



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA  
EN INGENIERÍA QUÍMICA**



<b>PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE:</b>				
<b>LABORATORIO EXPERIMENTAL MULTIDISCIPLINARIO VI</b>				
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA</b>				
<b>MODALIDAD:</b>		Curso		
<b>TIPO DE ASIGNATURA:</b>		Práctica		
<b>SEMESTRE EN QUE SE IMPARTE:</b> Octavo				
<b>CARÁCTER DE LA ASIGNATURA:</b> Obligatoria				
<b>NÚMERO DE CRÉDITOS:</b>		4		
<b>HORAS A LA SEMANA:</b> 4	<b>Teóricas:</b> 0	<b>Prácticas:</b> 4	<b>Semanas de clase:</b> 16	<b>TOTAL DE HORAS:</b> 64
<b>SERIACIÓN:</b> Si ( <input checked="" type="checkbox"/> ) No ( <input type="checkbox"/> ) Obligatoria ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Indicativa ( <input type="checkbox"/> )				
<b>SERIACIÓN ANTECEDENTE:</b> Seriación por bloques. Haber aprobado por lo menos el 80% de las asignaturas de los 6 primeros semestres				
<b>SERIACIÓN SUBSECUENTE:</b> Ninguna				

**OBJETIVO GENERAL**

Al finalizar el curso el alumno deberá ser capaz de:  
Aplicar los principios teóricos de los reactores químicos homogéneos y heterogéneos en los equipos del Laboratorio Experimental Multidisciplinario destinados para ello.

<b>INDICE TEMÁTICO</b>			
<b>UNIDAD</b>	<b>TEMAS</b>	<b>Horas Teóricas</b>	<b>Horas prácticas</b>
1	Introducción	0	2
2	Equilibrio químico	0	5
3	Cinética química	0	5
4	Reactor por lotes	0	5
5	Reactor continuo de tanque agitado (CSTR)	0	5
6	Reactor de flujo pistón (PFR)	0	5
7	Distribución de tiempos de residencia (DTR) en reactores reales	0	5
8	Proyecto	0	32

	<b>TOTAL DE HORAS TEÓRICAS</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>TOTAL DE HORAS PRÁCTICAS</b>	<b>0</b>	<b>64</b>
	<b>TOTAL DE HORAS</b>	<b>64</b>	

## **CONTENIDO TEMÁTICO**

---

### **1. INTRODUCCIÓN**

- 1.1. El trabajo experimental en el LEM
- 1.2. Presentación del curso
- 1.3. Importancia del trabajo experimental en reactores químicos

### **2. EQUILIBRIO QUÍMICO**

- 2.1. Conceptos generales de equilibrio químico
- 2.2. Reacciones reversibles e irreversibles
- 2.3. Ecuación de Van't Hoff
- 2.4. Curvas conversión contra temperatura
- 2.5. Trabajo experimental

### **3. CINÉTICA QUÍMICA**

- 3.1. Conceptos básicos y definiciones
- 3.2. Métodos de análisis de datos cinéticos
  - 3.2.1. Diferencial
  - 3.2.2. Integral
- 3.3. Trabajo experimental
- 3.4.

### **4. REACTOR POR LOTES**

- 4.1. Ecuación de diseño de un reactor por lotes
- 4.2. Reactores isotérmicos y reactores adiabáticos
- 4.3. Trabajo experimental

### **5. REACTOR CONTINUO DE TANQUE AGITADO (CSTR)**

- 5.1. Ecuación de diseño de un CSTR
- 5.2. Tiempo espacial y velocidad espacial
- 5.3. Trabajo experimental

### **6. REACTOR DE FLUJO PISTÓN (PFR)**

- 6.1. Ecuación de diseño
- 6.2. Factores que afectan el comportamiento ideal
- 6.3. Trabajo experimental

