



Mapa Curricular

En términos amplios se considera que hay tres actividades principales y fundamentales en las que participarán los estudiantes de este programa: Aprendizaje de conocimientos, solución de problemas y, al menos, un proyecto de investigación en el marco de las LGAC del programa. Estas actividades se desarrollan en conjunto con cursos o materias, impartidos por profesores del programa utilizando técnicas tradicionales, tales como exposición, taller y seminario. Además, el alumno debe de realizar actividades de investigación en cada materia, para complementar su trabajo de Tesis.

Las asignaturas y actividades académicas que integran el Plan de Estudios se muestran en la Tabla 1. Las materias, temáticas y conceptos sobre los que el alumno debe pensar y aprender se han especificado para responder a los retos que plantean la industria local y nacional. Como criterio de decisión para implantar cursos, se ha tomado en cuenta el avance en Ingeniería Química. Estos dos aspectos importantes se tienen presentes en el tipo de conocimientos que se describen en el perfil del egresado.

Tabla 1 Plan de estudios del DCIQ.

Asignaturas	Tipo	Clave	Seriación	Tipo de Instalación	Horas por semestre		Horas totales por semestre	Horas totales efectivas	Créditos
					Con Docente	Trabajo Individual			
Semestre I									
Optativa 1	Curso		Ninguna	Aula	64	64	128	128	8
Seminario de Investigación I	Seminario	SI1	Ninguna	Aula	48	48	96	96	6
Seminario de tesis I	Seminario	ST1	Ninguna	Laboratorio	32	192	224	224	14
Total Primer Semestre					144	304	448	448	28
Semestre II									
Optativa 2	Curso		Ninguna	Aula	64	64	128	128	8
Seminario de Investigación II	Seminario	SI2	SI1	Aula	48	48	96	96	6
Seminario de tesis II	Seminario	ST2	ST1	Laboratorio	32	192	224	224	14
Total Segundo Semestre					144	304	448	448	28
Semestre III									
Seminario de Investigación III	Seminario	SI3	SI2	Aula	48	48	96	96	6
Seminario de tesis III	Seminario	ST3	ST2	Laboratorio	32	192	224	224	14
Total Tercer Semestre					80	240	320	320	20
Semestre IV									
Seminario de Investigación IV	Seminario	SI4	SI3	Aula	48	48	96	96	6
Seminario de tesis IV	Seminario	ST4	ST3	Laboratorio	32	192	224	224	14
Total Cuarto Semestre					80	240	320	320	20
Semestre V									
Seminario de Investigación V	Seminario	SI5	SI4	Aula	48	48	96	96	6
Seminario de tesis V	Seminario	ST5	ST4	Laboratorio	32	192	224	224	14
Total Quinto Semestre					80	240	320	320	20
Semestre VI									
Seminario de Investigación VI	Seminario	SI6	SI5	Aula	48	48	96	96	6
Seminario de tesis VI	Seminario	ST6	ST5	Laboratorio	32	192	224	224	14
Total Sexto Semestre					80	240	320	320	20
Semestre VII									
Redacción de Tesis I	Seminario	RTI		Laboratorio		TC			Aprobado/ no aprobado



Total Séptimo Semestre									
Semestre VIII									
Redacción de Tesis II	Seminario	RTII	RTI	Laboratorio		TC			Aprobado/ no aprobado
Total octavo Semestre									
Total del programa									
					608	1568	2176	2176	136

En este programa se considera que la investigación es la actividad con la que se forma a los estudiantes de posgrado. Es decir, que la investigación es el medio a utilizar para familiarizar al alumno con todas las herramientas que le permitan evaluar, discriminar y seleccionar vías para desarrollar técnicas aplicables en el desarrollo de sus proyectos. Con el fin de conectar a la investigación con la formación de los alumnos y dar seguimiento al desarrollo de la tesis, se ha incluido en el plan de actividades académicas una serie de seis Seminarios de Investigación.

Para dar flexibilidad al programa se tienen Seis Seminarios de Tesis y dos seminarios de Redacción de Tesis, las materias de Redacción de Tesis 1 y 2 no contabilizan créditos, únicamente se evalúan como aprobado o no aprobado, lo cual permite que el alumno tenga posibilidad de graduarse al finalizar el sexto semestre si ha publicado al menos dos artículos en revistas indizadas, además de haber finalizado con la escritura de la tesis y cumplir con los requisitos establecidos en las normas complementarias del programa y aquellos que apliquen del RGEP de la UMSNH, o bien podrá titularse al finalizar el séptimo semestre si ya ha publicado al menos un artículo en revistas indizadas ha concluido con la escritura de la tesis y cubierto todos los requisitos previstos en las normas complementarias del programa y el RGEP de la UMSNH. Las materias relacionadas con el proyecto de tesis son:

1. Seminario de Investigación I
2. Seminario de Investigación II
3. Seminario de Investigación III
4. Seminario de Investigación IV
5. Seminario de Investigación V
6. Seminario de Investigación VI
7. Seminario de Tesis I
8. Seminario de Tesis II
9. Seminario de Tesis III
10. Seminario de Tesis IV
11. Seminario de Tesis V
12. Seminario de Tesis VI
13. Redacción de Tesis I



14. Redacción de Tesis II

Un aspecto vinculado con las actividades académicas propuestas es el relacionado a las dos materias optativas, que requiere de elección de cursos por los alumnos, siempre y cuando las materias optativas formen un bloque coherente (a sugerencia de su tutor). Estas materias podrán ser diferentes para cada alumno, dependiendo del tipo de problema que va a enfrentar en su tesis. Las materias disponibles son:

Análisis y Síntesis de Procesos Químicos
Optimización de Procesos Químicos
Integración de Procesos para el Uso Eficiente de la Energía
Control de Procesos Químicos
Modelación y Simulación de Procesos Químicos
Diseño de Experimentos
Métodos Computacionales en Ingeniería
Química de Superficies y Catálisis
Catálisis Heterogénea
Modelos de Calidad del Agua
Reactores Catalíticos Heterogéneos
Ciencia de los Polímeros
Escalamiento de Procesos Químicos
Contaminación Atmosférica
Simulación Molecular
Termodinámica Estadística
*Tópicos Selectos en Ingeniería Química I **
*Tópicos Selectos en Ingeniería Química II**
Gestión de la Innovación Tecnológica
Diseño de Biorreactores
Procesos de Producción de Bioenergéticos
Síntesis y Caracterización de Catalizadores Sólidos

*Las materias llamadas Tópicos Selectos en Ingeniería Química I y Tópicos Selectos en Ingeniería Química II se refieren a cursos optativos cuyo título no aparece en el listado de las Materias Optativas pero que por necesidades propias del proyecto tengan que ser cursadas por el alumno.

El programa comprende un total de 136 (ciento treinta y seis) créditos. Para cada hora efectiva de actividad de aprendizaje se consideran 0.0625 créditos, es decir, 1 crédito equivale a 16 horas de trabajo por semestre.

PROGRAMA DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Se entiende por actividad de aprendizaje “toda acción en la que el estudiante participe con el fin de adquirir los conocimientos o habilidades requeridos en un plan de estudios”, pudiendo desarrollarse dichas



actividades bajo la conducción de un académico en espacios institucionales o de manera independiente como parte de procesos autónomos. Es conveniente hacer notar la programación seriada de los Seminarios de investigación, lo que implica que el estudiante podrá inscribirse al siguiente semestre siempre y cuando apruebe el Seminario de Investigación correspondiente al semestre anterior.

Para consolidar y ampliar sus conocimientos, e incorporar al doctorando a las actividades académicas relacionadas con su tema de especialidad, se le conminará a participar en congresos, foros de discusión, talleres, conferencias, etcétera, ya sea como asistente o como ponente, y que sirvan para la retroalimentación y difusión de su proyecto. Asimismo, se promoverá la elaboración de artículos y ponencias relativos a su área de investigación en actividades de colaboración con los asesores de tesis.

Como se observa en las Tabla 1 las diferentes actividades de aprendizaje comprendidas en el DCIQ son:

a) Seminarios de investigación

Se considera que la investigación no es una actividad individual o aislada, sino que propicia el trabajo en equipo. Este programa impulsará esta segunda modalidad para avanzar de manera consolidada, compartiendo información y contrastando puntos de vista con otros investigadores y estudiantes de doctorado. Esta forma de trabajar permite acelerar el progreso del trabajo y garantizar el avance homogéneo de los estudiantes del doctorado.

Los Seminarios de investigación son espacios para profundización en temas específicos de cada línea de trabajo y para la discusión de los proyectos y avances de investigación de los alumnos.

Los maestros de seminario de investigación que son parte del NAB serán responsables de dar seguimiento a los avances del tema de tesis y serán moderadores de las presentaciones públicas que se realizan al final de cada semestre como parte de la evaluación de los alumnos.

Al final del primer semestre dicha presentación pública se considerará como el Examen de Competencia que versará sobre el protocolo de investigación, y será aplicado por el Comité Tutorial. En caso de no aprobar dicho examen, sólo tendrá una segunda oportunidad para aprobarlo al final del segundo semestre. Posteriormente al final del quinto semestre se aplicará el examen de Consolidación el cual será aplicado por el Comité Tutorial. El comité evaluará el desempeño del alumno durante su permanencia en el posgrado y emitirá un dictamen sobre la factibilidad de concluir en tiempo y forma el mismo. En caso de no aprobar dicho examen el alumno no podrá inscribirse al siguiente semestre hasta que el comité apruebe su evaluación mediante un acta.

Una vez concluido el periodo de presentaciones públicas (cuyo calendario será publicado en espacios públicos y en la página del posgrado) y para efectos de la evaluación, el coordinador del seminario



emitirá una calificación final a cada alumno teniendo en cuenta que la evaluación del profesor y del comité tutorial tendrán una ponderación del 30% y 70%, respectivamente sobre la evaluación final.

b) Cursos Optativos

Los cursos optativos están enfocados a proporcionar conocimientos más profundos en aspectos específicos de acuerdo al proyecto de investigación de cada estudiante y serán escogidos en común acuerdo entre el mismo estudiante, el director de tesis y el comité tutorial.

Cabe mencionar que estos cursos solamente se ofrecerán cuando las necesidades así lo requieran y que puede haber un número mayor o menor de cursos optativos dependiendo de los profesores visitantes con los que se cuente durante el semestre, dejando abierta la posibilidad de proponer otros cursos diferentes a los listados en la Tabla 5.2.3 en caso que así se requiera en algún proyecto de tesis específico.

c) Seminarios de Tesis

Cada estudiante del DCIQ cuenta con un Tutor, quien funge como el Director de su Proyecto de Investigación, que concluirá en la escritura de la Tesis, de acuerdo al inciso (c) del Artículo 87 del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

El Proyecto de Tesis es la principal actividad académica de los estudiantes de Doctorado. Este proyecto será coordinado por un profesor de Ingeniería Química, que pertenezca al programa, y que además será el Director de Tesis y Tutor del alumno. El Proyecto de Tesis consistirá, básicamente, en una investigación original relacionada a las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento desarrolladas en la Facultad de Ingeniería Química. El estudiante aprobará cada uno de los seis Seminarios de Tesis, si y sólo si, a juicio del Director de Tesis, su avance semestral cumple con los estándares de desempeño fijados por él, con respecto al contenido del trabajo. Para esto el Director de Tesis evaluará semestralmente los avances en el trabajo de investigación del alumno, solicitando la entrega de informes de avances, de conformidad con el plan de trabajo y calendarización establecida en el Protocolo de Investigación del alumno, a fin de dar seguimiento al desarrollo de la investigación y procurar que la tesis sea terminada en tiempo y forma.

d) Actividades Complementarias

Anualmente se lleva a cabo un coloquio, de manera adicional a las actividades académicas del Plan de Estudios, en el que académicos expertos en cada LGAC y doctorando presentarán temas específicos. Se podrá considerar en dichos coloquios la participación de profesores visitantes procedentes de otras universidades.

Estos eventos tendrán un carácter complementario en la formación de los estudiantes de doctorado, ya que éstos deberán presentar su avance al menos en forma de póster. Además, se buscará la participación de profesores y estudiantes de la licenciatura y de la maestría de la Facultad de Ingeniería Química de esta



institución, así como de otros programas de otras instituciones de educación superior. Este coloquio será el evento académico anual más importante organizado por la DEP-FIQ y, por tal motivo, proporcionará un marco apropiado para festejar los aniversarios de fundación de esta dependencia.

FLEXIBILIDAD

La flexibilidad del programa se considera un aspecto relevante para impulsar su vinculación con otros programas similares, nacionales y extranjeros, así como para facilitar la movilidad de estudiantes y profesores asociados al DCIQ.

