

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS QUÍMICA Y BIOQUÍMICA  
SEMESTRE ENERO – JUNIO 2014



## DATOS GENERALES DEL CURSO

**Asignatura:** Fenómenos de Transporte 2  
**Carrera:** Ingeniería Bioquímica  
**Créditos:** 6 (4 HT y 2 HP por semana)  
**Grupo:** BI1124-6G  
**Horario y salón:** L – J 17:00 – 18:00 T-14  
Mc 15:00 – 17:00 LFQ

**Docente:** Dr. Carlos Francisco Cruz Fierro  
**Correo:** doc@cruzfierro.com  
**Oficina:** Edificio K

**Inicio de clases:** 4 feb  
**Seguimientos del curso:** 3-7 mar / 7-11 abr / 26-30 may  
**Suspensiones oficiales:** 17 mar / 1º may / 5 may / 15 may  
**Vacaciones primavera:** 14-25 abr  
**Fin de clases:** 13 jun  
**Segunda oportunidad:** 16-20 jun

**Página electrónica:** <http://tecno.cruzfierro.com/>

## APORTACIÓN AL PERFIL PROFESIONAL

Este curso aporta al perfil del ingeniero químico en formación la capacidad para analizar los procesos que involucran transporte de momentum, calor y/o masa (fenómenos de transporte). Desarrolla la habilidad crítica y lógica del estudiante para comprender el comportamiento a nivel microscópico de las operaciones unitarias y los biorreactores donde se presente transferencia de momentum, calor o masa.

## COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<b>ESPECÍFICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Comprende y aplica balances microscópicos de calor y de masa en diversos sistemas, considerando la geometría del sistema.</li><li>Determina perfiles de temperatura y flujos de calor en sistemas con transferencia de calor.</li><li>Determina perfiles de concentración y flujos másicos en sistemas con transferencia de masa.</li><li>Cuantifica las cantidades de masa y calor transferidos en balances microscópicos y macroscópicos.</li><li>Diseña intercambiadores de calor, considerando las temperaturas de los fluidos y el área de transferencia.</li></ul>		
	<b>GENÉRICAS</b>	<b>INSTRUMENTALES</b>	<b>INTERPERSONALES</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li><li>Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li><li>Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.</li><li>Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.</li><li>Capacidad para tomar decisiones.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Capacidad de trabajo en equipo.</li><li>Capacidad crítica y autocrítica.</li><li>Compromiso ético.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li><li>Capacidad para actuar en nuevas situaciones.</li><li>Compromiso con la calidad.</li><li>Capacidad creativa.</li><li>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li><li>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li><li>Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.</li></ul>

## COMPETENCIAS PREVIAS

<b>ESPECÍFICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Aplica la Primera Ley de la Termodinámica.</li><li>Realiza balances de materia y energía.</li><li>Aplica métodos numéricos para la solución de ecuaciones algebraicas, sistemas de ecuaciones lineales y ecuaciones diferenciales.</li><li>Aplica el concepto de límite de funciones.</li><li>Comprende y aplica los sistemas de coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas.</li><li>Usa tablas y gráficas de datos termodinámicos.</li><li>Aplica balances microscópicos de momentum tanto por balances diferenciales como con el uso de tablas de ecuaciones de continuidad y de conservación de momentum.</li></ul>
--------------------	--

## TEMARIO

NOTA: Los exámenes se programarán por acuerdo grupal al terminar cada unidad (normalmente para una semana después).