### **7. DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE RESIDENCIA (DTR) EN REACTORES REALES**

- 7.1. Desviaciones del comportamiento ideal
  - 7.1.1. Reactores de tanque agitado
  - 7.1.2. Reactores tubulares

- 7.2. Distribución de tiempos de residencia
- 7.3. Uso de trazadores para obtener la DTR
  - 7.3.1. Respuesta a señales de entrada de pulso
  - 7.3.2. Respuesta a señales de entrada de escalón
  - 7.3.3. Otras señales de entrada
- 7.4. Trabajo experimental

## **8. PROYECTO**

- 8.1. Proyecto en Ingeniería de Reactores

### **Metodología de la enseñanza:**

El curso se compone de una serie de trabajos experimentales que se llevan a cabo en las instalaciones del Laboratorio Experimental Multidisciplinario de Ingeniería Química (Nave 1000). Cada trabajo experimental se debe abordar con la idea de que el alumno adquiera los conocimientos teórico-prácticos básicos del tema y a la vez desarrolle su iniciativa, ingenio y creatividad. Para esto, el curso se divide en dos partes:

### **Primera parte del curso**

En la primera parte, se llevan a cabo los trabajos experimentales sobre los temas del curso de manera idéntica a los primeros cursos del LEM, es decir, se plantea un problema experimental en cada tema que el alumno debe resolver, preferentemente en un equipo escala piloto. Es necesario contar con un manual del curso del LEM para apoyar a los estudiantes en la solución de cada problema, guiándolos en las tres partes básicas del trabajo: preparación previa al experimento, la fase experimental propiamente dicha y el trabajo posterior o tratamiento de los datos experimentales obtenidos. Los aspectos mínimos necesarios de cada trabajo experimental que deben describirse en este manual son:

- Objetivo.- Establecer los conocimientos, habilidades o destrezas que el alumno logrará al resolver el problema.
- Problema experimental.- Describir el problema experimental que el alumno debe resolver (enunciado del problema) ¿Qué debe obtenerse del experimento?
- Conocimientos y actividades previas.- Son una serie de preguntas encaminadas a que el alumno estudie los conceptos necesarios para llevar a cabo el experimento, conozca el equipo que utilizará y en general proporcione al alumno una guía de estudio y preparación.
- Indicaciones experimentales.- Son breves explicaciones, la mayoría, relacionadas con la seguridad del trabajo y uso del equipo. En esta sección se pueden proporcionar además algunos elementos relacionados con el desarrollo del experimento sin llegar a una descripción detallada de los pasos a seguir o del manejo del equipo, información que puede ser consultada en otro tipo de documentos como los manuales de operación de equipo.

- Informe.- Proporcionar al estudiante una descripción general del informe que debe presentar y puntualizar en cada tema los aspectos importantes que no pueden faltar en el informe.
- Bibliografía.- Recomendar algunas fuentes de información.

El desarrollo de la primera parte del curso se llevará a cabo de acuerdo a las siguientes sesiones.

#### 11. Presentación del curso

- 11.1. Objetivos y contenido
- 11.2. Descripción de instalaciones del LEM
- 11.3. Descripción de metodología de trabajo
- 11.4. Descripción del Manual de Ingeniería Química Experimental LEM VI
- 11.5. Formato de informes
- 11.6. Método de evaluación
- 11.7. Aspectos básicos de seguridad en el LEM
- 11.8. Formación de equipos (grupos de trabajo) entre alumnos

#### 12. Desarrollo del curso; en cada tema:

- 12.1. Presentación del tema por el profesor
- 12.2. Conocimientos y actividades previas a la experimentación por parte de los alumnos
- 12.3. Revisión del punto anterior con el profesor
- 12.4. Indicaciones experimentales a los alumnos
- 12.5. Trabajo experimental (de acuerdo al manual)
- 12.6. Elaboración de informe
- 12.7. Presentación y discusión de resultados

### **Segunda parte del curso**

Esta segunda parte se trabaja en base a proyectos. En esta modalidad el estudiante selecciona un tema, plantea sus objetivos, elabora un plan de trabajo experimental con la asesoría, correcciones y visto bueno del profesor, para finalmente desarrollarlo. Es importante mencionar que para llegar a esta modalidad por proyectos, en los trabajos experimentales previos, en el presente curso y en los cursos anteriores, se da progresivamente mayor libertad al estudiante de definir partes la experimentación para que gradualmente se introduzca al trabajo por proyectos.

