

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	<b>Mecanismos de Transferencia</b>
Carrera:	<b>Ingeniería Química</b>
Clave de la asignatura:	<b>IQF-1013</b>
SATCA <sup>1</sup> :	<b>3 – 2 – 5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### Caracterización de la asignatura.

La **TRANSFERENCIA DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO, CALOR Y MASA** es fundamental para conocer los fenómenos involucrados en los procesos unitarios en la Ingeniería Química, en virtud de ser la que aporta las bases para la comprensión y aplicación en el diseño de los procesos que durante la formación profesional se estudiarán.

La asignatura aborda desde la comprensión de conceptos como fluido, flujo, y su clasificación, así como las diferentes formas de representar la concentración, la interpretación de temperatura, conductividad y resistencia térmica, e identifica los diferentes mecanismos de transferencia. Se obtienen las correlaciones a partir de los fenómenos involucrados que son usadas para resolver los problemas que analíticamente se plantean. Se determinan a partir de expresiones semiempíricas la viscosidad, conductividad y difusividad en los diferentes tipos de fluidos y particularmente en los sólidos la conductividad. Se incluye el tema de superficies extendidas para definir su comportamiento y uso, concluyendo con la determinación del comportamiento de sistemas en los que se da el mecanismo de transferencia de calor por radiación.

La asignatura se relaciona con todas las posteriores que involucran procesos unitarios, ya que para entender e interpretar los procesos es indispensable conocer los mecanismos o fenómenos que los gobiernan.

### Intención Didáctica.

La asignatura cuenta con siete unidades, en la primera unidad se busca que el estudiante identifique los conceptos involucrados en la transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa considerando su aplicación. En la segunda se determinan grupos adimensionales y correlaciones en sistemas con transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa usando los métodos de análisis dimensional, al igual que interprete los grupos adimensionales involucrados en un sistema con base a las fuerzas que intervienen. En la tercera, cuarta y quinta se interpreta la Ley de Newton de la Viscosidad en líquidos a partir de los elementos que la componen y su comportamiento, la Ley de Fourier en sólidos, líquidos y gases a partir de los elementos que la componen y su comportamiento y la Ley de Fick en mezclas binarias a partir de los elementos que la componen y su

<sup>1</sup> Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

comportamiento. En las mismas unidades se determinan la viscosidad en gases, mezcla de gases y líquidos, la conductividad en gases, líquidos y sólidos y la difusividad en mezclas binarias y multicomponentes, utilizando las correlaciones y gráficas correspondientes. En la sexta unidad se determina el flujo de calor por radiación que un cuerpo emisor utilizando la Ley de Stefan-Boltzman y finalmente en la séptima se deduce la ecuación diferencial aplicable a superficies extendidas, usando un balance de energía y se determina el flujo de calor en superficies extendidas de sección constante a partir de la ecuación obtenida de su balance

Para el desarrollo de este curso es indispensable que el docente proporcione los elementos mínimos necesarios para orientar el aprendizaje significativo de los estudiantes. Esto permitirá aplicar éstos en problemas prácticos que deben ser planteados por el maestro y complementados por el estudiante. Se requiere de desarrollar actividades que fomenten la capacidad de análisis abstracción y razonamiento de manera reflexiva.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<b>Competencias específicas:</b>	<b>Competencias genéricas</b>
<p>Determinar los grupos adimensionales y/o correlaciones en sistemas con transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa utilizando las técnicas o métodos de análisis dimensional</p> <p>Determinar la viscosidad, conductividad y difusividad en sistemas con transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa utilizando las correlaciones y gráficas correspondientes</p> <p>Determinar el flujo de calor en superficies extendidas para aletas de sección constante</p>	<p><b>1- Competencias instrumentales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>▪ Capacidad de organizar y planificar</li> <li>▪ Conocimientos básicos de la carrera</li> <li>▪ Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas)</li> <li>▪ Solución de problemas</li> <li>▪ Toma de decisiones.</li> </ul> <p><b>2-Competencias interpersonales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Habilidades interpersonales</li> <li>• Compromiso ético</li> </ul> <p><b>3-Competencias sistémicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Habilidades de investigación</li> <li>• Capacidad de aprender</li> <li>• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> <li>• Capacidad para diseñar y gestionar</li> </ul>

	proyectos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preocupación por la calidad</li> <li>• Búsqueda del logro</li> </ul>
--	---

