



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
POZA RICA – TUXPAN

PROGRAMA EDUCATIVO: Ingeniería Química

REGIÓN: Poza Rica-Tuxpan

PROYECTO: Instrumentación de un reactor flujo pistón (PFR) para la degradación fotocatalítica de colorantes.

INTEGRANTES: M.C. Raúl Enrique Contreras Bermúdez, Dra. Lizeth Ríos Velasco, Dr. Israel Hernández Romero, Dr. Sergio Natan González Rocha, Dr. Heriberto Esteban Benito, Dra. Luz Arcelia García Serrano

DURACIÓN DEL PROYECTO: febrero 2021-enero 2023

LUGAR: Laboratorio de Investigación

NOMBRE DE LAS EXPERIENCIAS EDUCATIVAS: Lengua I, Lengua II, Matemáticas, Física, Química, Cálculo de una variable, Temas selectos de física, Química inorgánica, Química orgánica I, Dibujo para Ingeniería, Cálculo Multivariable, Química orgánica II, Termodinámica, Programación para ingeniería, Química analítica, Estadística para ingeniería, Termodinámica aplicada, Ecuaciones diferenciales, Balance de materia y energía, Análisis instrumental, Ciencia e ingeniería de los materiales, Operaciones Mecánicas Unitarias, Cinética Química y Catálisis, Ingeniería económica, Mecánica de fluidos, Ingeniería de Reactores, Metodología de la investigación, Emprendimiento, Ingeniería de Proyectos, Dinámica y control de procesos, Desarrollo sostenible.

ACADEMIA Y ÁREA DE FORMACIÓN DEL MODELO EDUCATIVO

Academia de Ciencias Básicas, Academia de Ciencias de la Ingeniería, Academia de Ingeniería Aplicada, Ciencias sociales, administración y otros cursos

LICENCIA: abierta de acuerdo con los términos de Creative Commons.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ÍNDICE

Resumen	3
Justificación	3
Objetivos.....	6
Acciones desarrolladas	6
Recursos utilizados	7
Resultados	7
Conclusiones	10
Propuesta de mejora	10
Fuentes de información.....	11

RESUMEN

El estudio de reactores y materiales catalíticos es de gran importancia en la industria química, Actualmente, se estima que el 80% de los productos manufacturados hacen uso de la catálisis. Bajo este contexto, se propuso construir un reactor tipo PFR instrumentado para dar seguimiento de la degradación de colorantes comerciales tipo azo de gran uso por la población. El proyecto se terminó en tiempo y forma, dando como resultado un impacto significativo en el estudiantado debido a que pudieron correlacionar la teoría de varias experiencias educativas con la práctica, diseño, estudio de modelos matemáticos, instrumentación, entre otros conocimientos y habilidades. El proyecto también permitió que se fomentara en los alumnos el diagnóstico, análisis de problemáticas de su entorno, el uso de la creatividad y la innovación para la resolución de problemáticas ambientales. Cabe mencionar que durante la ejecución del proyecto se obtuvo una tesis de licenciatura, la participación en un evento académico de difusión de la ciencia, y actualmente se está trabajando en la redacción de artículos científicos que serán enviados a revistas indexadas para la publicación de los resultados obtenidos del proyecto.

Palabras claves: Reactores, colorantes, fotocatalisis.

JUSTIFICACIÓN

En el programa educativo de Ingeniería Química se tiene una matrícula de alrededor de 800 alumnos de las diferentes localidades de Poza Rica y otros municipios donde la Universidad Veracruzana tiene influencia y gran reconocimiento por parte de población, quienes confían en el compromiso de la Universidad para formar profesionistas altamente capacitados para atender problemáticas ambientales y sociales a través del uso de herramientas de

ingeniería. El programa educativo de Ingeniería Química cuenta con una planta académica de 70 docentes especializados en diferentes áreas de la ciencia, lo que permite que los alumnos adquieran conocimientos multidisciplinarios. Bajo este contexto y en apego a los objetivos y metas de los programas de trabajo de la Facultad de Ciencias Químicas se propuso el desarrollo del presente proyecto que permitió que el alumno relacione los temas teóricos de cada una de las experiencias educativas cursadas con la práctica y el trabajo de laboratorio, así como también permitió que el alumnado desarrollará modelos matemáticos, implementará diseños experimentales, estudiará fenómenos termodinámicos, realizará innovaciones en procesos e identificará compuestos químicos derivados del sistema de reacción.

