

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: <b>Fenómenos de Transporte I</b>
Carrera: <b>Ingeniería Química</b>
Clave de la asignatura: <b>QUM – 0508</b>
Horas teoría-horas práctica-créditos: <b>3 2 8</b>

## 2.- HISTORIA DEL PROGRAMA

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones (cambios y justificación)</b>
Instituto Tecnológico de Aguascalientes del 9 al 13 de agosto de 2004.	Representantes de las Academias de Ingeniería Química de los Institutos Tecnológicos.	Reunión Nacional de Evaluación Curricular de la Carrera de Ingeniería Química.
Institutos Tecnológicos de Aguascalientes, Chihuahua, Mérida, Veracruz y Zacatepec.	Academias de la carrera de Ingeniería Química.	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas diseñados en la Reunión nacional de evaluación curricular.
Instituto Tecnológico de Durango del 22 al 26 de noviembre de 2004.	Comité de Consolidación de la Carrera de Ingeniería Química.	Definición de los Programas de Estudio de la Carrera de Ingeniería Química.

## 3.- UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

**Debe cursarse después de haber cursado 180 créditos**

**a). Relación con otras asignaturas del plan de estudio**

Anteriores		Posteriores	
Asignaturas	Temas	Asignaturas	Temas
Matemáticas I	Números reales Funciones Límites y continuidad Derivadas Aplicaciones de las derivadas Sucesiones y series	Fenómenos de transporte II	Perfiles de temperatura Transferencia de calor por convección Ley de Fick Transporte de interfase
Matemáticas IV	Ecuaciones diferenciales parciales	Operaciones unitarias I	Pérdidas por fricción en tuberías Cálculo de potencia de bombas
Programación	Introducción a la computación Introducción a la programación Estatutos Arreglos funcionales Tipos de datos Abstractos definidos por el usuario (TDA) y archivos	Operaciones unitarias II y III	Flujo de fluidos compresibles Medidores de flujo Fluidización Flujo de fluidos Hidráulica de platos Caída de presión
		Reactores Químicos	Método de escalamiento Modelos para reactores

**b). Aportación de la asignatura al perfil del egresado**

- Proporcionar los fundamentos del transporte de cantidad de movimiento, de energía en conducción, aletas de enfriamiento y radiación para abordar científicamente y con mayor comprensión las operaciones unitarias y reactores.

#### 4.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO

Identificará las leyes, teorías y modelos de comportamiento, a nivel microscópico y macroscópico, de los sistemas donde exista transferencia de cantidad de movimiento, de energía en conducción, aletas de enfriamiento y radiación para aplicarlos en los procesos unitarios.

#### 5.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Análisis dimensional	<ul style="list-style-type: none"><li>1.1 Técnicas de análisis dimensional<ul style="list-style-type: none"><li>1.1.1 Tipo de técnicas (Grupos <math>\pi</math>, Diferencial secuencial, Raleigh)</li><li>1.1.2 Metodologías</li><li>1.1.3 Aplicaciones</li></ul></li><li>1.2 Grupos adimensionales y correlaciones<ul style="list-style-type: none"><li>1.2.1 Fuerzas impulsoras involucradas</li><li>1.2.2 Correlaciones representativas y aplicaciones</li></ul></li><li>1.3 Similitudes y principios de escalamiento<ul style="list-style-type: none"><li>1.3.1 Principios de similitud</li><li>1.3.2 Bases del escalamiento</li><li>1.3.3 Aplicaciones</li></ul></li></ul>
2	Estática de fluidos	<ul style="list-style-type: none"><li>2.1 Fluido, Flujo<ul style="list-style-type: none"><li>2.1.1 Fluido (compresible, incompresible)</li><li>2.1.2 Flujo (laminar y turbulento; estacionario y no estacionario)</li></ul></li><li>2.2 Estática de fluidos<ul style="list-style-type: none"><li>2.2.1. Conceptos</li><li>2.2.2. Ecuación diferencial básica en estática de fluidos</li><li>2.2.3. Variación de la presión en fluidos compresibles e incompresibles</li></ul></li></ul>