Es importante contar con una guía para la elaboración del proyecto, incluida en el manual del curso. Asimismo, contar con sugerencias de temas para los proyectos.

Las partes básicas del desarrollo del proyecto son:

- Selección del tema
- Planteamiento del problema
- Generalidades y antecedentes
- Fundamentos teóricos (conceptos, teoría y ecuaciones)
- Objetivos
- Formulación de hipótesis
- Plan de trabajo
- Desarrollo experimental y obtención de datos

- Tratamiento de datos experimentales
- Resultados y su análisis
- Informe del proyecto

### **PRODUCTOS ESPERADOS:**

Un informe de cada tema, un plan de trabajo para el desarrollo del proyecto y un informe del proyecto.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

### **BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:**

- Fogler H. S. Essentials of Chemical Reaction Engineering. Prentice Hall. USA. 2010.
- Marin, G., Yablonsky, G. S., Kinetics of Chemical Reactions: Decoding Complexity. Wiley VCH. Weinheim, Germany. 2011.
- Metiu, H. Physical Chemistry. Kinetics. Taylor and Francis. USA. 2006.
- Gupta, M. Statistical Mechanics and Reaction Kinetics. Campus Books. USA 2000.
- Levenspiel, O. Ingeniería de las Reacciones Químicas, 3<sup>a</sup> ed. Limusa. México. 2010.
- Houston, P. L. Chemical Kinetics and Reaction Dynamics. Dover Publications. USA. 2006.

### **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

- Belfiore L.A., Transport Phenomena for Chemical Reactor Design, John Wiley & Sons, USA. 2003.
- Nauman, E. B. Chemical Reactor Design, Optimization, and Scaleup, 2<sup>nd</sup> ed. Wiley-AIChE. USA. 2008.

### **CIBERGRAFÍA**

- <http://centros4.pntic.mec.es/~sierra8/aquimica/cinetica.pdf>
- <http://www.uia.mx/campus/publicaciones/quimanal/pdf/4equilibrioquimico.pdf>
- <http://www.fing.edu.uy/iq/maestrias/DisenoReactores/materiales/notas1.pdf>

**SUGERENCIAS DIDACTICAS RECOMENDADAS PARA IMPARTIR LA  
ASIGNATURA**

<b>SUGERENCIAS DIDACTICAS</b>	<b>UTILIZACIÓN EN EL CURSO</b>
Exposición oral	X
Exposición audiovisual	X
Actividades prácticas dentro de clase	X
Ejercicios fuera del aula	
Seminarios	X
Investigación bibliográfica	X
Redacción de informe de trabajo experimental	X
Lecturas obligatorias	
Trabajo de investigación	
Prácticas de Taller	
Otras	

**MECANISMOS DE EVALUACIÓN.**

<b>ELEMENTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE</b>	<b>UTILIZACIÓN EN EL CURSO</b>
Exámenes parciales	
Examen final	
Trabajos y tareas fuera del aula	X
Exposición de seminarios por los alumnos.	X
Participación en clase	X
Asistencia	X
Trabajo experimental	X
Informe de resultados experimentales	X

<b>PERFIL PROFESIOGRÁFICO REQUERIDO PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA</b>			
LICENCIATURA	POSGRADO	ÁREA INDISPENSABLE	ÁREA DESEABLE
Ingeniería Química		Ingeniería de Reactores	
Con experiencia docente			