



ITSON
Educar para
Trascender

NOMBRE DEL CURSO: REACTORES HETEROGÉNEOS
CLAVE/ID CURSO: 1182G / 006351
DEPARTAMENTO: DPTO CS. AGUA Y MEDIO AMBIENTE
BLOQUE/ACADEMIA A LA QUE PERTENECE: Academia de Reactores
INTEGRANTES DEL COMITE DE DISEÑO: Ma. Araceli Correa Murrieta, Reyna Guadalupe Sánchez Duarte, María del Rosario Martínez Macías, Rigoberto Plascencia Jatomea, Yedidia Villegas Peralta

REQUISITOS: Requisito de Reactores Heterogéneos: Reactores Homogéneos

HORAS TEORÍA: 3

HORAS LABORATORIO: 0

HORAS PRÁCTICA: 0

CRÉDITOS: 5.62

PROGRAMA(S) EDUCATIVO(S) QUE LO RECIBE(N): Ingeniería Química

PLAN: 2016

FECHA DE ELABORACIÓN: Marzo 2019

Competencia a la que contribuye el curso: Diseñar procesos de transformación de la materia y energía, apoyándose en conocimientos de matemáticas, física, y química integrados en operaciones unitarias y sistemas de reacción que mantengan la rentabilidad y sustentabilidad del proceso, atendiendo la visión y misión de la empresa.	Tipo de Competencia Específica
Competencia(s) generica(s) de impregnación: Uso de las Tecnologías de Información y Comunicación: Aplica las tecnologías de la información y la comunicación con base en el tipo de problema y en las posibles alternativas de solución, tanto de la vida cotidiana como profesional. Aprendizaje autónomo: Participa continuamente y por iniciativa propia en actividades de aprendizaje que le ayudan a satisfacer sus necesidades de desarrollo personal y profesional aprendizaje, aplicando diversos recursos y estrategias de acceso al conocimiento. Sustentabilidad: Genera propuestas y acciones de solución en el cuidado de los recursos naturales y el mejoramiento ambiental a través de la implementación de proyectos viables, pertinentes e incluyentes que promuevan la sustentabilidad.	Nivel de Dominio Avanzado

Descripción general del curso: Este curso se imparte en el séptimo semestre de la carrera de Ingeniero Químico, con el propósito de que el estudiante adquiera los conocimientos necesarios para llevar a cabo la aplicación de transferencia de masa y calor, transferencia de fluidos y cinética química, al dimensionamiento de reactores heterogéneos. Además, desarrollará competencias genéricas tales como el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación, Aprendizaje Autónomo y Sustentabilidad. Este curso lleva como requisito el curso de Reactores Homogéneos.

Unidad de Competencia 1	Elementos de Competencia	Requerimientos de Información
Identificar la etapa controlante y los distintos mecanismos de reacción en reacciones químicas de fases heterogéneas, tales como: fluido-sólido y gas-líquido.	Identificar los mecanismos de transferencia de masa que aplican en el diseño de reactores heterogéneos. Utilizar la ecuación de velocidad para reacciones heterogéneas en la determinación del tiempo de reacción del diseño de reactores heterogéneos. Identificar los posibles modelos de reacciones heterogéneas y relacionarlos con ejemplos de procesos químicos industriales. Identificar las etapas controlantes en reacciones heterogéneas, de acuerdo a las características del proceso.	INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE REACCIONES HETEROGÉNEAS. Introducción. Ecuación de velocidad para reacciones heterogéneas. Patrones de contacto en sistema de dos fases.