		2.2.4. Aplicaciones de la hidrostática
3	Mecanismos de transferencia de cantidad de movimiento	<p>3.1 Mecanismos de transferencia 3.1.1 Momentum, calor, masa</p> <p>3.2 Ley de Newton de la viscosidad 3.2.1. Deducción 3.2.2. Efectos de la temperatura y presión en la viscosidad 3.2.3. Aplicación</p> <p>3.3 Reología 3.3.1 Concepto 3.3.2 Clasificación de los fluidos</p> <p>3.4 Estimación de la viscosidad 3.4.1 Modelos matemáticos 3.4.2 Cálculos (gases, líquidos y mezclas)</p> <p>3.5 Ajuste de la viscosidad por temperatura y presión en gases y líquidos</p>
4	Balance en sistemas coordenados	<p>4.1. Conceptos 4.1.1 Sistemas 4.1.2 Volumen de control 4.1.3 Teorema del valor medio</p> <p>4.2. Condiciones límite</p> <p>4.3. Ecuaciones de variación</p> <p>4.4. Perfil de velocidad, velocidad media, flujo volumétrico y másico 4.4.1 Coordenadas rectangulares (canal, película descendente, tubo rectangular) 4.4.2 Coordenadas cilíndricas (tubo, ángulo, canal circular)</p>
5	Balance en interfase	<p>5.1 Coeficiente de fricción 5.1.1 Concepto 5.1.2 Aplicaciones</p> <p>5.2 Balance macroscópico 5.2.1 Ecuación de Bernoulli 5.2.2 Aplicación</p>

6	Mecanismos y conceptos básicos en transferencia de calor	<p>6.1. Introducción</p> <p>6.1.1 Mecanismos en la transferencia del calor</p> <p>6.2. Ley de Fourier de la transferencia del calor</p> <p>6.2.1 Deducción de la Ley de Fourier</p> <p>6.2.2 La conductividad térmica como función de la temperatura</p> <p>6.2.3 Cálculo y estimación de la conductividad térmica en sólidos, líquidos, gases y mezclas.</p> <p>6.3. Ley de Newton del enfriamiento</p> <p>6.3.1 Naturaleza de la transferencia por convección</p> <p>6.3.2 Expresión matemática de la Ley de Newton</p> <p>6.3.3 Concepto de coeficiente de película Newtoniano</p> <p>6.3.4 La convección natural y forzada</p> <p>6.4. Ley de Stefan-Boltzman de la radiación</p> <p>6.4.1 Radiación térmica y Espectro electromagnético</p> <p>6.4.2 Ley de Stefan-Boltzman</p> <p>6.4.3 Concepto de cuerpo negro, emisividad y cuerpo gris</p>
7	Balances de calor en sistemas coordenados en estado estacionario, flujo unidireccional	<p>7.1. Obtención de perfiles de temperatura y flujo de calor</p> <p>7.1.1 Condiciones frontera</p> <p>7.1.2 Placa simple sin generación</p> <p>7.1.3 Placa simple con generación</p> <p>7.1.4 Placas compuestas con frontera convectiva.</p> <p>7.1.5 Envolverte cilíndrica simple</p> <p>7.1.6 Envolverte cilíndrica compuesta con frontera convectiva</p> <p>7.1.7 Barra simple con generación</p>