Por otra parte, el desarrollo del presente proyecto fue de gran interés para estudiar el proceso de oxidación avanzada para degradar moléculas de alto peso molecular difícil de remover en las diferentes etapas de una planta de tratamiento convencional como es el caso de los colorantes, cuya característica principal es que son altamente solubles en agua y gran uso en el teñido de telas, alimentos, flores, estéticas de belleza, bebidas, laboratorios, lavanderías, etc. La generación de efluentes con elevada carga de colorantes de tipo (N = N) constituyen un gran problema de contaminación ya que el grupo azo puede reaccionar con otros agentes químicos presentes en los cuerpos de agua para generar aminas aromáticas, las cuales son nocivos para la vida acuática y la población.

En la literatura se reportan diferentes tratamientos para remover los colorantes en lo efluentes como la coagulación química, tratamientos biológicos, proceso fenton, oxidación electroquímica, ozonización, ultrafiltración, electrocoagulación, adsorción con materiales porosos, entre otros. Sin embargo, eliminar totalmente las trazas de colorantes en el agua suele ser difícil y representa altos costos, ya que para lograrlo en muchos de los casos requiere de la combinación de más de un tratamiento.

Los procesos de oxidación fotocatalítica es una buena alternativa para estudiar el proceso de degradación de colorantes y se ajusta perfectamente a los contenidos de las experiencias educativas que los alumnos cursan a lo largo de su formación académica. Cabe mencionar que la innovación del proyecto está enfocado al reactor fotocatalítico tipo PFR. En los trabajos de investigación publicados en los diferentes medios de divulgación no hay reportes que indique el seguimiento de la reacción a lo largo del flujo pistón, cuyo monitoreo esta automatizado para extraer muestras a intervalos de tiempo y en diferentes secciones del reactor tubular permitiendo un seguimiento preciso del proceso de degradación fotocatalítica del colorante comercial azul de mezclilla. Parte importante del seguimiento mencionado, estriba en la instrumentación de dos variables como lo son el flujo y la temperatura en el proceso de eliminación del colorante; para esto se recurrió al uso de sensores de flujo y temperatura para Arduino UNO, su programación y registro gráfico de la información para ser analizados posteriormente.

Para el desarrollo del proyecto intervinieron profesores investigadores expertos en áreas como Ingeniería de control a cargo del Dr. Sergio Natan González Rocha, quien dirigió la sección de automatización y control del sistema de arranque, para del reactor, M.C. Raúl Enrique Contreras Bermúdez, encargado de coordinar la parte del diseño del reactor PFR por su gran experiencia en el área de ingeniería de reactores. El Dr. Israel Hernández Romero, coordino la elaboración de las cinéticas de reacción y los mecanismos de degradación. Por otra parte, la Dra. Lizeth Ríos Velasco, participó en la parte ambiental al evaluar el impacto negativo que tienen los colorantes comerciales desechados por la PyME´s de la región y los alrededores de las localidades de Poza Rica. Todos profesores adscritos a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana región Poza Rica Tuxpan. Adicionalmente, se contó con la participación de profesores externos quienes fueron los responsables de coordinar la parte del diseño de materiales catalíticos para llevar las reacciones fotocatalíticas de degradación de los colorantes comerciales. La Dra. Luz Arcelia García Serrano, profesora investigadora titular del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios

sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional (CIEMAD-IPN) y el Dr. Heriberto Esteban Benito, posdoctorante del CIEMAD-IPN.

OBJETIVOS

- Diseñar y construir un reactor tipo PFR instrumentado para el estudio y seguimiento de los procesos de degradación fotocatalítica con la finalidad de reforzar el desarrollo de competencias en áreas de ingeniería e investigación en los alumnos del programa de Ingeniería Química.

- Promover en los alumnos el uso de herramientas de ingeniería para la solución de problemas ambientales que afectan el entorno regional, nacional e internacional a través de procesos innovadores acorde a los modelos educativos.

ACCIONES DESARROLLADAS

NOMBRE DEL PARTICIPANTE	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS
M.C. Raúl Enrique Contreras Bermúdez	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño del reactor ▪ Determinación de los modelos matemáticos ▪ Cinética Química y Catálisis ▪ Análisis y cuantificación de Componentes
Dr. Israel Hernández Romero	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cinéticas y procesos
Dr. Sergio Natan González Rocha	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instrumentación de control y programación Arduino
Dra. Lizeth Ríos Velasco	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluación de impacto ambientales y alternativas de propuestas de mitigación y control
Dra. Luz Arcelia García Serrano	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracterización fisicoquímica, estructural y morfológica.
Dr. Heriberto Esteban Benito	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Síntesis de catalizadores. ▪ Interpretación de los resultados en las caracterizaciones de sólidos catalíticos.