<b>UNIDAD 1: TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN</b>	<b>4 FEB – 28 FEB</b>
1.1 Generalidades del transporte de calor por conducción, convección y radiación.	
1.2 Ley de Fourier. Conductividad térmica en gases, líquidos y sólidos.	
1.3 Balances microscópicos de calor en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas (estable y transitorio).	
1.4 Ecuación general del balance microscópico de energía. Uso de tablas de ecuaciones.	
1.5 Transferencia de calor en dos dimensiones.	
<b>UNIDAD 2: TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN Y RADIACIÓN</b>	<b>3 MAR – 21 MAR</b>
2.1 Transferencia de calor en la interfase. Ley de Newton del enfriamiento.	
2.2 Convección forzada y convección natural.	
2.3 Coeficientes de transferencia de calor.	
2.4 Transferencia de calor con cambio de fase.	
2.5 Transferencia de calor por radiación.	
<b>UNIDAD 3: INTERCAMBIADORES DE CALOR</b>	<b>24 MAR – 11 ABR</b>
3.1 Intercambiadores de tubos concéntricos. Balance microscópico de energía, conceptos de temperatura global y diferencia media logarítmica de temperaturas.	
3.2 Intercambiadores de calor de coraza y tubos. Eficiencia.	
3.3 Intercambiadores de calor de placas.	
3.4 Calentamiento de líquidos en tanques agitados.	
3.5 Diseño térmico de intercambiadores de calor.	
3.6 Condensadores, calentadores, calderas.	
<b>UNIDAD 4: TRANSFERENCIA DE MASA POR DIFUSIÓN</b>	<b>28 ABR – 30 MAY</b>
4.1 Mecanismos de transferencia de Masa.	
4.2 Ley de Fick. Difusividad en gases, líquidos y sólidos.	
4.3 Balance microscópico de masa en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas (estable y transitorio).	
4.4 Ecuación general de balance microscópico de masa para un componente.	
4.5 Difusión con reacción. Módulo de Thiele, factor de efectividad en reacciones heterogéneas.	
<b>UNIDAD 5: TRANSFERENCIA DE MASA POR CONVECCIÓN</b>	<b>2 JUN – 13 JUN</b>
5.1 Transferencia de masa en la interfase.	
5.2 Coeficiente de transferencia de masa.	
5.3 Analogías de Reynolds, Chilton-Colburn, factores $J_H$ y $J_D$ .	
5.4 Transporte de masa en medios porosos y multifásicos. Coeficiente volumétrico de transferencia de masa.	
5.5 Introducción a los procesos acoplados en la ingeniería Bioquímica	

## BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

1. Bird, Stewart y Lightfoot, "*Fenómenos de Transporte*", Reverté.
2. Brodkey y Hershey. "*Transport Phenomena: A Unified Approach*", McGraw-Hill.
3. Cussler, "Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems", Cambridge University Press.
4. Geankoplis, "*Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*", CECSA.
5. Hines y Maddox, "*Transferencia de Masa*", Prentice – Hall.
6. Holman, "*Heat Transfer*", McGraw-Hill.
7. Incropera y DeWitt, "*Fundamentos de Transferencia de Calor*", Prentice Hall.
8. Kern, "*Procesos de Transferencia de Calor*", CECSA.
9. Kreith, "*Principios de Transferencia de Calor*", Herrero Hnos.
10. Levenspiel, "*Engineering Flow and Heat Exchange*", Plenum Press.
11. McCabe, Smith y Harriott, "*Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*", McGraw-Hill.
12. Perry, "Manual del Ingeniero Químico", McGraw-Hill.
13. Poling, Prausnitz y O'Connell, "*The Properties of Gases and Liquids*", McGraw-Hill, 5a Edición.
14. Reid, Prausnitz y Poling, "*The Properties of Gases and Liquids*", McGraw-Hill, 4a Edición.
15. Treybal, "*Operaciones de Transferencia de Masa*", McGraw-Hill.
16. Valiente Barderas, "*Problemas de Transferencia de Calor*", Limusa.
17. Welty, Wicks y Wilson, "*Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa*", Limusa.

## CRITERIOS DE ACREDITACIÓN

**Evaluación de primera oportunidad.** Es la evaluación sumativa que se realiza por primera ocasión para cada unidad<sup>(\*)</sup> durante el periodo planeado y señalado por el docente.

**Evaluación de segunda oportunidad.** Es la evaluación sumativa de complementación, que cumple con la integración de las evidencias no presentadas o incompletas en la evaluación de primera oportunidad y se realiza al finalizar el curso, de acuerdo a las fechas programadas por el docente.