		<p>7.1.8 Radio crítico de aislamiento.</p> <p>7.1.9 Envolverte esférica sin generación</p> <p>7.1.10 Envolverte esférica compuesta con frontera convectiva</p> <p>7.1.11 Esfera sólida con generación</p> <p>7.1.12 Radio crítico de aislamiento en esferas</p>
8	Balances de calor en superficies extendidas	<p>8.1. Obtención de perfiles de temperatura y flujo de calor en aletas de enfriamiento</p> <p>8.1.1 Uso y aplicación de aletas</p> <p>8.1.2 Deducción de la ecuación general diferencial para aletas de enfriamiento</p> <p>8.1.3 Simplificación de la ecuación diferencial para aletas de sección constante.</p> <p>8.1.4 Concepto de eficiencia y efectividad de aletas.</p> <p>8.1.5 Cálculo del calor disipado por aletas</p>
9	Balance de calor por radiación y aplicación de las ecuaciones de transferencia por radiación a la solución de problemas	<p>9.1. Definir en el espectro electromagnético el rango de la radiación térmica y las características de frecuencia e intensidad de radiación</p> <p>9.2. Definir los conceptos de cuerpo negro y cuerpo gris.</p> <p>9.3. Definir los conceptos de factor de forma y factor de área en transferencia de calor por radiación.</p> <p>9.4. Resolver problemas de transferencia de calor por radiación para cuerpos simples.</p>

## 6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Ecuaciones diferenciales
- Cálculo vectorial
- Leyes de la Termodinámica
- Balances de materia y energía

## **7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- Estimar mediante un examen diagnóstico el nivel de aprendizaje y comprensión de los conocimientos previos, con objeto de homogeneizarlos.
- Diseñar experimentos para comprobar la relación entre la altura hidrostática y la presión.
- Diseñar experimentos para comparar las conductividades térmicas de diferentes materiales
- Propiciar la investigación en Internet y en otras fuentes de información sobre diferentes tipos de fluidos y sus características reológicas.
- Comprobación experimental del comportamiento reológico de los fluidos.
- Determinar valores de viscosidad y conductividad de diferentes tipos de fluidos usando software específico o desarrollar programas de computadora para lo mismo.
- Participar en talleres de problemas de flujo de fluidos
- Solucionar problemas de flujo de fluidos por medio de software de aplicación.
- Desarrollar temas para exposición frente a grupo.
- Diseñar prácticas demostrativas sobre algún tema del curso
- Realizar una recapitulación de los temas principales, al término de cada unidad

## **8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN**

- Informes sobre investigaciones documentales
- Presentaciones frente a grupo.
- Reportes sobre visitas a Industrias
- Desarrollo de prácticas
- Exámenes

## 9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1.- Análisis Dimensional

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
El estudiante determinará los grupos o correlaciones de un sistema determinado y las bases de escalamiento de sistemas de flujo.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar los diferentes métodos de solución de problemas como el analítico, estadístico y el análisis dimensional.</li><li>• Comprender los conceptos de grupo adimensional y correlación.</li><li>• Conocer las técnicas de análisis dimensional como la de grupos pi, secuencial, diferencial y Raleigh y las aplicará para obtener los grupos adimensionales o correlaciones que gobiernan en un problema dado.</li><li>• Interpretar las fuerzas que están involucradas en los grupos adimensionales y conocerá el campo de acción de estos grupos.</li><li>• Conocer los principios de similitud y las bases del escalamiento para aplicarlas a sistemas de flujo.</li></ul>	1, 3, 4, 5, 6, 7

### Unidad 2.- Estática de Fluidos

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Interpretará los fundamentos de la estática de fluidos.  Comprenderá los conceptos de flujo y fluido y sus diferentes clasificaciones.  Aplicará los fundamentos de estática de fluidos en la determinación de la presión de un fluido.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Explicar las diferencias entre fluido compresible e incompresible</li><li>• Explicar los conceptos de estática y dinámica de fluidos</li><li>• Deducir la ecuación diferencial básica de presión</li><li>• Explicar el concepto de equilibrio hidrostático</li><li>• Realizar un análisis de cuerpo libre sobre un objeto sumergido</li><li>• Aplicar los fundamentos de estática de fluidos y la ecuación de variación de presión a diversos sistemas</li></ul>	1, 3, 4, 5, 6, 7

