co

Palabras claves: Reformado de gas natural, sostenibilidad ambiental, eficiencia energética

Este trabajo presenta el diseño y análisis de una planta de producción de metanol en Dibulla, Colombia, considerando los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales del proyecto. La producción de metanol mediante el reformado de gas natural fue seleccionada por su alta eficiencia y viabilidad económica, además de su compatibilidad con los recursos locales. La ubicación en Dibulla responde a una estrategia de optimización de costos logísticos y aprovechamiento de infraestructuras disponibles, mientras que el diseño de la planta prioriza la eficiencia energética y el control de emisiones. Este enfoque integral busca no solo maximizar la rentabilidad del proyecto, sino también aportar al desarrollo económico local, mejorar las condiciones de empleo y asegurar un compromiso con la sostenibilidad ambiental, asegurando así que el proyecto tenga un impacto positivo en la región a largo plazo.

El proceso seleccionado para la producción de metanol es el reformado de gas natural mediante un reactor de reformado con vapor. Esta elección se basa en la capacidad de esta tecnología para maximizar la eficiencia en la conversión de gas natural a metanol, aprovechando tanto la disponibilidad de gas como su costo competitivo. El diseño del proceso incluye sistemas avanzados de recirculación y recuperación de calor, con



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



equipos clave como reactores PBR, columnas de destilación y separadores. Estos elementos son esenciales para obtener altos porcentajes de conversión y minimizar el consumo de energía, con el uso de materiales especializados en los equipos debido a las condiciones de alta presión, temperatura y el manejo de gases reactivos.

La planta se ubicará en Dibulla, Colombia, una región estratégica por su cercanía a fuentes de gas natural y condiciones climáticas favorables. Esta ubicación permite minimizar costos de transporte y almacenamiento del gas natural, al tiempo que aprovecha una zona industrial con infraestructura básica disponible, sin afectar áreas residenciales y con costos de operación competitivos. También, se consideran sistemas de control de humedad y temperatura para mitigar el impacto del clima tropical en los equipos.

La planta contribuirá al desarrollo económico de Dibulla al crear empleos directos e indirectos en la comunidad, desde puestos de operación y mantenimiento hasta la necesidad de proveedores y servicios. La producción de metanol en la región reducirá la dependencia de importaciones de este químico, permitiendo un mejor precio en el mercado nacional y promoviendo la competitividad de la industria local. La demanda de metanol en sectores como la fabricación de plásticos, productos químicos y combustibles verdes proyecta una rentabilidad sostenible para la planta, al tiempo que impulsa un sector de valor agregado en Colombia.

El proyecto traerá beneficios significativos a la comunidad, incluyendo oportunidades de empleo y capacitación especializada en procesos industriales, mejorando así las habilidades de la fuerza laboral local. También generará una mayor inversión en infraestructura y servicios, impactando positivamente la economía y el bienestar social de Dibulla y áreas vecinas. Al considerar los aspectos de seguridad, la planta contempla estrictas medidas de manejo y control de los gases, lo cual es fundamental para evitar riesgos asociados a explosiones o contaminación que pudieran afectar la salud pública.

La producción de metanol implica el manejo de gases reactivos como CO, CO₂ y H₂, que representan riesgos de contaminación y contribución al efecto invernadero si no se gestionan adecuadamente. La planta implementará sistemas de captura y reciclaje de CO₂ y otros compuestos, lo que permitirá reducir las emisiones y minimizar el impacto ambiental. Además, el uso de materiales resistentes a la corrosión y la humedad es esencial para prevenir fugas y garantizar un entorno de trabajo seguro. El monitoreo continuo de las emisiones y la inversión en tecnologías de control de contaminantes reflejan el compromiso del proyecto con la sostenibilidad ambiental.

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"





La selección del proceso de producción de metanol a través de reformado de gas natural ha demostrado ser una opción viable tanto en términos de eficiencia como de sustentabilidad, gracias a la utilización de tecnologías avanzadas y materiales adecuados que permiten operar a altas temperaturas y presiones.