Criterios de Evaluación

	Evidencias	Criterios
D	Planteamiento y resolución de problemas en clase utilizando la ecuación de velocidad para reacciones heterogéneas.	Desarrollar la metodología de solución del problema siguiendo un orden lógico hasta llegar al resultado. Se comentarán las consideraciones que deben llevarse a cabo para obtener los resultados de los problemas resueltos en clase.
e	Planteamiento y resolución de problemas en clase utilizando el concepto de etapa controlante para reacciones heterogéneas.	
s		
e		
m		
p		
e		
ñ		
o		
s		
P	Problemas resueltos relacionados con la ecuación de velocidad	Los problemas resueltos deberán seguir un orden lógico,

r o d u c t o s	para reacciones heterogéneas. Problemas resueltos relacionados con el uso del concepto de etapa controlante. Ensayo sobre diferencias entre el diseño de reactores heterogéneos y reactores homogéneos.	resaltando el resultado. La asignación deberá ser entregada en tiempo y forma que incluya carátula donde se identifique plenamente al alumno, el número de asignación y la competencia a la que contribuya. El ensayo deberá ser entregado en tiempo y forma, que incluya carátula donde se identifique plenamente al alumno, el número de asignación y la competencia a la que contribuya. El escrito deberá cumplir: redacción clara, excelente ortografía, orden metodológico (introducción, desarrollo y conclusiones) y referencias bibliográficas (al menos tres).
C o n o c i m i e n t o s	Ecuación de velocidad para reacciones heterogéneas. Modelos de contacto y reacción de acuerdo a su sistema. Etapas controlante de acuerdo al tipo de reacción.	

Unidad de Competencia 2	Elementos de Competencia	Requerimientos de Información
Identificar los principios del modelo de reacción fluido-sólido para su uso en el diseño de reactores.	Describir las características del modelo de reacción fluido-sólido identificando las posibles etapas controlantes que pueden presentarse. Aplicar el principio de la velocidad de reacción considerando el modelo aplicable y las características de etapa controlante. Aplicar el modelo de reacción fluido-sólido para el diseño de reactores de lecho fluidizado con arrastre de partículas finas.	REACCIONES FLUIDO-SÓLIDO Selección de un modelo. Modelo de núcleo sin reaccionar para partículas esféricas de tamaño constante: La difusión a través de una película gaseosa como la etapa controlante. La difusión a través de una película de ceniza como la etapa controlante. La reacción química como la etapa controlante. Rapidez de reacción en partículas esféricas con variación de tamaño: La reacción química como la etapa controlante. La difusión a través de una película gaseosa como la etapa controlante. Determinación de la etapa controlante de la velocidad. Aplicación al diseño. Flujo tapón de sólidos y composición uniforme: En partículas simples. En Mezcla de partículas de tamaños diferentes pero constantes. Flujo de mezclas de partículas de composición gaseosa uniforme: De tamaño constante simple. De tamaños diferentes. Aplicación de lechos fluidizados con arrastre de sólidos finos.

Criterios de Evaluación

Evidencias		Criterios
D e s e m p e ñ o s	Resolución de problemas relacionados con la aplicación de modelos fluido-sólido. Resolución de problemas relacionados con las partículas simples y mezcla de partículas para diferentes tamaños.	Los problemas establecidos por el maestro contendrán las ecuaciones concernientes a los modelos fluido-sólido.
P r o d	Documento escrito sobre los modelos de reacción fluido-sólido. Problemas resueltos sobre la aplicación de los modelos fluido-sólido.	Asignación entregada en tiempo y forma. El documento escrito debe incluir la carátula que identifique plenamente al alumno, el número de asignación y la competencia a la que corresponda. La redacción deberá ser clara, excelente

u c t o s	Problemas resueltos de diseño de lechos fluidizados para casos específicos.	ortografía, conclusiones y estado de referencias. Los problemas establecidos por el maestro contendrán las ecuaciones definidas para los modelos de reacción fluido-sólido. La asignación deberá ser entregada en tiempo y forma, y deberá incluir carátula que identifique plenamente al alumno, el número de asignación y la competencia a la que contribuya.
C o n o c i m i e n t o s	Diseño de reactores sólido-fluido. Diseño de reactores de lecho fluidizado.	

