

**PROGRAMA DE ESTUDIO**

Nombre de la asignatura: INGENIERÍA DE REACTORES						
Clave: IQM14		Ciclo Formativo: Básico ( ) Profesional ( X ) Especializado ( )				
Fecha de elaboración: MARZO DE 2015						
Horas Semestre	Horas semana	Horas de Teoría	Horas de Práctica	Créditos	Tipo	Modalidad
64	4	4	0	8	Teórica (X) Teórica-práctica ( ) Práctica ( )	Presencial ( X ) Híbrida ( )
Semestre recomendado: 7°				Requisitos curriculares: Ninguno		
Programas académicos en los que se imparte: I.Q.						
Conocimientos y habilidades previos: El alumno deberá tener los conocimientos fundamentales de Termodinámica Química, Cinética Química y Catálisis. Asimismo, deberá ser capaz de resolver problemas de balance de masa y energía que involucren reacciones químicas, y ser capaz de aplicar los métodos numéricos para la solución de problemas de ingeniería.						

**1. DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA:**

El Curso de Ingeniería de reactores forma parte de la etapa disciplinaria de la carrera de Ingeniería Química, siendo una asignatura de carácter obligatoria, que se recomienda cursarla en el séptimo semestre. El curso es de tipo teórico de 8 créditos, por lo que se imparte durante 16 semanas con un tiempo de 4 horas presenciales a la semana. Para su mejor aprovechamiento, el estudiante deberá haber cursado las asignaturas de Termodinámica Química, Balance de Masa y Energía, Cinética Química y Catálisis y tener habilidad en la aplicación de métodos numéricos para la resolución de problemas de ingeniería. Esta asignatura proporcionará los conocimientos iniciales fundamentales para el diseño de los reactores químicos que operan en las plantas industriales, los cuales serán reforzados en asignaturas posteriores, tales como Diseño de Procesos y Equipo, Ingeniería de Proyectos y Servicios, así como las asignaturas optativas de Catálisis y Reactores Heterogéneos, e Ingeniería de Proyectos.

**2. CONTRIBUCIÓN DE LA ASIGNATURA AL PERFIL DE EGRESO**

Esta asignatura aporta al perfil de egreso del Ingeniero Químico la capacidad para modelar, simular y diseñar reactores, en los diferentes procesos de producción haciendo un uso eficiente de la materia y la energía. Para integrarla se ha hecho un análisis de las diferentes áreas requeridas para llevar a cabo una reacción química, identificando los temas que tienen una mayor aplicación en el quehacer del ingeniero químico. Permite la aplicación de los balances de materia y energía, cinética química, equilibrio químico, ecuaciones diferenciales ordinarias, métodos numéricos, uso de software especializado integrándolos en un todo. Las competencias adquiridas en esta asignatura se aplican en instrumentación y control de procesos, síntesis y optimización de procesos, simulación de procesos y seminario de ingeniería de proyectos.



### 3. CONTROL DE ACTUALIZACIONES

Fecha	Participantes	Observaciones (cambios y justificación)
MARZO 2015	M.C. Miguel Aguilar Cortes Dr. Roberto Flores Velázquez	Emisión del documento

### 4. OBJETIVO GENERAL

Preparar al alumno con las técnicas y metodologías necesarias para que analice y desarrolle las interrelaciones que existen entre los principios de conservación de masa y energía, la termodinámica química, y la cinética química para establecer un modelo de reactor de acuerdo a las características y condiciones de operación del mismo, así como de las necesidades de una planta química industrial.

### 5. COMPETENCIAS GENÉRICAS y/o TRANSVERSALES AL MODELO UNIVERSITARIO

Generación y aplicación de conocimiento	Aplicables en contexto
Capacidad de abstracción, análisis y síntesis Habilidades para buscar, procesar y analizar información	Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión
Sociales	Éticas
Capacidad de trabajo en equipo Habilidades interpersonales	Compromiso con la calidad Compromiso ético

### 6. CONTENIDO TEMÁTICO

UNIDAD	TEMA	SUBTEMA
1	Introducción a los reactores químicos	1.1 El reactor intermitente 1.2 El reactor tipo tanque agitado 1.3 El reactor de tipo flujo pistón
2	Reactor intermitente ideal	2.1 Ecuación de diseño para reactores isotérmicos y no isotérmicos 2.2 Cálculo del volumen del reactor 2.3 Estimación de la conversión máxima 2.4 Estimación de la velocidad de producción 2.5 Efecto de la temperatura y presión 2.6 Estimación de la conversión óptima
3	Reactor tipo tanque agitado ideal	3.1 Ecuación de diseño para operaciones isotérmicas y no isotérmicas en estado estacionario 3.2 Estimación del volumen del reactor 3.3 Cálculo de la conversión 3.4 Estimación del tiempo de residencia 3.5 Determinación del tiempo para alcanzar el estado estacionario 3.6 Análisis de las condiciones “fuera de control”



