

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Optimización por métodos determinísticos.
Clave de la asignatura:	
SATCA¹:	5-0-5
Carrera:	Ingeniería Química

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil profesional del Ingeniero Químico la capacidad de modelar los equipos y procesos químicos seleccionados en clase, desarrollar módulos de optimización acoplados a un simulador de procesos; así como, propiciar la discusión e interpretación de los resultados obtenidos con el uso de algunos simuladores comerciales para diseñar, seleccionar, operar, optimizar y controlar procesos químicos en plantas industriales y de servicios, con tecnologías limpias de acuerdo a las normas de higiene y seguridad, de manera sustentable.

Para estructurarla se ha realizado un análisis en el campo de las Operaciones Unitarias, Ingeniería de Reactores, Control de Procesos, así como en Industria Química, identificando los temas que tienen una aplicación más importante en el entorno laboral del ingeniero químico.

Esta materia es de carácter integrador, hace uso de las competencias adquiridas en materias como Procesos de Separación, Ingeniería de Reactores, Síntesis y Optimización de Procesos, por esta razón se ha colocado en los últimos semestres de la trayectoria escolar, de manera tal que en ella se apliquen y verifiquen los conocimientos adquiridos sobre la Ingeniería Aplicada. En general, esta asignatura proporciona al Ingeniero Químico en formación la capacidad de utilizar herramientas para el uso de modelos que representen y predigan desde las propiedades de sustancias hasta la operación de plantas químicas completas, permitiendo así un análisis y optimización de las mismas.

Intención didáctica.

El temario del curso se ha organizado en seis unidades. La primera de ellas aborda conceptos fundamentales de la optimización, en donde se verán la importancia de la optimización y la definición de las funciones matemáticas para determinar la naturaleza de las mismas.

La segunda unidad incorpora los conocimientos básicos para la optimización de funciones unidimensionales sin restricciones, dentro de los métodos que se estudiarán se encuentran: Método de Newton, reducción de intervalo y

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

aproximación por polinomios (cuadrático y cúbico).

En la tercera unidad se establece el análisis metodológico para resolver problemas de optimización que generen funciones multivariadas sin restricción, para ello se estudiarán los algoritmos de Fletcher, Newton y los basados en valores de la función.

La cuarta unidad permite el desarrollo de la estrategia para el planteamiento y solución mediante la programación lineal, mediante los tres siguientes métodos: simplex, gráfico y numérico.

La quinta unidad retoma los conceptos estudiados en la segunda y tercer unidad, considerando ahora el involucramiento de restricciones en el sistema matemático propuesto. Base de dicho aprendizaje, requiere el conocimiento del planteamiento de las condiciones necesarias y suficientes para que se obtenga un mínimo local. Dentro de los métodos numéricos a emplear se encuentra la programación cuadrática, GRG y plano cortante.

La sexta unidad complementa los conocimientos adquiridos en la unidad cinco, permitiendo ahora la consideración de condiciones lógicas y de variables enteras, lo que permite aplicar la técnica de Branch and Bound, para la resolución de los problemas híbridos.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la construcción de modelos de equipos o procesos químicos así como su solución a través de la aplicación de los fundamentos de ingeniería química y métodos numéricos. Los alumnos establecerán los modelos de los equipos o procesos en estudio y seleccionen el método numérico que le permita solucionar el modelo en estudio.

Se sugieren utilizar actividades de aprendizaje diversificadas para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje y el consecuente desarrollo de las competencias correspondientes.

Algunas de las actividades de aprendizaje pueden hacerse como actividad extra clase y en clase realizar una discusión de resultados, permitiendo que el alumno tenga contacto con el concepto en forma concreta y que sea a través de la reflexión, el análisis y la discusión que se logre el conocimiento y la resolución de problemas. Se sugiere que se diseñen los problemas, con grado sobreespecificado o subespecificado en variables, de tal manera que se involucre al alumno en el análisis de grados de libertad y su especificación.

En la realización de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar los trabajos que lleva a cabo y a entender que está construyendo su quehacer profesional, que debe apreciar la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo, desarrollar la capacidad de innovar, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía en la toma de decisiones.