Para lograr la flexibilidad del programa se permite que:

- Los estudiantes del programa puedan cursar hasta dos semestres en otra institución de educación superior nacional o extranjera, de acuerdo a los convenios y programas de movilidad que se establezcan
- A los alumnos aceptados al programa se les revalidarán los cursos realizados en otra institución de educación superior nacional o extranjera, previa autorización.
- Los alumnos pueden realizar estancias de investigación con duración de hasta dos semestres en otra institución nacional o extranjera, de acuerdo a los convenios y programas de movilidad que se establezcan.
- Estudiantes de otras instituciones nacionales o extranjeras podrán tomar cursos o hacer estancias de investigación en este programa, de acuerdo a los convenios y programas de movilidad que se establezcan.
- Profesores de reconocido prestigio de otras instituciones podrán impartir cursos o formar parte de las mesas de jurado de este programa.



Contenidos Temáticos Sintéticos de las Materias Optativas

MATERIA: ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE PROCESOS QUÍMICOS

Obligatoria / Optativa: Optativa

OBJETIVO GENERAL

Proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para el desarrollo y creación de nuevos procesos químicos o la mejor modificación de procesos existentes.

Clave: ASP

Créditos: 8

Semestre: I o II

Seriación. Ninguno.

TEMARIO**1.- Introducción**

- 1.1 Aspectos creativos del diseño de procesos químicos
- 1.2 Un escenario para el diseño de procesos químicos
- 1.3 La etapa de síntesis
- 1.4 La etapa de análisis y evaluación
- 1.5 La etapa de optimización
- 1.6 Diseño en equipo
- 1.7 Una estrategia jerárquica para el diseño de procesos químicos
- 1.8 Proceso HDA: Un caso de estudio del problema de diseño de procesos

PARTE I. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROCESOS**2.- Balances de masa y Energía de Procesos Químicos con Múltiples Recirculaciones**

- 2.1 Introducción
- 2.2 Desarrollo de modelos de balances de masa lineales para las unidades de proceso
- 2.3 Balances de masa lineales
- 2.4 Especificación de los niveles de temperatura y presión del balance de masa
- 2.5 Balances de energía
- 2.6 Proceso de amoníaco: Un caso de estudio

3.- Dimensionamiento y Costeo del Equipo

- 3.1 Introducción
- 3.2 Métodos cortos de diseño de equipos de proceso
- 3.3 Estimación de costos
- 3.4 Proceso de amoníaco: Un caso de estudio

4.- Evaluación Económica

- 4.1 Introducción
- 4.2 Medidas simples para estimar la utilidad y la recuperación de la inversión
- 4.3 Valor del dinero en el tiempo
- 4.4 Comparación de costos después de impuestos
- 4.5 Análisis de flujo de efectivo
- 4.6 Inflación
- 4.7 Evaluación del riesgo de inversión



4.8 Proceso de amoníaco: Un caso de estudio.

PARTE II.- SÍNTESIS DE PROCESOS

5.- Diseño de Procesos Químicos

- 5.1 Introducción
- 5.2 Etapas básicas en el diseño de procesos químicos
- 5.3 Jerarquía de decisiones para el diseño de procesos químicos
- 5.4 Información de entrada

6.- Estructura de Entrada-Salida de Diagramas de Flujo

- 6.1 Decisiones de la estructura de entrada -salida
- 6.2 Variables de diseño
- 6.3 Balances de masa globales
- 6.4 Costos de las corrientes
- 6.5 Alternativas de proceso
- 6.6 Evaluación económica de la estructura de entrada-salida
- 6.7 Proceso HDA: Un caso de estudio

7.- Estructura de Recirculación de Diagramas de Flujo

- 7.1 Decisiones que determinan la estructura de recirculación
- 7.2 Balances de masa de la estructura de recirculación
- 7.3 Efectos térmicos del reactor
- 7.4 Limitaciones del equilibrio
- 7.5 Selección de reactores químicos
- 7.6 Diseño y costos del compresor
- 7.7 Diseño y costos del reactor
- 7.8 Evaluación económica de la estructura de recirculación
- 7.9 Proceso HDA: Un caso de estudio

8.- Síntesis del Sistema de Separación

- 8.1 Estructura general del sistema de separación
- 8.2 Sistema de recuperación de vapores
- 8.3 Sistema de separaciones líquidas
- 8.4 Síntesis de secuencias ideales de destilación
- 8.5 Síntesis de sistemas de destilación azeotrópica
- 8.6 Evaluación económica del diagrama de flujo
- 8.7 Proceso HDA: Un caso de estudio

9.- Síntesis de Redes de Intercambio de Calor

- 9.1 Las curvas compuestas del proceso
- 9.2 Cálculo de los objetivos energéticos usando el algoritmo de la tabla problema
- 9.3 Número mínimo de intercambiadores de calor
- 9.4 Área objetivo
- 9.5 Diferencia mínima óptima de temperatura
- 9.4 Diseño de redes de intercambio de calor de máxima recuperación de energía
- 9.5 Integración de sistemas combinados de calor y potencia
- 9.6 Integración térmica de columnas de destilación
- 9.7 Proceso HDA: Un caso de estudio

10.- Diagrama de Costos y Búsqueda Eficiente de Alternativas de Proceso

- 10.1 Diagramas de costos
- 10.2 Diagramas de costos para procesos completos
- 10.3 Búsqueda eficiente de alternativas de proceso
- 10.4 Proceso HDA: Un caso de estudio



METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Metodología expositiva y tipo taller. Software comercial, como el simulador de proceso ASPEN, será utilizado para resolver los balances de masa y energía, así como para diseñar los equipos de proceso de los diagramas de flujo.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
2 Parciales	30%
Final	20%
2) Tareas (15)	25%
3) Proyecto (1)	25%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Douglas, J. M.**, 1988. *Conceptual Design of Chemical Processes*. New York: McGraw-Hill.
2. **Guthrie, K. M.**, (1969, March 24). Capital cost estimating. *Chemical Engineering*, 114.
3. **Linnhoff, B.**, 1993. Pinch analysis-A state-of-the-art overview. *Trans. IChemE.*, **71**(A), 503.
4. **Linnhoff, B. et al.**, 1982. *User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy*. Inst. Chem. Engrs.: Rugby.
5. **Linnhoff, B., and Hindmarsh, E.**, 1983. The pinch design method of heat exchanger networks. *Chem. Engng. Sci.*, **38**, 745.
6. **Perry, R. H., Green, D. W., Maloney, J. O.** (Eds.). 2007. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 6th ed. New York: McGraw-Hill.
7. **Peters, M., and Timmerhaus, K.** 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: McGraw-Hill.
8. **Pikulik, A., and Diaz, H. E.** 1977. Cost estimating major process equipment. *Chemical Engineering*, **84**(21), 106.
9. **Rudd, D. F., Powers, G. J., and Sirola, J. J.**, 1973. *Process Synthesis*. New Jersey: Prentice-Hall.
10. **Reid, R. C., Prausnitz, J. M., and Poling, B. E.**, 1987. *The properties of Gases and Liquids*. New York: McGraw-Hill.
11. **Smith, R.**, 2005. *Chemical Process: Design and integration*. New York: McGraw-Hill.
12. **Biegler, L.T., Grossmann, I.E., Westerberg, A.W.** 1997. Systematic methods of chemical process design. Prentice-Hall.

**MATERIA: OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS**Obligatoria / Optativa: Optativa**OBJETIVO GENERAL**

Proporcionar a los alumnos la teoría y la práctica de la optimización, haciendo énfasis en la importancia de esta materia en el mejoramiento tanto de los procedimientos de diseño como de las condiciones de operación de la industria de proceso.

Clave: OP**Créditos: 8****Semestre: I o II****Seriación.** Ninguno.**TEMARIO****1.- La Naturaleza y la Organización de los Problemas de Optimización**

Lo que es la optimización

¿Por qué optimizar?

Alcance y jerarquía de la optimización

Ejemplos de aplicación de optimización

Las características esenciales de los problemas de optimización

Procedimiento general para resolver problemas de optimización

Dificultades para optimizar

2.- Desarrollo de modelos de optimización

2.1 Clasificación de modelos

2.2 Cómo formular un modelo

2.3 Ajuste de funciones a datos empíricos

2.3.1 Cómo determinar la forma de un modelo

2.4 El método de mínimos cuadrados

2.5 Diseños de experimentos factoriales

2.6 Ajuste de un modelo a datos sujetos a restricciones

3.- Formulación de las Funciones Objetivo

3.1 Costos de inversión y costos de operación en las funciones objetivo

3.2 Consideración del valor del dinero con el tiempo

3.3 Medidas de rentabilidad

3.4 Optimizando la rentabilidad

3.5 Evaluación económica de proyectos

3.6 Estimación de costos

4.- Conceptos Básicos de Optimización

4.1 Continuidad de las funciones

4.2 Funciones unimodales y multimodales

4.3 Funciones convexas y cóncavas

4.4 Región convexa

4.5 Condiciones necesarias y suficientes para un extremo de una función no restringida

4.6 Interpretación de la función objetivo en términos de sus aproximaciones cuadráticas

5.- Optimización de Funciones No-restringidas: búsqueda unidimensional

5.1 Métodos numéricos para optimizar una función de una variable

5.2 Procedimientos de acotamiento y barrido

5.3 Métodos de búsqueda unidimensional

5.3.1 Método de Newton



- 5.3.2 Método de Quasi-Newton
- 5.3.3 Método de la secante
- 5.4 Métodos de eliminación de región
- 5.5 Métodos de aproximación polinomiales
 - 5.5.1 Interpolación cuadrática
 - 5.5.2 Interpolación cúbica
- 5.6 Aplicación de la búsqueda unidimensional en un problema multidimensional
- 5.7 Evaluación de los métodos de búsqueda unidimensionales

6.- Optimización Multivariable No-restringida

- 6.1 Métodos directos
 - 6.1.1 Búsqueda aleatoria
 - 6.1.2 Búsqueda de rejilla
 - 6.1.3 Investigación univariada
 - 6.1.4 Método Simplex
 - 6.1.5 Direcciones de búsqueda conjugadas
 - 6.1.6 Método de Powell
 - 6.1.7 Resumen
- 6.2 Métodos indirectos de primer orden
 - 6.2.1 Método del gradiente
 - 6.2.2 Gradiente conjugado
- 6.3 Métodos indirectos de segundo orden
 - 6.3.1 Método de Newton
 - 6.3.2 Forzando la matriz Hessiana a ser positiva definida
 - 6.3.3 Movimiento en la dirección de búsqueda
 - 6.3.4 Terminación
 - 6.3.5 Resumen del método de Newton
 - 6.3.6 Relación entre los métodos del gradiente conjugado y los métodos de cuasi-Newton
- 6.4 Métodos de la secante
 - 6.4.1 Determinación de la matriz Hessiana aproximada
 - 6.4.2 Movimiento en la dirección de búsqueda
 - 6.4.3 Terminación
 - 6.4.4 Resumen de los métodos de la secante
 - 6.4.5 Resumen de los métodos indirectos
- 6.5 Aproximaciones de las diferencias finitas como sustitutas de las derivadas
- 6.6 Fuentes de códigos de computadora para optimización no restringida
- 6.7 Evaluación de códigos de computadora para optimización no restringida
- 6.8 Diagnóstico de las fallas de los códigos de optimización al resolver un problema

7.- Programación Lineal y Aplicaciones

- 7.1 Conceptos básicos
- 7.2 PLs degenerados-solución gráfica
- 7.3 Ocurrencia natural de restricciones lineales
- 7.4 El método Simplex de resolución de problemas de programación lineal
- 7.5 Forma estándar PL
- 7.6 Obtención de una primera solución factible
- 7.7 El método Simplex revisado
- 7.8 Análisis de sensibilidad
- 7.9 Dualidad en programación lineal
- 7.10 El algoritmo de Karmarkar
- 7.11 Aplicaciones de la programación lineal

8.- Programación No-Lineal con Restricciones

- 8.1 El método de multiplicadores de Lagrange
- 8.2 Condiciones necesarias y suficientes para un mínimo local