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones (cambios y justificación)
Instituto Tecnológico de Villahermosa  Fecha: 7 al 11 de septiembre del 2009	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, La Laguna, Parral, Villahermosa	Reunión nacional de Diseño e innovación curricular de la carrera de Ingeniería en Química
Instituto Tecnológico de: Aguascalientes Fecha: 14 septiembre del 2009 al 5 de febrero del 2010	Representantes de la academia de Ingeniería química	Análisis, enriquecimiento y elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Innovación y Diseño Curricular.
Instituto Tecnológico de Celaya  Fecha: 8 al 12 de febrero del 2010	Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, La Laguna, Parral, Villahermosa y Veracruz.	Reunión nacional de Diseño de consolidación de carreras del Sistema Nacional de Carreras del SNEST

#### 5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO (competencias específicas a desarrollar en el curso)

- Determinar los grupos adimensionales y/o correlaciones en sistemas con transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa utilizando las técnicas o métodos de análisis dimensional
- Determinar la viscosidad, conductividad y difusividad en sistemas con transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa utilizando las correlaciones y gráficas correspondientes
- Determinar el flujo de calor en superficies extendidas para aletas de sección constante

#### 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Resolver desigualdades lineales, cuadráticas y de valor absoluto aplicando las propiedades de los números reales.
- Evaluar numéricamente el límite de una función usando los teoremas de límites establecidos.
- Derivar funciones algebraicas y trascendentes usando las reglas de derivación y las de derivación implícita.
- Determinar la convergencia de sucesiones y series usando los criterios establecidos.

- Resolver ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden usando métodos analíticos establecidos.
- Aplicar conceptos de computación y programación, estatutos, arreglos funcionales, tipos de datos, abstractos definidos por el usuario (TDA) y archivos usando un lenguaje de programación.
- Homogeneizar las dimensiones y unidades en un problema, usando los principios correspondientes.

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Conceptos fundamentales	1.1 Fluido, Flujo 1.1.1 Fluido (compresible, incompresible) 1.1.2 Flujo (laminar y turbulento; estacionario y no estacionario) 1.2 Reología 1.2.1 Concepto 1.2.2 Clasificación de los fluidos 1.3 Concentración 1.3.1 Concentraciones (masa, molar) 1.3.2 Fracciones (masa, molar) 1.3.3 Densidad de flujo (masa, molar) 1.3.4 Velocidad media de flujo (masa, molar) 1.4 Calor 1.4.1 Calor y gradiente de temperatura 1.4.2 Resistencia y conductividad térmica 1.5 Mecanismos de transferencia 1.5.1 Momentum, calor, masa
2	Análisis dimensional	2.1. Técnicas de análisis dimensional 2.1.1. Tipo de técnicas (Grupos $\pi$ , Diferencial secuencial, Raleigh) 2.1.2. Metodologías 2.1.3. Aplicaciones 2.2. Grupos adimensionales y correlaciones 2.2.1. Fuerzas impulsoras involucradas 2.2.2. Correlaciones representativas y aplicaciones 2.3. Similitudes y principios de escalamiento 2.3.1. Principios de similitud

