

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Optimización de Procesos Industriales
Clave de la asignatura:	PRF-1704
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Química

2. Presentación**Caracterización de la asignatura**

La asignatura de Optimización de Procesos Industriales aporta al perfil del Ingeniero Químico la capacidad para aplicar todas aquellas competencias que ha adquirido durante su formación académica, así como el desarrollo de su ingenio e interés para llevar a cabo la optimización de cualquier proceso industrial, producto o servicio, existente o por diseñar.

El éxito de esta asignatura se logra con el análisis y modelado matemático de las variables de operación presentes en los diferentes casos de estudio, la obtención de datos experimentales útiles para realizar el proceso de optimización y con ello validar el trabajo, incluyendo el análisis de varianza para asegurar un intervalo de confianza adecuado al comparar parámetros estimados contra los reales, además de que las estimaciones cuenten con un sentido fisicoquímico acorde a las leyes y principios que rigen los fenómenos observados.

Los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas cursadas durante el transcurso en la carrera de ingeniería química serán requeridas para comprender el alcance de esta materia (balance de materia y energía, química orgánica, procesos, reactores, entre otras), sin embargo las asignaturas con un mayor impacto en esta son métodos numéricos, análisis de datos experimentales, programación, síntesis y optimización de procesos.

A lo largo del curso el estudiante desarrollara diversas competencias profesionales que involucran la investigación, observación y análisis de las diferentes partes que forman un proceso industrial; aplicara métodos, conceptos y leyes de la química relacionando todo ello con los fenómenos involucrados en su operación, desarrollara modelos matemáticos y diseños de experimentos que ayuden a comprender y explicar los procesos que ocurren en él, fomentando un pensamiento técnico-científico, evaluara estadísticamente la utilidad, eficiencia y certidumbre de los resultados obtenidos reforzando su capacidad crítica.

Intención didáctica

El temario del curso se ha organizado en cuatro temas, en tres de ellos se explicará la metodología para diseñar la optimización de un proceso, siendo el ultimo diseñado para realizar un caso de estudio a detalle, sin embargo se sugiere presentar todos los temas con un proceso industrial de manera transversal con el objetivo de que el alumno se familiarice con la aplicación práctica de la teoría vista en cada tema.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

El primer tema a abordar se centra en el modelamiento matemático de un proceso, en dicho tema el estudiante comprenderá la importancia de conocer las variables de operación de un proceso, desarrollara habilidades que le permitirán relacionar estas en modelos matemáticos, clasificándolas para lograr su posterior resolución.

En el segundo tema se estudia cómo obtener datos experimentales representativos de los procesos, y con base en los resultados obtenidos establecer el peso o importancia que posee cada una de las variables involucradas en el proceso en general, con ello interpretar cuál o cuáles son candidatas a optimizarse para minimizar o maximizar la función objetivo planteada, es decir, de todas las variables a estudiar, cuales son las que más afectan los resultados y por ende nos ayudan a llegar más rápido al óptimo.

El tercer tema se centra en la resolución de la función objetivo a partir de las variables más importantes del proceso, mediante métodos lineales o no lineales, con o sin restricciones, según sea el caso. En este apartado también se desarrollara el algoritmo de solución para el problema planteado. La segunda parte de este tema se centrara en la validación de los resultados obtenidos, tanto estadística para reconocer la fiabilidad de los resultados numéricamente, como fisicoquímica para reconocer que los resultados obtenidos cumplen con las leyes químicas y por lo tanto son resultados lógicos y esperados.

Finalmente en el último tema se concluye la asignatura empleando todos los procedimientos vistos en la optimización de un proceso industrial de alta importancia para la región, lo que le dará al estudiante la experiencia práctica en el desarrollo de problemas de optimización en actividades que probablemente desarrollara durante su vida profesional. Los aspectos a ver en este último tema se centran en modelar un problema de optimización, ejecutar la estimación de parámetros y validar los resultados obtenidos.

Se sugiere al profesor relacionar los temas de la asignatura con algún proceso industrial conocido por los estudiantes para que durante todo el desarrollo del curso los estudiantes tengan la posibilidad de relacionar lo visto en los temas con la práctica profesional que podrían llegar a desempeñar. También es importante señalar la importancia del desarrollo de los temas en conjunto con el uso de las TIC's, principalmente para que la evaluación de variables sea a través de software estadístico (Excel, origin, etc) o mediante la captura de códigos de programación. Así mismo, al optimizar procesos industriales relacionados con la ingeniería química, el estudiante requerirá integrar los conocimientos adquiridos en las asignaturas cursadas anteriormente, construyendo con esto el conocimiento de manera integral hacia la formación de su perfil profesional.

