

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Operaciones Unitarias III
Clave de la asignatura:	BQJ-1019
SATCA¹:	4-2-6
Carrera:	Ingeniería Bioquímica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>La asignatura de Operaciones Unitarias III, es una de las tres asignaturas dedicadas a las serie de etapas u operaciones individuales en los procesos de ingeniería química establecidas en el plan de estudios de la carrera de ingeniería bioquímica, la cual se relaciona con el perfil profesional de esta carrera en su capacidad para diseñar, seleccionar, operar, adaptar e investigar científica y tecnológicamente equipos en procesos industriales que involucren las operaciones unitarias de transferencia de masa y energía de extracción, destilación, humidificación y secado.</p> <p>Su importancia radica en la capacidad integradora de conocimientos de materias de ciencias básicas y de fundamentos de ingeniería (tales como principios elementales de ingeniería, técnicas matemáticas, y leyes de la física y química), que le permitan al estudiante tener un efecto globalizador de competencia en el diseño y operación de equipos que involucren procesos químicos, físicos, biológicos y de alimentos basados en los principios fundamentales de transporte de materia y energía.</p> <p>Esta asignatura se relaciona con otras asignaturas como Fenómenos de Transporte I, II y Operaciones Unitarias II, en cuanto a los principios básicos de transferencia de materia y energía. Se relaciona con otras asignaturas como Ingeniería de Proyectos, Ingeniería de Procesos y Formulación y Evaluación de Proyectos en cuanto a la adquisición de competencias como el diseño, selección, operación, adaptación de equipos, así como la investigación científica de variables de operación para eficientar costos en la adquisición de estos equipos y reducción de consumos de energía.</p>
Intención didáctica
<p>El temario de esta materia de Operaciones Unitarias III está organizado en cuatro unidades correspondientes a cuatro operaciones unitarias: humidificación, secado, extracción y destilación. En cada una de estas unidades se dan los contenidos conceptuales, las variables de operación, el empleo de simuladores, el conocimiento físico de los aparatos y los cálculos para su posterior aplicación para la adquisición de la competencia pertinente como es el diseño y selección de equipos que pueden ser integrados a procesos en ingeniería química, bioquímica y de alimentos.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

La unidad de humidificación debe ser tratada como un proceso de transferencia de masa y su aplicación a través del uso de la carta psicrométrica o de humedad. De tal forma que posteriormente permita el diseño y selección de torres de enfriamiento de agua. Así mismo, el secado como operación unitaria debe ser tratado como una operación compleja de transferencia de masa y calor, en donde se deberán conocer los diversos tipos de secado que existen y los equipos necesarios para ello. El diseño de secadores y su selección dependiendo de las condiciones de secado y de materia prima, son fundamentales para que el estudiante lo adquiera como una competencia profesional. El conocimiento de curvas de equilibrio líquido-vapor y entalpía-concentración son de fundamental importancia en el diseño de las operaciones de absorción y destilación como operaciones individuales de transferencia de masa.

La investigación científica como una competencia profesional que adquirirá el estudiante, en donde se prueban diferentes condiciones de operación en estos procesos unitarios, es importante para que el alumno conozca cómo se comportan los productos obtenidos cuando son sometidos a estos tipos de procesos. Principalmente la investigación en literatura, le permitirá al estudiante seleccionar los diferentes tipos de destiladores, equipos de extracción, secadores y torres de enfriamiento dependiendo de las condiciones establecidas en el proceso a usar. Por otra parte se debe propiciar el uso adecuado de conceptos y de terminología técnico-científico en el desarrollo de problemas. Se deben propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes como son artículos científicos, libros especializados, internet entre otros, que permitan fomentar actividades grupales a través de la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.

La realización de prácticas de laboratorio le permitirá al estudiante operar como una competencia profesional, con diferentes equipos donde se emplean la destilación de mezclas binarias miscibles de importancia industrial, la extracción líquido-líquido, sólido-líquido y la de secadores de alimentos y otros materiales de interés.

Finalmente el uso de simuladores comerciales proporcionados por el maestro o por la red de internet, podría dar al estudiante la capacidad de obtener una competencia profesional para el diseño y selección de equipo y para investigar los diferentes parámetros de operación de los procesos unitarios de humidificación, secado, destilación y extracción, que podrían en muchos casos reducir el tiempo de cálculo para el diseño de procesos donde se emplean estas operaciones unitarias.