4	Reactor de flujo pistón en estado estacionario	4.1 Ecuación de diseño para reactores isotérmicos y no isotérmicos 4.2 Estimación del volumen del reactor 4.3 Estimación de la conversión máxima 4.4 Estimación del tiempo de residencia 4.5 Reactores con recirculación
5	Arreglo de reactores	5.1 Reactores tipo tanque agitado 5.2 Reactores de flujo pistón 5.3 Combinación de reactores
6	Diseño de reactores no ideales	6.1 Conceptos básicos de flujo no ideal 6.2 Modelo de compartimientos 6.3 Modelo de dispersión 6.4 Modelo de tanques en serie

## 7. UNIDADES DE COMPETENCIAS DISCIPLINARES

Unidad 1: Introducción a los reactores químicos		
<b>Competencia de la unidad:</b> Identifica los reactores químicos ideales que operan en las plantas químicas y define sus aplicaciones dependiendo las características del proceso y las condiciones de operación		
<b>Objetivos de la unidad:</b> Conocer los tipos de reactores químicos ideales que existen y sus características de operación principales		
Elementos de Competencia Disciplinar		
Conocimientos	Habilidades	Actitudes y Valores
Reactor intermitente, tipo tanque agitado y de flujo pistón	<ul style="list-style-type: none"><li>• Determinación de soluciones y alternativas</li><li>• Pensamiento crítico</li><li>• Capacidad para tomar decisiones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Puntualidad</li><li>• Emprendedor</li><li>• Atención al entorno</li><li>• Emprendedor</li><li>• Interés</li></ul>
<b>Estrategias de enseñanza:</b> Presentación del profesor, lluvia de ideas		<b>Recursos didácticos:</b> Proyector digital, artículos científico

Unidad 2: Reactor intermitente ideal
<b>Competencia de la unidad:</b> Identifica las características de un reactor intermitente ideal y sus aplicaciones en las plantas industriales
<b>Objetivos de la unidad:</b> Establecer las ecuaciones de diseño para la operación isotérmica, adiabática, y no isotérmica de un reactor ideal intermitente. Estimar el tamaño de un reactor intermitente ideal a partir de las condiciones de operación (temperatura, presión, y/o volumen constante), fase de la mezcla reactiva (gas, líquido), concentraciones iniciales de los reactivos y productos, conversión deseada, y la ecuación de velocidad de reacción del proceso. Determinar la conversión que se alcanza en un reactor intermitente ideal de volumen conocido considerando las condiciones de operación, fase de la mezcla reactiva, concentraciones iniciales de los reactivos y productos, y la ecuación de velocidad



de reacción del proceso. Calcular la velocidad de producción de un reactor ideal intermitente dadas las condiciones iniciales de operación y la conversión final lograda. Determinar la conversión óptima en un reactor intermitente ideal para maximizar su velocidad de producción

### Elementos de Competencia Disciplinar

Conocimientos	Habilidades	Actitudes y Valores
Ecuación de diseño para reactores isotérmicos y no isotérmicos, cálculo del volumen del reactor, estimación de la conversión máxima, de la velocidad de producción, de la temperatura y presión así como de la conversión óptima	<ul style="list-style-type: none"><li>• Determinación de soluciones y alternativas</li><li>• Pensamiento crítico</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones</li><li>• Capacidad para tomar decisiones</li><li>• Capacidad de identificar y resolver problemas</li><li>• Capacidad de análisis, síntesis y evaluación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Puntualidad</li><li>• Proactivo</li><li>• Respetuoso</li><li>• Diálogo</li><li>• Responsabilidad</li><li>• Honestidad</li><li>• Puntualidad</li></ul>
<b>Estrategias de enseñanza:</b> Presentación del profesor, lluvia de ideas aprendizaje basado en problemas		<b>Recursos didácticos:</b> Proyector digital, artículos científico, computadora personal, software

### Unidad 3: Reactor tipo tanque agitado ideal

**Competencia de la unidad:** Identifica las características de un reactor tipo tanque agitado ideal y sus aplicaciones en las plantas industriales