- 8.3 Programación cuadrática
 - 8.4 El método generalizado del gradiente reducido
 - 8.4.1 El concepto del gradiente reducido
 - 8.4.2 El algoritmo generalizado del gradiente reducido
 - 8.4.3 Fuentes de códigos de computadora
 - 8.5 Función de penalidad y métodos Lagrangianos aumentados
 - 8.6 Programación cuadrática sucesiva
 - 8.6.1 Forma del subproblema de programación cuadrática
 - 8.6.2 Algoritmo de programación cuadrática sucesiva
 - 8.6.3 Códigos de programación cuadrática sucesiva
 - 8.7 Métodos de búsqueda aleatorios
 - 8.8 Evaluación comparativa de códigos generales de programación no-lineal
 - 8.9 Programación lineal sucesiva
 - 8.10 Optimización de procesos dinámicos
 - 8.11 Diagnóstico de la falla de códigos de optimización al resolver problemas
- 9.- Optimización de Procesos por Etapas y Discretos**
- 9.1 Programación dinámica
 - 9.2 Programación entera y mixta entera
 - 9.2.1 Enumeración implícita
 - 9.2.2 La técnica de ramificación y acotamiento
 - 9.2.3 Algoritmos de programación no-lineal mixta entera
- 10.- Programación Disyuntiva**
- 10.1 Modelado con programación disyuntiva
 - 10.2 Métodos de solución (relajaciones)
 - 10.2.1 Reformulación Gran M
 - 10.2.2 Reformulación Cascaron Convexo
- 11.- Optimización Global**
- 11.1 Clasificación de métodos de optimización global
 - 11.2 Métodos exactos
 - 11.2.1 Ramificación y acotamiento
 - 11.2.2 Intervalo
 - 11.2.3 Inicio múltiple
 - 11.3 Métodos heurísticos

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Metodología expositiva y tipo taller. Software comercial, como el GAMS, será utilizado para resolver la mayoría de los problemas de optimización de este curso.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
2 Parciales	30%
Final	20%
2) Tareas (15)	25%
3) Proyecto (1)	25%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA



- Edgar, T. F., and D. M. Himmelblau**, 2001, *Optimization of Chemical Processes*, McGraw-Hill, International Edition.
- Reklaitis, G. V., R. A. Ravindran, and K. M. Ragsdell**, 2006, *Engineering Optimization*, Wiley India Pvt Ltd. ISBN 8126509333
- Diwekar U. M.**, 2008, *Introduction to Applied Optimization*, Springer-Verlag, Cambridge, MA.
- Boyd S, Vanderberghe L**, 2004, *Convex Optimization*, Cambridge University Press, ISBN 0521833787
- Floudas, C. A., Pardalos, P. M.**, 2003 Eds. *Frontiers in Global Optimization*, Kluwer Academic Publishers.

**MATERIA: INTEGRACIÓN DE PROCESOS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**Obligatoria / Optativa: Optativa**OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de este curso es presentar los principios básicos y los métodos sistemático requeridos para realizar estudios industriales de ahorro de energía a través de la integración de procesos.

Clave: IPE**Créditos: 8****Semestre: I o II****Seriación.** Ninguno.**TEMARIO****1. Introducción**

- 1.1 Diseño de procesos
- 1.2 Redes de intercambio de calor
- 1.3 Definiciones: ΔT_{MIN} , Cp, CP
- 1.4 Ejemplos/Problemas

2.- Objetivos Energéticos

- 2.1 Importancia de la primera y la segunda Leyes de la Termodinámica
- 2.2 El Diagrama T - H y las curvas compuestas del proceso
- 2.3 Requerimientos mínimos de calentamiento y enfriamiento
- 2.4 Relación entre la ΔT_{MIN} y los servicios de calentamiento y enfriamiento
- 2.5 El concepto y la importancia del punto de pliegue
- 2.6 Transferencia de calor a través del punto de pliegue
- 2.7 El algoritmo de la Tabla Problema
 - 2.7.1 Ajuste de temperaturas
 - 2.7.2 Intervalos de temperaturas
 - 2.7.3 Cascada de calor
- 2.8 Relación entre las curvas compuestas y el algoritmo de la Tabla Problema
- 2.9 Ejemplos/Problemas

3.- Diseño de Redes de Máxima Recuperación de Energía

- 3.1 Representación de las redes de intercambio de calor
 - 3.1.1 Diagrama de flujo tradicional
 - 3.1.2 Diagrama de rejillas
- 3.2 Método de diseño del punto de pliegue
 - 3.2.1 Criterios de factibilidad para el diseño
 - 3.2.2 Comprensión de los criterios de factibilidad
- 3.3 Diseño de redes de máxima recuperación de energía para múltiples servicios y múltiples puntos de pliegue
- 3.4 Diagrama de rejillas balanceadas para la localización apropiada de los servicios
- 3.5 Diseño de redes de intercambiadores de calor con restricciones
- 3.6 Ejemplos/Problemas

4.- Área Mínima, Número Mínimo de Unidades de Transferencia de Calor y Costo de Capital

- 4.1 Área objetivo
 - 4.1.1 Ecuación básica para el área objetivo
 - 4.1.2 Comprensión de la fórmula Bath uniforme
- 4.2 Número mínimo de unidades de transferencia de calor



- 4.2.1 Teorema de Euler
- 4.2.2 Fórmula general
- 4.2.3 Número de lazos de calor en una red
- 4.2.4 Unidades mínimas para una red de máxima recuperación de energía
- 4.3 Número mínimo de corazas para diseños 1-2
- 4.4 Ejemplos/Problemas

5.- Optimización de la ΔT_{MIN}

- 5.1 ΔT_{MIN} : selección tradicional
- 5.2 Costos de operación
- 5.3 Costos de capital
- 5.4 Costo total anual
- 5.5 ΔT_{MIN} óptima
- 5.6 Trampas topológicas
- 5.7 Ejemplos/Problemas

6.- Evolución y Evaluación de Redes

- 6.1 Lazos y Rutas de Calor
 - 6.1.1 Identificación de lazos y rutas de calor
 - 6.1.2 Reducción de intercambiadores mediante la eliminación de lazos
 - 6.1.3 Rompimiento de lazos de calor y relajación de rutas de calor
 - 6.1.4 Violación y restauración de la ΔT_{MIN}
- 6.2 Aproximación sistemática para la relajación de energía
 - 6.2.1 Clasificación de los intercambiadores usando la interacción lazo-red
 - 6.2.2 La interacción lazo-red y el análisis de desplazamiento de cargas
- 6.3 Eliminación de unidades usando derivaciones de corrientes
- 6.4 Algunas herramientas de diseño para alcanzar los objetivos
 - 6.4.1 La Gráfica de la fuerza impulsora
 - 6.4.2 Análisis del problema residual
 - 6.4.3 Fenómeno del punto de pliegue oculto
 - 6.4.4 Concepto del punto de pliegue diverso
 - 6.4.5 La heurística de la razón de CPs
- 6.5 Evaluación económica de redes
- 6.6 Ejemplos/Problemas

7.- Reajuste de Redes Existentes

- 7.1 Reajuste por inspección
- 7.2 Objetivos para el reajuste
 - 7.2.1 El diagrama área-energía
 - 7.2.2 Comprensión del principio de transferencia de calor cruzada
 - 7.2.3 Tiempo de la recuperación de la inversión
 - 7.2.4 Estrategia óptima
- 7.3 Diseño del reajuste
- 7.4 Rompimiento de cuellos de botella
 - 7.4.1 Objetivos para el rompimiento de cuellos de botella
 - 7.4.2 Diseño para el rompimiento de cuellos de botella
- 7.5 Ejemplos/Problemas

8.- Sistemas Combinados de Calor y Potencia e Integración Total de Complejos Químicos

- 8.1 La gran curva compuesta
 - 8.1.1 Representación de los servicios
 - 8.1.2 Selección de los servicios
- 8.2 Máquinas térmicas y bombas de calor
 - 8.2.1 Localización apropiada con respecto al punto de pliegue
- 8.3 Integración óptima de máquinas térmicas



- 8.3.1 Acoplamiento de los perfiles térmicos de la máquina y el proceso
- 8.3.2 Máquinas térmicas prácticas
- 8.4 Integración óptima de bombas de calor
 - 8.4.1 La economía de los sistemas de bombas de calor
 - 8.4.2 Sistemas de refrigeración
- 8.5 Objetivos del trabajo de eje de procesos criogénicos
- 8.6 Objetivos de complejos químicos
 - 8.6.1 Áreas de integridad
- 8.7 Objetivos de emisiones gaseosas contaminantes
- 8.8 Ejemplos/Problemas

9.- Optimización e Integración Global de Procesos

- 9.1 Procesos flexibles
 - 9.1.1 Especificación del problema
 - 9.1.2 Mejores diseños para redes flexibles
 - 9.1.3 Tablas de sensibilidad y rutas corriente abajo
- 9.2 Integración de columnas de destilación
 - 9.2.1 Representación térmica de una columna de destilación
 - 9.2.2 Localización apropiada e integración de columnas
- 9.3 Integración de procesos de evaporación
 - 9.3.1 Evaporadores aislados del resto del proceso
 - 9.3.2 Integración térmica de evaporadores
- 9.4 Integración térmica de reactores químicos
- 9.5 Optimización del proceso global
 - 9.5.1 Modificaciones de procesos basadas en el principio Más/Menos
- 9.6 Ejemplos/Problemas

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Tipo Taller-Seminario, completamente interactivo. Al final de cada capítulo se ilustra la aplicación de los conceptos tratados mediante la resolución de varios ejemplos/problemas. Una buena parte del material didáctico consiste de láminas de acetatos que contienen la representación gráfica de los principios y técnicas de integración térmica de procesos, con la finalidad de lograr una comprensión clara de los mismos.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
2 Parciales	30%
Final	20%
2) Tareas (15)	25%
3) Proyecto (1)	25%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFIA

1. **Smith, R.** 2005. Chemical Process: Design and Integration. Wiley.
2. **Biegler, L.T., Grossmann, I.E., Westerberg, A.W.** 1998. Systematic Methods of chemical process design. Prentice Hall.
3. **Ei-Halwagi, M.M.** 2011. Sustainable design through process integration: Fundamentals and applications to industrial pollution prevention, resource conservation, and profitability enhancement, Butterworth-Heinemann.



4. **Foo, D.C.Y., El-Halwagi, M.M., Tan, R.R.** 2012. Recent advances in sustainable process design and optimization. World Scientific Publishing Company

5. **Klimes, J., Friedler, F., Bulatov, I., Varbanov, P.** 2010. Sustainability in the process industry: Integration and optimization. McGraw-Hill.

6.- **Kemp, I.C.** 2007. Pich analysis and process integration. Butterworth-Hainemann.



MATERIA: CONTROL DE PROCESOS QUÍMICOS

Obligatoria / Optativa: Optativa

OBJETIVO GENERAL

Mostrar la práctica del control automático de proceso, junto con los principios fundamentales de la teoría del control.

Clave: CP

Créditos: 8

Semestre: I o II

Seriación. Ninguno.

TEMARIO

1. Incentivos para el control de procesos.
2. Aspectos de diseño de un sistema de control de procesos.
3. Equipo físico para un sistema de control de procesos.
4. Desarrollo de un modelo matemático.
5. Consideraciones del modelado para propósitos de control.
6. Simulación por computadora y la linearización de sistemas no-lineales.
7. Transformada de Laplace.
8. Solución de ecuaciones diferenciales usando transformadas de Laplace.
9. Funciones de transferencia y los modelos entrada-salida.
10. Comportamiento dinámico de sistemas de primer orden.
11. Comportamiento dinámico de sistemas de segundo orden.
12. Comportamiento dinámico de sistemas de alto orden.
13. Introducción al control por retroalimentación.
14. Comportamiento dinámico de procesos controlados por alimentación adelantada.
15. Análisis de estabilidad de sistemas por retroalimentación.
16. Diseño de controladores por retroalimentación.
17. Análisis de respuesta de frecuencia de procesos lineales.
18. Diseño de sistemas de control por retroalimentación usando técnicas de respuesta de frecuencia.
19. Sistemas de control por retroalimentación con tiempos muertos grandes o respuesta inversa.
20. Sistemas de control con lazos múltiples.
21. Control con alimentación adelantada y por relación.
22. Sistemas de control adaptivos e inferenciales.
23. Síntesis de alternativas de configuraciones de control para procesos con entradas-salidas múltiples.
24. Interacción y desacoplamiento de lazos de control.
25. Diseño de control para plantas completas.
----- Fin del control inicial -----
26. Lazos de control en computadoras digitales.
27. De sistemas continuos a sistemas discretos en el tiempo.
28. Transformadas Z.
29. Respuesta discreta en el tiempo de sistemas dinámicos.
30. Diseño de controladores digitales por retroalimentación.
31. Identificación de procesos y control adaptivo.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Se usarán la metodología expositiva y el taller. Se usará software comercial para la resolución de los modelos de control altamente no lineales. El funcionamiento de algunos tipos de controladores se mostrará en equipos de laboratorio.



PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
2 Parciales	30%
Final	20%
2) Tareas (15)	25%
3) Proyecto (1)	25%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFIA

1. **Smith C.A. y Corripio, A.**, 2005, *Principles and Practice of Automatic Process Control*, John Wiley.
2. **Douglas M. Considine**, 1999, *Process/Industrial Instruments & Control Handbook*.
3. **Thomas E. Marlin**, 2000, *Process Control: designing processes and control systems for dynamic performance*, McGraw-Hill.
4. **Stephanopoulos, G.**, 1984, *Chemical Process Control. An Introduction to Theory and Practice*, Prentice Hall.

**MATERIA: MODELACION Y SIMULACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS**Obligatoria / Optativa: Optativa**OBJETIVO GENERAL**

Proporcionar a los alumnos los principios y técnicas para la modelación y simulación de procesos químicos, junto con la aplicación de tales conceptos para diseñar nuevos procesos o readaptar los ya existentes.

Clave: MSP**Créditos: 8****Semestre: I o II****Seriación.** Ninguno.**TEMARIO**

Uso de modelos matemáticos.
Principios de la formulación de modelos matemáticos.
Leyes fundamentales.
Ecuaciones de Continuidad, Energía y Movimiento.
Ecuaciones de Transporte, Estado y Equilibrio.
Ecuaciones de Cinéticas Químicas.
Ejemplos de modelos matemáticos de sistemas en Ingeniería Química.
Ejemplos con el equipo químico CSTR.
Ejemplos de Flash.
Ejemplos de Columnas de Destilación.
Ejemplos con otros equipos químicos.
Métodos Numéricos.
Programación por computadora.
Ejemplos de Simulación.
Simulación de equipos químicos CSTR.
Simulación de tanques Flash.
Simulación de Columnas de Destilación.
Simulación de otros equipos químicos.
Aplicación de los conceptos adquiridos en un proyecto final.
Aplicación de un Programa Profesional (ASPEN)

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Se usarán la metodología expositiva y el taller. Se usará software comercial para la resolución de los modelos de control altamente no lineales. El funcionamiento de algunos tipos de controladores se mostrará en equipos de laboratorio.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

El curso se evaluará con dos exámenes parciales (15% cada uno), un examen final (20%), quince tareas (25% en total) y un proyecto final (25%).

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.



BIBLIOGRAFÍA

1. **Holland**, 1975, *Fundamentals and Modelling of Separation Processes*, Prentice-Hall.
2. **Edgar, T. F., Himmelblau, D. M., Ladson**. 2001, *Optimization of Chemical Processes*, McGraw-Hill.
3. **Franks**, 1977, *Modelling and Simulation in Chemical Engineering*, Wiley-Interscience.
4. **Luyben, W. L.**, 1990, *Process Modelling, Simulation and Control for Chemical Engineers*, McGraw-Hill.

**MATERIA: DISEÑO DE EXPERIMENTOS**Obligatoria / Optativa: Optativa*OBJETIVO GENERAL*

Proporcionar a los estudiantes los métodos de diseño y análisis de experimentos, que le permitan realizar el desarrollo de productos y procesos, detección y eliminación de problemas de proceso y mejoramiento de la calidad.

Clave: DE **Créditos: 8** **Semestre: I o II**
Seriación. Ninguno.

*TEMARIO***1.- Introducción**

- 1.1 Que es el diseño experimental
- 1.2 Aplicaciones del diseño experimental
- 1.3 Principios básicos
- 1.4 Directrices para el diseño de experimentos

2.- Experimentos de comparación simple

- 2.1 Conceptos estadísticos básicos
- 2.2 Conceptos estadísticos básicos
- 2.3 Muestreo y distribuciones muestrales
- 2.4 Inferencia sobre la diferencia de medias

3.- Experimentos de un solo factor

- 3.1 Análisis de varianza
- 3.2 Análisis de modelos fijos
- 3.3 Comparación de medias de tratamientos individuales
- 3.4 Modelo de efectos aleatorios
- 3.5 Selección del tamaño muestral
- 3.6 Enfoque de regresión para el análisis de varianza
- 3.7 Métodos paramétricos en el análisis de varianza
- 3.8 Mediciones repetidas

4.- Diseño por bloques incompletos

- 4.1 Bloques incompletos balanceados
- 4.2 Recuperación de información interbloques
- 4.3 Bloques incompletos parcialmente balanceados
- 4.4 Cuadros de Youden
- 4.5 Diseños reticulares

5.- Diseños factoriales

- 5.1 Principios y definiciones básicas
- 5.2 Ventajas de los factoriales
- 5.3 Diseño factorial con dos factores
- 5.4 Modelo aleatorio y mixtos
- 5.5 Diseño factorial general
- 5.6 Ajuste de curvas y superficie de respuesta
- 5.7 Manejo de datos desbalanceados



6.- Reglas de sumas de cuadrados

- 6.1 Reglas para las sumas de cuadrados
- 6.2 Reglas para las medias de cuadrados esperadas
- 6.3 Pruebas F aproximadas

7.- Diseño factorial 2^k

- 7.1 El diseño 2^2
- 7.2 El diseño 2^3
- 7.3 El diseño general 2^k
 - 7.4 Una sola replica en el diseño 2^k
 - 7.5 Adición de puntos centrales al diseño 2^k
 - 7.6 Algoritmo de Yates para el diseño 2^k

8.- Técnica de confusión en el diseño factorial 2^k

- 8.1 Diseño factorial 2^k en dos bloques
- 8.2 Diseño factorial 2^k en cuatro bloques
- 8.3 Diseño factorial 2^k en 2^p bloques
- 8.4 Confusión parcial

9.- Diseños factoriales fraccionarios en dos niveles

- 9.1 Fracción un medio del diseño 2^k
- 9.2 Fracción un cuarto del diseño 2^k
- 9.3 Diseño factorial fraccionario $2^k - p$ general
- 9.4 Diseño de resolución III
- 9.3 Diseños de resolución IV y V
- 9.4 Contribuciones de Taguchi al diseño experimental

10.- Diseños jerárquicos

- 10.1 Diseño jerárquico de dos etapas
- 10.2 Diseño jerárquico general de m etapas
- 10.3 Diseños jerárquicos y factores cruzados

11.- Análisis de regresión

- 11.1 Regresión lineal simple
- 11.2 Pruebas de hipótesis en la regresión lineal simple
- 11.3 Estimación por intervalos en la regresión lineal simple
- 11.4 Regresión lineal múltiple
- 11.5 Pruebas de hipótesis en la regresión lineal múltiple

12. Métodos y diseño de superficies de respuesta

- 12.1 Introducción a la metodología de superficies de respuesta
- 12.2 Método de máxima pendiente
- 12.3 Análisis de modelos cuadráticos
- 12.4 Diseños experimentales para ajustar superficies de respuesta
- 12.5 Experimentos de mezcla
- 12.6 Operación evolutiva

METODOLOGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Metodología expositiva y taller de resolución de problemas al final de cada capítulo. Se usarán acetatos, software comercial para la resolución de problemas, así como módulos educativos por computadora.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE



1) Exámenes	
3 Parciales	45%
Final	20%
2) Tareas (15)	15%
3) Proyecto (1)	20%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

Montgomery, D.C., 2012, *Design and Analysis Experiments*, John Wiley & Sons, Edition, USA

Montgomery, D.C., 2000, *Design and Analysis Experiments, Educational Version 6.0.1 for Windows (CD-ROM)*, John Wiley & Sons, 5th Edition, USA

Fowlkes, Wi. Y. and C.M. Creveling, 1995, *Engineering Methods for Robust product Design: Using Taguchi Methods in Technology and Product Development*, Prentice-Hall, USA.

4. **Ranjit K. R.**, 2001, *Design of Experiments Using The Taguchi Approach: 16 Steps to Product and Process Improvement*, John Wiley & Sons, USA.

5. **Castaño Tostado Eduardo, Domínguez Jorge**, 2011. *Diseño de Experimentos: Estrategias y Análisis en Ciencia y Tecnología*, Universidad Autónoma de Querétaro. ISBN: 978-607-7740-56-8

6. **Goss, P., Jones, B.** 2011. *Optimal design of experiments: A case study approach*. Wiley.

**MATERIA: MÉTODOS COMPUTACIONALES EN INGENIERÍA**Obligatoria / Optativa: Optativa**OBJETIVOS GENERALES**

El alumno manejará adecuadamente las herramientas de los métodos numéricos aplicados a la resolución de la mayoría de los problemas encontrados en ingeniería, tales como son: las raíces de ecuaciones, integración, sistemas de ecuaciones algebraicas lineales, no lineales y ecuaciones diferenciales (ordinarias y parciales), y el ajuste de datos. Además de implementar cada método numérico por medio de un lenguaje de alto nivel, el alumno aprenderá y se familiarizará con el uso de tres paquetes de análisis numérico. Desarrollará además, un análisis crítico ingenieril mostrado en cada reporte escrito.

Clave: MCI**Créditos: 8****Semestre: I o II****Seriación.** Ninguno.**TEMARIO****1.- Errores en los Cálculos Numéricos**

- 1.1. Aritmética de punto flotante
- 1.2. Truncamiento y redondeo
- 1.3. Error absoluto, error relativo y porcentaje de desviación
- 1.4. Convergencia y estabilidad

2.- Raíces de Ecuaciones

- 2.1. Método de encierro
 - 2.1.1 Bisección
 - 2.1.2 Falsa posición (regula falsi)
- 2.2. Método de la pendiente
 - 2.2.1 Newton-Raphson
 - 2.2.2 Secante

3.- Integración

- 3.1. Regla de los trapezoides
- 3.2. Regla compuesta de Simpson 1/3
- 3.3. Integración de Romberg
- 3.4. Cuadratura Gaussiana

4.- Algebra Matricial

- 4.1. Vectores
- 4.2. Matrices: (+), (-), (x) suma, resta y multiplicación
- 4.3. Norma de una matriz
- 4.4. Valores característicos (Eigenvalores) y ortogonalización (de Gram-Schmidt)

5.- Sistemas de Ecuaciones Algebraicas Lineales

- 5.1. Eliminación de Gauss
- 5.2. Reducción de Gauss-Jordan y pivoteo máximo
- 5.3. Reducción de Montante
- 5.4. Descomposición LU
- 5.5. Reducción de Cholesky
- 5.6. Reducción de Crout
- 5.7. Método de Doolittle



5.8. Método iterativo de Gauss-Seidel

6.- Sistemas de Ecuaciones Algebraicas No Lineales

6.1. Método de Newton-Raphson

6.2. Métodos cuasi-Newton

6.2.1 Método de Broyden

6.2.2 Método de Wegstein

7.- Ajuste de Curvas y Análisis Estadístico de Datos

7.1. Método de mínimos cuadrados

7.1.1 Regresión lineal

7.1.2 Regresión polinomial

7.1.3 Regresión lineal múltiple

7.2. Análisis estadístico de datos y dispersión de los datos

7.2.1 Media aritmética

7.2.2 Desviación estándar

7.2.3 Varianza

7.2.4 Coeficiente de variación

7.2.5 Suma de los cuadrados y gráfica de residuales

7.2.6 Coeficiente de determinación

7.2.7 Coeficiente de correlación

8.- Interpolación y Extrapolación de Datos

8.1. Polinomios de Lagrange

8.2. Diferencias divididas hacia atrás y hacia adelante

8.3. Trazadores cúbicos (Cubic Splines)

9.- Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDO's)

9.1. Método de Euler

9.2. Método de Euler mejorado

9.3. Métodos de Runge-Kutta

10.- Sistemas de EDO's

10.1. Métodos de Runge-Kutta (R-K)

10.2. Métodos adaptativos de R-K

10.2.1 Runge-Kutta-Fehlberg (R-K-F)

10.2.2 Runge-Kutta-Gill (R-K-G)

11.- Sistemas de Ecuaciones Diferenciales Parciales (EDP's)

11.1. Ecuaciones diferenciales parciales elípticas

11.2. Ecuaciones diferenciales parciales parabólicas

12.- Paquetes de Análisis Numérico

12.1. Matlab

12.2. Polymath

12.3. Maple

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Tipo Taller-Seminario, completamente interactivo. Al final de cada capítulo se ilustra la aplicación de los conceptos tratados mediante la resolución de varios ejemplos/problemas.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE



El curso se evaluará con dos exámenes parciales (15% cada uno), un examen final (20%), una tarea por semana (25% en total) y un proyecto final (25%).