Finalmente, se insiste reiterativamente que en esta materia se integran todos los fundamentos y conceptos de ingeniería química, que son la base principal para el desarrollo del modelamiento de equipos y optimización de procesos a fin de que el alumno pueda visualizar e interpretar la importancia en la aplicación industrial de la optimización de procesos químicos.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
IT de Orizaba del 18 al 22 de Agosto de 2014	Representantes de la Academia de Ing. Química: Dr. Eusebio Bolaños Reynoso Dr. Galo Rafael Urrea García M.C. Gustavo Alvarado Kinnell	Análisis, enriquecimiento y modificación del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la carrera de Ingeniería Química

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<p>• Aplicar las diversas técnicas numéricas de la optimización en la formulación, análisis y solución de problemas de la ingeniería en la obtención de las mejores condiciones para el diseño, mejora y toma de decisiones en procesos industriales.</p>
<p>Conocer y aplicar los distintos métodos de optimización en función del proceso a analizar. Utilizar software para el análisis y optimización de procesos químicos.</p>
Competencias genéricas
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar conocimientos básicos de la carrera • Capacidad de organizar y analizar • Capacidad de análisis y síntesis • Habilidades básicas de manejo de computadora • Habilidad para plantear matemáticamente diversos tipos de problemas • Solución de problemas • Toma de decisiones • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Habilidades interpersonales • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica

- Habilidades de investigación
- Capacidad de aprender
- Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)
- Habilidad para trabajar en forma autónoma
- Búsqueda del logro

5. Competencias previas

- Resolver sistemas de ecuaciones lineales
- Resolver operaciones de cálculo vectorial
- Resolver operaciones matriciales
- Realizar balances de materia y energía
- Resolver modelos matemáticos analítica y numéricamente.
- Aplicar lenguajes de programación (Fortran, Matlab, Mathcad) para resolver modelos matemáticos
- Aplicar los conceptos de ingeniería química
- Aplicar los conceptos de ingeniería económica

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a la optimización	1.1 Definición de optimización 1.2 Aplicación de la optimización en el campo de la Ing. Química 1.3 Función unimodal, continua y multimodal 1.4 Función cóncava, convexa, región cóncava
2	Optimización de funciones no restringidas, búsqueda unidimensional	2.1 Condiciones de extremo 2.2 Métodos tipo Newton 2.3 Método de reducción de intervalo 2.4 Métodos de aproximación por polinomios
3	Optimización de funciones multivariantes no restringidas	3.1 Algoritmo de Fletcher 3.2 Algoritmos tipo Newton 3.3 Algoritmos basados sólo en valores de la función
4	Programación Lineal	4.1 Conceptos básicos de programación lineal 4.2 Método simplex para resolver problemas de programación lineal 4.3 Obtención de una primera posible solución 4.4 Forma estándar de programación lineal

5	Programación no lineal con restricciones	<p>5.1 Condiciones necesarias y suficientes para que exista un mínimo local</p> <p>5.2 Programación cuadrática</p> <p>5.3 Método del gradiente</p> <p>5.4 Método del plano cortante</p> <p>5.5 Aplicaciones con software</p>
6	Programación dinámica	<p>6.1 Definición de los problemas híbridos</p> <p>6.2 Tipos de problemas mixtos enteros</p> <p>6.3 Algoritmo Branch and Bound</p> <p>6.4 Aplicaciones con software</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Nombre de tema	
Unidad 1: Introducción a la optimización	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Conocer y comprender los conceptos básicos de la formulación matemática y optimización</p> <p>Conocer las propiedades de las funciones matemáticas a optimizar</p> <p>Comprender los diferentes problemas de optimización</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender los conceptos generales de la optimización en cuanto a : Formulación, determinación de óptimos locales y globales, estudio de la factibilidad de la optimización • Estudiar y comprender las diferentes propiedades matemáticas de las funciones a optimizar tales como: Continuidad y Convexidad • Determinar los diferentes tipos de problemas de optimización
Nombre de tema	
Unidad 2: Optimización de funciones no restringidas, búsqueda unidimensional	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Comprender y aplicar los diferentes conocimiento matemáticos básicos para la definición de intervalos de búsqueda</p> <p>Conocer, aplicar y resolver problemas empleando los diferentes métodos de</p>	<p>2.1 Definir y analizar los Jacobianos y la Matriz Hessiana para establecer las condiciones de extremo.</p> <p>2.2 Adquirir el conocimiento para definir una función univariable (escalar).</p> <p>2.3 Comprender el concepto básico del Método de Newton, así como su</p>