Por otro lado, el proyecto tiene un gran potencial para generar valor económico tanto a nivel local como global. Además de la creación de empleos, contribuirá al desarrollo de la industria local, aumentando la oferta de metanol en el mercado y reduciendo la dependencia de importaciones. A nivel social, la planta contribuirá al bienestar de la comunidad local mediante la generación de empleo directo e indirecto, además de promover el desarrollo económico regional. Es crucial gestionar las expectativas de la comunidad y garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad para minimizar los riesgos para los trabajadores y las poblaciones cercanas.

El manejo adecuado de los residuos, la minimización de emisiones contaminantes y el uso responsable de los recursos naturales son esenciales para mitigar los impactos ambientales del proceso. La implementación de tecnologías limpias y la gestión de residuos y emisiones son claves para asegurar la sostenibilidad ambiental del proyecto a largo plazo.

Referencias

Galusnyak, S.C ., Petrescu, L., Chisalita ,D.A., Cormos ,C.C.,(2022). Life cycle assessment of methanol production and conversion into various chemical intermediates and products.

Cho, S., Kim ,C., Kim J ., (2021). Techno-economic assessment and early-stage screening of CO₂ direct hydrogenation catalysts for methanol production using knowledge-based surrogate modeling. *Energy Convers Manag* 244:114477.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890421006531>

Maqbool, W., Kwon, Y., Im ,M., An, J., (2023).Toward sustainable recycled methanol production from CO₂ and steel by-product gases in South Korea; process design and assessment.

Haghigatjoo, F., Rahimpour, M.R., Farsi, M., (2023). Techno-economic and environmental assessment of CO₂ conversion to methanol: Direct versus indirect



conversion routes. *Chem Eng Process* 184:109264.

<https://doi.org/10.1016/j.cep.2023.109264>

Andizhanova, T., Adilkhanova, A., Khalimon, A., (2023). Homogeneous metal-catalyzed hydrogenation of CO₂ derivatives: Towards indirect conversion of CO₂ to methanol. *Inorganics* 11:302. <https://doi.org/10.3390/inorganics11070302>

Basantes, Herrera, R. M., (2021).. Simulación de la obtención de metanol a partir de biogás utilizando diferentes esquemas de producción.

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16782/1/96T00696.pdf>

Urbina, Bedón, S.A., (2022).. Diseño de una planta para la producción de metanol a partir de gas natural asociado proveniente de un campo petrolero. 98 hojas. Quito: EPN.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22268>

Salvador, M., Miño, A.,(2023). Revisión bibliográfica para la producción de metanol a pequeña escala a partir de gas.

<https://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/251/319>

Srivastava, RK, Sarangi, PK, Bhatia, L. et al. (2022). Conversión de metano en metanol: tecnologías y desafíos futuros. *Biomass Conv. Bioref.* 12 , 1851–1875.

<https://doi.org/10.1007/s13399-021-01872-5>

Yadav P., Athanassiadis, D., Yacout ,DMM., et al .,(2020). Environmental Impact and Environmental Cost Assessment of Methanol Production from wood biomass. *Environ Pollut* 265:114990. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114990>

Vega Maza, D., (2021). Diseño y Simulación de una Planta de Producción de Metanol a partir de Biomasa. Universidad de valladolid., escuela de ingenierías industriales.
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/47277/TFG-I-1877.pdf?sequence=1>

Halager, N., Bayer, C., Kirkpatrick, R., Gernaey, K., Huusom, J., Udugama, I.,(2021). Modelado y control de una configuración integrada de destilación de metanol de alta pureza. *Chem Eng Process* 169:108640.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0255270121003330>

Brijaldo , M.H ., Castillo, C, Pérez G .,(2021). Principales Rutas en la Producción de Hidrógeno. *Ing Compet* 23:e30111155.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123- 30332021000200302