El enfoque sugerido para la materia requiere que los conocimientos teóricos integren actividades prácticas para promover el desarrollo de habilidades como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; además de planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a los estudiantes para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleve a cabo y entienda que está construyendo su propio escenario a futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera es importante que aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Villahermosa. 23 de Junio del 2017.	Academia de Ingeniería Química: M.C. Alberto Gabriel Barragán Rodríguez, M.C. Zenaida Guerra Que. M.C. Mónica Pérez Montes.	Asignatura propuesta para el módulo de especialidad de procesos en la carrera de Ingeniería Química. Se recomienda la actualización por lo menos cada dos años debido a los cambios en los software, así como el cambio del entorno industrial, económico, y de servicios.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> Optimiza procesos industriales a través del análisis de las variables de operación que lo componen, el desarrollo y resolución del modelo matemático que lo representa, y el estudio estadístico-fisicoquímico que respalde los resultados.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> Aplicar pensamiento lógico matemático Resolver sistemas de ecuaciones lineales. Aplica los elementos de la investigación documental para elaborar escritos académicos de su entorno profesional. Saber identificar intervalos de crecimiento y decrecimiento e interpretación de gráficas. Conocer los distintos tipos de estadísticos, análisis de varianza y mínimos cuadrados para probar inferencias y tomar decisiones sobre datos experimentales. Resolver modelos matemáticos usando métodos numéricos. Aplicar lenguajes de programación (Fortran, C++, Matlab, Phyton) para resolver modelos matemáticos. Realizar balances de materia y energía. Calcular propiedades termodinámicas, fisicoquímicas y de transporte. Resolver problemas de diseño de equipos de separación, reacción e intercambio de energía. Analizar y sintetizar procesos de Ingeniería Química.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Modelo matemático	1.1 Análisis de procesos industriales 1.2 Variables de operación 1.2.1 Entradas y salidas 1.2.2 Parámetros 1.2.3 Sistemas y subsistemas del proceso 1.3 Construcción de modelos matemáticos a partir de leyes o principios físicos 1.3.1 Leyes o principios físicos presentes en el proceso 1.3.2 Variables dependientes e independientes a emplear 1.3.3 Análisis de grados de libertad
2	Datos experimentales	2.1 Diseño de experimentos 2.1.1 Condiciones del experimento 2.1.2 Factores y niveles 2.1.3 Disminución del ruido 2.2 Análisis de resultados experimentales 2.2.1 ANOVA 2.2.2 Efectos e interacciones
3	Estimación de parámetros	3.1 Función objetivo 3.2 Algoritmo para la estimación de parámetros 3.2.1 Estimación con/sin restricciones 3.2.2 Problemas lineales y el método simplex 3.2.3 Problemas no lineales y el método simplex modificado 3.3 Validación de resultados 3.3.1 Análisis fisicoquímico 3.3.2 Análisis estadístico 3.3.2.1 T-student 3.3.2.2 F de Fischer 3.3.2.3 Intervalos de confianza
4	Optimización de procesos	4.1 Planteamiento del problema 4.2 Modelo matemático 4.2.1 Variables independientes 4.2.2 Variables dependientes 4.3 Estrategia de solución 4.3.1 Diagrama de flujo 4.3.2 Algoritmo 4.4 Resultados 4.4.1 Generación de resultados 4.4.2 Representación gráfica 4.4.3 Interpretación

