

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO									
NOMBRE DE LA ENTIDAD:		CAMPUS LEÓN; DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍAS							
NOMBRE DEL PROGRAMA EDUCATIVO		Licenciatura en Ingeniería Química							
NOMBRE DE LA MATERIA:		Ingeniería de Reactores Heterogéneos				CLAVE:		PIIRH-08	
FECHA DE ELABORACIÓN:		10 de Junio de 2011				HORAS/SEMANA/SEMESTRE			
FECHA DE ACTUALIZACIÓN:									
ELABORÓ:		José Antonio Reyes Aguilera							
CURSADA Y APROBADA:		Ninguna				TEORÍA:		2	
CURSADA:		Ninguna				PRÁCTICA:		2	
						CREDITOS:		6	
CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA									
POR EL TIPO DE CONOCIMIENTO:		DISCIPLINARIA	X	FORMATIVA		METODOLÓGICA			
POR LA DIMENSIÓN DEL CONOCIMIENTO:		ÁREA BASICA		ÁREA GENERAL		ÁREA PROFESIONAL	X		
POR LA MODALIDAD DE ABORDAR EL CONOCIMIENTO		CURSO	X	TALLER		LABORATORIO			
POR EL CARÁCTER DE LA MATERIA:		OBLIGATORIA		RECURSABLE		OPTATIVA	X	SELECTIVA	SEMINARIO
ES PARTE DE UN TRONCO COMÚN O MATERIAS COMUNES		SI		NO	X				
COMPETENCIA(S) GENERAL(ES) DE LA MATERIA:									
<ol style="list-style-type: none"> 1.- Identificar y clasificar los diferentes tipos de reactores existentes y sus aplicaciones y limitaciones a sistemas reactivos heterogéneos. 2.- Aprender a determinar la ecuación de balance molar para reacciones heterogéneas a partir del análisis del sistema reaccionante de interés. 3.- Aprender y manejar los conceptos de velocidad de reacción y su aplicación a balances de materia para diversos tipos de reactores cuando se tiene catálisis heterogénea. 4.- Aprender y determinar la ecuación de velocidad de reacción en términos de conversión y de variación de concentración a partir de datos experimentales. 5.- Manejar y aplicar metodologías de análisis y resolución de sistemas reaccionantes que incluyan múltiples reacciones y/o sistemas biológicos. 6.- Determinar y diseñar el tipo de reactor y/o combinación de éstos y sus condiciones de operación óptimas para sistemas de reacción heterogénea. 7.- Manejar y aplicar balances de materia y energía en sistemas unitarios y múltiples de reactores con y sin equipos auxiliares para intercambio de energía. 									
CONTRIBUCIÓN DE LA MATERIA AL LOGRO DEL PERFIL POR COMPETENCIAS:									
<ol style="list-style-type: none"> 1.- Demostrar una comprensión profunda de los conceptos y principios fundamentales de física y química. 2.- Buscar, interpretar y utilizar información bibliográfica, en inglés y español. 4.- Analizar sistemas utilizando balances de materia y energía. 9.- Establecer la viabilidad económica de un proyecto. 10.- Aplicar herramientas de planificación y optimización. 14.- Plantear, analizar y resolver problemas físicos, químicos y fisicoquímicos, tanto teóricos como experimentales, mediante la utilización de métodos analíticos, experimentales o numéricos. 20.- Capacidad de aplicar conocimientos de química, física y matemáticas a la operación de procesos químicos en el área tecnológica de reactores. 22.- Dominio de técnicas y herramientas modernas necesarias para el ejercicio de su profesión, mostrando capacidad de analizar y entender las relaciones entre la tecnología y las organizaciones. 23.- Capacidad de reconocer e incorporar las demandas del contexto en la concepción, diseño, implementación, operación y control de sistemas, equipos y procesos químicos. 									

PRESENTACIÓN DE LA MATERIA

La asignatura de Ingeniería de Reactores Heterogéneos implica la integración de los conocimientos adquiridos de química, fisicoquímica, estequiometría y equilibrio químico, termodinámica química, Balance de materia y energía, Cinética Química y Catálisis e Ingeniería de Reactores Homogéneos.

El curso se divide en cinco bloques temáticos en los cuales el alumno integra los conceptos aprendidos en Ingeniería de Reactores Homogéneos, principalmente, y el resto de las asignaturas comentadas.

El primer bloque contempla la ejecución de balances de energía para reactores heterogéneos no isotérmicos en estado estacionario con y sin equipos auxiliares de intercambio de calor y las repercusiones que esto implica para que los reactores puedan ser arrancados, operados así como su paro teniendo siempre condiciones de seguridad para ello.