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Burden, R.L. y Faires, J.D.**, 2000, *Análisis Numérico*. Thomson, México.
2. **Carnahan, B., Luther, H.A. & Wilkes, J.O.**, 1969, *Applied Numerical Methods*, WILEY and Sons, New York.
3. **Cutlip, M.C. & Shacham, M.**, 1999, *Problem Solving in Chemical Engineering with Numerical Methods*, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey.
4. **Chapra, S.C.** 2010, *Métodos Numéricos para Ingenieros*, McGraw-Hill, México.
5. **Marón, M.J.** 2001, *Análisis Numérico-Un Enfoque Práctico*, CECSA, México.
6. Myers, A.L. & Seider, W.D., 1976, *Introduction to Chemical Engineering and Computer Calculations*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
7. **Nakamura, S.**, 1998, *Métodos Numéricos Aplicados con Software*, Prentice Hall, México.
8. **Nakamura, S.**, 1995, *Análisis Numérico y Visualización Gráfica con Matlab*, Prentice Hall, México.
9. **Nieves, A. y Domínguez, F.**, 1995, *Métodos Numéricos Aplicados a la Ingeniería*, CECSA, México.

MATERIA: QUÍMICA DE SUPERFICIES Y CATÁLISIS

Obligatoria / Optativa: Optativa

OBJETIVO GENERAL

Preparar a los alumnos para realizar investigación en el área de la Catálisis Heterogénea y Reactores Químicos. Debido a que la superficie juega un papel muy importante en los procesos de transformación, la comprensión de este tema ayudará fuertemente en la preparación de los futuros investigadores en esta área.

Clave: QSC

Créditos: 8

Semestre: I o II

Seriación. Ninguno.

TEMARIO

1.- Superficies.

- 1.1 Perspectiva histórica
- 1.2 Superficies e interfaces
- 1.3 Superficies externas
 - 1.3.1 Concentración de superficie
Clusters y pequeñas partículas
Películas delgadas
 - 1.3.2 Superficies internas
- 1.4 Superficies limpias



- 1.5 Interfaces
 - 1.5.1 Adsorción
 - 1.5.2 Grosor de capas superficiales
- 1.6 Técnicas en la ciencia de las superficies

2.- La Estructura de las Superficies

- 2.1 Introducción
- 2.2 Difracción superficial
- 2.3 Notación de superficies estructurales
 - 2.3.1 Notaciones abreviadas de estructuras superficiales simples
 - 2.3.2 Notación de High-Miller-Index, superficies escalonadas
- 2.4 La estructura de superficies limpias
 - 2.4.1 Contracción de la longitud de ligadura o relajación
- 2.5 Reconstrucción
 - Escalones atómicos y doblamiento
- 2.6 Estructura de la monocapa adsorbida
 - 2.6.1 Monocapas ordenadas y las razones de ordenamiento
 - 2.6.2 Reestructuración adsorbato inducido
 - 2.6.3 Adsorción atómica y penetración en los sustratos

Metales sobre metales: crecimiento epitaxial

- 2.6.5 Modelos de crecimiento en las superficies metálicas
- 2.6.6 Adsorción molecular Etileno Benceno
- 2.6.7 Monocapas adsorbidas
- 2.6.8 Monocapas fisisorbidas

3.- Termodinámica de Superficies

- 3.1 Introducción
- 3.2 Definición de las funciones termodinámicas de la superficie

Trabajo necesario para crear una superficie de un sistema mono componente: tensión superficial

- 3.3.1 La energía libre de superficies es siempre positiva
- 3.3.2 La energía libre específica de la superficie y su dependencia con la temperatura
- 3.3.3 Capacidad calorífica superficial
- 3.4 La energía superficial y la composición superficial en sistemas de dos componentes
- 3.5 Fases bidimensionales
- 3.6 Fases superficiales metaestables
- 3.7 Superficies curvas
- 3.8 Termodinámica de monocapas adsorbidas
 - 3.8.1 Calor de adsorción
 - 3.8.2 Aproximación de fase bidimensional
 - 3.8.3 Isotherma de adsorción

Calor de adsorción integral y diferencial

Adsorción molecular y disociativa

4.- Catálisis por Medio de Superficies

- 4.1 Introducción
- 4.2 Acción catalítica
- 4.3 Preparación de catalizadores, desactivación y regeneración
- 4.4 Catálisis metálica
- 4.5 Catálisis por medio de iones en las superficies
- 4.6 Materiales catalíticos usados más frecuentemente
- 4.7 Ciencia de la superficie en la química catalítica
 - 4.7.1 Técnicas para caracterizar y estudiar la reactividad de las superficies catalíticas de área

pequeña

- 4.7.1.1 Reactores para alta presión

Comparación de la reactividad entre superficies catalíticas pequeñas y grandes.



METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

El proceso de enseñanza-aprendizaje consistirá en la impartición de clases teóricas de manera tradicional, con acetatos, y de visitas al laboratorio de catálisis.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

El estudiante deberá presentar dos exámenes por semestre y un estudio teórico o práctico al final del semestre. Los exámenes constituyen el 80% y el proyecto el 20% de la calificación total.

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Bruce, G.**, 1992, Catalytic Chemistry.
2. **Gabor, S.**, 1994, Surface Chemistry and Catalysis.
3. **Smart and Moore**, 1992, Solid State Chemistry.



MATERIA: CATÁLISIS HETEROGÉNEA

Obligatoria / Optativa: Optativa

OBJETIVO GENERAL

Presentar a los estudiantes los conceptos de mayor relevancia sobre la catálisis heterogénea, con la finalidad de contribuir en la formación de los futuros investigadores en el área de la Ingeniería de las Reacciones Químicas.

Clave: CH

Créditos: 8

Semestre: I o II

Seriación. Ninguno.

TEMARIO

1. Conceptos Básicos

- 1.1 Introducción
- 1.2 Catalizadores heterogéneos en la industria
- 1.3 Definiciones
 - 1.3.1 Catalizador
 - 1.3.2 Actividad catalítica
 - 1.3.3 Selectividad catalítica y funcionalidad
 - 1.3.4 Catalizadores negativos
 - 1.3.5 Catálisis heterohomogénea
 - 1.3.6 Sitios activos
 - 1.3.7 Estructuras catalíticas
 - 1.3.8 Desactivación catalítica
- 1.4 Termodinámica y energética
 - 1.4.1 Rutas de reacción

2.- Adsorción

- 2.1 Caracterización de tipos de sorción
 - 2.1.1 Efectos caloríficos
 - 2.1.2 Velocidad de adsorción
 - 2.1.3 Efecto de la temperatura sobre la cantidad adsorbida
 - 2.1.4 Grado de avance de adsorción
 - 2.1.5 Reversibilidad
 - 2.1.6 Especificidad
- 2.2 Isotermas físicas de adsorción
- 2.3 Calor de adsorción
- 2.4 Modelos para las isotermas de adsorción
 - 2.4.1 Isoterma de Langmuir
 - 2.4.2 Isoterma de Freundlich
 - 2.4.3 Isoterma Temkin (slygin-frumking)
- 2.5 Quemisorción

3.- Velocidades y Modelos Cinéticos de Reacciones Catalíticas

- 3.1 Introducción
- 3.2 Correlaciones empíricas
- 3.3 Modelos cinéticos formales
 - 3.3.1 Modelo de Langmuir-Hinshelwood



- 3.3.2 Energías de activación aparentes
- 3.3.3 Máximo en la velocidad con incremento en la temperatura
- 3.3.4 Modelo ideal
- 3.3.5 Modelos cinéticos de dos pasos
- 3.3.6 Reacción reversible
- 3.4 Algunos usos y limitaciones de los modelos cinéticos

4.- Procesos de Transporte

- 4.1 Gradientes interfaciales
 - 4.1.1 Resistencias a la transferencia de masa y de calor
 - 4.1.2 Difusión multicomponente en un fluido
- 4.2 Gradientes dentro de la partícula.
 - 4.2.1 Difusión dentro del poro
 - 4.2.2 Reacción con difusión en el poro
 - 4.2.3 Factor de efectividad.
- 4.3 Combinación de resistencias internas y externas
- 4.4 Efectos térmicos
- 4.5 Gradientes de temperatura externos e internos

5. Preparación de los Catalizadores

- 5.1 Métodos generales de manufactura
- 5.2 Método de precipitación
 - 5.2.1 Precipitación
 - 5.2.2 Operaciones de formación
 - 5.2.3 Calcinación
 - 5.2.4 Reducción
- 5.3 Impregnación
 - 5.3.1 Distribución a través del pellet
- 5.4 Métodos especiales de preparación
 - 5.4.1 Método masivo
 - 5.4.2 Fusión térmica
 - 5.4.3 Procesos de Laching
 - 5.4.4 Otros métodos
- 5.5 Soportes catalíticos
 - 5.5.1 Alúmina
 - 5.5.2 Sílice
 - 5.5.3 Carbón activado
 - 5.5.4 Titania
 - 5.5.5 Otros soportes
- 5.6.- Promotores
 - 5.6.1 Promotores de textura
 - 5.6.2 Promotores estructurales

6.- Métodos para la Caracterización de la Superficie Catalítica

- 6.1 Medición del área superficial
 - 6.1.1 Isotermas de adsorción física
 - 6.1.2 Método BET
 - 6.1.3 Área específica usando quimisorción selectiva
- 6.2 Volumen de poros
- 6.3 Distribución de tamaño de poros
 - 6.3.1 Adsorción de nitrógeno
 - 6.3.2 Microporosidad y área superficial por el método T-Plot
 - 6.3.3 Porosimetría con intrusión de mercurio
- 6.5 Métodos selectos
 - 6.5.1 Difracción de rayos X (XRD)



- 6.5.2 Microscopía electrónica (SEM)
- 6.5.3 Espectroscopía del infrarrojo (IR)

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

El proceso enseñanza-aprendizaje consistirá en la impartición de clases teóricas de manera tradicional, con acetatos, y de visitas al Laboratorio de Catálisis.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
2 Parciales	30%
Final	20%
2) Tareas (15)	25%
3) Proyecto (1)	25%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFIA

1. Boudart, M. & Djega-Mariadassou, 1984, *Kinetics of Heterogeneous catalytic Reactions*.
2. Martyn V. Twigg, 1989, *Catalyst Handbook*.
3. Satterfield, C. N., 1991, *Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice*.
4. van Santen, R. A., 1991, *Theoretical Heterogeneous Catalysis*.

MATERIA: MODELOS DE CALIDAD DEL AGUA

Obligatoria / Optativa: Optativa

Clave: Horas a la semana: 4

Créditos: 8

OBJETIVO:

Al finalizar el curso, el alumno conocerá las principales variables que influyen en el comportamiento de algunos indicadores de la calidad de las aguas superficiales tales como: demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto y sustancias tóxicas. Estos estudios permitirán desarrollar modelos para predecir el comportamiento de los cuerpos receptores y administrar en forma efectiva las descargas que se hacen sobre ellos.

**PROGRAMA:**

Temas

Introducción

Cantidades fundamentales
Masa, volumen y concentración
Flujo Volumétrico y flujo másico
Descarga másica
Modelos made tesis
Tipos de Modelos
Factor de asimilación
Modos de aplicación
Conservación balance de masa

Cinética de las reacciones

Clasificación de las reacciones
Ley de acción de masas
Orden y constante de reacción (n y K)
Métodos para determinación de n y K
Método de integración
Método de diferenciación
Métodos de integración/mínimos cuadrados
Efectos de la temperatura en la cinética de las reacciones

Sistemas completamente mezclados

Balances de masa
Balance de masa para un lago completamente mezclado
Solución en estado estable
Tiempo de residencia y función de transferencia
Variabilidad en el tiempo
Solución general y valor característico
Tiempo de respuesta

Soluciones particulares

Descargas másicas más comunes
Solución particular para diferentes descargas másicas
Escalón
Impulso
Lineal
Exponencial
Senoidal
Principio de superposición

Sistemas de reactores

Balance de masa y estado estable para un sistema de reactores sin retroalimentación.
Modelo en cascada
Variación en el tiempo para un sistema de reactores sin retroalimentación
Balance de masa y estado estable para un sistema de reactores con retroalimentación
Matriz de respuesta
Variación en el tiempo

Métodos computacionales

Método de Euler
Método de Runge-Kutta
Sistemas de ecuaciones

**Difusión**

Primera ley de Fick
Modelo lago-bahía
Estado estable
Con variación en el tiempo
Difusión contra dispersión

Sistemas distribuidos

Estado estable
Reactor flujo pistón
Reactor flujo mezclado
Aplicación del reactor flujo pistón en ríos
Descargas puntuales
Descargas distribuidas
Aplicación de Reactor de flujo mezclado en estuarios
Descargas puntuales
Descargas distribuidas
Variación en el tiempo
Flujo pistón
Derrames instantáneos y continuos

Volumen de control

Estado estable
Diferencias retrasadas
Condiciones de frontera
Matriz de respuesta
Diferencias centradas
Dispersión numérica y positividad
Variación en el tiempo
Algoritmo explícito
Estabilidad
Volumen de control
Dispersión numérica

Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO) y Oxígeno Disuelto (OD)

Degradación de la materia orgánica
Determinación de la DBO
Modelación de la DBO en ríos
Tasas de remoción
Ley de Henry
Oxígeno disuelto de saturación
Efecto de la temperatura
Efecto de la salinidad
Efecto de la presión
Ecuaciones empíricas para estimar la constante de reaireación
Steeter y Phelps para descargas puntuales
Análisis de la ecuación de Streeter y Phelps
Calibración
Condiciones anaeróbicas
Ecuaciones para estuarios
Descargas de DBO y demandas de OD distribuidas
Fotosíntesis y respiración
Luz y fotosíntesis
Métodos de medición



Nitrógeno
DBO nitrogenada
Modelación de la nitrificación
Volumen de control

Lagos y Ríos

Determinación de áreas y velocidades en los ríos
Empleo de la ecuación de Manning para la determinación de flujos y tirantes de agua en ríos
Clasificación de los lagos
Determinación de áreas, volúmenes y profundidades en lagos
Evaporación e infiltración en lagos
Lagos con volumen variable

Sustancias Tóxicas

Comparación entre sustancias tóxicas y contaminantes convencionales
Partición sólido-líquido
Modelo en estado estable de sólidos y sustancias tóxicas para un lago completamente mezclado (LCM) sin interacción con los sedimentos
Modelo de sólidos y sustancias tóxicas para un lago completamente mezclado (LCM) considerando interacción con los sedimentos
Estado estable
Estimación de parámetros
Variaciones en el tiempo
Adsorción
Isotermas de adsorción
Fracción disuelta y fracción particulada
Coeficiente de partición
Volatilización. Ecuaciones empíricas para su evaluación
Simplificación del modelo de sustancias tóxicas en un LCM considerando interacción con sedimentos
Fases ambientales (destino final)
Fotólisis
Biodegradación
Hidrólisis
Metales pesados
Modelo simple partición
Incorporación del equilibrio químico en el balance de masa
Modelación de sustancias tóxicas en ríos y estuarios
Soluciones analíticas
Flujo pistón
Flujo mezclado
Interacciones de sustancias tóxicas/cadena alimenticia
Definiciones
Balance de masa y solución en estado estable
Bioacumulación
Estimación de parámetros
Integración con el balance de masa de la sustancia tóxica

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
3 Parciales	45%
Final	20%
2) Tareas (15)	15%



3) Proyecto (1)

20%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA:

Chapra, C. Steven, 2008, Surface water quality, Waveland Press Inc.

Edinger J. Arick, 2002, Waterbody Hydrodynamic and Water Quality Modeling, ASCE Press, United States of Americ.

Thomann, R.V. and J. A. Mueller, 1987, *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control*, Harper and Row Publishers, New York.

**MATERIA: CIENCIA DE POLÍMEROS**

Obligatoria / Optativa: Optativa

Clave: Horas a la semana: 4
Créditos: 8

OBJETIVO:

Al finalizar el curso, el alumno tendrá los elementos necesarios de información para que adquiera los conocimientos básicos sobre la química y propiedades de los polímeros, permitiéndole manejar de manera comprensiva la interrelación entre ambas, así como los conceptos que se manejan en esta área del conocimiento.

PROGRAMA:

Temas

1. Introducción.

- 1.1. Concepto de polímeros.
 - 1.1.1. Significado de polímero.
 - 1.1.2. Longitud cadena de los polímeros
 - 1.1.3. Arquitectura de los polímeros.
 - 1.1.4. Propiedades mecánicas de los polímeros
- 1.2. Antecedentes históricos.
 - 1.2.1. Modificación y obtención empírica.
 - 1.2.2. Entendimiento y síntesis de polímeros sintéticos.
- 1.3. Importancia y usos principales.
- 1.4. Notación y nomenclatura.
- 1.5. Polímeros isómeros.
- 1.6. Homopolímeros y copolímeros.
- 1.7. Mezclas.

2. Copolímeros.

- 2.1. Clasificación por la secuenciación del monómero
- 2.2. Arquitectura
 - 2.2.1. Copolímeros en dibloque
 - 2.2.2. Copolímeros en tribloque
 - 2.2.3. Copolímeros en multibloque.

3. Síntesis y cinética de polímeros

- 3.1. Generalidades
- 3.2. Polimerización por adición
 - 3.2.1. Consideraciones generales.
 - 3.2.2. Polimerización por radicales libres.
 - 3.2.3. Polimerización aniónica.
 - 3.2.4. Polimerización catiónica
 - 3.2.5. Polimerización por coordinación.
- 3.3. Polimerización por condensación (por pasos).
 - 3.3.1. Consideraciones generales.
 - 3.3.2. Comparación condensación- adición.
 - 3.3.3. Unión característica.
 - 3.3.4. Grupos de reacción.

4. Propiedades de los polímeros.

- 4.1. Peso molecular.



- 4.2. Morfología de los polímeros.
 - 4.2.1. Polímeros cristalinos.
 - 4.2.2. Polímeros amorfos.
 - 4.2.3. Comportamiento de diferentes polímeros.
 - 4.2.4. Características de un polímero cristalino.
 - 4.2.5. Rigidez de un material polimérico.
 - 4.2.6. Usos de un material polimérico.

5. Procesos de polimerización.

- 5.1. De una fase.
 - 5.1.1. Polimerización en masa o en fundido.
 - 5.1.2. Polimerización en solución.
- 5.2. De múltiples fases.
 - 5.2.1. Polimerización gas/sólido.
 - 5.2.2. Polimerización líquido/gas.
 - 5.2.3. Polimerización en emulsión.
 - 5.3.4. Polimerización en suspensión.

6. Degradación y protección.

- 6.1. Oxidación- Antioxidantes
 - 6.1.1. Mecanismo de degradación.
 - 6.1.3. Antioxidantes.
- 6.2. Fotólisis- fotoprotectores.
 - 6.2.1. Mecanismo de degradación.
 - 6.2.2. Fotoprotectores.

7. Modificación de las propiedades físicas (aditivos)

- 7.1. Modificadores del impacto
- 7.2. Lubricantes
- 7.3. Rellenos y reforzantes
- 7.4. Plastificantes
- 7.5. Antiespumantes

8. Técnicas de caracterización de los polímeros

- 8.1. Determinación del peso molecular por GPC y viscosimetría.
- 8.2. Análisis estructural por FT-IR, RMN y Uv-vis.
- 8.3. Estudio morfológico por SEM y Rayos X.
- 8.4. Comportamiento térmico por DSC y TGA.
- 8.5. Comportamiento mecánico.

9. Los polímero y su marco de aplicaciones

- 9.1. Plásticos familiares.
- 9.2. Cauchos.
- 9.3. Fibras artificiales.
- 9.4. Polímeros y semiconductores conductores.
- 9.5. Recubrimientos.
- 9.6. Membranas.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
3 Parciales	45%
Final	20%
2) Tareas (15)	15%



3) Proyecto (1)

20%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA:

George Odian, 2004, *Principles of polymerization*, John Wiley & Sons, 4th Edition, USA

Stepikheyev A. A., Derevitskaya, V., Slonimsky, G.L., 2001, *A first Course in Polymer Chemistry*, University Press of the Pacific

Paul J. Flory, L. Mandelkern, 1985, *Principles of Polymer Chemistry*, Cornell University Press, 4th Edition, USA

Noshay A., James E. M., 1997, *Block copolymers: Overview and critical survey*, Academic Press, 3th Edition, USA

Stanley R. Sandler, 1996, *Polymer Syntheses vo. II*, Academic Press, 2th Edition, USA.

Young, R. Y. 2011. *Introduction to Polymers*. CRC Press.

Rudin, A., Choi, P. 2012. *The elements of polymer science and engineering*. Academic Press.

Fried, J. 2013. *Polymer science and technology*. Prentice Hall.

Rajangam, R. 2012. *Basic concepts of polymer science and technology: An introduction to polymer science*. LAP LAMBERT Academic Publishing.

**MATERIA: REACTORES CATALÍTICOS HETEROGÉNEOS**Obligatoria / Optativa: Optativa**OBJETIVO GENERAL**

Transmitir a los estudiantes los conceptos más importantes sobre los reactores catalíticos de lecho fijo, así como introducirlos al campo de la investigación en esta área. Este tipo de reactores es de los equipos de proceso más importantes en la industria química.

Clave: RCH**Créditos: 8****Semestre: I o II****Seriación.** Ninguno.**TEMARIO****1.- Introducción**

- 1.1 Diferentes configuraciones de reactores de lecho fijo
 - 1.1.1 Catálisis Heterogénea y Cinética
 - 1.1.2 Catálisis Heterogénea
- 1.2 Formas de desactivación de catalizadores
 - 1.2.1 Poison
 - 1.2.2 Fouling
 - 1.2.3 Sintering
- 1.3 Caracterización física de catalizadores
- 1.4 Formas de velocidades de reacción
 - 1.4.1 Expresiones de potencia
 - 1.4.2 Ecuaciones Hougen-Watson
 - 1.4.3 Modelo mecanístico
 - 1.4.4 Velocidades de desactivación
- 1.5 Equilibrio químico
 - 1.5.1 Para gases ideales
 - 1.5.2 Para gases reales

2.- Procesos de Transporte

- 2.1 Procesos de transporte simultáneos
- 2.2 Relaciones generales para el transporte de masa y de calor
 - 2.2.1 Conducción
 - 2.2.2 Transporte de calor convectivo
 - 2.2.3 Difusión molecular
 - 2.2.4 Transporte de masa convectivo
- 2.3 Relaciones para la transferencia de masa y calor para reactores de lecho fijo
 - 2.3.1 Límites entre catalizadores esféricos y el fluido
 - 2.3.2 Límites entre un lecho cilíndrico y la pared del reactor
- 2.4 Caída de presión en lechos fijos

3.- Diseño y Operación de Reactores Catalíticos de Lecho Fijo

- 3.1 Diseño y modelos de operación
- 3.2 Condiciones en el catalizador
 - 3.2.1 Gradientes interfaciales
 - 3.2.2 Conclusiones
 - 3.2.3 Transporte intrapartícula
 - 3.2.4 Factor de efectividad de primer orden
 - 3.2.5 Efectividad para otras formas de velocidad



- 3.2.6 Efecto del tamaño de partícula en la velocidad
- 3.3 Condiciones en el lecho
 - 3.3.1 Gradientes de velocidad radiales
 - 3.3.2 Gradientes axiales
 - 3.3.3 Gradientes radiales
- 3.4 Modelo general del reactor tubular
- 3.5 Modelo pseudohomogéneo (en una dirección) para el reactor tipo tapón
- 3.6 Derivación del modelo Pseudohomogéneo (en una dirección) para el reactor tipo tapón
- 3.7 Modelo heterogéneo en una dirección
- 3.8 Modelo para un reactor adiabático con flujo radial
- 3.9 Modelo pseudohomogéneo en dos direcciones
- 3.10 Modelos de operación

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

El proceso enseñanza-aprendizaje consistirá en la impartición de clases teóricas de manera tradicional, usando gis y pizarrón o acetatos, y de visitas al laboratorio de catálisis.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
3 Parciales	45%
Final	20%
2) Tareas (15)	15%
3) Proyecto (1)	20%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aris, R., 1989, *Elementary Chemical Reactor Analysis*.
2. Froment, G. F. y Bischoff, K. B., 1990, *Chemical Reactor Analysis and Design*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc.
3. Rase, H. F., 1989, *Fixed-bed reactor design and diagnostics*.



MATERIA: ESCALAMIENTO DE PROCESOS QUÍMICOS

Obligatoria / Optativa: Optativa

OBJETIVO GENERAL

Proporcionar a los estudiantes la metodología cuantitativa para predecir el comportamiento de procesos a escala comercial a partir de escala a nivel laboratorio.

Clave: EPQ

Créditos: 8

Semestre: I o II

Seriación. Ninguno.

