

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: <b>Fenómenos de Transporte</b>
Carrera: <b>Ingeniería en Industrias Alimentarias</b>
Clave de la asignatura: <b>IAC-0512</b>
Horas teoría-horas práctica-créditos <b>4-2-10</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 Superior de Uruapan, del 10 al 14 de enero del 2005	Representantes de las academias de ingeniería en Industrias Alimentarias de los Institutos Tecnológicos	Reunión Nacional de evaluación de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Institutos Tecnológicos Superiores de: Libres, Álamo, Calkiní de enero a abril del 2005	Academias de Ingeniería en Industrias Alimentarias	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas diseñados en la reunión Nacional de Evaluación
Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, del 25 al 29 de abril del 2005	Comité de consolidación de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias	Definición de los programas de estudio de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias

### 3.- UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

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

Anteriores		Posteriores	
Asignaturas	Temas	Asignaturas	Temas
Balance de Materia y Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balances de materia sin reacción química en flujo continuo</li> <li>- Balance de materia con reacción química en flujo continuo</li> <li>- Balance de energía y masa sin reacción química en flujo continuo</li> <li>- Balance de energía y masa en sistemas con reacción química</li> </ul>	Ingeniería de Alimentos I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operaciones unitarias</li> <li>- Reología de alimentos</li> <li>- Flujo de fluidos en el procesado de alimentos</li> <li>- Filtración</li> </ul>
Matemáticas I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculo diferencial</li> </ul>	Ingeniería de Alimentos II	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operaciones mecánicas</li> <li>- Destilación</li> <li>- Evaporación</li> <li>- Cristalización</li> </ul>
Matemáticas II	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La Integral</li> <li>- Técnicas de integración</li> </ul>	Tecnología de Conservación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Métodos físicos</li> <li>- Métodos químicos</li> <li>- Métodos biológicos</li> <li>- Tecnologías emergentes</li> </ul>
Matemáticas V	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecuaciones diferenciales de orden superior y con coeficientes constantes</li> </ul>	Tecnología de Alimentos I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Métodos de procesamiento de hortalizas, frutas y hongos</li> <li>- Tecnología de fermentaciones</li> <li>- Tecnología de granos y semillas</li> <li>- Tecnologías de algas</li> </ul>

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

Proporcionar los conceptos fundamentales de los fenómenos de transferencia de masa, momento y energía, en el análisis, operación, mantenimiento, evaluación y diseño de los sistemas productivos alimentarios. Tomando como base cada una de las operaciones unitarias

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

Comprenderá los fenómenos de transporte más comunes en la industria alimentaria, así como la clasificación de las operaciones unitarias, identificará los fenómenos de transferencia involucrados, analizará y comprenderá cada una de las etapas que lo conforman

#### 5.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Introducción a los fenómenos de transporte	<ul style="list-style-type: none"><li>1.1 Análisis dimensionales y teoría de la semejanza<ul style="list-style-type: none"><li>1.1.1 Sistemas de unidades</li><li>1.1.2 Métodos del análisis dimensional</li><li>1.1.3 Similitud y semejanza</li><li>1.1.4 Aplicaciones</li></ul></li><li>1.2 Balances de propiedades extensivas de los sistemas<ul style="list-style-type: none"><li>1.2.1 Concepto de sistema de control</li><li>1.2.2 Análisis conceptual de entradas, salidas y acumulación de una propiedad del sistema</li><li>1.2.3 Ecuación de una propiedad de un sistema</li><li>1.2.4 Régimen permanente y no permanente</li><li>1.2.5 Balance de masa</li><li>1.2.6 Balance de calor</li><li>1.2.7 Balance de cantidad de momento</li><li>1.2.8 Ecuaciones de continuidad y Bernoulli</li><li>1.2.9 Aplicaciones en la industria alimentaria: Calderas y vapor</li></ul></li><li>1.3 Fenómenos de transferencia<ul style="list-style-type: none"><li>1.3.1 Transferencia de cantidad de momento: Ley de la viscosidad de Newton</li><li>1.3.2 Transferencia de calor: Ley de la difusión de Fick y Fourier.</li><li>1.3.3 Difusividad: másica, térmica y de momento</li><li>1.3.4 Aplicaciones en la industria alimentaria: Intercambiadores de calor</li></ul></li></ul>