**Unidad 3.-** Mecanismos de transferencia de cantidad de movimiento

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Identificará los mecanismos básicos de transferencia.</p> <p>Interpretará el comportamiento de los fluidos en función de la relación de esfuerzo de corte y gradiente de velocidad.</p> <p>Utilizará diferentes métodos de cálculo para la determinación de viscosidad de fluidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar el principio de los mecanismos de transferencia.</li> <li>• Definir la analogía entre la transferencia de momentum, calor y masa.</li> <li>• Investigar los mecanismos de transferencia de momentum, calor y masa en fluidos.</li> <li>• Explicar el concepto de entidad de transferencia.</li> <li>• Deducir la Ley de Newton de la viscosidad.</li> <li>• Investigar los diferentes tipos de fluidos no Newtonianos y sus modelos matemáticos (plásticos Bingham, pseudoplásticos, dilatante, tixotrópicos, reopéticos y viscoelásticos).</li> <li>• Investigar las diversas correlaciones para determinar la viscosidad en líquidos, gases y mezclas.</li> <li>• Estimar la viscosidad de gases de baja y alta densidad, líquidos y mezclas.</li> <li>• Interpretar la difusividad de momentum (viscosidad cinemática).</li> </ul>	<p>1, 2, 3, 7, 8</p>

**Unidad 4.-** Balance de cantidad de movimiento en sistemas coordenados

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Deducirá las ecuaciones fundamentales de variación y las aplicará a la deducción de perfiles de velocidad, flujo volumétrico y másico en diferentes sistemas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar los conceptos de sistema, de volumen de control y teorema del valor medio.</li> <li>• Establecer la importancia de las condiciones límites.</li> <li>• Obtener modelos matemáticos del comportamiento de los fluidos aplicando balances diferenciales a volúmenes de control en espacios</li> </ul>	<p>1, 2, 3, 4, 7, 8</p>

<p>coordenados.</p>	<p>cartesianos y cilíndricos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar con base a los modelos obtenidos las velocidades media y máxima, los flujos volumétricos, espesores de película y las fuerzas que actúan sobre las superficies en contacto con los fluidos.</li> <li>• Establecer las ecuaciones de variación en coordenadas cilíndricas por cambios de coordenadas a partir de las equivalentes en coordenadas cartesianas.</li> </ul>	
---------------------	---	--

**Unidad 5.-** Balance de cantidad de movimiento macroscópico y en interfase

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Conocerá el concepto de factor de fricción y lo aplicará a la solución de problemas de flujo.</p> <p>Realizará balances de energía mecánica y de materia en sistemas de flujo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar las ecuaciones de variación a la deducción de la ecuación de Navier-Stokes</li> <li>• Realizar balance macroscópico de energía mecánica a diferentes sistemas de flujo (placa y tubo).</li> <li>• Definir el concepto de Pérdida por fricción y su relación con el número de Reynolds.</li> <li>• Investigar en la bibliografía información para la determinación de los factores de fricción en tuberías (diagrama de Moody, ecuación de Colebrook) y sobre diferentes objetos sumergidos (placas, esferas, elipses, entre otras).</li> <li>• Deducir la ecuación de Bernoulli</li> <li>• Aplicar la ecuación de Bernoulli para la solución de problemas de flujo en tuberías.</li> </ul>	<p>1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>

**Unidad 6.-** Mecanismos y conceptos básicos en transferencia de calor

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Interpretará los fundamentos del transporte de calor e Identificará a los diferentes tipos de mecanismos de transferencia de calor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar los conceptos de calor y temperatura.</li> <li>• Definir los conceptos de resistencia térmica y gradiente de temperatura.</li> <li>• Investigar los diferentes mecanismos de transferencia de calor.</li> <li>• Explicar el concepto de conductividad térmica y sus mecanismos.</li> <li>• Investigar valores de la conductividad térmica para diferentes materiales.</li> <li>• Estimar valores de la conductividad por medio de correlaciones específicas.</li> <li>• Explicar el concepto de distribución de temperatura.</li> <li>• Definir el concepto de coeficiente de película.</li> <li>• Explicar la diferencia entre convección natural y convección forzada.</li> <li>• Explicar la naturaleza electromagnética de la transferencia por radiación.</li> </ul>	1, 2, 7, 9, 10, 11