**Objetivos de la unidad:** Establecer las ecuaciones de diseño para la operación isotérmica, adiabática, y no isotérmica de un reactor tipo tanque agitado ideal. Estimar el tamaño de un reactor tipo tanque agitado ideal a partir de las condiciones de operación (temperatura, presión, y/o volumen constante), fase de la mezcla reactiva (gas, líquido), concentraciones y flujos molares iniciales de los reactivos y productos, conversión deseada, y la ecuación de velocidad de reacción del proceso. Determinar la conversión que se alcanza en un reactor tipo tanque agitado ideal de volumen conocido considerando las condiciones de operación, fase de la mezcla reactiva, concentraciones y flujos molares iniciales de los reactivos y productos, y la ecuación de velocidad de reacción del proceso. Estimar y definir como establecer el tiempo de residencia para obtener una conversión deseada dadas las condiciones de alimentación de la mezcla reactiva. Calcular el tiempo para lograr una operación en estado estacionario en un reactor tipo tanque agitado ideal. Analizar el efecto de las reacciones “fuera de control” en un reactor tipo tanque agitado ideal



Elementos de Competencia Disciplinar		
Conocimientos	Habilidades	Actitudes y Valores
Ecuación de diseño para operaciones isotérmicas y no isotérmicas en estado estacionario, estimación del volumen del reactor y demás parámetros	<ul style="list-style-type: none"><li>• Determinación de soluciones y alternativas</li><li>• Pensamiento crítico</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones</li><li>• Capacidad para tomar decisiones</li><li>• Capacidad de identificar y resolver problemas</li><li>• Capacidad de análisis, síntesis y evaluación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Puntualidad</li><li>• Proactivo</li><li>• Respetuoso</li><li>• Diálogo</li><li>• Responsabilidad</li><li>• Honestidad</li><li>• Puntualidad</li></ul>
<b>Estrategias de enseñanza:</b> Presentación del profesor, lluvia de ideas aprendizaje basado en problemas		<b>Recursos didácticos:</b> Proyector digital, artículos científico, computadora personal, software

#### Unidad 4: Reactor de flujo pistón ideal en estado estacionario

**Competencia de la unidad:** Identificar las características de un reactor de flujo pistón ideal y sus aplicaciones en las plantas industriales.

**Objetivos de la unidad:** Establecer las ecuaciones de diseño para la operación isotérmica, adiabática, y no isotérmica de un reactor de flujo pistón ideal. Estimar el tamaño de un reactor tipo de flujo pistón ideal a partir de las condiciones de operación (temperatura, presión, y/o volumen constante), fase de la mezcla reactiva (gas, líquido), concentraciones y flujos molares iniciales de los reactivos y productos, conversión deseada, y la ecuación de velocidad de reacción del proceso. Determinar la conversión que se alcanza en un reactor de flujo pistón ideal de volumen conocido considerando las condiciones de operación, fase de la mezcla reactiva, concentraciones y flujos molares iniciales de los reactivos y productos, y la ecuación de velocidad de reacción del proceso. Estimar y definir como establecer el tiempo de residencia para obtener una conversión deseada dadas las condiciones de alimentación de la mezcla reactiva. Comparar los rendimientos y eficiencias con respecto al reactor tipo tanque agitado ideal. Analizar las características y condiciones de operación del reactor ideal con recirculación

Elementos de Competencia Disciplinar		
Conocimientos	Habilidades	Actitudes y Valores
Ecuación de diseño para reactores isotérmicos y no isotérmicos, estimación del volumen del reactor, estimación de la conversión máxima, estimación del tiempo de residencia y reactores con recirculación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Determinación de soluciones y alternativas</li><li>• Pensamiento crítico</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones</li><li>• Capacidad para tomar decisiones</li><li>• Capacidad de identificar y resolver problemas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Puntualidad</li><li>• Proactivo</li><li>• Respetuoso</li><li>• Diálogo</li><li>• Responsabilidad</li><li>• Honestidad</li><li>• Puntualidad</li></ul>



<b>Estrategias de enseñanza:</b> Presentación del profesor, lluvia de ideas	<b>Estrategias de enseñanza:</b> Presentación del profesor, lluvia de ideas aprendizaje basado en problemas
---	---

### Unidad 5: Arreglos de reactores

**Competencia de la unidad:** Identifica los tipos de arreglos de reactores ideales continuos para su operación y modelado en plantas industriales