## 5.- TEMARIO (Continuación)

Unidad	Temas	Subtemas
2	Transferencia de calor	<p>2.1 Conducción</p> <p>2.1.1 El coeficiente de conductividad térmica y determinación experimental</p> <p>2.1.2 Clasificación de los materiales: aislantes, semiconductores y conductores</p> <p>2.1.3 Velocidad de transferencia de calor en paredes sencillas de área plana, esférica y cilíndrica</p> <p>2.1.4 Velocidad de transferencia de calor en paredes compuestas de área plana, esférica y cilíndrica</p> <p>2.1.5 Velocidad de transporte de calor a través de sólidos porosos</p> <p>2.1.6 Conducción en estado no estacionario</p> <p>2.1.7 Aplicaciones en la industria alimentaria: Secado, Cocimiento, Tostado, Condiciones supercríticas.</p> <p>2.2 Convección</p> <p>2.2.1 Coeficiente de película.</p> <p>2.2.2 Convección forzada</p> <p>2.2.3 Unidades consistentes.</p> <p>2.2.4 Aplicaciones en la industria alimentaria: Deshidratación, Enfriamiento, Evaporación</p> <p>2.3 Radiación</p> <p>2.3.1 Espectro electromagnético</p> <p>2.3.2 Longitud de onda y frecuencia</p> <p>2.3.3 Distribución de la energía radiante</p> <p>2.3.4 Potencia emisiva</p> <p>2.3.5 Emisividad y absorción de un Cuerpo negro</p> <p>2.3.6 Aplicaciones en la industria alimentaria: Esterilización, Horno de microondas</p> <p>2.4 Transferencia de calor conjunta por conducción, convección y radiación</p> <p>2.5 Transferencia de calor por condensación y ebullición</p> <p>2.6 Integración de fenómenos y su aplicación: Alimentos mínimamente procesados.</p>

## 5.- TEMARIO (Continuación)

Unidad	Temas	Subtemas
3	Transferencia de masa	3.1 El proceso de transferencia de masa 3.2 Mecanismos de transferencia por convección y difusión: Análoga entre las capas límite térmica y difusiva 3.2.1 Difusión molecular 3.2.2 Ley de Fick (1ª. Y 2ª.) 3.2.3 Coeficiente de difusión 3.2.4 Difusividad másica 3.2.5 Difusión en medios infinitos y semi-infinitos 3.2.6 Convección másica 3.2.7 Coeficiente de convección másica 3.2.8 Análisis dimensional de problemas 3.2.9 Aplicaciones en la industria alimentaria: Jugos, Salmuera, Liofilización
4	Flujo de fluidos y de partículas	4.1 Fluidos líquidos y gaseosos 4.1.1 Conceptos básicos y elementos de análisis 4.1.2 Elementos de estática de fluidos 4.1.3 Ecuación general de transporte molecular para transferencia de momento lineal, calor y masa 4.1.4 Viscosidad de los fluidos 4.1.5 Elementos de dinámica de fluidos 4.1.6 Tipos de flujo de fluidos y número de Reynolds 4.1.7 Pérdidas de carga 4.1.8 Balance de momento lineal en flujo laminar 4.1.9 Flujo de capa límite y turbulencia 4.1.10 Flujos compresibles e incompresibles 4.1.11 Medición del flujo de fluidos 4.1.12 Dimensionamiento de tuberías. 4.1.13 Elementos de estática de fluidos: medidores de flujo y decantación gravitatoria continua 4.1.14 Selección, operación y mantenimiento: de tuberías, válvulas y accesorios

