

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: <b>Operaciones Unitarias II</b>
Carrera: <b>Ingeniería Bioquímica</b>
Clave de la asignatura: <b>BQC - 0527</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 de Tuxtepec del 17 al 21 de Enero de 2005	Representantes de las academias de Ingeniería Bioquímica.	Reunión Nacional de Evaluación Curricular de la Carrera de Ingeniería Bioquímica.
Institutos Tecnológicos de Irapuato, Los Mochis, Tepic. Abril del 2005	Academia de Ingeniería Bioquímica.	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas diseñados en la reunión nacional de evaluación
Instituto Tecnológico de Tepic del 25 al 29 de abril del 2005	Comité de Consolidación de la carrera de Ingeniería Bioquímica.	Definición de los programas de estudio de la carrera de Ingeniería Bioquímica.

### 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	Balances de materia Balances de energía	Ingeniería de proyectos	Ingeniería básica
Fenómenos de transporte	Transferencia de calor Transferencia de masa	Ingeniería de procesos	Simulación Optimización
Fisicoquímica	Equilibrio de fases		
Cinética química y biológica	Cinética microbiana		
Métodos numéricos	Solución de sistemas de ecuaciones lineales y no lineales		

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

- Proporcionar las bases para diseñar, seleccionar, operar y adaptar equipos en procesos industriales que involucren transferencia de calor y masa.

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

Aplicará los conceptos, principios, métodos y criterios para el diseño, selección, operación y adaptación de equipos industriales que involucren transferencia de calor y masa.

## 5.- TEMARIO

<b>Unidad</b>	<b>Temas</b>	<b>Subtemas</b>
1	Intercambio de calor	<ul style="list-style-type: none"><li>1.1 Aplicación y clasificación de intercambiadores de calor.</li><li>1.2 Variables de diseño.<ul style="list-style-type: none"><li>1.2.1 Diferencia de temperatura media logarítmica.</li><li>1.2.2 Coeficientes globales de transferencia de calor.</li><li>1.2.3 Área de transferencia de calor</li><li>1.2.4 Velocidad de transferencia de calor.</li></ul></li><li>1.3 Diseño de intercambiadores de doble tubo.<ul style="list-style-type: none"><li>1.3.1 Consideraciones sobre el diseño.</li><li>1.3.2 Secuencia de cálculo.</li><li>1.3.3 Ejercicios de diseño.</li></ul></li><li>1.4 Diseño de intercambiadores de tubo y coraza.<ul style="list-style-type: none"><li>1.4.1 Elementos de un intercambiador y sus características.</li><li>1.4.2 Consideraciones sobre el diseño.</li><li>1.4.3 Secuencia de cálculo.</li><li>1.4.4 Ejercicios de diseño.</li></ul></li><li>1.5 Diseño de otro tipo de intercambiadores.</li><li>1.6 Eficiencia de los intercambiadores de calor.</li><li>1.7 Diseño de condensadores<ul style="list-style-type: none"><li>1.7.1 Importancia de los condensadores.</li><li>1.7.2 Tipos de condensadores</li><li>1.7.3 Consideraciones sobre el diseño.</li><li>1.7.4 Secuencia de cálculo.</li><li>1.7.5 Ejercicios de diseño.</li></ul></li></ul>

## 5.- TEMARIO (Continuación)

2	Esterilización y pasteurización.	<ul style="list-style-type: none"><li>2.1 Pasteurización y esterilización de alimentos<ul style="list-style-type: none"><li>2.1.1 Importancia de los tratamientos térmicos</li><li>2.1.2 Métodos de tratamiento</li><li>2.1.3 Equipos de pasteurización y esterilización</li><li>2.1.4 Cinética de muerte térmica<ul style="list-style-type: none"><li>2.1.4.1 Resistencia térmica de los microorganismos. Valor D.</li><li>2.1.4.2 Efecto de la temperatura sobre el tiempo de muerte térmica. Valor Z</li><li>2.1.4.3 Velocidad letal y Letalidad</li><li>2.1.4.4 Tiempo de procesamiento.</li><li>2.1.4.5 Diseño de equipos de pasteurización y esterilización</li></ul></li></ul></li><li>2.2 Esterilización de medios de cultivo<ul style="list-style-type: none"><li>2.2.1 Por lotes.</li><li>2.2.2 Continuos.</li></ul></li></ul>
3	Refrigeración y Congelación.	<ul style="list-style-type: none"><li>3.1 Refrigeración<ul style="list-style-type: none"><li>3.1.1 Importancia de la refrigeración</li><li>3.1.2 Métodos de refrigeración</li><li>3.1.3 Tipos, usos y propiedades termodinámicas de los refrigerantes.</li><li>3.1.4 Diagrama de entalpía-concentración de refrigerantes</li></ul></li><li>3.2 El sistema de refrigeración<ul style="list-style-type: none"><li>3.2.1 Componentes</li><li>3.2.2 Ciclo ideal de refrigeración</li><li>3.2.3 Ciclo real de refrigeración</li></ul></li></ul>