**Objetivos de la unidad:** Identificar las características de la operación en serie de reactores tipo tanque agitado. Determinar el número necesario de reactores tipo tanque agitado para lograr una conversión deseada. Examinar la combinación de reactores tipo tanque agitado y de flujo pistón, así como el orden de los mismos, para calcular la conversión a la salida del sistema

#### Elementos de Competencia Disciplinar

Conocimientos	Habilidades	Actitudes y Valores
Reactores tipo tanque agitado, de flujo pistón y combinación de reactores	<ul style="list-style-type: none"><li>• Determinación de soluciones y alternativas</li><li>• Pensamiento crítico</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones</li><li>• Capacidad para tomar decisiones</li><li>• Capacidad de identificar y resolver problemas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Puntualidad</li><li>• Proactivo</li><li>• Respetuoso</li><li>• Diálogo</li><li>• Responsabilidad</li><li>• Honestidad</li><li>• Puntualidad</li></ul>

<b>Estrategias de enseñanza:</b> Presentación del profesor, lluvia de ideas	<b>Estrategias de enseñanza:</b> Presentación del profesor, lluvia de ideas
---	---

### Unidad 6: Diseño de reactores no ideales

**Competencia de la unidad:** Identifica modelos y representa la no idealidad de los reactores químicos.

**Objetivos de la unidad:** Identificar las características de la distribución de edad del fluido. Analizar el modelo de compartimientos para reactores no ideales. Aplicar los modelos de dispersión y de tanques en serie en el diseño de reactores no ideales

#### Elementos de Competencia Disciplinar

Conocimientos	Habilidades	Actitudes y Valores
Conceptos básicos de flujo no ideal, modelo de compartimientos, modelo de dispersión y modelo de tanques en serie	<ul style="list-style-type: none"><li>• Determinación de soluciones y alternativas</li><li>• Pensamiento crítico</li><li>• Capacidad para tomar decisiones</li><li>• Capacidad de análisis, síntesis y evaluación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Puntualidad</li><li>• Proactivo</li><li>• Respetuoso</li><li>• Emprendedor</li><li>• Interés</li></ul>

<b>Estrategias de enseñanza:</b> Presentación del profesor, lluvia de ideas, aprendizaje basado en problemas	<b>Recursos didácticos:</b> Proyector digital, artículos científico
--	---





## 8. EVALUACIÓN.

### Documentos de referencia:

Reglamento General de Exámenes de la UAEM

Reglamento de la FCQel:

ARTÍCULO 80. -En las asignaturas teóricas y teórico-prácticas, la calificación que se asentará en el acta de examen ordinario será el promedio ponderado de mínimo 3 evaluaciones parciales y un examen de carácter departamental que incluya los contenidos temáticos de la asignatura. Cada evaluación parcial estará integrada por un examen parcial y las actividades inherentes a cada asignatura.

## 9. FUENTES DE CONSULTA.

### Bibliografía básica:

Smith, J. M. (1993). Ingeniería de la Cinética Química, 3ª Edición, México, Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V.

Levespiel, O. (2004). Ingeniería de las Reacciones Químicas, 3ª Edición, México, Editorial Limusa.

Fogler, H. S. (2001). Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas, 3ª Edición, México, Prentice. Hall.

### Bibliografía complementaria:

Missen, R. W.; Mims, C. A.; Saville, B. A. (1998) Chemical Reaction Engineering and Kinetics, USA, John Wiley & Sons, Inc.

Schmidt, L. D. (1998). The Engineering of Chemical Reactions, USA, Oxford University Press.

Hill, C. G. (1977). An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design, USA, John Wiley & Sons.

Tiscareño, L. F. (2008), ABC para Comprender Reactores Químicos con Multirreacción, México, Editorial Reverté.

<http://www.fing.edu.uy/iq/maestrias/DisenioReactores/materiales/notas1.pdf>

[https://www.academia.edu/5204480/CIN%C3%89TICA\\_Y\\_DISE%C3%91O\\_DE\\_REACTORES\\_QU%C3%8DMICOS](https://www.academia.edu/5204480/CIN%C3%89TICA_Y_DISE%C3%91O_DE_REACTORES_QU%C3%8DMICOS)

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/munoz\\_c\\_r/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/munoz_c_r/capitulo3.pdf)

<http://www.uclm.es/profesorado/rafaelcamarillo/esp/Presentaci%F3n%20tema%2014%20simple.pdf>