TEMARIO

1.- Introducción al Escalamiento

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Aproximaciones del escalamiento
- 2.3 Descripción de un procesos

2.- Modelación Matemática

- 2.1 Objetivos de la modelación
- 2.2 Principios Fundamentales para la Modelación Matemática
- 2.3 Análisis Dimensional
- 2.4 Aspectos prácticos de la Modelación

3.- Cinética de Reacciones

- 3.1 Objetivos en el Escalamiento de Reactores Químicos
- 3.2 Consideraciones Fundamentales
- 3.3 Correlación de datos
- 3.4 Incertidumbres

4.- Sistemas de Reacción Homogéneo

- 4.1 Balances de masa
- 4.2 Balances de energía
- 4.3 Escalamiento de un reactor homogéneo
- 4.4 Incertidumbres en el escalamiento de reactores homogéneos

5.- Reactores en Fase Fluida y Catalizada por Sólidos

- 5.1 Objetivos en el diseño de reactores de cama fija
- 5.2 Modelación matemática
- 5.3 Simulación
- 5.4 problemas

6.- Reactores Fluido-Fluido

- 6.1 Ejemplos prácticos
- 6.2 Consideraciones para el escalamiento
- 6.3 Aplicación de modelos de escalamiento
- 6.4 Incertidumbres

7.- Selección del tipo de Reactor

- 7.1 Tipo de reactores
- 7.2 Objetivos en la selección



7.3 Revisión y realidades

8.- Patrones de Flujo y Distribución de Tiempos de Residencia

- 8.1 Introducción
- 8.2 Distribución de tiempos de residencia
- 8.3 Aplicaciones directas
- 8.4 Técnicas de medición
- 8.5 Funciones de distribución analítica
- 8.6 Consideraciones de escalamiento
- 8.7 Complicaciones

9.- Procesos de Mezclado

- 9.1 Mezclado con impulsores
- 9.2 Relaciones de escalamiento
- 9.3 Guías para el escalamiento

10.- Procesos de Transferencia por Etapas

- 10.1 Consideraciones fundamentales
- 10.2 Sistemas Líquido-Vapor: Destilación
- 10.3 Sistemas Gas-Líquido: Absorción
- 10.4 Sistemas líquido-Líquido: Extracción
- 10.5 Consideraciones energéticas

11.- Procesos de Transferencia Continuos

- 11.1 Consideraciones fundamentales
- 11.2 Sistemas Líquido-Vapor: Destilación
- 11.3 Sistemas Gas-Líquido: Absorción
- 11.4 Sistemas líquido-Líquido: Extracción

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Metodología expositiva y taller de resolución de problemas al final de cada capítulo. Se usarán acetatos, software comercial para la resolución de problemas, así como módulos educativos por computadora.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
3 Parciales	45%
Final	20%
2) Tareas (15)	15%
3) Proyecto (1)	20%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Bisio, A. And R.L. Kabel**, 1985, *Scale up of Chemical Processes: Conversion from Laboratory Scale Test to Successful Commercial Size Design*, John Wiley & Sons, Inc., USA.



2. **Zlokarnik, M..**, 2006, *Dimensional Analysis and Scale-Up in Chemical Engineering*, Springer-Verlag, New York
3. **Hoyle, E.**, 1988, *Pilot Plants and Scale up of Chemical Processes*, McGraw-Hill, USA
4. **Johnstone, R.E. and M.W. Thring**, 1957, *Pilot Plants, Models, and Scale-up Methods in Chemical Engineering*, McGraw-Hill, Mew York.
- 5.- **Zlokarnik, M.** 2006. Scale-up in chemical engineering. Wiley-VCH.
- 6.- **Levin, M.** 2011. Pharmaceutical process scale-up. CRC Press.



MATERIA: CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Obligatoria / Optativa: Optativa

Clave: Horas a la semana: 4
Créditos: 8

OBJETIVO:

Al finalizar el curso, el alumno conocerá la problemática de la contaminación del aire, considerando la mecánica y dinámica de los contaminantes gaseosos y líquidos y será capaz de diseñar estrategias para el control de la contaminación del aire.

PROGRAMA:

Temas

PARTE I. Contaminantes en el aire: Sus fuentes y sus efectos.

Introducción al curso.
Contenido, Políticas y Evaluación
Repaso de conceptos
Balances de masa
Balances de energía
Equilibrio Químico
Cinética Química

Contaminantes en el aire
Historia
La atmósfera
Contaminantes en el aire
Materia particulada en la atmósfera
Niveles de concentración
Modelación de la calidad del aire

Efectos de los contaminantes
Efectos en la atmósfera
Efectos en los materiales
Efectos en la vegetación
Efectos en la salud humana
Deposición de aerosoles
Estándares de la calidad de aire y emisiones

Fuentes de contaminantes
Clasificación de los contaminantes
Fuentes naturales
Fuentes antropogénicas
Combustión de hidrocarburos y del carbón
Motores de combustión interna
Fuentes de óxidos de azufre

Parte II. Química de los contaminantes en el aire.

Química atmosférica en fase gaseosa
Reacciones fotoquímicas
Química atmosférica de los óxidos de nitrógeno
Química atmosférica de compuestos orgánicos



Smog Fotoquímico

Química atmosférica de óxidos de azufre
Química estratosférica

Química atmosférica en fase acuosa
Absorción
Equilibrio Químico en fase acuosa
Cinética del azufre en fase acuosa
Cinética del Nitrógeno en fase acuosa
Aspectos de transferencia de masa

Parte III. Aerosoles.

Propiedades y dinámica de los aerosoles
Distribución de tamaño
Propiedades de la distribución de tamaño
Degradación de la visibilidad
Sedimentación de partículas
Movimiento Browniano.

Parte IV. Equipo de Control y Modelos de Calidad del Aire.

Modelos de calidad del aire
Modelo gaussiano
Modelo Euleriano.

Equipo para controlar la contaminación del aire
Equipo para control de gases.
Equipo para control de partículas.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
3 Parciales	45%
Final	20%
2) Tareas (15)	15%
3) Proyecto (1)	20%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA:

Wark, K., Warner, C.F. 2013. Air Pollution: Ist origin and control. Limusa, NY, USA.
Brebbia, C.A., Longhurst, J.W.S 2008. Air Pollution XVI. WIT Press. Waveland Pr Inc.
Cooper, C.D., Alley, F.C. 2010. Air pollution control: A design approach.
Nevs, D.N. 2010. Air pollution control engineering. Waveland Pr Inc.
Nriaga, J.O., 1992, *Gaseous Pollutants, Characterization and Cyclin*. John Wiley & Sons , New York.
Reitze, A.W. 2010. Air pollution control an climate change mitigation law. Second Edition, Environmental Law Institute.

**MATERIA: SIMULACIÓN MOLECULAR**Obligatoria / Optativa: OptativaClave: Horas a la semana: 4
Créditos: 8**OBJETIVO:**

Al finalizar el curso, el alumno conocerá los métodos más comunes sobre simulación molecular y sus aplicaciones a los problemas de ingeniería química.

PROGRAMA:

Temas

1.- Introducción

- 1.1 Microestados y degeneración
- 1.2 Haciendo observaciones: La hipótesis de ergodicidad
- 1.3 Entropía y temperatura
- 1.4 Mecánica estadística clásica

2.- Simulaciones Monte Carlo

- 2.1 El método Metrópolis Monte Carlo
- 2.2 El magneto Ising en 2D
- 2.3 Elementos de un programa en espacio continuo
- 2.4 Monte Carlo de discos duros
- 2.5 Discos duros en 2D
- 2.6 Ecuación de estado del fluido de Lennard-Jones

3.- Simulación de la dinámica molecular

- 3.1 Antecedentes Teóricos
 - 3.1.1 Mecánica newtoniana e integración numérica
 - 3.1.2 El formalismo del operador Liouville para generar esquemas de integración de dinámica molecular
- 3.2 El Fluido de Lennard-Jones
- 3.3 Propiedades estáticas del fluido de Lennard-Jones
- 3.4 Propiedades dinámicas del fluido de Lennard - Jones

4.- Ensamblés

- 4.1 Simulaciones Monte Carlo en los ensambles isotérmico – isobárico y gran canónico
- 4.2 dinámica molecular a temperatura constante
 - 4.2.1 Escalamiento de velocidades: ensamble isocinético y el termostato de Berendsen
 - 4.2.2 Termostatos NVT
 - 4.2.3 Cadenas de Nose-Hoover
- 4.3 dinámica molecular a presión constante

5.- Métodos de energía libre

- 5.1 Potencial químico de exceso vía el método de Widom
- 5.2 Integración termodinámica

6.- Tópicos avanzados

- 6.1 Eventos raros
- 6.2 Interacciones de largo alcance
- 6.3 Densidad de estados

BIBLIOGRAFÍA:

Frenkel, D.; Smit, B. 2002, *Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications*,



Academic Press.

Rapaport, D. C., 1995, *The Art of Molecular Dynamics Simulation*. Cambridge University Press.

Leach, A. R. 2001, *Molecular Modeling: Principles and Applications*. Prentice-Hall.

**MATERIA: TERMODINÁMICA ESTADÍSTICA**Obligatoria / Optativa: Optativa

Clave:

Horas a la semana: 4

Créditos: 8

OBJETIVO:

Al finalizar el curso, el alumno conocerá los conceptos más importantes sobre termodinámica estadística y sus aplicaciones a los problemas de ingeniería química.

PROGRAMA:

Temas

1.- Introducción

- 1.1 Objetivos de la termodinámica estadística
- 1.2 Ensamblés y termodinámica
- 1.3 Matemáticas Relevantes
 - 1.3.1 Distribuciones de probabilidad
 - 1.3.2 Aproximación de Stirling
 - 1.3.3 Distribución binomial
 - 1.3.4 Multiplicadores de Lagrange
 - 1.3.5 Relaciones entre derivadas parciales
- 1.4 Breve revisión de termodinámica

2.- Ensamble canónico

- 2.1 Función de distribución (derivación)
- 2.2 Evaluación de los Multiplicadores de Lagrange usando la Segunda Ley
- 2.3 Expresiones para funciones termodinámicas en términos de la función de partición canónica
- 2.4 Tercera Ley y Entropía
- 2.5 Ensamble microcanónico
- 2.6 Significado físico de la función de partición

3.- Ensamble gran canónico

- 3.1 Función de distribución (derivación)
- 3.2 Evaluación de los multiplicadores de Lagrange
- 3.3 Expresiones para las funciones termodinámicas en términos de la función de partición gran canónica
- 3.4 Ensamble isotérmico – isobárico

4.- Varias estadísticas

- 4.1 Indistinguibilidad de las partículas y las funciones de distribución Fermi-Dirac Einstein-Bose y Boltzmann para partículas no interactuantes obtenidas vía la función de partición gran canónica
- 4.2 Propiedades termodinámicas

5.- Moléculas no interactuantes

- 5.1 Relación de la función de partición canónica a la función de partición molecular y las propiedades termodinámicas
- 5.2 Gases monoatómicos, diatómicos y poliatómicos
- 5.3 Simetría de las funciones de onda
- 5.4 Orto y para hidrogeno
- 5.5 Equilibrio químico
- 5.6 Equilibrio de fases

6.- Modos independientes de partículas



- 6.1 Sistema Fermi – Dirac
- 6.2 Cristal de Einstein
- 6.3 Cristal de Debye
- 6.4 Calor Especifico
- 6.5 Modelo de electrón libre en metales

7.- Mecánica Estadística Clásica

- 7.1 Espacio fase
- 7.2 función de partición clásica

8.- Fluctuaciones

- 8.1 Fluctuaciones en energía en el ensamble canónico
- 8.2 Fluctuaciones en magnetización en el ensamble canónico
- 8.3 Fluctuaciones en el número de partículas en el ensamble gran canónico
- 8.4 Tamaño del sistema y fluctuaciones
- 8.5 Equivalencia de los diferentes ensambles

9.- Partículas Interactuantes

- 9.1 Estadística de redes
- 9.2 El modelo Ising para sistemas con spin
- 9.3 Funciones de partición para sistemas unidimensionales
- 9.4 Sistemas rotos
- 9.4 Teoría del campo medio
- 9.5 Ley Curie-Weiss
- 9.6 Discontinuidades en el punto critico
- 9.7 Aproximación Bragg-Williams a la teoría del campo medio
- 9.8 Desmagnetización adiabática
- 9.9 energía Libre

10.- Aplicaciones a problemas de sistemas de redes o del campo medio

- 10.1 Soluciones regulares
- 10.2 Orden y desorden en aleaciones binarias
- 10.3 Modelos de redes de gases
- 10.4 Ecuación de van der Waals
- 10.5 Soluciones polímero – solvente
- 10.6 Cristales líquidos

11.- El modelo Ising

- 11.1 Longitud de las correlaciones
- 11.2 Método de matriz transferida
- 11.3 Re normalización de la teoría de grupos y aplicación al modelo Ising

12.- partículas interactuantes (gases imperfectos)

- 12.1 Termodinámica de la teoría de perturbación
- 12.2 Expansión acumulada
- 12.3 Enlace Gibbs – Bogoliubov

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
3 Parciales	45%
Final	20%
2) Tareas (15)	15%



3) Proyecto (1)

20%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA:

- McQuarrie, D. A.** 2000, *Statistical Mechanics*, Second Edition, University Science Books.
- Chandler, D.**, 1987, *Introduction to Modern Statistical Mechanics*. Oxford University Press.
- Carter, A. H.** 2000, *Classical and Statistical Thermodynamics*, Benjamin Cummings.
- Dill, K. A.** 2002, *Molecular Driving Forces: Statistical Thermodynamics in Chemistry and Biology*, First Edition, TF-ROU TL.