El segundo bloque implica el uso de catalizadores empleados comúnmente en reactores heterogéneos y la influencia de éstos en la velocidad de reacción y el grado de conversión de los reactivos hacia productos. El tercer bloque proporciona al alumno los conceptos teóricos de fenómenos de transferencia de masa, implicando la difusión de los reactivos hacia el catalizador y, la transferencia desde éstos de los productos formados. Empleando para ello números adimensionales que permitan el escalamiento del reactor. También se abordan la forma y la causa de la desactivación del catalizador y la regeneración de este para economizar el proceso.

El cuarto bloque contempla el análisis de la difusión de los reactivos hacia el interior del catalizar y la difusión de los productos del interior hacia el exterior del catalizador, incluyendo las diferentes configuraciones en que el catalizador puede ser fijado dentro del reactor dependiendo de las características del sistema reaccionante.

Finalmente, el bloque cinco se enfoca en proporcionar al alumno la capacidad de determinar los tiempos de residencia requeridos para lograr un porcentaje de conversión de los reactivos hacia productos y/o la conversión cuando se tienen características prefijadas del reactor. Este último aspecto es primordial para diseño del reactor cuando aún no se dispone de él ó para la adecuación y optimización del mismo cuando es requerido emplear los equipos ya existentes dentro de una planta. Durante el desarrollo de los bloques temáticos expuestos es altamente recomendado que se alumno conozca y maneje los diferentes paquetes de software especializado mencionados en la sección de recursos y materiales sugeridos.

RELACIÓN CON OTRAS MATERIAS DEL PLAN DE ESTUDIOS

El contenido de esta materia con lleva cálculos que implican conceptos de estequiometría y de equilibrio químico adquiridos en los cursos de: Química general, Química Inorgánica descriptiva, Estequiometría y Equilibrio Químico, Balance de Materia y Energía, Cinética Química, Termodinámica Química y Transporte de masa y Transferencia de Calor.

Además, requiere como herramientas para el cálculo conocimientos matemáticos adquiridos en: Cálculo diferencial, Cálculo integral, Ecuaciones diferenciales ordinarias, programación básica y métodos numéricos.

Se recomienda que el alumno haya cursado también la asignatura de Ingeniería de Reactores Homogéneos para tomar este curso.

Fundamenta los conceptos a desarrollar en materias como: Diseño de Procesos

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	I.- Diseño de reactores no isotérmicos en estado no estacionario.		TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA		10 horas
COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
<p>1.- Conocer y comprender los conceptos inherentes a balances de energía en equipos empleados en la ingeniería química</p> <p>2.- Analizar sistemas con múltiples reacciones en condiciones no isotérmicas</p> <p>3.- Comprender la importancia de mantener condiciones de seguridad dentro de los procesos de transformación que liberan o absorben calor.</p> <p>4.- Conocer metodologías de manejo y de masa y energía en el arranque y paro de equipo empleado en la ingeniería química.</p>	<p>Balance de energía en estado no estacionario.</p> <p>Balance de energía para reactores intermitentes.</p> <p>Reactores semicontinuos con intercambiador de calor.</p> <p>Operación en estado no estacionario de un CSTR.</p> <p>Reacciones múltiples no isotérmicas.</p> <p>Operación en estado no estacionario de un PFR.</p>	<p>Realizar balances de energía para reactores intermitentes, semicontinuos y continuos que operan en estado no estacionario.</p> <p>Determinar características de accesorios para operar reactores de manera segura.</p> <p>Realizar el arranque y paro de reactores de manera segura.</p>	<p>Trabajar en equipo.</p> <p>Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera individual y en equipo.</p> <p>La autocrítica.</p> <p>La tolerancia.</p> <p>El desarrollo de estrategias para la solución de problemas.</p> <p>Compromiso para mantener actualizada la formación científica.</p> <p>Fortalecimiento de correctos hábitos de estudio.</p>	<p>Participación en clase.</p> <p>Ejercicios en pizarrón.</p>	<p>Tareas.</p> <p>Trabajos.</p> <p>Examen.</p> <p>Proyecto.</p>