		<ul style="list-style-type: none"> <li>2.3.2. Bases del escalamiento</li> <li>2.3.3. Aplicaciones</li> </ul>
3	Transferencia de Cantidad de Movimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1. Mecanismos de transferencia <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1.1. Momentum, calor, masa</li> </ul> </li> <li>3.2. Ley de Newton de la viscosidad <ul style="list-style-type: none"> <li>3.2.1. Deducción</li> <li>3.2.2. Efectos de la temperatura y presión en la viscosidad</li> <li>3.2.3. Aplicación</li> </ul> </li> <li>3.3. Reología <ul style="list-style-type: none"> <li>3.3.1. Concepto</li> <li>3.3.2. Clasificación de los fluidos</li> </ul> </li> <li>3.4. Estimación de la viscosidad <ul style="list-style-type: none"> <li>3.4.1. Modelos matemáticos</li> <li>3.4.2. Cálculos (gases, líquidos y mezclas)</li> </ul> </li> <li>3.5. Ajuste de la viscosidad por temperatura y presión en gases y líquidos</li> </ul>
4	Transferencia de calor	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.1. Introducción <ul style="list-style-type: none"> <li>4.1.1. Mecanismos en la transferencia del calor</li> </ul> </li> <li>4.2. Ley de Fourier de la transferencia del calor <ul style="list-style-type: none"> <li>4.2.1. Deducción de la Ley de Fourier</li> <li>4.2.2. La conductividad térmica como función de la temperatura</li> <li>4.2.3. Cálculo y estimación de la conductividad térmica en sólidos, líquidos, gases y mezclas.</li> </ul> </li> <li>4.3. Ley de Newton del enfriamiento <ul style="list-style-type: none"> <li>4.3.1. Naturaleza de la transferencia por convección</li> <li>4.3.2. Expresión matemática de la Ley de Newton</li> <li>4.3.3. Concepto de coeficiente de película Newtoniano</li> <li>4.3.4. La convección natural y forzada</li> </ul> </li> <li>4.4. Ley de Stefan-Boltzman de la radiación <ul style="list-style-type: none"> <li>4.4.1. Radiación térmica y Espectro electromagnético</li> <li>4.4.2. Ley de Stefan-Boltzman</li> </ul> </li> </ul>
5	Transferencia de masa	<ul style="list-style-type: none"> <li>5.1. Difusión molecular <ul style="list-style-type: none"> <li>5.1.1. Deducción de la Ley de Fick</li> <li>5.1.2. Diferentes equivalencias de la Ley de Fick</li> <li>5.1.3. Aplicación</li> </ul> </li> <li>5.2. Estimación de la difusividad <ul style="list-style-type: none"> <li>5.2.1. Modelos matemáticos</li> </ul> </li> </ul>

		<p>5.2.2. Cálculos</p> <p>5.2.2.1. Cálculo de difusividad en mezclas binarias</p> <p>5.2.2.2. Cálculo de difusividades en multicomponentes</p> <p>5.2.3. Variación de la difusividad con la presión y la temperatura.</p>
6	Transferencia de calor por radiación	<p>6.1. Definir en el espectro electromagnético el rango de la radiación térmica y las características de frecuencia e intensidad de radiación</p> <p>6.2. Definir los conceptos de cuerpo negro y cuerpo gris.</p> <p>6.3. Definir los conceptos de factor de forma y factor de área en transferencia de calor por radiación.</p> <p>6.4. Resolver problemas de transferencia de calor por radiación para cuerpos simples.</p>
7	Superficies extendidas	<p>7.1. Obtención de perfiles de temperatura y flujo de calor en aletas de enfriamiento</p> <p>7.1.1. Uso y aplicación de aletas</p> <p>7.1.2. Deducción de la ecuación general diferencial para aletas de enfriamiento</p> <p>7.1.3. Simplificación de la ecuación diferencial para aletas de sección constante.</p> <p>7.1.4. Concepto de eficiencia y efectividad de aletas.</p> <p>7.1.5. Cálculo del calor disipado por aletas</p>

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Se recomienda buscar y contrastar definiciones de las leyes identificando puntos de coincidencia entre unas y otras definiciones e identificar cada ley en situaciones concretas.
- Fomentar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos 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. Se

recomienda que el estudiante identifique los fenómenos involucrados en los procesos unitarios.