**Unidad 7.-** Balances de calor en sistemas coordenados en estado estacionario, flujo unidireccional

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Deducirá ecuaciones. para la determinación de perfiles de temperatura y flujo de calor en diferentes sistemas con transferencia de calor en estado estacionario, unidireccional y en coordenadas rectangulares,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectuar balances calor en elementos diferenciales de sistemas en Coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas unidireccionales al estado estable.</li> <li>• Explicar el concepto de radio crítico de aislamiento.</li> <li>• Efectuar balances calor en elementos diferenciales de sistemas en Coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas con generación de energía.</li> </ul>	1, 2, 3, 9, 11

cilíndricas y esféricas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolver problemas de transferencia de calor en placas, tubos y esferas con y sin generación de energía.</li> </ul>	
--------------------------	--	--

**Unidad 8.-** Balances de calor en superficies extendidas

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Determinará el perfil de temperaturas y el flujo de enfriamiento con calor en aletas de sección constante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar los diferentes tipos de superficies extendidas y sus usos aletas de enfriamiento.</li> <li>• Deducir la ecuación general para flujo de calor.</li> <li>• Simplificar la ecuación general para aletas de enfriamiento con sección constante.</li> <li>• Resolver problemas de transferencia de calor en sistemas con aletas. de sección constante.</li> </ul>	1, 2, 3, 9, 11, 12

**Unidad 9.-** Transferencia por radiación

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Comprenderá el concepto de transferencia de calor por radiación y aplicará las ecuaciones de transferencia por radiación a la solución de problemas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir en el espectro electromagnético el rango de la radiación térmica y las características de frecuencia e intensidad de radiación.</li> <li>• Definir los conceptos de cuerpo negro y cuerpo gris.</li> <li>• Definir los conceptos de factor de forma y factor de área en transferencia de calor por radiación.</li> <li>• Resolver problemas de transferencia de calor por radiación para cuerpos simples.</li> </ul>	1, 7, 9 10, 11

## 10.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Bennet, C. O. & Myers, J. E. *Momentum, Heat and Mass Transfer*. McGraw – Hill.
2. Bird, R. B., Stewart, W. E. & Lightfoot, E. M. *Fenómenos de Transporte*. McGraw – Hill.
3. Geankopolis, Christ J. *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. CECSA.
4. McCabe, Warren L., Smith, J. C. & Harriot, P. *Unit Operations in Chemical Engineering*. McGraw – Hill.
5. Giles, Ronald V. *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*. McGraw – Hill Serie Schaum's.
6. Mott, Robert L. *Mecánica de los Fluidos Aplicada*. Prentice – Hall
7. Perry, Robert H. (Ed. in Chief). *Perry's Chemical Engineers Handbook*. McGraw – Hill.
8. Reid, R. C., Prausnitz, J. M. & Poling, B. E. *The Properties of Gases and Liquids*. McGraw – Hill.
9. Holoman, J. P. *Principios de Transferencia de Calor*. McGraw – Hill
10. Incropera, F. P. & De Witt, D. P. *Fundamentos de Transferencia de Calor*. Prentice – Hall.
11. Kreith, H. F. & BOHN, M. S. *Principios de Transferencia de Calor*. Thompson Learning.
12. Kern, D. Q. *Procesos de Transferencia de Calor*. CECSA.

## **11. PRÁCTICAS**

### **A realizarse en el laboratorio integral**

1. Determinación de presiones a diferentes alturas en una columna con diferentes fluidos.
2. Fabricar un manómetro simple de tubo en “U” y comprobarlo experimentalmente.
3. Determinaciones de viscosidad de diferentes fluidos newtonianos y no newtonianos.
4. Realizar el experimento de Reynolds.
5. Determinación experimental de pérdidas por fricción en tuberías y accesorios.
6. Determinación de conductividades térmicas de diversos materiales.
7. Comprobación experimental del Radio Crítico de Aislamiento.
8. Determinación experimental de coeficientes de transferencia de calor.
9. Comprobación experimental de la eficiencia de aletas.
10. Determinación experimental por pirometría de la transferencia de calor por radiación.