Birol, F., (2022). El hidrógeno verde está todavía en una fase embrionaria, pero puede jugar un papel protagonista en el objetivo de cero emisiones netas. In:



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Martínez Del Monte, D., (2011). Estudio de la modificación de catalizadores de níquel soportados para la producción de hidrógeno por reformado con vapor de etanol. Universidad Rey Juan Carlos. https://burjcdigital.urjc.es/bitstream/handle/10115/11768/10-11_Mart%c3%adnez%2cDelMonte_Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tamaño del mercado de gas de hidrógeno y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029). (2024). Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/hydrogen-gas-market>

Castiblanco, O., Cárdenas, D. J., (2020). Producción de hidrógeno y su perspectiva en Colombia: una revisión. Gestión y Ambiente 23(2), 299-311.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/download/86466/78200>

Arroyo, M., Ramírez Monroy, A., (2020). Dióxido de carbono, sus dos caras. An. Quím., 116 (2), 2020, 81-87.
<https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1316/1893>

Cazón Vásquez, H.T., (2013). Diseño de una planta de producción de metanol a partir del gas natural, para la planta gran chaco, Universidad autónoma juan misael Saracho. <https://dicyt.uajms.edu.bo/investigacion/index.php/quimica/article/view/302/270>

Widdershoven, C. (2022). El mercado del CO₂: ¿el nuevo oro para el transporte marítimo de Ceres? , FXEMPIRE. <https://www.fxempire.com/forecasts/article/co2-market-the-new-gold-for-ceres-shipping-991959>

Orús, A., (2024). Emisiones mundiales de CO₂ de 1995 a 2023, statista.<https://es.statista.com/estadisticas/635894/emisiones-mundiales-de-dioxido-de-carbono/>

Cortés Ortiz, W.G., Guerrero Fajardo, C., (2016). Oxidación catalítica selectiva para la conversión de metano a metanol: una revisión, Revista Ciencia e Ingeniería Negranaidina.
https://www.researchgate.net/publication/318471107_Oxidacion_catalitica_selectiva_para_la_conversion_de_metano_a_metanol_Una_revision

Olivera, V., Cuezzo, A.N., Araujo, P.Z & Mele, F.D., (s/f). Simulación de la producción de metano en la industria sucroalcoholera. Simposio Argentino de Informática Industrial e Investigación

Breiki, M., Bicer, Y., (2023). Evaluación técnico-económica de una planta de conversión de energía a metano: costo nivelado del metano, métricas de desempeño financiero y



Volumen

Global Methane Tracker 2024., (2024). AIE, París .<https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2024/key-findings>

Emisiones de metano.(s/f). European commission.

https://energy.ec.europa.eu/topics/carbon-management-and-fossil-fuels/methane-emissions_en

Tamaño del mercado de metanol y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029). (2024). Mordor intelligence.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona



Fabricación y Caracterización De Sensores Nanoestructurados De Óxido De Zinc Para La Detección De Gases Tóxicos

**Yuliana Alexandra Nieto Puentes¹, Jeniffer Katerine Carrillo Gómez^{2,3}, Cristian
Manuel Duran Acevedo³, María Josefina Robles Águila⁴**

¹Semillero de Investigación de Sistemas Multisensoriales Adquisición de Datos y
Reconocimiento de Patrones, Universidad de Pamplona- Colombia,
yuliana.nieto@unipamplona.edu.co

²Grupo de Investigación de Ingeniería Química, Universidad de Pamplona-
Colombia, Jeniffer.carrillo@unipamplona.edu.co

³Grupo de Investigación de Sistemas Multisensoriales Adquisición de Datos,
Universidad de Pamplona- Colombia,
cmduran@unipamplona.edu.co

⁴Instituto de Ciencias del Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla – México,
josefina.robles@correo.buap.mx