## 5.- TEMARIO (Continuación)

Unidad	Temas	Subtemas
		4.2 Flujo de partículas 4.2.1 Conceptos básicos y elementos de análisis 4.2.2 Elementos de estática 4.2.3 Ecuación general de transporte molecular para transferencia de momento lineal, calor y masa 4.2.4 Elementos de dinámica 4.2.5 Densidad 4.2.6 Pérdidas de carga 4.2.7 Medición del flujo 4.2.8 Dimensionamiento de tuberías. 4.2.9 Consideraciones de humedad 4.3 Aplicaciones en la industria alimentaria: Jarabes Extrusión, Filtrado, Sedimentación, Homogenización.

## 6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Termodinámica
- Fisicoquímica
- Balance de materia y Energía.
- Matemáticas
- Física

## 7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

- Utilización de técnicas de aprendizaje cooperativo, aprendizaje basado en problemas.
- Relacionar esta asignatura con las materias anteriores y posteriores
- Hacer dinámica de grupos
- Realizar trabajos de investigación de campo en la industria alimentaria
- Fomentar el trabajo en equipo, uso de la biblioteca y relación con maestros afines, para alcanzar mayor aprendizaje del alumno
- Realizar prácticas en los distintos equipos de laboratorio que existen; y en los pequeños talleres de la región
- Mostrarles equipos para que facilite la comprensión de los temas
- Ejemplificar con procesos alimentarios la aplicación de las bases de los fenómenos de transporte
- Presentar un caso concreto (deshidratación de frutas y hortalizas)
- Realizar visitas a las industrias afines

## 8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Examen por unidad
- Considerar la participación en clase, exposición, ensayos, etc.
- Elaborar proyecto de investigación aplicado a la industria alimentaria
- Reporte de visitas industriales y prácticas realizadas
- Desarrollo de una planta piloto utilizando los conceptos adquiridos
- Auto evaluación

## 9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Introducción a los fenómenos de transporte

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
El estudiante obtendrá los elementos necesarios para realizar cualquier tipo de conversión de unidades.  Entenderá los conceptos relacionados con cada una de las operaciones unitarias aplicando balances de materia y energía.	• Comparar tablas de distintos sistemas de unidades de medida	1
	• Debatir los temas investigados y determine las conclusiones más importantes.	4
	• Resolver problemas de aplicación.	5
	• Explicar la relación de los conocimientos adquiridos con las prácticas del laboratorio.	7
	• Resolver problemas empleando conversión de unidades y análisis dimensional.	9
		10
		13

## Unidad 2: Transferencia de calor

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Comprenderá y entenderá la transferencia de calor, sus aplicaciones y su relación con los sistemas productivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar investigaciones bibliográficas que le permitan comprender el término de calor</li> <li>• Discutir los temas investigados y determine las conclusiones más importantes sobre los fenómenos de transferencia de calor</li> <li>• Resolver problemas cotidianos e industriales en los que esté involucrado un fenómeno de transferencia de calor.</li> <li>• Explicar la relación de los conocimientos de transferencia de calor con prácticas de laboratorio.</li> <li>• Conocer mediante ejemplos aplicados los sistemas con transferencia de calor.</li> <li>• Interpretar tablas y diagramas.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1 2 3 5 6 7 9 10 12 13</p>

## Unidad 3: Transferencia de masa

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Comprenderá, entenderá y evaluará los fenómenos que involucran la transferencia de masa, aplicándolos a procesos que involucran las diferentes operaciones unitarias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar investigaciones bibliográficas que le permitan comprender el término de transferencia de masa</li> <li>• Discutir los temas investigados y determinar las conclusiones más importantes sobre los fenómenos de transferencia de masa</li> <li>• Resolver problemas cotidianos e industriales en los que esté involucrado un fenómeno de transferencia de masa.</li> <li>• Explicar la relación de los conocimientos de transferencia de masa con prácticas de laboratorio.</li> <li>• Conocer mediante ejemplos aplicados los sistemas con transferencia de masa</li> <li>• Interpretar tablas y diagramas.</li> <li>• Desarrollar diagramas que le permitan conceptualizar e integrar operaciones unitarias en la resolución de problemas de transferencia de masa</li> </ul>	<p style="text-align: center;">6 7 8 9 10 13</p>