## 5.- TEMARIO (Continuación)

4	Evaporación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.3 Diseño de cámaras de refrigeración               <ul style="list-style-type: none"> <li>3.3.1 Determinación de las cargas de refrigeración</li> <li>3.3.2 Cálculo de la potencia del compresor</li> <li>3.3.3 Determinación de las áreas de transferencia del evaporador y del condensador.</li> <li>3.3.4 Dimensionamiento de la válvula de expansión</li> </ul> </li> <li>3.4 Congelación.               <ul style="list-style-type: none"> <li>3.4.1 Importancia de la congelación</li> <li>3.4.2 Proceso de la congelación de materiales biológicos</li> <li>3.4.3 Métodos de congelación</li> <li>3.4.4 Efectos del congelamiento en los materiales biológicos.</li> <li>3.4.5 Equipos de congelación</li> <li>3.4.6 Tiempo de congelamiento</li> <li>3.4.7 Cálculo de equipos de congelación.</li> </ul> </li> <li>4.1 Aplicación y clasificación</li> <li>4.2 Factores que afectan a la operación de evaporación</li> <li>4.3 Diseño térmico de un evaporador de simple efecto               <ul style="list-style-type: none"> <li>4.3.1 Balance de materia y energía</li> <li>4.3.2 Consideraciones sobre el diseño</li> <li>4.3.3 Determinación del área de transferencia</li> </ul> </li> <li>4.4 Diseño térmico de un sistema de evaporación de múltiples efectos               <ul style="list-style-type: none"> <li>4.4.1 Consideraciones sobre el diseño</li> <li>4.4.2 Determinación del área de transferencia</li> <li>4.4.3 Recompresión térmica y mecánica</li> </ul> </li> </ul>
---	--------------	--

## 5.- TEMARIO (Continuación)

5	Cristalización.	5.1 Importancia de la cristalización 5.2 Fundamentos de la cristalización 5.2.1 Tipos de cristales 5.2.2 Diagramas de equilibrio 5.2.3 Nucleación y crecimiento de cristales 5.3 Balance de materia y energía en cristalizadores por enfriamiento y por evaporación 5.4 Rendimiento de la cristalización 5.5 Equipo utilizado para la cristalización 5.6 Criterios para la selección y diseño de los cristalizadores.
---	-----------------	---

## 6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Primera ley de la termodinámica
- Uso e interpretación de diagramas entalpía-concentración
- Balances de materia y energía
- Capacidades caloríficas
- Determinación de calores latentes
- Uso e interpretación de diagramas de equilibrio
- Uso de tabla de datos termodinámicos
- Coeficientes globales de transferencia de calor
- Coeficientes globales de transferencia de masa
- Caídas de presión en haces de tubos
- Solución numérica de sistemas de ecuaciones lineales y no lineales.
- Integración numérica.
- Cinética microbiana
- Ciclos termodinámicos
- Propiedades coligativas de las soluciones

## **7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- Uso de paquetes matemáticos y simuladores comerciales.
- Elaboración de software para la resolución de problemas de diseño.
- Visitas industriales
- Trabajo en equipo
- Organizar talleres de trabajo
- Conducir la discusión de artículos técnico-científicos
- Promover la investigación documental.
- Elaboración de prototipos
- Prácticas de laboratorio
- Promover la asistencia a eventos académicos
- Elaboración de proyectos cortos
- Análisis de casos de estudio.
- Plantear tareas que demanden el razonamiento en la solución de problemas.