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	II. - Catálisis y reactores catalíticos.		TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA		14 horas
COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
<p>1.- Conocer y comprender la función de un catalizar sobre las leyes de velocidad.</p> <p>2.- Analizar la manera en que un catalizador actúa dentro de un sistema reaccionante y la metodología seguida para su análisis.</p> <p>3.- Comprender los fenómenos de causa y efecto de la presión y temperatura en la velocidad de reacción de sistemas heterogéneos.</p> <p>Manejar datos experimentales de sistemas heterogéneos y su aplicación al diseño de reactores.</p>	<p>Fenómenos de transferencia heterogénea.</p> <p>Catalizadores, propiedades de los catalizadores, clasificación de catalizadores.</p> <p>Pasos de una reacción catalíticas.</p> <p>Ley de velocidad, mecanismo y paso limitante.</p> <p>Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción.</p> <p>Análisis de datos heterogéneos para diseño de reactores.</p> <p>Desactivación del catalizador.</p>	<p>Discutir los pasos de una reacción heterogénea.</p> <p>Describir y aplicar el paso limitante en la velocidad de reacción y su importancia en el diseño de un reactor.</p> <p>Desarrollar expresiones de la ley de velocidad.</p> <p>Determinar el tipo de desactivación del catalizador que ocurre para sistema de interés.</p> <p>Determinar la conversión lograda para cada uno de los reactores químicos empleados.</p>	<p>Trabajar en equipo.</p> <p>Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera individual y en equipo.</p> <p>La autocrítica.</p> <p>La tolerancia.</p> <p>El desarrollo de estrategias para la solución de problemas.</p> <p>Compromiso para mantener actualizada la formación científica.</p> <p>Fortalecimiento de correctos hábitos de estudio.</p>	<p>Participación en clase.</p> <p>Ejercicios en pizarrón.</p>	<p>Tareas.</p> <p>Examen</p> <p>Proyecto</p> <p>Proyecto.</p>

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	III.- Efecto de la difusión externa en reacciones heterogéneas.		TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA	14 horas	
COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
<p>1.- Aplicar los conceptos de difusión, la ley de Fick a sistemas reaccionantes heterogéneos.</p> <p>2.- Efecto de la presión y la temperatura en la difusión de masa con y sin reacción química.</p> <p>3.- Comprender los conceptos de coeficiente de transferencia de masa y su influencia en sistemas heterogéneos.</p> <p>4.- Determinar coeficientes de transferencia de masa y mediante conceptos teóricos y datos experimentales.</p> <p>5.- Regeneración de catalizadores.</p>	<p>Fundamentos de la difusión. Ley de Fick</p> <p>Difusión binaria. Condiciones de frontera, difusión sin reacción, dependencia del coeficiente de difusión con presión y con temperatura.</p> <p>Difusión con reacción química.</p> <p>Resistencia externa a la transferencia de masa: coeficiente de transferencia de masa, correlaciones para determinar coeficiente de transferencia.</p>	<p>Definir y describir la difusión molecular y su variación con la temperatura y la presión.</p> <p>Manejar en forma eficiente la densidad de flujo molar y flujo volumétrico, los coeficientes de transferencia de masa y su correlación con los números adimensionales Sherwood y Schmidt.</p> <p>Describir los regímenes y las condiciones de ocurrencia en reacciones limitadas por transferencia de masa.</p> <p>Aplicar el modelo de núcleo de contracción y aplicarlo a la regeneración de catalizadores.</p>	<p>Trabajar en equipo.</p> <p>Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera individual y en equipo.</p> <p>La autocrítica.</p> <p>La tolerancia.</p> <p>Desarrollo de estrategias para la solución de problemas.</p> <p>Compromiso para mantener actualizada la formación científica.</p> <p>Fortalecimiento de correctos hábitos de estudio.</p>	<p>Participación en clase.</p> <p>Ejercicios en pizarrón.</p>	<p>Tareas.</p> <p>Examen.</p> <p>Proyecto.</p>

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	IV.- Difusión y reacción.		TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA		13 horas
COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
<p>1.- Aprender y manejar el concepto de difusión de masa entre fases.</p> <p>2.- Comprender las causas y efectos de la difusión en la cinética de una reacción heterogénea y las restricciones originadas en función de las características de las fases involucradas.</p> <p>3.- Comprender los conceptos de cinética falsificada y factor de efectividad y su aplicación al diseño de reactores químicos.</p>	<p>Difusión y reacción en partículas esféricas de catalizador.</p> <p>Factor de de efectividad interna.</p> <p>Cinética falsificada.</p> <p>Factor de efectividad total.</p> <p>Régimen limitado por difusión y por reacción.</p> <p>Transferencia de masa y reacciones en lecho empacado.</p> <p>Reactores de lecho fluidizado.</p>	<p>Deducir ecuaciones diferenciales que describan la difusión y la reacción.</p> <p>Analizar y aplicar el factor de efectividad y su relación con el módulo de Thiele.</p> <p>Aplicar criterios para identificar gradientes y limitaciones por difusión y su correlación con el tamaño de partícula del catalizador.</p> <p>Aplicar la eficiencia total a un reactor empacado para calcular la conversión a la salida del reactor.</p> <p>Describir los pasos de reacción y el transporte en reactores de suspensión y de lecho fluidizado.</p>	<p>Trabajar en equipo.</p> <p>Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera individual y en equipo.</p> <p>Autocrítica.</p> <p>Tolerancia.</p> <p>Desarrollo de estrategias para la solución de problemas.</p> <p>Compromiso para mantener actualizada la formación científica.</p> <p>Fortalecimiento de correctos hábitos de estudio.</p>	<p>Participación en clase.</p> <p>Ejercicios en pizarrón.</p>	<p>Tareas.</p> <p>Examen.</p> <p>Proyecto.</p>