- 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 y trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje en la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. Por ejemplo la determinación de parámetros de diseño como la viscosidad, conductividad, grupos adimensionales o correlaciones.
- 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 ingeniería con enfoque sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura se hará con base en el siguiente desempeño:

- Examen escrito
- Reporte de Investigaciones Documentales
- Participación en Tareas encomendadas

### Técnicas e Instrumentos de Evaluación:

- Portafolio de Evidencias: Reportes escritos, solución de ejercicios extra clase, actividades de investigación, elaboración de modelos o prototipos, análisis y discusión grupal.
- Matrices de valoración para tareas y exámenes

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Conceptos fundamentales

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
1.1 Identificar los conceptos involucrados en la transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa considerando su aplicación.	1. Explicar las diferencias entre fluido compresible e incompresible 2. Reflexionar sobre los principio de los mecanismos de transferencia. 3. Definir la analogía entre la transferencia de momentum, calor y masa. 4. Investigar los mecanismos de transferencia de momentum, calor y masa en fluidos. 5. Investigar los diferentes tipos de fluidos

	<p>no Newtonianos y sus modelos matemáticos (plásticos Bingham, pseudoplásticos, dilatante, tixotrópicos, reopéticos y viscoelásticos).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Explicar los conceptos de calor y temperatura.</li> <li>7. Definir los conceptos de resistencia térmica y gradiente de temperatura.</li> <li>8. Investigar los diferentes mecanismos de transferencia de calor.</li> <li>9. Explicar y deducir los diferentes tipos de concentraciones masa y molar.</li> <li>10. Deducir las diferentes maneras de expresar las fracciones masa y molar.</li> <li>11. Deducir las densidades de flujo masa y molar.</li> <li>12. Conocer e identificar las interrelaciones de la masa de un sistema.</li> </ol>
--	--

## Unidad 2: Análisis Dimensional

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>2.1 Determinar grupos adimensionales y correlaciones en sistemas con transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa usando los métodos de análisis dimensional.</p> <p>2.2 Interpretar los grupos adimensionales involucrados en un sistema con base a las fuerzas que intervienen</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar los diferentes métodos de solución de problemas como el analítico, estadístico y el análisis dimensional.</li> <li>2. Comprender los conceptos de grupo adimensional y correlación.</li> <li>3. 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>4. Interpretar las fuerzas que están involucradas en los grupos adimensionales y conocerá el campo de acción de estos grupos.</li> <li>5. Conocer los principios de similitud y las bases del escalamiento para aplicarlas a sistemas de flujo.</li> </ol>

## Unidad 3: Transferencia de cantidad de movimiento

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>3.1 Interpretar la Ley de Newton de la Viscosidad en líquidos a partir de los elementos que la componen y su comportamiento.</p> <p>3.2 Determinar la viscosidad en gases, mezcla de gases y líquidos utilizando las correlaciones y gráficas</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicar el concepto de entidad de transferencia de momentum..</li> <li>2. Deducir la Ley de Newton de la viscosidad.</li> <li>3. Comprobar la variación de la viscosidad con la presión y la temperatura.</li> </ol>



correspondientes.	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Investigar las diversas correlaciones para determinar la viscosidad en líquidos, gases y mezclas.</li> <li>5. Estimar la viscosidad de gases de baja y alta densidad, líquidos y mezclas.</li> <li>6. Interpretar la difusividad de momentum (viscosidad cinemática).</li> </ol>
-------------------	--

#### Unidad 4: Transferencia de calor

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>4.1 Interpretar la Ley de Fourier en sólidos, líquidos y gases a partir de los elementos que la componen y su comportamiento.</p> <p>4.2 Determinar la conductividad en gases, líquidos y sólidos utilizando las correlaciones y gráficas correspondientes</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicar el concepto de conductividad térmica y sus mecanismos.</li> <li>2. Investigar valores de la conductividad térmica para diferentes materiales.</li> <li>3. Estimar valores de la conductividad por medio de correlaciones específicas.</li> <li>4. Explicar el concepto de distribución de temperatura.</li> <li>5. Definir el concepto de coeficiente de película.</li> <li>6. Explicar la diferencia entre convección natural y convección forzada.</li> <li>7. Explicar la naturaleza electromagnética de la transferencia por radiación.</li> </ol>

#### Unidad 5: Transferencia de masa

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>5.1 Interpretar la Ley de Fick en mezclas binarias a partir de los elementos que la componen y su comportamiento.</p> <p>5.2 Determinar la difusividad en mezclas binarias y multicomponentes utilizando las correlaciones y gráficas correspondientes.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicar y deducir la Ley de Fick</li> <li>2. Analizar las formas equivalentes de la Ley de difusión de Fick.</li> <li>3. Comprender las propiedades de la difusividad.</li> <li>4. Comprender los mecanismos de difusión molecular.</li> <li>5. Determinar los coeficientes de difusión binaria.</li> <li>6. Determinar coeficientes de difusión gaseosa en mezclas múltiples</li> <li>7. Establecer correlaciones gráficas y analíticas que permitan obtener los coeficientes de difusión para gases, líquidos y sólidos.</li> </ol>