RECURSOS UTILIZADOS

Los recursos utilizados para la ejecución del proyecto se dividen en:

a) *Recurso humano.*

- Participación de estudiantes en el desarrollo y pruebas de desempeño del prototipo.
- Participación de alumno en eventos académicos.

Evento:	I ENCUENTRO ACADÉMICO VIRTUAL DE TECNOCENCIA E INNOVACIÓN
Ponente:	Pedro Alejandro Zamora González
Modalidad:	Ponencia virtual
Título del trabajo presentado	Degradación de un colorante en medio acuoso mediante un reactor de flujo pistón (PFR).

b) *Recurso financiero*

El proyecto no recibió ningún tipo de financiamiento interno ni externo, desde la etapa inicial hasta la etapa final del proyecto fue solventada por ingresos económicos de los autores.

c) *Recurso de materiales*

Los recursos materiales utilizados fueron: sensores de temperatura Ds18b20, caudalímetro Yf-s201 1/2", Modulo Arduino UNO, Laptop, Protoboard, cableado, cable USB, Reactor PFR, catalizadores, espectrofotómetro, sensores, placa Arduino, centrifuga, material de cristalería, material metálico, lámpara de luz UV, celdas de cuarzo, parrilla de agitación, potenciómetro y filtros microporosos.

RESULTADOS

La figura 1 muestra las etapas de la metodología seguida para la ejecución del proyecto. En cada etapa desarrollada hay una relación directa con las siguientes Experiencias Educativas del plan 2010 y 2020 del Programa Educativo de Ingeniería Químicas: Lengua I, Lengua II, Matemáticas, Física, Química, Cálculo de una variable, Temas selectos de física, Química inorgánica, Química orgánica I, Dibujo para Ingeniería, Cálculo Multivariable, Química orgánica II, Termodinámica, Programación para ingeniería, Química analítica, Estadística para ingeniería, Termodinámica aplicada, Ecuaciones diferenciales, Balance de materia y energía, Análisis instrumental, Ciencia e ingeniería de los materiales, Operaciones

Mecánicas Unitarias, Cinética Química y Catálisis, Ingeniería económica, Mecánica de fluidos, Ingeniería de Reactores, Metodología de la investigación, Emprendimiento, Ingeniería de Proyectos, Dinámica y control de procesos, Desarrollo sostenible.

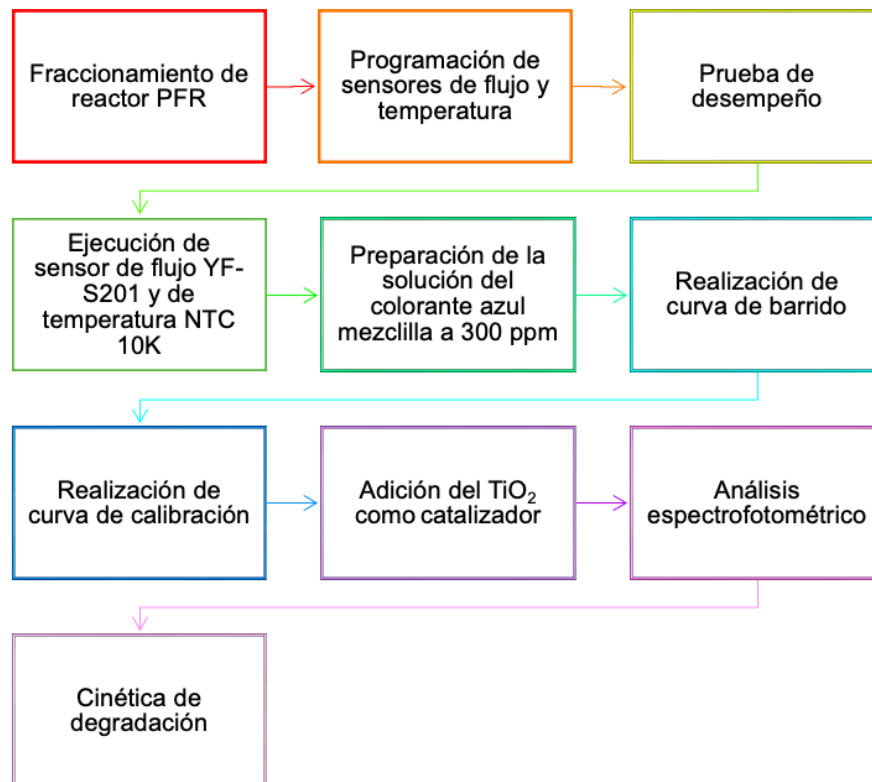


Figura 1. Etapas del desarrollo de la metodología.