**MATERIA: GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**Obligatoria / Optativa: OptativaClave: GIT
Créditos: 8

Horas a la semana: 4

OBJETIVO: Capacitar al alumno en el manejo de información básica para elaborar informes tecnológicos. Lograr que el alumno sea capaz de analizar sistemas, metodologías y arquitecturas relacionadas con una misma funcionalidad. Conseguir que el alumno facilite información sobre nuevos sistemas cuando lo requieran las áreas. Lograr que el alumno sea capaz de definir los planes de implantación de nuevas tecnologías. Lograr que el alumno analice sistemas, metodologías y arquitecturas alternativas. Fomentar que el alumno mantenga a las áreas informadas sobre nuevos sistemas, metodologías y arquitecturas de su interés.

PROGRAMA:

Temas

1 Análisis Tecnológico

La dimensión estratégica de la innovación tecnológica

La estrategia tecnológica y el plan tecnológico

Análisis de nuevas tecnologías

Desarrollo de programas de análisis

El procesos de Evaluación de las Nuevas Tecnologías

Riesgos

Costos

Oportunidades

3. Calendario de Actividades

3.1 Introducción

3.2 Definición de prioridades

3.3 Estableciendo plazos

4. Implementación de Nuevas Tecnologías

4.1 Análisis de la viabilidad del plan de implementación

4.2 Proceso de implementación

4.3 Análisis de nuevas tecnologías

4.4 Desarrollo del programa de análisis

5. Operativa de Producción de las Nuevas Tecnologías

5.1 Operativa de producción

5.2 Puesta en marcha de nuevas tecnologías

6 Gestión Tecnológica

Gestión de procesos

Gestión de proyectos

Gestión de talento

Cartera de proyectos tecnológicos

7 La transferencia tecnológica

7.1 La investigación de mercados

7.2 Objetivos de la información

7.3 Fases de la investigación de mercados.

7.4 Muestreos

7.5 Las técnicas

8. Segmentación del mercado

8.1 Concepto fines y utilidad

8.2 Criterios de segmentación

8.3 Ampliación



8.4 Análisis del mercado

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes		
3 Parciales		45%
Final		20%
2) Tareas (15)		15%
3) Proyecto (1)		20%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

Mandaló Pérez, E. La innovación tecnológica y su gestión. 2016, Marcombo.
Berumen Arellano, S. Cambio tecnológico e innovación en las empresas. 2016, ESIC
Ismail, L., Zhang, L. Information innovation technology in Smart cities. 2017, Springer.
Majumdar, S., Guha, S. Technology and innovation for social change. 2016, Springer
Kuhlmann, S., Ordoñez-Matamoros, G. Research handbook on innovation governance for emerging economies. 2017, Edward Elgar Pub.

MATERIA: DISEÑO DE BIORREACTORES

Obligatoria / Optativa: Optativa

Clave: DBR

Horas a la semana: 4

Créditos: 8

OBJETIVO: Esta asignatura debería ser capaz de desarrollar y determinar parámetros de modelos cinéticos de procesos enzimáticos y microbiológicos. Utilizar información experimental para plantear modelos cinéticos aplicados a un reactor o fermentador.

Formular modelos de biorreactores para la optimización de su funcionamiento. Desarrollar las operaciones de separación necesarias para la concentración o purificación de un producto. Implementar modelos de reactores enzimáticos, fermentadores y procesos de separación en lenguaje informático. Ser capaz de simular en ordenador el funcionamiento y estabilidad ante perturbaciones de un biorreactor.

Temario

Biorreactores

Función y características generales.

Tipos de biorreactores.

Modos de operación de los biorreactores. Por lote, semicontinuo, continuo y sus variantes.

Diseño de biorreactores. Variables y parámetros de diseño.

Procesos de transferencia

Transferencia de cantidad de movimiento. Agitación. Velocidad y potencia de agitación.

Transferencia de masa. Aeración. Régimen de aeración. Rapidez de transferencia de oxígeno. Coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno.

Transferencia de calor. Balances de calor en el reactor en operación.

Enzimas



Clasificación y nomenclatura de enzimas

Coenzimas y cofactores

Factores que afectan la velocidad de las reacciones enzimáticas

Enzimas reguladas y no reguladas, propiedades generales

Cinética Enzimática

Actividad catalítica de las enzimas. Sitio activo. Bases moleculares y termodinámicas de la acción catalítica de las enzimas.

Modelos matemáticos de la cinética de una reacción enzimática.

Modelo para una reacción enzimática simple cuando se logra equilibrio rápidamente.

Modelo de una cinética enzimática simple con la suposición del estado pseudoestacionario.

Determinación experimental de los parámetros cinéticos de la ecuación de Michaelis-Menten y las transformaciones de ésta.

Efecto de condiciones del entorno: concentración de sustrato, temperatura y del pH.

Inhibición enzimática: competitiva; no competitiva; acompetitiva.

Modificación de la ecuación de velocidad con diferentes tipos de inhibición.

Inmovilización de enzimas. Métodos de inmovilización. Efecto de la inmovilización sobre la actividad catalítica.

Limitaciones difusionales en sistemas con enzimas inmovilizadas

Cinética Microbiana

Estequiometría del crecimiento microbiano. Rendimientos.

Cinética de crecimiento. Ecuación de Monod. Inhibición del crecimiento. Otros modelos cinéticos de crecimiento microbiano.

Consumo de sustrato. Consumo de sustrato para crecimiento. Consumo de sustrato para mantenimiento celular. Requerimiento de oxígeno.

Efecto de pH y la temperatura sobre el crecimiento.

Modelos cinéticos para la síntesis de producto.

Estudio de caso: procesos biotecnológicos donde intervengan enzimas y/o microorganismos.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
3 Parciales	45%
Final	20%
2) Tareas (15)	15%
3) Proyecto (1)	20%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

Grau, S. M., & Bernal, J. B. (1996). Diseño de biorreactores y enzimología. EDITUM.

Silván, C. G. (2013). Efecto de las variables de un sistema de biorreactores de membrana sumergida (MBR) sobre la actividad enzimática y la estructura de su comunidad microbiana. Editorial de la Universidad de Granada.

Baquero, O., Perez, C. M. S., de Ona Baquero, D. C. M., & Perez, D. S. (2012). Mantenimiento básico de maquinas e instalaciones en la industria alimentaria (No. 658.2/02). e-libro, Corp.

Kern, D. Q. D. Q. K. (2008). Procesos de transferencia de calor (No. TJ263 K45).

Bosch i Merino, A., & Fernández Gallegos, M. R. (2008). Biología molecular I.

Fersht, A. (1980). Estructura y mecanismo de los enzimas (No. 6). Reverté.

Aracil, C. B., Rodríguez, M. P., Magraner, J. P., & Pérez, R. S. (2011). Fundamentos de bioquímica. Universitat de València.



Izquierdo, J. F., & Torres, J. F. I. (2004). Cinética de las reacciones químicas (Vol. 16). Ediciones Universitat Barcelona.

Atkinson, B. (1986). Reactores bioquímicos. Reverté.

Tortora, G. J. F. (1993). Introducción a la microbiología, Gerard J. Tortora, Berdell R. Funke, Christine L. Case.



MATERIA: PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE BIOENERGÉTICOS

Obligatoria / Optativa: Optativa

Clave: PPB

Horas a la semana: 4

Créditos: 8

OBJETIVO: La materia de Procesos de Producción de Bioenergéticos proporciona al perfil del Maestro en Ciencias en Ingeniería en Bioenergía las bases para el desarrollo de procesos que optimicen la actual de la producción de bioenergéticos.

Temario

Concepto de bioenergía

Definición de bioenergía.

Definición de biomasa.

Fuentes de bioenergía.

Recursos biomásicos nacionales.

Maderables.

Agrícolas.

Municipales.

Industriales.

Conversión térmica de la biomasa

Hidrólisis.

Gasificación.

Pirolisis.

Digestión.

Digestión anaeróbica.

Digestión aeróbica.

Fermentación.

Fermentación Alcohólica.

Fermentación Butírica.

Fermentación de la glicerina.

Combustión directa.

Conversión térmica de la biomasa

Remoción de agua y secado.

Reducción de Tamaño.

Densificación.

Clasificación.

Biocombustibles

Tipos de Biocombustibles.

Sólidos.

Líquidos.

Gaseosos.

Syngas.

Definición y Características.

Procesos de obtención y usos.



Alcoholes.
Metanol.
Etanol.
Alcoholes de mayor peso molecular.
Gasolinas.
Diesel.
Propiedades de los biocombustibles.
Producción de los biocombustibles.
Factores económicos, sociales y ambientales.

Biorefinerías

Sistemas Integrados.
Sistema de Conversión.
Producción de Energía Neta.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
3 Parciales	45%
Final	20%
2) Tareas (15)	15%
3) Proyecto (1)	20%

Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

- Energy production from biomass (part 1): overview of biomass, McKendry P., Bioresource Technology, 83, 37-46, 2002.
- Energy production from biomass (part 2): conversion technologies, McKendry P., Bioresource Technology, 83, 47-54, 2002.
- Benetti D., Colombo A., Analisi a molti obiettivi per la produzione di energia da biomasse, Tesina di laurea, Politecnico di Milano, Milano, Italia, 1998/1999.
- Integrated biomass energy systems and emissions of carbon dioxide, Roman U., Turnbull J., Biomass and bioenergy, 13, 333-343, 1997.
- Riva G., L'uso energetico della biomassa - Le applicazioni, Università Politecnica delle Marche, 2004.
- Sitio web - International Energy Agency: www.iea.org.
- Nuestro Planeta, La revista del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Tomo 14, No. 3, 2003.
- Klass, D. L., Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals, Academic Press, 1998.
- Johansson, T. B., Kelly, H., Reddy, A. K. N. and Williams, R. H. (Editors), Renewable Energy: Sources For Fuels And Electricity, Island Press, 1992.
- Kitani, Osamu (Editor), Biomass Handbook, Routledge, 1989.
- Castro Gil, M., Biocombustibles, Progensa, 2004
- Kemp, W.H., Biodiesel Basics and Beyond, Aztext Press, 2006.
- Pahl, Greg, Biodiesel, Chelsea Green Publishing, 2004.
- Hubert E. Stassen, Peter Quaak, Harrie Knoef, Energy from Biomass: A Review of Combustion and Gasification Technologies, World Bank Publications, 1999.
- Sims, Ralph, Bioenergy Options for a Cleaner Environment: in Developed and Developing Countries, Elsevier Science, 2003.
- Estill, L, Biodiesel Power, New Society Publishers, 2005.



**MATERIA: SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE CATALIZADORES SÓLIDOS**Obligatoria / Optativa: Optativa

Clave: SCC

Horas a la semana: 4

Créditos: 8

OBJETIVO: Instruir al alumno en la síntesis de catalizadores sólidos, además del conocimiento de los fundamentos de técnicas caracterización para catalizadores avanzados.

Temario**Aspectos generales****Propiedades y características de catalizadores sólidos****Métodos de síntesis**

Solvotermal

Impregnación

Deposición-precipitación

Co-precipitación

Aleado mecánico

Sol-gel

Tratamientos térmicos

4. Caracterización de catalizadores

Difracción de Rayos X

Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Microscopía electrónica de transmisión (TEM) y de alta resolución (HRTEM)

Propiedades texturales (Adsorción de N₂)Desorción a Temperatura Programa de amoníaco (TPD de NH₃)

Reducción a Temperatura Programada (TPR)

Espectroscopía Raman

METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Exposiciones de los temas por parte del profesor, investigaciones por parte de los alumnos para establecer una dinámica de retroalimentación en el grupo.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Se realizará a través de evaluaciones escritas, trabajos de investigación, exposiciones y tareas.

PERFIL DESEABLE DEL DOCENTE

Ingeniero Químico con estudios de posgrado.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DEL APRENDIZAJE

1) Exámenes	
3 Parciales	45%
Final	20%
2) Tareas (15)	15%
3) Proyecto (1)	20%



Trabajo Individual: El trabajo individual del alumno corresponde a las horas dedicadas a lecturas, tareas y todas las actividades que complementarias para el buen desarrollo de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

Krijn P. de Jong, Synthesis of Solid Catalysts, Wiley-VCH (2008).

G. Ertl, H. Knozinger, J. Weitkamp, Preparation of Solid Catalysts, Wiley-VCH (1999).