#### Unidad 6: Calor por radiación.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
6.1 Determinar el flujo de calor por radiación que un cuerpo emite	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir en el espectro electromagnético el rango de la radiación térmica y las</li> </ol>

utilizando la Ley de Stefan-Boltzman.	<p>características de frecuencia e intensidad de radiación.</p> <p>2 Definir los conceptos de cuerpo negro y cuerpo gris.</p> <p>3 Definir los conceptos de factor de forma y factor de área en transferencia de calor por radiación.</p> <p>4 Resolver problemas de transferencia de calor por radiación para cuerpos simples.</p>
---------------------------------------	---

### Unidad 7: Superficies extendidas.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>7.1 Deducir la ecuación diferencial aplicable a superficies extendidas, usando un balance de energía.</p> <p>7.2 Determinar el flujo de calor en superficies extendidas de sección constante a partir de la ecuación obtenida de su balance</p>	<p>1. Investigar los diferentes tipos y aplicaciones de superficies extendidas.</p> <p>2. Deducir la ecuación general para flujo de calor.</p> <p>3. Simplificar la ecuación general para aletas de enfriamiento con sección constante.</p> <p>4. Resolver problemas de transferencia de calor en sistemas con aletas. de sección constante.</p>

### 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

- 1 Bennett, C. O. y Myers, J. E., *Transferencia de Cantidad de Movimiento, Calor y Masa*, Reverté, 1ª. Edición.
- 2 Bird, R. B., Stewart, W. E. y Lightfoot, E. N. *Fenómenos de Transporte*. Reverté, 1999.
- 3 Geankoplis, C. J., *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. CECSA. 3ª. Edición, 1998..
- 4 McCabe, W. L., Smith, J. C. y Harriott, P. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*,. Mc Graw Hill, 6a. Edición, 2004.
- 5 Giles, R. V. *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica: Teoría y Problemas*,. Mc Graw Hill, Serie Schaum's, 3a. Edición 2003.
- 6 Mott, R. L. *Mecánica de Fluidos*, Prentice Hall, 6ª Edición, 2006.
- 7 Perry, R. H. (Ed. in Chief), *Manual del Ingeniero Químico*, Mc Graw Hill, 7ª. Edición, 2001.
- 8 Reid, R. C., Prausnitz, J. M. y Poling, B. E., *Propiedades de gases y líquidos*, Mc Graw Hill, 4ª. Edición, 1988.
- 9 Holman, J. P., *Principios de Transferencia de Calor*, McGraw-Hill, 8ª. Edición, 1998.
- 10 Incropera, F. P. & De Witt, D. P. *Fundamentos de Transferencia de Calor*. Prentice Hall, 4ª. Edición, 1999.
- 11 Kreith, H. F. y Bonh, M. S. *Principios de Transferencia de Calor*. Thompson Learning, 6ª. Edición, 2002.
- 12 Kern, D. Q. *Procesos de Transferencia de Calor*. CECSA, 1ª Edición, 1999.

### 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS.

A realizarse en el laboratorio integral

1. Determinar viscosidad de diferentes fluidos newtonianos y no newtonianos mediante el uso de viscosímetros.
2. Determinar número de Reynolds en flujo controlado midiendo las variables que involucra
3. Demostrar la estabilidad en un sistema de flujo a partir de sus velocidades manteniendo niveles
4. Determinar la conductividad térmica en diferentes materiales usando la ley de Fourier
5. Determinar el radio crítico de aislamiento en una tubería, de manera experimental
6. Determinar coeficientes de transferencia de calor en tuberías en forma experimental
7. Comprobar la eficiencia en aletas experimental en un sistema controlado usando la ecuación teórica de flujo de calor
8. Determinar la transferencia de calor por radiación experimental por pirometría