<p>optimización de funciones unidimensionales no restringidas</p> <p>Genéricas:</p>	<p>interpretación geométrica, los criterios de finalización y la valoración de la convergencia.</p> <p>2.4 Resolver problemas aplicando el Método de Newton.</p> <p>2.5 Entender el concepto de los métodos de reducción por intervalos. Aprender a definir: 1) el semi-intervalo inicial, 2) intervalo inicial, 3) la reducción del intervalo, 4) la reducción del intervalo e-minimax.</p> <p>2.6 Resolver problemas aplicando el método de reducción por intervalos</p> <p>2.7 Analizar y resolver problemas empleando la metodología de la Sección Dorada.</p> <p>2.8 Analizar y resolver problemas empleando los métodos de aproximación por polinomios.</p>
<p style="text-align: center;">Nombre de tema</p> <p style="text-align: center;">Unidad 3: Optimización de funciones multivariantes no restringidas</p>	
<p style="text-align: center;">Competencias</p>	<p style="text-align: center;">Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Comprender y aplicar los diferentes conocimiento matemáticos básicos de la optimización multivariable</p> <p>Conocer, aplicar y resolver problemas empleando los diferentes métodos de optimización de funciones multivariantes no restringidas.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Desarrolla actitudes de liderazgo para disminuir el impacto que la población causa al entorno, y ejercer justicia social y económica, democracia y paz.</p> <p>Valorar la diversidad biológica, étnica, social, cultural, económica, religiosa</p>	<p>3.1 Entender y comprender los fundamentos básicos de la optimización multivariantes tales como: algoritmos de búsqueda del óptimo, criterios de terminación y propiedades del algoritmo.</p> <p>3.2 Conocer y aplicar los algoritmos basados en el gradiente tales como: el descenso más pronunciado, el descenso más pronunciado con funciones cuadráticas y la función de Rosenbrock.</p> <p>3.3 Conocer y aplicar los algoritmos tipo Newton (newton, Newton-Raphson, Marquardt-Levenberg, DFP y BFGS) a funciones multivariantes sin restricciones.</p> <p>3.4 Conocer, entender y aplicar los diferentes métodos multivariable basados sólo en valores de $H(x)$. Entender y comprender los fundamentos básicos de la</p>

<p>existente en la región; con el fin de influir en la sociedad para preservarla, y mejorar la calidad de vida de la población</p>	<p>optimización multivariables tales como: algoritmos de búsqueda del óptimo, criterios de terminación y propiedades del algoritmo.</p> <p>3.5 Conocer y aplicar los algoritmos basados en el gradiente tales como: el descenso más pronunciado, el descenso más pronunciado con funciones cuadráticas y la función de Rosenbrock.</p> <p>3.6 Conocer y aplicar los algoritmos tipo Newton (newton, Newton-Raphson, Marquardt-Levenberg, DFP y BFGS) a funciones multivariables sin restricciones.</p> <p>3.7 Conocer, entender y aplicar los diferentes métodos multivariable basados sólo en valores de $H(x)$.</p>
<p style="text-align: center;">Nombre de tema</p> <p style="text-align: center;">Unidad 4: Programación Lineal</p>	
<p style="text-align: center;">Competencias</p>	<p style="text-align: center;">Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Conocer y comprender los conocimientos mínimos para aplicar una programación lineal a sistemas físicos</p> <p>Resolver problemas empleando el método Simplex</p> <p>Resolver problemas LP usando simuladores comerciales.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Valora la distribución de la riqueza en su región, al conocer la influencia de los sistemas de producción de los estratos de la sociedad, en relación a indicadores como el producto interno</p>	<p>4.1 Introducción a los problemas LP</p> <p>4.2 Plantear la base de la Solución geométrica del método LP</p> <p>4.3 Establecer las definiciones básicas para resolver problemas LP.</p> <p>4.4 Conocer y aplicar el Algoritmo simplex</p> <p>4.5 Resolver problemas duales empleando el método Simplex</p> <p>4.6 Calcular y analizar la sensibilidad de las soluciones</p> <p>4.7 Resolver problemas típicos de programación lineal</p> <p>4.8 Realizar problemas de LP empleando el Software adecuado</p>