## **8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN**

- Reportes prácticas de laboratorio
- Solución de casos prácticos
- Reportes de visitas
- Participación activa durante el curso
- Participación y reporte de los talleres de trabajo
- Evaluación de los proyectos cortos.
- Participación en la discusión de los artículos técnicos.
- Tareas y trabajos
- Exámenes
- Reporte de la asistencia a eventos académicos.
- Evaluación de los programas de computadora y las simulaciones realizadas
- Exposición y defensa de los prototipos elaborados.

## 9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### UNIDAD 1.- Intercambio de calor.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
El estudiante diseñará y seleccionará equipos de intercambio de calor	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar las características principales de los diferentes tipos de intercambiadores de calor comúnmente utilizados en los procesos industriales.</li><li>• Analizar la ecuación de diseño de los intercambiadores para determinar la influencia de las variables de diseño sobre el área de transferencia</li><li>• Realizar ejercicios de diseño de intercambiadores de calor de doble tubo y de tubo y coraza</li><li>• Realizar ejercicios de diseño de otro tipo de intercambiadores de calor</li><li>• Revisar y discutir hojas de especificaciones de diferentes fabricantes de equipos de intercambio de calor para determinar si los equipos que promueven cumplirán lo que prometen en su publicidad.</li><li>• Determinar la eficiencia de un intercambiador de calor de alguna empresa o de laboratorio.</li><li>• Utilizar un simulador comercial para el diseño de intercambiadores de calor y para analizar el efecto de las variables de proceso sobre el diseño.</li><li>• Analizar los criterios económicos que inciden en el diseño y selección de equipo</li><li>• Realizar una investigación acerca de los tipos de condensadores y sus características.</li><li>• Seleccionar un condensador adecuado para un planteamiento propuesto por el profesor.</li><li>• Aportar alternativas de equipos para un problema de intercambio de calor.</li></ul>	1,2,3,4,5,6,8,9,10

## UNIDAD 2.- Esterilización y pasteurización.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Diseñará el proceso de pasteurización y esterilización.</p> <p>Diseñará y seleccionará equipos relacionados con la esterilización y pasteurización.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conocer e identificar los diferentes equipos de esterilización y pasteurización comúnmente utilizados en la industria bioquímica.</li><li>• Realizar una investigación acerca de los microorganismos más importantes para las operaciones de procesamiento térmico desde el punto de vista de salud pública y de conservación de alimentos.</li><li>• Investigar y comparar los diferentes métodos de esterilización y pasteurización</li><li>• Utilizar la ecuación de Arrhenius para evaluar el efecto de la temperatura en la constante de muerte térmica de una población dada.</li><li>• Interpretar los parámetros de diseño y los factores que afectan a los procesos de esterilización y pasteurización.</li><li>• Estimar la letalidad de proceso a partir de las curvas de calentamiento.</li><li>• Calcular tiempos de proceso a partir de datos de penetración de calor.</li><li>• Comparar y obtener conclusiones de tiempos de muerte térmica de procesos a diferentes temperaturas.</li><li>• Resolver problemas de esterilización de medios de cultivo, por los diferentes métodos.</li><li>• Diseñar y seleccionar equipos de esterilización y pasteurización para un sistema dado</li><li>• Realizar un estudio comparativo de los métodos de esterilización de alimentos y de medios de cultivo.</li></ul>	15, 17, 18, 19, 20

### UNIDAD 3.- Refrigeración y Congelación..

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Diseñará y seleccionará equipos de refrigeración y congelación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar la característica principal de los sistemas de refrigeración y congelación utilizados en los procesos industriales.</li><li>• Comparar las características y propiedades termodinámicas de los diferentes tipos de refrigerantes.</li><li>• Analizar los ciclos termodinámicos ideal y real de un sistema de refrigeración e establezca las diferencias.</li><li>• Diseñar una cámara de refrigeración.</li><li>• Investigar los diferentes métodos de congelación y explicar los efectos que ocasiona éstos en los materiales biológicos.</li><li>• Determinar el tiempo de congelamiento de productos específicos por diferentes métodos.</li><li>• Diseñar un equipo de congelación</li></ul>	6,12,13,14, 15, 17