#### Unidad 4: Flujo de fluidos y flujo de partículas

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Entenderá, aplicará y evaluará los conocimientos de transferencia de calor y transferencia de masa para el flujo de fluidos, y flujo de partículas, así como la interpretación de tablas y diagramas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar investigaciones bibliográficas que le permitan comprender el término de Flujo de fluidos y flujo de partículas</li> <li>• Discutir los temas investigados y determinar las conclusiones más importantes sobre los fenómenos de Flujo de fluidos y flujo de partículas</li> <li>• Resolver problemas cotidianos e industriales en los que esté involucrado un fenómeno de flujo de fluidos y flujo de partículas</li> <li>• Explicar la relación de los conocimientos de flujo de fluidos y flujo de partículas</li> <li>• Conocer mediante ejemplos aplicados los sistemas con flujo de fluidos y flujo de partículas</li> <li>• Interpretar tablas y diagramas.</li> <li>• Desarrollar diagramas que le permitan conceptualizar e integrar operaciones unitarias en la resolución de problemas de flujo de fluidos y flujo de partículas</li> <li>• Elaborar proyectos que involucren todos los conocimientos adquiridos, ayudándose de algún prototipo o planta piloto.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">9</p> <p style="text-align: center;">10</p> <p style="text-align: center;">11</p> <p style="text-align: center;">13</p>

## 10. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Bird W. E. et al, *Fenómenos de Transporte*. Ed. Reverte, España, 1980.
2. Brodkey R. S.; Hershey H. C., *Transporte Phenomena*, 1988
3. Crane, . *Flujo de Fluidos*, Ed. McGraw-Hill, México, 1987
4. Geankoplis. J., *Fenómenos de Transporte*, Ed. CECSA, México 1991
5. Mariquez. J, *Transferencia de Calor*, 1988
6. Welty J. R. et al, *Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa*. Ed. Limusa, 1982
7. A. S. Foust, *Principios de Operaciones Unitarias*, Ed. CECSA
8. Jhon H. Perry, *Manual del Ingeniero Químico*, Ed. McGraw- Hill
9. Christie J. Geankoplis, *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*, Ed. CECSA
10. J. G. Brennan, J. R. Butters, *Las Operaciones de la Ingeniería de Alimentos*, Ed. Acribia
11. Dossat, *Principios de Refrigeración*, Ed. CECSA
12. Donald Q. Kern, *Procesos de Transferencia de Calor*, Ed. CECSA, 2001.
13. McCabe W. L.; Smith. J. C.; Harriot P., *Operaciones Básicas en Ingeniería Química*. McGraw- Hill.

### Vínculos de utilidad:

14. [http://www.uaq.mx/novedades/sem\\_t\\_agrometeorologia.html](http://www.uaq.mx/novedades/sem_t_agrometeorologia.html)
15. <http://info.pue.udlap.mx/catalogo/descrip/iq.html>
16. <http://correo.udlap.mx/~jfvelezr/fentransp.html>
17. [http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/htm/sec\\_4.htm](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/htm/sec_4.htm)
18. <http://web.ujat.mx/carreras/quimico.html>
19. <http://www.sistema.itesm.mx/>
20. <http://www.itam.mx/contacto/asociaciones/pima/GLOSARIO.html>

## 11. PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Balance de entradas y salidas en la elaboración de leche condensada.
- Determinar la velocidad de transferencia de calor en un fermentador tipo tanque agitado, para la producción de biomasa.
- Determinación de la transferencia de masa en el preenfriado y secado de frutas.
- Determinar la difusividad en diferentes flujos o fluidos
- Desarrollar un proyecto que involucre la transferencia de masa y energía de un flujo o fluido.
- Evaluación de coeficientes de conducción térmica