



Programa del Curso
Fenómenos de Transferencia
IQ-0313
II CICLO DEL 2019

1. Información General

HORAS SEMANALES: Teoría:4; Práctica:2
CRÉDITOS: 4
REQUISITOS: IQ-0333, IQ-0312, IQ-0334
CORREQUISITOS: Ninguno

2. Descripción del curso

El presente curso busca que el estudiantado conforme un entendimiento sustancial sobre las leyes que gobiernan los fenómenos de transferencia o transporte de cantidad de movimiento, energía y masa, su representación en modelos matemáticos y una primera aproximación a la aplicación de tales modelos para la resolución de situaciones y diseño de equipos en la Ingeniería Química.

Los alcances del curso, las habilidades y destrezas que se busca fomentar en el estudiantado, se han construido sobre el hecho de la labor profesional en Ingeniería Química, tal labor implica las decisiones cuantitativas en el desarrollo de la Ingeniería (investigación y desarrollo), el diseño y en la práctica industrial, mediante el establecimiento de relaciones del análisis, la evaluación y el control, con los datos reales de procesos, operaciones y tecnologías; así como la capacidad del sistema para adaptarse a modificaciones propuestas.

Los principios y métodos estudiados en este curso forman el pilar para desarrollar las Ciencias de la Ingeniería: procesos y operaciones con transferencia de momentum, calor y masa, control de procesos, Análisis, Simulación y Optimización de sistemas (Investigación operativa), Control de la calidad-proceso, Investigación ingenieril, etc.



3. Objetivo general

Desarrollar la teoría básica de los fenómenos de transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa, aplicándolos a los modelos de procesos de mayor interés en Ingeniería.

4. Objetivos específicos

Al finalizar el curso, el estudiante será capaz de:

- 1.Describir las leyes de la Transferencia de Cantidad de movimiento, Calor y Masa.
- 2.Describir las relaciones entre los parámetros de las leyes y usarlas para estimar propiedades.
- 3.Describir e interpretar físicamente el comportamiento de los flujos de fluidos en aparatos y sistemas para la transferencia de momentum, calor y masa; y que se describen en el curso.
- 4.Aplicar con facilidad las leyes, principios y conceptos básicos de los fenómenos de transferencia a problemas o procesos (con o sin reacción química); mediante los balances de conservación de la masa, la cantidad de movimiento y la energía.
- 5.Determinar apropiadamente las variables que inciden y afectan un proceso.
- 6.Enunciar el modelo que corresponde con el comportamiento del flujo de fluidos, calor y masa en los aparatos y sistemas que se describen en el curso.
- 7.Definir y seleccionar los modelos apropiados para describir el/los sistemas físicos que gobiernan los procesos planteados.
- 8.Evaluar los modelos seleccionados, para el sistema correspondiente, obteniendo resultados cuantitativos con la suficiente exactitud y precisión.
- 9.Expresar el resultado con las unidades correctas de acuerdo con las normas vigentes (SI) y un número de cifras significativas concordante.



5. Información sobre acreditación

5.1. Contribución a los atributos del graduado

Atributo	Nivel
Análisis de problemas	I
Investigación	I
Impacto de la ingeniería en la sociedad y el ambiente	I

Código para el nivel de contenido: N/A = no aplicable; I = introductorio ; D = desarrollado; A = aplicado.

5.2. Desglose unidades de acreditación

CEAB Curriculum Categoría de contenido	Ciencias en Ingeniería	Diseño en Ingeniería
Porcentaje UA	90%	10%
Número de UA	70,7	7,9

6. Metodología

6.1. Clases

Los contenidos del curso se discutirán en las clases presenciales, moderadas por el profesor, además se asignarán lecturas en algunas de las clases, las cuales se deberán leer de forma independiente, estas clases se enfocarán en el estudio de las bases teóricas, para la comprensión de los fenómenos de transferencia y sus aplicaciones en diversas operaciones unitarias. Adicional a las clases presenciales, se contará con las horas de práctica, en las cuales se emplearán herramientas varias (aproximaciones numéricas, simulación multifísica, etc.) con el fin de mejorar la abstracción y la comprensión de los conceptos vistos en las horas de teoría.



6.1. Entorno virtual

Se contará con una plataforma en mediación virtual, mediante la cual se llevará a cabo el intercambio de información entre los estudiantes y los profesores. La modalidad del curso será, bajo virtual, con lo cual la plataforma no sustituirá en ningún caso las clases presenciales.

7. Estrategias de evaluación.

La evaluación del curso se divide en cuatro secciones: proyectos individuales, pruebas cortas, proyecto de diseño y exámenes parciales, los cuales se describen a continuación.

7.1. Proyecto individual

Se realizarán **dos** proyectos individuales. El principal objetivo del proyecto individual es desarrollar las capacidades de cada estudiante como futuro profesional en Ingeniería Química en los temas relacionados con el curso y prepararle para afrontar las evaluaciones que se realizarán durante el semestre, en estos proyectos se integrarán los conocimientos adquiridos a través del curso, en temáticas particulares y se asignarán con un mes de antelación a la entrega de este.

7.2. Proyecto de diseño

El proyecto de diseño se realizará en equipos de trabajo de 3 o 4 personas, se evaluará no solo el desarrollo del proyecto, sino también el desempeño individual de cada integrante en el equipo de trabajo, así como el desempeño del equipo mismo, los detalles de



dicha evaluación serán comunicados con las especificaciones del proyecto.

Este proyecto busca una integración de conocimientos, para resolverlo se requerirá de un amplio trabajo investigativo, articulación de esfuerzos, integración de conocimientos y aplicación del criterio técnico-científico para plantear una solución correcta a la situación planteada.

7.3. Exámenes parciales

Se realizarán **dos** exámenes parciales, ambos de igual valor, en las fechas indicadas en el cronograma, la fecha específica y el contenido a evaluar de cada uno se notificarán con al menos una semana de antelación.

7.4. Pruebas cortas

Se realizarán al menos tres pruebas cortas, en las mismas se evaluarán contenidos específicos del curso, podrán ser asignadas para su resolución en horario extraclase, la fecha específica y el contenido a evaluar de cada una se notificarán con una semana de antelación.

Resumen

Rubro	Valor
Proyectos individuales (2; 10 % c/u)	20 %
Pruebas cortas	10 %
Proyecto de diseño	25 %
Exámenes parciales (2; 22,5 % c/u)	45 %



Contenido del curso

Contenidos teóricos

1 PRINCIPIOS CIENTÍFICOS

Conceptos y definiciones matemáticas
Conceptos y definiciones físicas
Descripción del movimiento
Estática de fluidos

2 LEYES DE CONSERVACIÓN PARA UN VOLUMEN DE CONTROL

Volumen de control
Propiedades de transporte
Teorema del transporte
Conservación de masa
Conservación de cantidad de movimiento
Conservación de energía
Ecuaciones diferenciales del flujo de fluidos
Ecuaciones diferenciales de la transferencia de masa
Ecuaciones diferenciales de la transferencia de calor

3 FLUJO DE FLUIDOS

Esfuerzo cortante y viscosidad
Análisis diferencial de un elemento en flujo laminar
Flujo no viscoso
Flujo viscoso

Turbulencia

Fricción

4 ANÁLISIS DIMENSIONAL

Definiciones
Aplicación

5 TRANSFERENCIA DE CALOR

Fundamentos de transferencia de calor
Conductividad térmica
Conducción de calor en estado estacionario



Transferencia de calor por convección
Coeficientes de transferencia de calor
Ebullición y condensación
Transferencia de calor por radiación
Métodos numéricos aplicados a la transferencia de calor

6 TRANSFERENCIA DE MASA

Fundamentos de transferencia de masa
Difusión molecular en estado estacionario
Transferencia de masa convectivo
Transferencia de masa en la interfase
Teoría de la capa límite
Métodos numéricos aplicados a la transferencia de masa

Bibliografía

Libro de texto

Welty, J.R., Wicks, C. E., Wilson, R. E., Rorrer, G. L.
Fundamentals of momentum, heat and mass transfer.

Otros libros de referencia

Welty, J.R., Wicks, C. E., Wilson, R. E. Fundamentos Transferencia de Momento, Calor y Masa. 2da. Ed., Limusa-Wiley, México, 2000.

Bird, R.B., Steward, W.E. y Lighfoot, E.N. Transport Phenomena. 2^a. Ed. Wiley, New York, 2002 (2a. Ed. Prentice Hall, México, 2006).

Cengel, Y. A., Ghajar, A. J. Transferencia de calor y masa. 4ta edición., McGraw Hill. México, 2011.

Costa Novella, E. Ingeniería Química. 2. Fenómenos de transporte". Alhambra, Madrid, 1984.

Fox, R.W. y McDonald, A.T. Introducción a la Mecánica de Fluidos. 4a. Ed. McGraw-Hill. México, 1995.

Kessler, D. P y Greenkorn R. A. Momentum, Heat and Mass Transfer Fundamentals. Marcel Dekker Inc., New York, 1999.

Mills A. F. Transferencia de Calor. McGraw-Hill-Irwin, Bogotá, 1998.



Perry, R, H. y Green, D.W. Perry's Chemical Engineers Handbook. 7a. Ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1997.

Potter, M.C., Wiggert, D.C. y Hondzo, M. Mecánica de fluidos. 2ª.Ed. Prentice Hall, México, 1998.

Streeter, V.L. y Wylie, E.B. Mecánica de los fluidos. 8a. Ed., McGraw-Hill, México, 1996.

Información de contacto

GRUPO:	01	51
HORARIO:	L y J: 13:00 - 14:50	J:11:00 - 12:50
PROFESOR:	Esteban Gamboa Gamboa	Andrés Lizano Villalobos
CORREO:	estebanfrancisco.gamboa@ucr.ac.cr	andres.lizanovillalobos@ucr.ac.cr
CONSULTA:	L:10:00 - 12:00	L:15:00 - 16:00
OFICINA:	457	
ASISTENTE:	Rodolfo Jiménez Mata	
GRUPO:	02	52
HORARIO:	K: 09:00 - 10:50 M: 08:00 - 09:50	J:13:00 - 14:50
PROFESOR:	Jorge Benavides Hernández	Andrés Lizano Villalobos
CORREO:	jorge.benavides@ucr.ac.cr	andres.lizanovillalobos@ucr.ac.cr
CONSULTA:	M: 14:00 - 16:00	M: 11:00 - 12:00
OFICINA:	426	
ASISTENTE:		

Cronograma

Semana		Tema
1	12/08/2019	Introducción
	16/08/2019	Principios científicos Teorema de transporte



2	19/08/2019 23/08/2019	Leyes de conservación: Masa Leyes de conservación: Energía
3	26/08/2019 30/08/2019	Esfuerzo cortante, viscosidad. Leyes de conservación: Cantidad de movimiento Análisis dimensional
4	02/09/2019 06/09/2019	Flujo de fluidos Pérdidas por fricción y accesorios
5	09/09/2019 13/09/2019	Fundamentos de la transferencia de calor
6	16/09/2019 20/09/2019	Ecuaciones diferenciales para la transferencia de calor Conducción en estado estacionario Métodos numéricos aplicados a la transferencia de calor
7	23/09/2019 27/09/2019	Transferencia de calor por convección Entrega de Primer proyecto Individual
8	30/04/2019 04/10/2019	Correlaciones para la transferencia de calor convectiva Ebullición y condensación Primer examen parcial
9	07/10/2019 11/10/2019	Transferencia de calor por radiación Equipo para transferencia de calor
10	14/10/2019 18/10/2019	Fundamentos de transferencia de masa Ecuaciones diferenciales para la transferencia de masa
11	21/10/2019 25/10/2019	Transferencia de masa: Difusión Métodos numéricos aplicados a la transferencia de masa.



Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química



12	28/10/2019 01/11/2019	Coeficientes de transferencia de masa Convección de masa Teoría de la capa límite Entrega de Segundo proyecto Individual
13	04/11/2019 08/11/2019	Transferencia de masa en la interfase Transferencia combinada de masa y calor
14	11/11/2019 15/11/2019	Correlaciones para la transferencia de masa Equipos para la transferencia de masa
15	18/11/2019 22/11/2019	Segundo examen parcial (01/07/2019)
16	25/11/2019 29/11/2019	Entrega de Proyecto de diseño

Ing. Jorge Benavides Hernández

Ing. Esteban Gamboa Gamboa

Ing. Andrés Lizano Villalobos

*Ing. Esteban Durán H. Ph.D.
Director de la Escuela de Ingeniería Química*