**Desempeño en la evaluación.** Sólo existen dos opciones de desempeño en la evaluación sumativa de competencias: "competencia alcanzada" o "competencia no alcanzada". La opción "competencia alcanzada" se logra cuando el estudiante ha cubierto el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de una competencia específica; en caso contrario se trata de una "competencia no alcanzada".

**Indicadores de desempeño.** Las siguientes tablas especifican los indicadores empleados para establecer el nivel de desempeño de cada unidad y su correspondiente valoración numérica.

INDICADORES DE DESEMPEÑO					
<b>(A) Se adapta a situaciones y contextos complejos.</b> Puede trabajar en equipo, reflejar sus conocimientos en la interpretación de la realidad. Inferir comportamientos o consecuencias de los fenómenos o problemas en estudio. Incluir más variables en casos de estudio.					
<b>(B) Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.</b> Pregunta ligando conocimientos de otras asignaturas o de casos anteriores de la misma asignatura. Presenta otros puntos de vista que complementan al presentado en la clase. Presenta fuentes de información adicionales (internet, documentales), usa más bibliografía, consulta fuentes en un segundo idioma, entre otras.					
<b>(C) Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).</b> Ante problemas o casos de estudio propone perspectivas diferentes para abordarlos correctamente sustentadas. Aplica procedimientos aprendidos en otra asignatura o contexto para el problema que se está resolviendo.					
<b>(D) Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico.</b> Ante temas de la asignatura, introduce cuestionamientos de tipo ético, ecológico, histórico, político, económico, etcétera, que deben tomarse en cuenta para comprender mejor, o a futuro, dicho tema. Se apoya en foros, autores, bibliografía, documentales, tecnologías de la información, etcétera, para apoyar su punto de vista.					
<b>(E) Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.</b> En el desarrollo de los temas de la asignatura, incorpora conocimientos y actividades desarrollados en otras asignaturas sobrepasando la calidad o prestaciones del producto o evidencia requerida para la competencia.					
<b>(F) Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.</b> Es capaz de organizar su tiempo y trabajar sin necesidad de una supervisión estrecha o coercitiva. Aprovecha la dosificación de la asignatura presentada por el docente (avance programático) para llegar a las clases con dudas o comentarios de la temática a ver. Investiga o lee y en consecuencia es capaz de participar activamente en clase.					
VALORACIÓN DEL DESEMPEÑO					
DESEMPEÑO	COMPETENCIA NO ALCANZADA	COMPETENCIA ALCANZADA			
INDICADORES LOGRADOS	0 ó 1	2	3	4	5 ó 6
NIVEL DE DESEMPEÑO	Insuficiente	Suficiente	Bueno	Notable	Excelente
VALORACIÓN NUMÉRICA	NA	70-74	75-84	85-94	95-100

**Acreditación de la asignatura.** Para que el estudiante acredite una asignatura, debe ser evaluado en todas y cada una de las competencias específicas de la misma, y el nivel de desempeño alcanzado por el estudiante estará sustentado en las evidencias y cumplimiento de los indicadores de alcance. Los resultados de las evaluaciones sumativas de cada unidad se promedian para obtener la calificación de la asignatura, siempre y cuando se hayan alcanzado todas las competencias específicas, se haya tenido una asistencia mínima del 70% a las sesiones de clase, y se haya entregado satisfactoriamente el portafolio final con el 100% de las evidencias requeridas.

(\*) El documento "Lineamiento para la Evaluación y Acreditación de Asignaturas versión 1.0 Planes de Estudio 2009-2010" indica que la evaluación sumativa se realiza por cada competencia. Por compatibilidad con el contenido temático y para facilitar el trabajo académico, en este curso las evaluaciones sumativas se realizarán por cada unidad. El texto en esta página se ha adaptado de acuerdo a este criterio.

## EVIDENCIAS PARA EVALUACIÓN

**Exámenes.** Se aplicará un examen escrito una semana después de concluir cada unidad, evaluando teoría y/o problemas. En caso de considerarlo necesario, el grupo puede pedir una sola vez reprogramar el examen, previo acuerdo con el docente con al menos un día de anticipación. Los exámenes serán a libro cerrado, excepto por los formularios que en su momento indique el profesor. Los alumnos no podrán prestarse nada durante el desarrollo del examen. Tampoco podrán abandonar el salón ni recibir nada del exterior durante el examen. Para tener derecho a presentar examen de primera oportunidad, el alumno no debe tener evidencias pendientes de entregar con más de un mes de retraso, y para examen de segunda oportunidad no debe tener evidencias pendientes de entregar de esa unidad. Dado que no se seguirá estrictamente ninguna de las referencias bibliográficas, se espera que el alumno tome notas adecuadas de la información presentada en clase. Todo material cubierto en clase o tareas puede ser objeto de evaluación.

Para que el examen se acepte como evidencia de las competencias correspondientes, el alumno debe obtener una puntuación igual o mayor que la puntuación mínima aprobatoria. *Para un examen de primera oportunidad, la puntuación mínima aprobatoria será el 70% de la puntuación total o la mediana grupal, lo que resulte menor.* Si la mediana grupal es menor al 40% de la puntuación total, el examen se considerará no válido como instrumento de evaluación y se tendrá que realizar nuevamente, considerándose todavía como primera oportunidad. *Para un examen de segunda oportunidad, la puntuación mínima aprobatoria será el 70% de la puntuación total, independientemente de la mediana grupal.* La puntuación del examen no es la calificación de la unidad, únicamente determina si el examen se acepta o no como evidencia. La calificación de la unidad se establece de acuerdo a los indicadores de desempeño, una vez que se haya cumplido con el 100% de las evidencias, como se detalla en la página anterior.

Los exámenes de segunda oportunidad se programarán a la hora de la clase en el periodo correspondiente, una unidad por día. El docente podrá programar los exámenes de varias unidades el mismo día o reprogramar exámenes a una fecha posterior, siempre y cuando ello no implique que un alumno tenga que presentar más de un examen del curso en la misma sesión.

**Ejercicios.** El alumno entregará los ejercicios asignados en clase, resueltos a mano, como evidencia de su trabajo personal, una semana después de haberse encargado cada ejercicio. Algunos ejercicios pueden ser opcionales, según lo indique el profesor. Cuando el profesor proporcione la respuesta del ejercicio, es responsabilidad del alumno corroborar su respuesta y procedimiento. Todas las hojas deberán llevar nombre y número de control. Se recomienda emplear ambos lados de la hoja o papel de reuso; no se recomiendan hojas de cuaderno.

**Actividades.** El profesor indicará la realización de tareas y otras actividades complementarias, generalmente para que los alumnos las realicen en equipos de máximo 3 personas. En estos casos se entregará un único reporte, que los alumnos deberán reproducir una vez calificado para que cada uno incluya una copia en su portafolio de evidencias. El reporte no requiere portada; los nombres y números de control de los integrantes del equipo deberán aparecer en todas las páginas.

**Laboratorio.** El procedimiento de la práctica será proporcionado con anticipación. *El uso de bata es obligatorio.* El reporte de práctica se entregará por equipo, pero cada integrante del equipo deberá redactar sus propios comentarios y conclusiones. Una vez evaluado el reporte, deberá ser reproducido para que cada uno incluya una copia en su portafolio de evidencias. El reporte no requiere portada; los nombres y números de control de los integrantes del equipo deberán aparecer en todas las páginas.

**Portafolio de evidencias.** Es la evidencia final del curso. Al término del semestre, el alumno preparará un engargolado con todas las evidencias que se le indiquen (ejercicios, reportes de actividades, etcétera) formando un portafolio global, con la firma de enterado de su tutor institucional. La entrega y aceptación del portafolio de evidencias es requisito para la calificación final del semestre.

**Entrega de evidencias.** Habitualmente, la fecha de entrega de cualquier ejercicio o reporte de actividad será una semana después de haber sido encargado. Salvo indicación expresa, todas las evidencias se entregarán en papel (no por correo electrónico) y todas las hojas deberán tener en el frente el nombre y número de control del alumno.

**Criterio de aceptación.** Las evidencias se evaluarán como "aceptada" o "no aceptada". Habitualmente se darán indicaciones sobre los criterios de aceptación o los requisitos mínimos que debe cumplir la evidencia para ser aceptada. El hecho de que una evidencia sea aceptada no forzosamente implica que esté correcta en su totalidad, sólo refleja que, a criterio del docente, el alumno ha mostrado satisfactoriamente el aprendizaje esperado.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Asistencia.** Dado que este curso es de modalidad presencial, la asistencia es requerida, por lo que se necesita una asistencia mínima al 70% de las sesiones de clase para tener derecho a la calificación final del curso, independientemente de si las inasistencias son justificables o no. Las inasistencias podrán justificarse por escrito en un plazo máximo de una semana. En caso de que el alumno llegue significativamente tarde o que abandone el salón durante un tiempo considerable de la clase, se le podrá cancelar la asistencia correspondiente. Es responsabilidad del alumno ponerse al corriente a la mayor brevedad cuando haya faltado.

No se aplicarán exámenes extemporáneos. Si un alumno falta a un examen de primera oportunidad por una razón justificada, podrá presentar el examen en la fecha del examen de segunda oportunidad (contando todavía como de primera oportunidad), previa aceptación de su justificante escrito. Únicamente puede justificarse un máximo de dos inasistencias a exámenes de primera oportunidad. Las inasistencias a exámenes de segunda oportunidad no son justificables.

**Aprendizaje incremental.** Los temas del curso tienen una secuencia lógica que frecuentemente requiere del dominio de un tema antes de continuar con el siguiente. Del mismo modo, este curso requiere y se basa en aprendizajes previos. Los ejercicios, actividades o exámenes pueden requerir conocimientos de unidades anteriores o de cursos anteriores.

**Trabajo extra-clase.** De acuerdo a la asignación de créditos, se espera que el alumno dedique al curso un mínimo de 3 horas extra-clase semanalmente, adicionales al horario asignado. Este tiempo extra se requiere para la realización de actividades y finalización de ejercicios de portafolio, así como para el estudio auto-regulado.

**Evidencias del proceso educativo.** Como instrumentos de evaluación, todos los exámenes constituyen evidencia del proceso educativo, por lo que permanecerán en custodia del profesor. El portafolio de evidencias sí se devolverá al alumno una vez evaluado, aunque en algunos casos el profesor podrá solicitarlo en préstamo como evidencia adicional para los procesos de certificación y/o acreditación, según los requerimientos institucionales.

**English content.** In today's globalized world, English is a very important language, especially in science and technology. Many bibliographic resources are in English, and employers often require some level of proficiency in English prior to hiring. Sadly, students do not usually feel the need to learn English because of readily-available Spanish translations of most engineering books and easy access to online translation services. With these considerations in mind, some of the course material might be delivered in English, in order to engage the student in recognizing the need of learning and practicing this language.

**Calidad del trabajo escolar.** Se espera que el alumno refleje su esfuerzo en alcanzar y mantener una alta calidad en toda actividad que desarrolle. Si hay deficiencias significativas en dicho trabajo, la evidencia puede ser no aceptada hasta que se hagan las correcciones necesarias. Los reportes de actividades no necesitan ser en computadora, aunque se espera un esfuerzo por la mejor calidad de presentación. Las gráficas, en caso de requerirlas, sí deberán realizarse en computadora.

**Honestidad académica.** Es indispensable que el alumno aplique una ética consistente con la formación profesional que está recibiendo. La deshonestidad en un examen podrá ser motivo de anulación. En el caso de actividades realizadas en equipos, todos los miembros del equipo son igualmente responsables del trabajo realizado. En el caso de tareas y otros trabajos, se podrán anular si muestran evidencia de material copiado de otro trabajo o de información simplemente copiada y pegada de Internet. Por otro lado, se permite y se recomienda que los alumnos se reúnan para repasar los contenidos vistos en clase, así como para trabajar en tareas y ejercicios, a condición de que todos participen equitativamente y que cada uno desarrolle y entregue su propio trabajo.

**Celulares.** No se permite su uso durante la clase. Mantenerlos apagados o en modo silencioso.