bruto del país, ingreso per cápita, índice de consumo.	
<p>Nombre del tema</p> <p>Unidad 5: Programación no lineal con restricciones</p>	
Competencias:	Actividades de aprendizaje
<p>Específica (s):</p> <p>Comprender y evaluar las características necesarias para determinar un mínimo local.</p> <p>Conocer, aplicar y resolver problemas empleando los diferentes métodos de optimización de funciones no lineales con restricciones</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad para sintetizar la información obtenida de su comunidad, estado y México como país, sobre el escenario socio-económico de migración, analfabetismo, inseguridad patrimonial y alimentaria, jurídica y económica y hacer su difusión en el estrato social y oficial.</p>	<p>5.1 Comprender y determinar las condiciones necesarias y suficientes para que exista un mínimo local.</p> <p>5.2 Conocer y aplicar la programación cuadrática a problemas de programación lineal con restricciones.</p> <p>5.3 Conocer y aplicar el método del gradiente reducido, generalizado</p> <p>5.4 Conocer y aplicar el método del plano cortante</p> <p>5.5 Realizar aplicaciones con software</p>
<p>Nombre del tema</p> <p>Unidad 6: Programación dinámica</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica (s):</p> <p>Comprender las bases de la programación dinámica</p> <p>Resolver problemas mediante software adecuado de programación dinámica</p>	<p>6.1 Entender y definir los problemas híbridos en la optimización</p> <p>6.2 Definir y plantear los diferente tipos de problemas mixto-enteros</p> <p>6.3 Comprender y aplicar el algoritmo de Branch y Bound</p> <p>6.4 Emplear el Software adecuado para la resolución de la programación</p>

<p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de análisis de programas, acuerdos, ciclos de vida, modelos de desarrollo, ordenamientos ecológicos y territoriales con el propósito de realizar propuestas para un mejor manejo aprovechamiento de los recursos naturales, tendientes a mejorar la calidad de vida de las personas.</p>	<p>dinámica.</p>
---	------------------

(En el apartado de competencias se enuncia de manera clara y descriptiva la competencia específica que se pretende que el estudiante desarrolle, de manera adecuada, respondiendo a la pregunta ¿Qué debe saber y saber hacer el estudiante? como resultado de su proceso formativo en el desarrollo del tema y se seleccionará(n) la(s) competencia(s) genérica(s) que se desarrolle(n) durante el tema).

(En el apartado de actividades de aprendizaje se anota el conjunto de actividades que el estudiante desarrolla y que el docente indica, organiza, coordina y pone en juego para propiciar el desarrollo de competencias específicas establecidas en los temas de aprendizaje. Estas actividades no solo son importantes para la adquisición de las competencias específicas; sino que también se constituyen en aprendizajes importantes para la adquisición y desarrollo de competencias genéricas en el estudiante, competencias fundamentales en su formación pero sobre todo en su futuro desempeño profesional).

De manera genérica se deben explicitar, con base, en los siguientes criterios:

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura.
- Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.

- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.

8. Práctica(s)

Las prácticas propuestas en el presente programa no son únicas para el desarrollo de actividades en la asignatura. Cualquier práctica de las cubiertas en el programa podrá ser sustituida por otra en la medida que los objetivos educacionales de la misma queden cumplidos.

- Optimización de problemas de la mezcla de productos combinado con la disminución del margen de ganancias
 - o Seleccionar un proceso o sección donde se realizará el estudio.
 - o Plantear matemáticamente el proceso o sección seleccionado empleando las técnicas de optimización
 - o Aplicar las herramientas del simulador para optimizar el proceso.
- Optimizar sistemas analizando la conservación de transferencia de calor y de energía
 - o Seleccionar un proceso o sección donde se realizará el estudio.
 - o Plantear matemáticamente el proceso o sección seleccionado empleando las técnicas de optimización (soluciones analíticas búsquedas unidimensionales, optimización con restricciones, programación lineal, programación no lineal y/o variables discretas)
 - o Aplicar las herramientas del simulador para optimizar el proceso.
- Optimizar sistemas de procesos de separación
 - o Seleccionar un proceso o sección donde se realizará el estudio.
 - o Plantear matemáticamente el proceso o sección seleccionado empleando las técnicas de optimización (búsquedas unidimensionales, optimización con restricciones, programación lineal y/o programación no lineal)
- Optimizar sistemas de flujos de fluidos
 - o Aplicar las herramientas del simulador para optimizar el proceso.
 - o Seleccionar un proceso o sección donde se realizará el estudio.
 - o Plantear matemáticamente el proceso o sección seleccionado empleando las técnicas de optimización (soluciones analíticas, búsquedas unidimensionales, programación no lineal, programación dinámica y/o variables discretas)
- Optimizar el diseño y la operación de reactores químicos
 - o Aplicar las herramientas del simulador para optimizar el proceso.
 - o Seleccionar un proceso o sección donde se realizará el estudio.
 - o Plantear matemáticamente el proceso o sección seleccionado empleando las técnicas de optimización (soluciones analíticas, búsquedas unidimensionales,

optimización con restricciones, programación lineal y/o programación no lineal)

(La elaboración y desarrollo de prácticas es un ingrediente indispensable que vincula y fortalece el aprendizaje del saber con el saber hacer, estas prácticas deben propiciar el desarrollo de las competencias genéricas a través de las competencias específicas. Las prácticas permitirán una formación más sólida, y una adecuada integración de las competencias profesionales). Es importante que el estudiante realice al menos una práctica durante el semestre y que corresponda a los contenidos educativos.