Unidad de Competencia 3	Elementos de Competencia	Requerimientos de Información
Distinguir los principios del modelo de reacción fluido-fluido para su uso en el diseño de reactores.	Aplicar los conceptos de transferencia de masa en el diseño de torres de reacción química. Determinar el régimen de una reacción cinética, según los criterios de la ecuación de velocidad de reacciones heterogéneas. Aplicar el diseño de mezcladores de sedimentadores y de torres para reacciones químicas heterogéneas.	REACCIONES FLUIDO-FLUIDO La ecuación de velocidad: Regímenes cinéticos para reacción y transferencia de masa. Ecuación de velocidad para reacciones instantáneas. Ecuación de velocidad para reacciones rápidas. Ecuación de velocidades intermedias. Ecuación de velocidad para reacciones lentas. Ecuación de velocidad para reacciones infinitamente lentas. Parámetros de conversión en películas. Guías para obtener el régimen cinético de datos de solubilidad. Régimen cinético a partir de experimentación. Aplicación al diseño: Torres para reacciones rápidas. Torres para reacciones lentas. Mezcladores de sedimentadores (flujo mezclado de ambas fases).

Criterios de Evaluación

	Evidencias	Criterios
D e s e m p e ñ o s	Exposición oral sobre generalidades y aplicaciones de las reacciones fluido-fluido, basándose en una investigación previa del tema. Resolución de problemas en clase donde aplica los conceptos necesarios relacionados con modelos fluido-fluido, y la aplicación de la ecuación de velocidad para diferentes reacciones. Participa en debates al final de la clase sobre las diferencias de diseño de torres de reacción y torres de absorción.	Presentación en PowerPoint de un proceso químico y/o biológico en donde se describan reacciones fluido-fluido. El tema deberá estar sustentado en por lo menos 2 artículos científico y /o libros de texto obtenido de las bases de datos electrónicas institucionales y biblioteca. Se observa el valor ético al evitar el plagio de imágenes y textos de los autores del artículo. Los problemas establecidos por el maestro contendrán las ecuaciones definidas para determinar la velocidad para diferentes reacciones. En el debate deberá observarse que el tema fue analizado, comprendido y discutido antes de la participación.
P r o d u c t o s	Actividad integradora de la unidad de competencia.	La actividad integradora incluye: Compendio de ejercicios resueltos relacionados con la ecuación de velocidad para reacciones heterogéneas fluido-fluido. Compendio de ejercicios resueltos sobre el diseño de torres de reacción.
C o n	Diseño de reactores para sistemas fluido-fluido. Evaluación y diseño de torres de reacción.	

Unidad de Competencia 4	Elementos de Competencia	Requerimientos de Información
Explicar los diferentes mecanismos, bajo los cuales sucede una reacción catalítica.	Identificar el concepto de catalizador y su aplicación en las reacciones químicas heterogéneas. Aplicar el concepto de catálisis para el diseño de reactores industriales.	REACCIONES CATALIZADAS POR SÓLIDOS Clasificación de los sistemas catalíticos. Catálisis. Catalizadores sólidos: •Determinación del área superficial. •Clasificación. •Preparación. •Promotores e inhibidores. •Tipos de desactivación. •Efectividad. Adsorción y tipos de Adsorción. Isoterma de Langmuir. Ecuaciones de rapidez para sistemas catalíticos gas-sólido. Dimensionamiento de reactores catalíticos de lecho fijo por modelos pseudohomogéneos.