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Modelo matemático	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Modela matemáticamente un proceso industrial.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Capacidad de trabajo en equipo. • Capacidad de análisis. • Capacidad para organizar y planificar. • Capacidad en la toma de decisiones. • Comunicación Oral y Escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un reporte escrito a partir de la investigación bibliográfica sobre las características fisicoquímicas de los compuestos presentes en un proceso industrial, al igual que las especificaciones y características para el equipo de proceso, auxiliar e instrumentación presentes en el mismo. • Redactar informe donde se identifiquen las leyes y principios físicos, químicos y de procesos, así como las variables dependientes e independientes que rigen los fenómenos a analizar en el proceso industrial de estudio. Lo anterior mediante el uso del algoritmo de Lee y Rudd o alguno análogo. • Exponer por equipos el modelo matemático que representa los fenómenos a optimizar presentes en el proceso industrial estudiado, mostrando el análisis de grados de libertad, argumentando las variables dependientes, independientes y si es posible optimizar su modelo o no.
2. Datos experimentales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Desarrolla técnicamente un programa experimental para obtener información relevante sobre un proceso industrial y lo analiza estadísticamente.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Capacidad de organizar y planificar. • Capacidad de trabajo en equipo. • Capacidad para formular y gestionar proyectos. • Capacidad en la toma de decisiones. • Comunicación Oral y Escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redactar un resumen con las principales técnicas para desarrollar diseños de experimentos en un proceso industrial. • Preparar informe con las condiciones experimentales para ejecutar experimentos en casos de estudio propuestos, incluyendo condiciones propuestas para disminuir el ruido durante la ejecución de estos, fundamentar sus decisiones a partir de una revisión bibliográfica. • Ejecutar, en equipos, diseños de experimentos y reportar resultados obtenidos y/o realizar investigación bibliográfica sobre resultados de diseños de experimentos y analizar resultados obtenidos. Se sugiere descargar artículos científicos donde estén reportados datos experimentales de algún proceso industrial, en buscadores como

	<p>science direct, scielo, Google académico, Springer.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar reporte de trabajo sobre el diseño de experimentos propuestos incluyendo y argumentando las condiciones experimentales propuestas, los resultados obtenidos, el análisis ANOVA y de efectos e interacciones (incluyendo los gráficos y tablas correspondientes).
3. Estimación de parámetros	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Estima parámetros de funciones objetivo para la optimización de procesos industriales. Evalúa cualitativa y cuantitativamente los resultados de optimizaciones para definir la idoneidad de los resultados.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad de organizar y planificar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un mapa conceptual donde se plasme el procedimiento para obtener la función objetivo para problemas de ingeniería a partir de la definición de variables dependientes, independientes y los modelos matemáticos involucrados. • Diseñar un diagrama de flujo que represente el algoritmo para la estimación de parámetros de una optimización empleando técnicas y metodologías disponibles en la literatura actual. • Realizar reporte de trabajo, en equipo, con la optimización de la función objetivo por alguno de los métodos existentes en la literatura de acuerdo al tipo de modelo matemático a estudiar (se sugieren método simplex o simplex modificado), analizando los resultados obtenidos de manera estadística (principalmente intervalo de confianza), y desde el punto de vista fisicoquímico para validar las leyes químicas que rigen dicho proceso.
4. Optimización de procesos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Utiliza la modelación matemática, el diseño de experimentos, la estimación de parámetros y la validación de los mismos para optimizar un problema o proceso industrial.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un informe escrito donde se analice un proceso o problema industrial, el documento debe incluir las variables que intervienen (dependientes e independientes), los modelos matemáticos propuestos que representen el caso de estudio, la definición de la función objetivo y la estrategia de solución para el problema de optimización. • Realizar reporte de trabajo, en equipos, sobre la optimización del proceso o problema industrial del punto anterior. El documento debe contener el

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de organizar y planificar. • Capacidad de trabajo en equipo. • Capacidad para formular y gestionar proyectos. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Comunicación Oral y Escrita. 	<p>diagrama de flujo que represente la estrategia de solución, el algoritmo que dé solución a la función objetivo. los parámetros resultantes junto al análisis estadístico y fisicoquímico de los mismos, además de gráficos y tablas correspondientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentar, por equipos, los resultados obtenidos para su problema o proceso industrial al grupo.
---	---

8. Práctica(s)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Proponer un diseño de experimentos (DOE) para la obtención de datos a utilizar durante una optimización, opcionalmente de ser posible ejecutar el DOE. 2. Desarrollar y ejecutar un algoritmo computacional para resolver la estimación de parámetros en una optimización (para un problema y/o un proceso). 3. Realizar la optimización de variables para algún problema y/o proceso industrial. 4. Obtener información sobre procesos industriales en la literatura (science direct, scielo, Google académico, Springer) y que los estudiantes repliquen los resultados obtenidos en dichos artículos, ya sea para diseño de experimentos, desarrollo de algoritmos u optimización de parámetros.

9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentación: marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para optimizar un proceso o problema industrial. • Planeación: con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto de optimización por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica analizar el caso de estudio, diseñar modelos matemáticos que lo representen, crear las herramientas a utilizar durante la optimización, planear como se realizara el análisis de resultados y plasmar todo lo anterior en un cronograma de trabajo ajustado a la duración del semestre. • Ejecución: consiste en el desarrollo de la planeación del caso de estudio realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en el modelado matemático, el análisis experimental, la estimación y validación de parámetros; es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar. • Evaluación: es la fase final implica la conclusión de los resultados aplicando juicios de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.
--

10. Evaluación por competencias

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:

- Conocimiento de la metodología para modelar matemáticamente un proceso
- Presentación de hojas de cálculo y/o métodos algorítmicos aplicadas en la optimización de procesos.
- Conocimiento de la metodología para la realización de diseños de experimentos, su ejecución y análisis.
- Capacidad de análisis de los resultados obtenidos en la optimización desde el punto de vista estadístico y fisicoquímico.
- Desarrollo de casos de estudio aplicados a escenarios reales en la vida profesional.
- Redacción de reportes de trabajo y/o artículos de divulgación con los resultados obtenidos durante sus casos de estudio.
- Reproducción de casos de estudio presentes en la literatura actual (artículos de divulgación científica)
- Evaluación escrita sobre la metodología utilizada en la optimización de procesos.

Para realizar la evaluación por competencias al estudiante se sugiere el uso de un portafolio que cuente con todas las evidencias propuestas por el profesor a partir de las actividades de aprendizaje presentes en el programa de estudio. El profesor debe evaluar dichas evidencias utilizando para ello diferentes instrumentos de evaluación, tales como listas de cotejo o rubricas, y diferentes tipos de evaluación, autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación.

11. Fuentes de información

1. Ausstin George (1997). Manual de Procesos Químicos en la Industria. Ed. Mc Graw Hill.
2. Chapra, Steven (2007); Métodos Numéricos para Ingenieros; McGraw Hill, 5ª Edición.
3. Cutlip, Michael B. (2008); Resolución de Problemas en Ingeniería Química y Bioquímica con Polymath, Excel y Matlab; Pearson Educación.
4. Davis, Mark E. (2001); Numerical Methods and Modeling for Chemical Engineers; Wiley.
5. Douglas, J.M. (1968); Conceptual Design of Chemical Processes Ed. Mc Graw Hill.
6. Edgar T.F. and Himmelblau, D.M. (2001); Optimization of Chemical Process. Ed Mc Graw Hill.
7. Elnasaie, Said (2007); Numerical Techniques for Chemical and Biological Engineers Using MatLab; Springer.
8. Enriquez Palma, Pedro Alberto y Puyuelo Garcia, Maria Pilar (2007); Introducción a la programación en Fortran 90 para ingenieros químicos, Universidad de la Rioja.
9. Felder, R. M. y Rousseau, R. W. (1981); Principios Básicos de los Procesos Químicos. El Manual Moderno
10. Jiménez Gutiérrez, A. (2003); Diseño de procesos en Ingeniería Química. Ed. Reverté.
11. Murphy, Regina M. (2007), Introducción a los Procesos Químicos. Principios, Análisis y Síntesis, Editorial Mc Graw Hill, 1ª Edición.
12. Ocegueda, C.G (2007) Metodología de la Investigación. Métodos, técnicas y estructuración de trabajos académicos.
13. Perry, R.H. and Green, D.W. (2007); Chemical Engineer's Handbook. Ed. Mc Graw Hill.
14. Rousseau, Ronald W y Felder, Richard M. (2004), Principios Elementales de los Procesos Químicos, Editorial Pearson.
15. Ulrich, G.D. (1986); Procesos de Ingeniería Química. Ed. Interamericana.
16. Vian Ortuño, A. (1998). Introducción a la Química Industrial. Ed Alh ambra.

17. Zapatero, Juan Armando. (2010). Fundamentos de investigación para estudiantes de ingeniería, ABiCyT-Tercer Escalón: México.
18. Zill, Dennis G. (2009); Ecuaciones Diferenciales con Aplicaciones de Modelado; Cengage Learning, 9ª Edición.