9. Proyecto de asignatura

El estudiante a través de las competencias adquiridas en el curso de desarrollo sustentable y en las otras materia ya cursadas desarrollará un proyecto integrador que contemple las siguientes etapas:

1. Detección de la problemática existente sobre un tema en particular relacionado con el control avanzado de procesos, con la finalidad de resolver el problema existente en la comunidad educativa o del entorno.
2. Planeación para la elaboración del proyecto. Debe considerar las etapas de revisión del estado del arte, revisión de las competencias a aplicar.
3. Preparación de instrumentos para recabar la información y para el registro de la misma.
Delimitar el área de acción de acuerdo al tamaño del proyecto Establecer el cronograma para determinar la duración del proyecto (Debe estar dentro del lapso del semestre cursado). Determinación de recursos materiales, humanos y económicos que se deriven del proyecto.
4. Ejecución del proyecto. De acuerdo a lo planeado y dentro del espacio determinado para realizar la investigación.
5. Análisis de los resultados. Comparar los resultados obtenidos con los fundamentos, escalas, o rangos establecidos de acuerdo al tipo de proyecto.
6. Conclusiones.
7. De acuerdo a los objetivos generales y específicos que se establecieron se redactaran las conclusiones a las que se llegó con el proyecto.

Un aspecto innovador e importante en el proceso de formación de los estudiantes es el proyecto de asignatura.

Se genera a partir de la definición de un problema del contexto a resolver y que esté directamente relacionado con la(s) competencia(s) a desarrollar en la asignatura.

- *Fundamentación.*
- *Planeación.*
- *Ejecución.*
- *Evaluación.*

10. Evaluación por competencias

Lista de cotejo.
Trabajo en clase y extra clase.
Evaluación de portafolio.
Pruebas o exámenes.
Mapa conceptual.
Evaluación de desempeño.

(La evaluación por competencias se llevará a cabo a través de la constatación de los desempeños académicos logrados por el estudiante; es decir, mostrando las competencias profesionales explicitadas en los temas de aprendizaje). La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje.

11. Fuentes de información

1. Edgar T.F. and Himmelblau D.M. (2001), Optimization of Chemical Processes. Editorial Mc Graw – Hill.
2. Mokhtar S. Bazaraa and John J. Jarvis. (1990), Programación lineal y flujo en redes. Editorial Limusa 3ª impresión,
3. A.O. Converse. (1990) Optimization. Editorial Holt, Rinehart and Winston.
4. Jasbir S. Arora. (1989). Introduction to optimum Design, Editorial Mc Graw – Hill.
5. Numerical Recipes in FORTRAN 77. The art of scientific computing. (ISBN 0-521-43064-X) Copyright (C) 1986-1992 by Cambridge University Press. Programs Copyright (C) 1986-1992 by Numerical Recipes Software.
6. Stephanopoulos, G. Chemical (1984). Process Control. An Introduction to Theory and Practice, Prentice Hall. U.S.A.
7. Luyben, William L. (1990). Process Modeling, Simulation, and Control for Chemical Engineers. McGraw-Hill. México. D. F.
8. Etter, D.M. (1998). Solución de Problemas de Ingeniería con Matlab. Segunda Edición. Prentice Hall. México.
9. Gil, R. M. (2003) Introducción Rápida a Matlab y Simulink para Ciencia e Ingeniería. Primera Edición. Ed. Díaz de los Santos. España.
10. Pérez, C. (2002). Matlab y sus Aplicaciones en las Ciencias e Ingeniería. Primera Edición. Prentice Hall. México.

(Se consideran Fuentes de Información todos los recursos que contienen datos formales, informales, escritos, audio, imágenes, multimedia, que contribuyen al desarrollo de la asignatura. Ejemplo de algunos de ellos: Referencias de libros, revistas, artículos, tesis, páginas web, conferencia, fotografías, videos, entre otros).

Es importante que los recursos sean vigentes y actuales (de años recientes) y que se indiquen según la Norma APA (American Psychological Association) vigente.