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	V.- Tiempos de residencia en reactores químicos.		TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA	13 horas	
COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
<p>1.- Comprender el concepto de tiempo de residencia y su relación con el grado de conversión de los reactivos dentro de un reactor químico.</p> <p>2.- Aplicar el concepto de tiempo de residencia a reactores heterogéneos ideales.</p> <p>3.- Modelar y diseñar reactores heterogéneos con reacciones únicas y múltiples empleando el concepto de tiempo de residencia.</p>	<p>Función de distribución de tiempos de residencia (DTR).</p> <p>Medición de DTR.</p> <p>Características de DTR.</p> <p>DTR en reactores ideales.</p> <p>Conversión y concentraciones de salida.</p> <p>Modelado de reactores usando DTR.</p> <p>DTR y reacciones múltiples.</p>	<p>Emplear datos de concentración contra tiempo de trazador para calcular funciones de distribución de edad externa.</p> <p>Graficar la fracción masa en función del tiempo para reactores ideales y contrastarla con los datos experimentales para diagnosticar problemas en reactores reales.</p> <p>Acoplar datos de distribución de tiempos de residencia (DTR) con la cinética de reacción para predecir conversiones y concentraciones de producto logradas por el reactor.</p>	<p>Trabajar en equipo.</p> <p>Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera individual y en equipo.</p> <p>La autocrítica.</p> <p>La tolerancia.</p> <p>Desarrollo de estrategias para la solución de problemas.</p> <p>Compromiso para mantener actualizada la formación científica.</p> <p>El fortalecimiento de correctos hábitos de estudio.</p>	<p>Participación en clase.</p> <p>Ejercicios en pizarrón</p>	<p>Tareas.</p> <p>Examen.</p> <p>Proyecto.</p>

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (Sugeridas)	
<ul style="list-style-type: none"> Elaborar cuaderno de tareas individual que permita al alumno retro-alimentarse. Proyectos asignados a los alumnos por equipos donde aborden procesos industriales de su interés donde se aplique los conceptos involucrados en los diversos bloques temáticos. Presentación de avance de proyecto por los alumnos donde se discuta ante el grupo los resultados parciales. 	
RECURSOS Y MATERIALES DIDÁCTICOS (Sugeridos)	
Cañón, computadora portátil, paquetería con software para resolución de sistemas lineales y no lineales (Polymath, Comsol, Matlab).	
SISTEMA DE EVALUACIÓN	
EVALUACIÓN (Sugerida pero podrá emplearse cualquier otra acordada entre el profesor de la asignatura y los estudiantes):	
<ul style="list-style-type: none"> Se asignaran dos proyectos por equipo durante el semestre abordando procesos industriales que impliquen reactores heterogéneos; el primer proyecto deberá entregarse a la mitad del semestre y, el otro deberá entregarse al finalizar el curso (antes del examen final). Es importante que los alumnos lleven a cabo retroalimentación con el profesor durante el desarrollo de cada uno de los proyectos. Se aplicarán tres exámenes parciales en el transcurso del curso. 	
Se sugiere emplear la ponderación siguiente para determinar la calificación final:	
Tareas:	15% (promedio de tareas)
Participación en clase:	5%
Proyectos:	35% (promedio de presentación ante el grupo y reporte de proyecto)
1er Examen parcial	15%
2do Examen parcial	15%
3er Examen parcial	15%
Total:	100%

FUENTES DE INFORMACIÓN	
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:
1.-Elementos de ingeniería de las reacciones químicas; H. Scott Fogler; Cuarta edición; Pearson Prentice Hall; México (2008).	1.- Computational Flow Modeling for Chemical Reactor Engineering; Ranade V. Vivek; Academic Press; First Edition; USA (2001).
2.-Chemical Reaction Engineering; Octave Levenspiel; Third Edition; John Wiley & Sons, New York; USA (1999).	2.- Reactor Desing for Chemical Engineers; J M Winterbottom, M B King; First Edition; Stanley Thornes Publishers; (1999).
3.-Chemical and Catalytic Reaction Engineering; James J. Carberry; First Edition; Mc Graw-Hill (Chemical Engineering Series); USA (1976).	3.- Introduction to Chemical Reaction; Ronald W Missen, Charles A Mims, Bradley A Seville; First Edition; New York (1999).
4.-Ingeniería de la Cinética Química; J M Smith Primera Edición; Editorial CECSA Latinoamericana, México (1986).	OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN:
	www.nist.com Journal of Chemical and Engineering Data AIChE Journal Chemical Engineering Communications