Es importante resaltar que en el programa educativo de Ingeniería Química todos los proyectos que se desarrollan están enfocados a resolver problemáticas reales que afectan a la población, pero también que tengan un impacto en la formación del estudiante al relacionar la parte teórica de las experiencias educativas con la práctica, fomentando la creatividad y la innovación. A continuación, se presentan las evidencias del proyecto finalizado.

CONCLUSIONES

El proyecto se terminó satisfactoriamente y se cumplió con los objetivos planteados, obteniendo como producto final un reactor tipo PFR instrumentado donde se puede realizar estudios de degradación de colorantes comerciales y otros compuestos químicos de estructuras complejas difíciles de tratar por tecnologías convencionales, así como también, fue posible determinar los perfiles de conversión en la degradación de los colorantes proporcional a la distancia de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%.

Los estudiantes pusieron en práctica la instalación y programación de los sensores de flujo y temperatura por medio de un Arduino one, mismos que realizaron monitoreo de la reacción durante el proceso; determinaron las condiciones óptimas para la total degradación de los colorantes comerciales en el sistema, aplicaron conocimiento sobre Ingeniería de Reactores, Cinética Química y Catálisis, así como el emprendimiento en el tratamiento de aguas residuales contaminadas con colorantes, aplicando la Química Verde, sustentabilidad y el cuidado del medio ambiente.

Por otra parte, el proyecto permitió la formación de recurso humano y la participación de alumnos en eventos de divulgación de la ciencia, además se cuenta con suficiente información para la redacción de artículos científicos que darán como producto la obtención de artículos publicados en revistas indexadas.

PROPUESTA DE MEJORA

Realizar las prácticas de cada una de las Experiencias Educativas que se encuentren en mayor porcentaje involucradas en el desarrollo de este PEI, así como la implementación de un Display digital que muestre los valores de las variables de estudio del propio reactor durante la operación de este.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Alibaba. (2018). Obtenido de Alibaba: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/F%C3%A1brica-original-serie-Termistor-NTC-MF72-2.5D-11-300012508585.html>
2. Amagandi, J. (5 de Octubre de 2012). Obtenido de <http://jamangandi2012.blogspot.com/2012/10/que-es-arduino-te-lo-mostramos-en-un.html>
3. Amar equipments. (30 de noviembre de 2017). Obtenido de <https://www.amarequip.com/products/pressure-reactors-autoclaves-vessels-system/continuous-stirred-tank-reactors/>
4. Arduino. (20 de Abril de 2018). Arduino. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
5. Ariel, J. (12 de Noviembre de 2009). Medicion de variables de procesos industriales. Obtenido de <http://medirvariables.blogspot.com/2009/11/medicion-de-temperatura.html>
6. Ashe, R. (11 de febrero de 2017). Batch reactor. Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Batch_reactor.2.jpg
7. Avila, S. L. (2015). Efecto de las lamparas en un proceso fotocatalítico.
8. Bioenergía. (13 de Junio de 2018). Obtenido de Facultad de Ciencias Químicas Universidad Veracruzana: <https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/unidad-2-biorreactores-y-su-aplicacion/2-2-reactor-de-flujo-de-mezcla-completa-rfmc>
9. David. (30 de Junio de 2011). EcuRed. Obtenido de EcuRed: <https://www.ecured.cu/Cat%C3%A1lisis>
10. Ecured. (9 de Junio de 2011). Obtenido de <https://www.ecured.cu/Termistor>
11. Ecured. (12 de Abril de 2018). Obtenido de https://www.ecured.cu/L%C3%A1mpara_incandescente

ANEXOS



I ENCUENTRO ACADÉMICO VIRTUAL DE TECNOCIENCIA E INNOVACIÓN



RED ACADÉMICA MULTIDISCIPLINARIA DE SOLUCIONES SUSTENTABLES (RAMSES)

OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A: Pedro Alejandro Zamora González

Por haber participado en el proyecto **Degradación de un colorante en medio acuoso mediante un reactor de flujo pistón (PFR)**, en el I Encuentro Nacional Académico Virtual de Tecnociencia e Innovación, llevado a cabo los días 28 y 29 de junio

Cd. Naranjos, Ver., a 29 de junio de 2022.



DR. ELOY JESÚS MÉNDEZ SÁNCHEZ
DIRECTOR GENERAL