La detección de contaminantes en el aire es de vital importancia para la valorización integral de las corrientes de proceso industrial, conduciendo a la aplicación de conceptos como sostenibilidad y economía circular; actualmente estos dos últimos conceptos tienen un aporte significativo a la base fundamental para el diseño de procesos y la prevención del impacto ambiental (*Efecto Invernadero - NASA Science*, 2024). Para identificar los contaminantes en corrientes de residuo es necesario emplear detectores como lo son los sensores de gases específicos con una alta sensibilidad, selectividad y estabilidad; por tal motivo se hace necesario preparar materiales que sean capaces de sensar diferentes agentes contaminantes como monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂) y metano (CH₄) entre otros, los óxidos metálicos son los más empleados para este propósito. El óxido de zinc (ZnO) presenta una alta sensibilidad

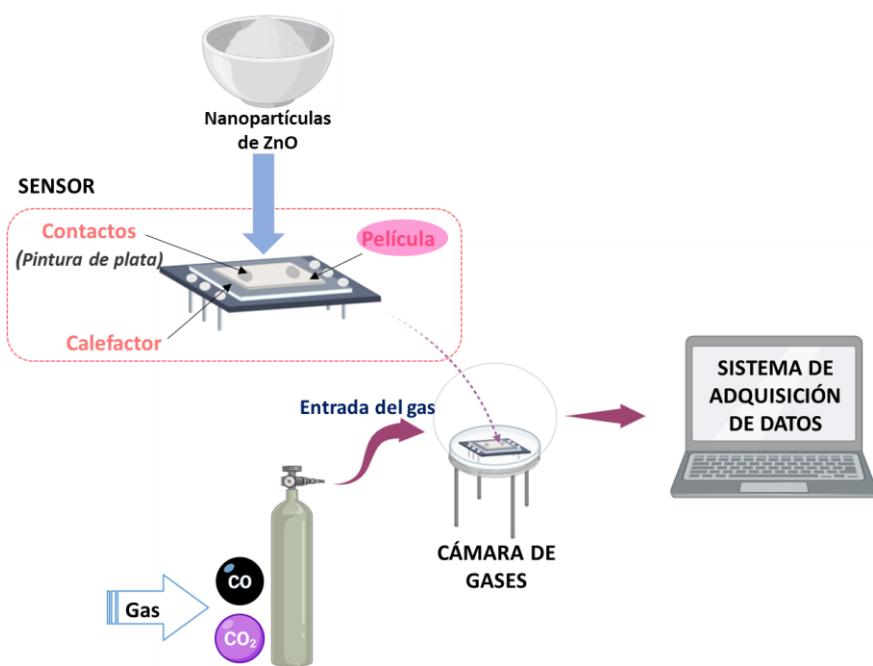
“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”



Universidad de Pamplona

a gases debido a su estructura de banda prohibida y su capacidad de adsorber moléculas de gas en su superficie (Dhall et al., 2021; Heiland, 1981).

Figura 1 Esquema general del trabajo experimental



En este trabajo se presenta la respuesta de sensado del ZnO. Este material fue obtenido a partir de nitrato de zinc hexahidratado ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ mediante síntesis por el método de sol-gel acoplado a radiación ultrasónica (Kumar, 2020; Singh et al., 2022). El material obtenido fue caracterizado estructural, óptica y morfológicamente. Los resultados de difracción de rayos X indicaron la presencia de la fase hexagonal del ZnO y la microscopía de barrido permitió observar partículas con forma semiesférica con un diámetro promedio de 33,1729 nm. Posteriormente se elaboraron películas de ZnO sobre un sustrato de vidrio utilizando la técnica Doctor Blade. Las películas obtenidas fueron colocadas en un soporte con calefactor y un aislante. Finalmente, se colocaron contactos de plata en la superficie de la película. Una vez desarrollado el sensor en un ambiente controlado de laboratorio se evalúo el comportamiento del sensor al ser expuesto a dióxido de carbono.

Palabras clave: Óxido de Zinc, Sensor, Gases, Síntesis, sol-gel y radiación ultrasónica.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona