



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

## Programa de **INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS 2**

### **1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Ingeniería de las Reacciones Químicas 2

---

### **2. CRÉDITOS**

10 créditos

### **3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

#### Objetivo general

Profundizar los conceptos adquiridos en el curso de Ingeniería de las Reacciones Químicas 1 vinculados a los balances de energía de reactores ideales (en régimen estacionario y transitorio) y abordar el diseño de reactores catalíticos heterogéneos.

#### Objetivos específicos de aprendizaje

- Evaluar y analizar la incidencia de la temperatura en los distintos tipos de reacciones químicas.
- Incorporar los balances de energía en el dimensionamiento del reactor ideal, en sistemas que involucren reacciones simples y reacciones múltiples.
- Abordar el análisis en estado no estacionario de reactores ideales perfectamente agitados, así como su estabilidad.
- Analizar la sensibilidad de reactores tubulares flujo pistón ideales
- Integrar la cinética catalítica con los fenómenos de transferencia de masa (externa e interna) y su repercusión en el diseño de reactores heterogéneos con distintos modelos de flujo ideal asociados
- Identificar el impacto de los distintos tipos de desactivación de catalizadores en los reactores industriales.
- Adquirir habilidades para resolver problemas utilizando herramientas computacionales.

#### 4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

El curso se desarrollará mediante dos clases semanales de una hora y media cada una de exposición de los conceptos teóricos y una clase semanal de tres horas para la realización de ejercicios, con ayuda de softwares de resolución numérica que permitan profundizar las discusiones.

Se hace especial énfasis en el trabajo del estudiante, de forma individual y en grupos, con asistencia del equipo docente. Se impulsa la continuidad en la interacción docente – estudiante durante todo el transcurso del semestre, tanto en la presentación de los conceptos teóricos como en la resolución de los ejercicios.

Horas de clase directa: 6 h /semana

Horas de actividad vinculadas a trabajo experimental: 6 h

Horas de estudio individual: 4 h /semana

Total (15 semanas): 156 h

Las actividades vinculadas al trabajo experimental implicarán una asistencia al laboratorio en grupos reducidos y la entrega de un informe individual.

#### 5. TEMARIO

1. Curvas de velocidad. Incidencia de las variaciones de temperatura y concentración en los distintos tipos de reacción.
2. Reactores no isotérmicos. Balance de energía. Determinación del punto de trabajo de un RCAI. Reactor tubular adiabático.
3. Balances de masa y energía en sistemas con reacciones múltiples.
4. Reactores en condiciones no estacionarias.
5. Sistemas de intercambio de calor. Calor generado y calor eliminado.
6. Estabilidad de un RCAI. Diagrama de fases.
7. Sensibilidad paramétrica de un RTFP.
8. Repaso de conceptos: Cinética catalítica, pasos involucrados en la reacción catalítica, mecanismos.
9. Resistencia a la transferencia de masa externa. Modelo de la película. Coeficientes de transferencia de masa.
10. Resistencia a la transferencia de masa interna. Difusividad efectiva. Factor de efectividad.
11. Reactores catalíticos. Reactor diferencial. Reactor de cestas. Reactor de lecho fijo. Reactor de lecho fluidizado.
12. Desactivación de catalizadores. Regeneración de catalizadores.

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
1. Curvas de velocidad. Incidencia de las variaciones de temperatura y concentración en los distintos tipos de reacción.	(2)	(1), (4), (5)

<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Reactores no isotérmicos. Balance de energía. Determinación del punto de trabajo de un RCAI. Reactor tubular adiabático.</li> <li>3. Balances de masa y energía en sistemas con reacciones múltiples.</li> <li>4. Reactores en condiciones no estacionarias.</li> <li>5. Sistemas de intercambio de calor. Calor generado y calor eliminado.</li> <li>6. Estabilidad de un RCAI. Diagrama de fases.</li> <li>7. Sensibilidad paramétrica de un RTFP.</li> </ol>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Catálisis. Catalizadores, pasos involucrados en la reacción catalítica. Mecanismos.</li> <li>9. Resistencia a la transferencia de masa externa. Modelo de la película. Coeficientes de transferencia de masa</li> <li>10. Resistencia a la transferencia de masa interna. Difusividad efectiva. Factor de efectividad.</li> <li>11. Reactores catalíticos. Reactor diferencial. Reactor de cestas. Reactor de lecho fijo. Reactor de lecho fluidizado.</li> <li>12. Desactivación de catalizadores. Regeneración de catalizadores.</li> </ol>	(1), (2)	(3), (5)

### 6.1 Básica

1. Ingeniería de las Reacciones Químicas, 2ª ed. – Octave Levenspiel – Editorial Reverté – ISBN 84-291-7325-0 – Fecha de edición: 1997.
2. Elementos de ingeniería de las reacciones químicas, 4ª ed. - H. Scott Fogler – Editorial Prentice Hall – ISBN 970-26-1198-9 - Fecha de edición: 2008.

### 6.2 Complementaria

3. Chemical reactor analysis and design, 2ª ed. – Gilbert F. Froment, Kenneth B. Bischoff – Editorial John Willey & Sons – ISBN 0-471-51044-0 – Fecha de edición: 1990.
4. Chemical reactor design and operation, 2ª ed. - K.R. Westerterp, W.P.M. van Swaaij, A.A.C.M. Beenackers - Editorial John Willey and Sons – ISBN 0-471-90183-0 – Fecha de edición: 1987.
5. Chemical engineering kinetics, 2ª ed. – J.M. Smith – Editorial Mc.Graw-Hill – ISBN 0-07-058710-8 – Fecha de edición: 1970.

## 7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

### 7.1 Conocimientos Previos Exigidos:

Se requieren conocimientos sobre cinética química, formas de seguir el avance de una reacción, obtención de datos cinéticos, balance general de materia aplicado a un reactor, reactores ideales, sistemas de reactores múltiples, reacciones múltiples,

reacciones heterogéneas, conceptos de resistencias en serie y de etapa controlante, distribución de tiempos de residencia.

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:**

Se recomienda tener conocimientos básicos de programación.

---

**ANEXO A**  
**Para todas las Carreras**

**A1) INSTITUTO**

Instituto de Ingeniería Química.

**A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Semana	Horas directas	Clase Nro	Contenido
1	1,5	1T	Introducción. Curvas de velocidad. Incidencia de las variaciones de temperatura y concentración en los distintos tipos de reacción.
	3	1P	Taller de Introducción/repaso del uso de softwares de resolución simultánea de ecuaciones algebraicas y diferenciales
	1,5	2T	Reactores no isotérmicos. Balance de energía. Determinación del punto de trabajo de un RCAI.
2	1,5	3T	Reactor tubular adiabático.
	3	2P	Guía de ejercicios
	1,5	4T	Balances de masa y energía en sistemas con reacciones múltiples.
3	1,5	5T	Reactores en condiciones no estacionarias.
	3	3P	Guía de ejercicios
	1,5	6T	Sistemas de intercambio de calor. Calor generado y calor eliminado.
4	1,5	7T	Estabilidad de un RCAI. Diagrama de fases.
	3	4P	Guía de ejercicios
	1,5	8T	Sensibilidad paramétrica de un RTFP.
5	1,5	9T	Repaso general.
	3	5P	Guía de ejercicios
	1,5	6P	Guía de ejercicios
6	1,5	7P	Guía de ejercicios
	3	8P	Guía de ejercicios
	3	1L	LABORATORIOS
7			
8	1,5	10T	Repaso general. Clase de consulta
9-10	Primer Parcial		
11	3	11T	Repaso de conceptos: Cinética catalítica, pasos involucrados en la reacción catalítica, mecanismos. Resistencia a la transferencia de masa externa. Modelo de la película. Coeficientes de transferencia de masa.
	1,5	12T	Resistencia a la transferencia de masa externa. Modelo de la película. Coeficientes de transferencia de masa.
12	1,5	13T	Resistencia a la transferencia de masa interna. Difusividad efectiva. Factor de efectividad.
	3	9P	Guía de ejercicios

	1,5	14T	Resistencia a la transferencia de masa interna. Difusividad efectiva. Factor de efectividad.
13	1,5	15T	Reactores catalíticos. Reactor diferencial. Reactor de cestas. Reactor de lecho fijo. Reactor de lecho fluidizado.
	3	10P	Guía de ejercicios
	1,5	16T	Reactores catalíticos. Reactor diferencial. Reactor de cestas. Reactor de lecho fijo. Reactor de lecho fluidizado.
14	1,5	17T	Reactores catalíticos. Reactor diferencial. Reactor de cestas. Reactor de lecho fijo. Reactor de lecho fluidizado.
	3	11P	Guía de ejercicios
	1,5	18T	Desactivación de catalizadores
15	1,5	19T	Regeneración de catalizadores.
	3	12P	Guía de ejercicios
	1,5	20T	Teórico integrador. Clase de consulta.
16-17	Segundo Parcial		

### A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Las instancias de evaluación del curso están conformadas por actividades de evaluación continua en cada hemisemestre y pruebas parciales escritas. La distribución de puntajes y descripción de actividades es como sigue:

- 1) Primer hemisemestre (10 puntos): En el primer hemisemestre se evaluará la entrega de un informe individual de 10 puntos luego de asistir a una instancia de laboratorio. Es requisito asistir a la actividad de laboratorio y realizar la entrega del informe individual (4 puntos mínimos exigidos) para aprobar el curso. Estas actividades son obligatorias, ya que la competencia del uso de software para resolución de problemas que involucren sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias no se evalúa en otra instancia del curso (resolución de sistemas que involucren reactores continuos agitados no isotérmicos en estado no estacionario, reactores batch no isotérmicos, reactores en flujo pistón calefaccionados).  
Para estudiantes que recursan la asignatura, la asistencia al laboratorio no se controlará en ediciones posteriores, a diferencia de la entrega del informe individual que será reevaluada.
- 2) Segundo hemisemestre (10 puntos): En el segundo hemisemestre se incluirán evaluaciones individuales que podrán ser preguntas cortas o del tipo selección múltiple o resolución de problemas que exijan la utilización de software. Estas actividades no son obligatorias y no se exige puntaje mínimo para la aprobación del curso.
- 3) Pruebas parciales escritas (80 puntos): Se tomarán dos pruebas parciales escritas de 40 puntos cada una, una al promediar el semestre y otra al final.

Habiendo cumplido con el mínimo exigido en la actividad del primer hemisemestre (punto 1), la sumatoria de puntos obtenidos (P) en las actividades de evaluación durante cada hemisemestre (puntos 1 y 2) y los puntos obtenidos en los parciales (punto 3) puede dar alguno de los siguientes casos:

- a)  $P < 25$  se pierde el curso, debiendo recurrar.
- b)  $25 \leq P \leq 39$  se debe rendir una prueba global de recuperación para salvar el curso, inmediatamente después de finalizado el semestre. Si en dicha prueba se logra suficiencia, se salva el curso y debe rendir examen; de lo contrario se debe recurrar.
- c)  $40 \leq P < 75$  se salva el curso y se debe rendir examen.
- d)  $P \geq 75$  se salva el curso y se exonera del examen.

Salvado el curso se estará en condiciones de rendir examen oral de la asignatura lo cual podrá efectuarse en los períodos de diciembre, febrero o julio antes del comienzo de la próxima edición del curso. Si el estudiante no aprueba el examen en alguna de las tres instancias anteriores o no lo exonera deberá recurrar. La validez del curso se extiende hasta el comienzo de la siguiente edición.

---

#### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

Los estudiantes no pueden acceder a la calidad de libre.

#### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

No existen cupos máximos ni mínimos.

## **ANEXO B para la carrera INGENIERÍA QUÍMICA**

### **B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

#### **Plan 2000**

Área: Materias específicas de Ingeniería Química.

Sub-área: Ingeniería de Procesos Químicos y Biológicos.

#### **Plan 2021**

Área: Área de formación específica en Ingeniería Química.

Sub-área: Troncales

### **B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso: Curso aprobado de Ingeniería de Reacciones Químicas 1

---

Examen: Curso aprobado de Ingeniería de Reacciones Químicas 2  
Examen aprobado de Ingeniería de Reacciones Químicas 1