Crterios de Evaluación

	Evidencias	Crterios
D e s e m p e ñ o s	Exposición oral sobre catálisis, clasificación de los sistemas catalíticos y catalizadores sólidos. Exposición sobre resolución de problemas donde se realice la selección de un catalizador óptimo. Exposición del proyecto final del curso sobre el diseño teórico de reactores catalíticos.	La exposición oral considerará la evaluación de habilidades del lenguaje verbal y no verbal al interactuar con la audiencia, así como el uso original de ayudas visuales. Deberá incluir los conceptos de catálisis, la clasificación de los sistemas catalíticos, así como las principales características de los catalizadores sólidos. Además, deberá incluir un artículo científico donde se utilicen catalizadores sólidos. Evaluación mediante rúbrica de exposición que incluye actitud analítica en el método de solución empleado y la capacidad de interactuar con sus compañeros. Evaluación mediante rúbrica de evaluación.
P r o d u c t o s	Ensayo sobre adsorción, tipos de adsorción, isotermas y su aplicación en investigación. Asignación por escrito de problemas relacionados con el diseño teórico para reactores catalíticos. Proyecto de curso sobre el diseño teórico para reactores catalíticos.	Asignación entregada en tiempo. Deberá incluir carátula que identifique plenamente al alumno, el número de asignación y la competencia a la que contribuya. El escrito deberá cumplir: redacción clara, excelente ortografía, orden metodológico (introducción, desarrollo y conclusiones) y referencias bibliográficas recientes (al menos tres). Asignación entregada en tiempo y forma. Ésta debe incluir la carátula que identifique plenamente al alumno, el número de asignación y la competencia a la que corresponda El proyecto de curso contempla: •Un estudio de campo que deben realizar los alumnos en una industria local. •Un video que muestre las instalaciones donde se encuentra el reactor estudiado. •Un documento impreso que incluya el tipo de reactor •Diagramas que esquematicen las variables, condiciones de operación, ecuaciones que intervienen en el sistema estudiado. •Propuesta para eficientar sustentablemente el caso reportado, sustentada teóricamente.
C o n o c i m i e	Clasificación de los sistemas catalíticos, concepto de catálisis, catalizadores sólidos. Adsorción y tipos de adsorción, isoterma de Langmuir. Ecuaciones de rapidez para sistemas catalíticos gas-sólido. Dimensionamiento de reactores catalíticos de lecho fijo por modelos pseudohomogéneos.	

n
t
o
s**Evaluación del curso**

Criterio	Ponderación
Unidad de competencia 1	25%
Unidad de competencia 2	25%
Unidad de competencia 3	25%
Unidad de competencia 4	25%
	100% (Cumpliendo total de criterios)

Bibliografía Básica

Autor	Título	Edición	Editorial	ISBN
Levenspiel, O.	Ingeniería de las reacciones químicas	3	Limusa-Wiley	
Fogler, H.S.	Elementos de ingeniería de las reacciones químicas	4	REVERTE	

Bibliografía de Consulta

Autor	Título	Edición	Editorial	ISBN
Levenspiel, O.	El omnilibro de los reactores químicos	1	REVERTE	
Levenspiel, O.	El minilibro de los reactores químicos	1	REVERTE	
Schmidt, L. D.	The Engineering of Chemical Reactions (Topics in Chemical Engineering) (Vol. 2).	1	OXFORD UNIVERSITY PRESS	

Bibliografía de Bases de Datos Electronicas

Autor	Título del artículo	Año de publicación	Editorial
Deng, Y.	Developing a Langmuir-type excitation equilibrium equation to describe the effect of light intensity on the kinetics of the photocatalytic oxidation	2018	Chemical Engineering Journal
URL: https://ac-els-cdn-com.itson.idm.oclc.org/S1385894717321800/1-s2.0-S1385894717321800-main.pdf?_tid=260c2be4-b809-4a96-84e5-43a16625a3bf&acdnat=1551899813_9a3add3825881a30d2186d0294e2362a			
Foo, K. Y., & Hameed, B. H.	Insights into the modeling of adsorption isotherm systems	2010	Chemical engineering journal
URL: https://ac-els-cdn-com.itson.idm.oclc.org/S1385894709006147/1-s2.0-S1385894709006147-main.pdf?_tid=f50f443b-b5c4-4c5e-861c-d77c8604fe52&acdnat=1551900032_c18fcb49a5008b9eb68366bf1f8d4561			
Han, Q., Ge, J., Yang, Y., & Liu, B.	Nickel substituted tungstophosphoric acid supported on Y-ASA composites as catalysts for the dehydration of gas-phase glycerol to acrolein	2019	Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis
URL: https://link-springer-com.itson.idm.oclc.org/content/pdf/10.1007%2Fs11144-019-01548-2.pdf			