#### UNIDAD 4.- Evaporación.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Diseñará térmicamente un evaporador de múltiple efecto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conocer e identificar los diferentes tipos de evaporadores y las aplicaciones de cada uno de ellos.</li><li>• Resolver problemas para el diseño de un evaporador de simple efecto</li><li>• Resolver problemas para el diseño de un evaporador de múltiple efecto incluyendo los precalentadores, condensadores y sistemas de recompresión.</li><li>• Utilizar simuladores comerciales para el diseño de evaporadores</li><li>• Resolver planteamientos dados por el profesor en grupos de trabajo, los cuales sean de múltiple solución</li><li>• Investigar procesos biotecnológicos donde se incluya la operación de evaporación y concluir acerca de la conveniencia del equipo empleado</li><li>• Analizar los criterios técnicos para el diseño de los evaporadores.</li><li>• Describir las características de los instrumentos de medición empleados en los equipos involucrados en esta operación con la finalidad de seleccionar el adecuado a condiciones específicas.</li></ul>	2, 3, 4, 8, 9, 11, 21

## UNIDAD 5.- Cristalización.

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Determinará el método de cristalización y el tipo de cristizador a emplear.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resumir y explicar los conceptos fundamentales de la cristalización</li><li>• Investigar las características principales los equipos de cristalización empleados en la industria.</li><li>• Resolver problemas de selección y diseño de cristalizadores</li><li>• Investigar y analizar los criterios técnicos y económicos que incidan sobre el diseño de cristalizadores</li><li>• Resumir y comentar en grupo los criterios fundamentales para el diseño y selección de cristalizadores.</li></ul>	2,3,4,8,9,16,18,21

## 10. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Kern Donald Q. *Procesos de transferencia de calor*.CECSA
2. Mc.Cabe J.C. Smith J.C. y Harriot P. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Mc.Graw.Hill
3. Geankoplis Christie J. *Procesos de transporte y Operaciones Unitarias*. CECSA
4. Stanley M. Walas. *Chemical Process Equipment Selection and design*. Butterworth-Heinemann series in Chemical Engineering
5. Holman J.P. *Transferencia de calor* Mc Graw-Hill
6. Ludwig Ernest E. *Design for chemical and petrochemical plants*. GPC
7. Coulson J.M. y Richardson J.F. *Ingeniería Química (Solución de problemas)* .Reverté S.A.
8. Foust A.S. & Wensel L.A. *Principios de Operaciones Unitarias*. CECSA
9. Perry Robert H. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. Mc. Graw-Hill
10. Levespiel O. *Flujo de fluidos e intercambio de calor*. Reverté
11. Holland Charles. *Fundamentos y modelos de separación*. Prentice Hall
12. Dossat Ray. *Principios de refrigeración*. CECSA, 1992.
13. Grada Z. y Pastolsky J. *Tecnología de congelación de alimentos*. Acribia, 1996.
14. *Manual de refrigeración y aire acondicionado*. México: Prentice Hall., 1993.
15. Ibarz , Barbosa-Canovas. *Unit Operations in Food Engineering* CRC Press; 1st edition, 2002
16. Treybal. *Mass Transfer Operations*. McGraw-Hill Education, 1980

17. Singh Paul. *Introduction to food engineering*. 3a. Academic Press, 2001.
18. Atkinson, B. y F. Mavituna. *Biochemical engineering and biotechnology handbook*. 2ª. Ed. Stockton Press. 1991.
19. Bailey, J.E. y D.F. Ollis. *Biochemical engineering fundamentals* 2ª. Ed. New York: McGraw-Hill. 1986.
20. Lee, J.M. *Biochemical engineering*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. 1992.
21. Canudas Sandoval Eduardo. *Diseño y análisis de las operaciones unitarias de Ingeniería Química*. SEP-SEIT-ITV,2004.

## 11. PRÁCTICAS

- Evaluación del coeficiente global de transferencia de calor y la eficiencia de un intercambiador de calor
- Obtención de curva de calentamiento en alimentos enlatados :
- Evaluación del proceso de pasteurización de jugos de frutas
- Pasteurización baja y UHT para leche: factores
- Determinación del efecto de la concentración sobre el punto de congelación de una solución.
- Determinación del tiempo de congelación
- Determinación teórica y práctica del tiempo de congelación de algún alimento.
- Determinación de la eficiencia de un sistema de refrigeración
- Obtención de una solución concentrada de NaOH en un evaporador
- Concentración de leche en un evaporador.
- Cristalización por evaporación
- Cristalización por enfriamiento
- Determinación del efecto de la concentración sobre el punto de ebullición de una solución