El profesor de esta asignatura debe estar preparado y actualizado en estos temas a través de libros especializados de esta materia, preferentemente en inglés, del uso de simuladores de operaciones unitarias como las mencionadas anteriormente, del empleo de artículos científicos en inglés también relacionados con los temas de interés de tal forma que fomenten en el estudiante el uso de otra lengua extranjera y, que le permitan al alumno tener a su disposición una gama de posibilidades de aplicación de las operaciones unitarias descritas. El profesor también deberá propiciar el manejo de software como: word, Excel y Power Point para la presentación de trabajos de investigación documental, ya sea impresos o presentados en un foro de discusión grupal.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 7 al 11 de septiembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Culiacán, Durango, Mérida, Morelia, Tehuacán, Tepic, Tijuana, Tuxtepec, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Instituto Tecnológico de Celaya del 8 al 12 de febrero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Culiacán, Durango, Mérida, Morelia, Tehuacán, Tijuana, Tuxtepec, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Instituto Tecnológico de Villahermosa, del 19 al 22 de marzo de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Acayucan, Calkiní, Celaya, Colima, Culiacán, Durango, Irapuato, La Paz, La Región Sierra, Los Ríos, Mazatlán, Mérida, Misantla, Morelia, Tijuana, Tuxtepec, Tuxtla Gutiérrez, Veracruz, Villahermosa.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Industrias Alimentarias e Ingeniería Química, del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Diseña, selecciona, opera, adapta e investiga científica y tecnológicamente equipos en procesos industriales que involucren las operaciones unitarias de transferencia de masa y energía de humidificación, secado, extracción y destilación.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Interpreta y aplica razonamientos de ecuaciones diferenciales. • Formula balances de materia y energía. • Calcula los coeficientes convectivos de transferencia de materia y energía. • Interpreta y aplica las tablas de vapor.

- Obtiene las propiedades termodinámicas.
- Interpreta y aplica diagramas de equilibrio de fases.
- Interpreta y aplica diagramas entalpía-concentración.
- Interpreta y aplica propiedades coligativas.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Destilación.	1.1. Importancia y tipos de destilación. 1.2. Relaciones de equilibrio líquido-vapor. 1.3. Destilación de equilibrio o repentina. 1.4. Destilación simple por lotes. 1.5. Destilación simple por arrastre de vapor. 1.6. Destilación por rectificación de mezclas binarias. 1.6.1. Método de Mc Cabe –Thiele. 1.6.2. Método de Ponchon-Savarit. 1.7. Destilación por rectificación de mezclas multicomponentes. 1.7.1. Método de Fenske. 1.7.2. Ecuación de Underwood.
2	Extracción.	2.1. Extracción líquido-líquido 2.1.1. Fundamentos de la extracción líquido-líquido (Importancia, Características del disolvente, Equipos de extracción, Equilibrio). 2.1.2. Extracción en una etapa. 2.1.3. Extracción en etapas múltiples 2.2. Lixiviación 2.2.1. Fundamentos de la extracción sólido-líquido (Importancia, Características del disolvente, Equipos de extracción, Equilibrio). 2.2.2. Lixiviación en una etapa 2.2.3. Lixiviación en etapa múltiple
3	Humidificación.	3.1. Parámetros de humidificación. 3.2. Propiedades de un sistema líquido-gas. 3.3. Aplicación del diagrama psicrométrico. 3.4. Teoría y cálculo de los procesos de humidificación y deshumidificación. 3.5. Métodos y equipos de humidificación. 3.6. Cálculo de columnas de humidificación. 3.7. Enfriamiento de agua.

		3.8. Cálculo de altura y selección de torres de enfriamiento.
4	Secado.	4.1. Concepto e importancia del secado. 4.2. Tipos y descripción de secadores. 4.3. Curvas de secado. 4.3.1. Humedad de equilibrio. 4.3.2. Velocidad de secado. 4.3.3. Tiempo de secado. 4.4. Diseño de equipos de secado. 4.4.1. Secadores por lotes. 4.4.2. Secadores continuos. 4.5. Simulación del secado.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Destilación.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseña destiladores simples por lotes. • Calcula las principales variables de operación en destilación por arrastre por vapor. • Diseña columnas de destilación por rectificación. • Opera equipos de destilación. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos sobre fundamentos de la investigación. • Capacidad de análisis y síntesis de información científica. • Capacidad de organizar y planificar prácticas de laboratorio. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua de los diversos trabajos de investigación bibliográfica. • Conocimiento de una segunda 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir en clases los diferentes conceptos existentes en la literatura acerca de la destilación. • Discutir las principales variables de operación y flujos obtenidos en una destilación. • Proponer los términos en que se realiza la eficiencia de una destilación en una discusión grupal. • Investigar el concepto de equilibrio líquido-vapor de una mezcla binaria y discutir en grupo la generación de dichas curvas con diferentes mezclas binarias obtenidas de literatura a temperatura y presión constante. • Estimar a través de la ecuación de Antoine la generación de concentraciones molares en el vapor y en el líquido de mezclas binarias en el equilibrio. • Conocer a través de una discusión grupal y presentada en diapositivas de power point, las diferentes características de tipos de destiladores que existen y su funcionamiento.

<p>lengua (inglés de preferencia).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Manejo de software especializado: simuladores de diseño y selección de equipo. • Habilidad para operar equipo e instrumentos de medición de las operaciones unitarias en el laboratorio. • Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas): artículos científicos, revistas y libros especializados. • Solución de problemas técnicos y analíticos de las operaciones unitarias. • Toma de decisiones en la solución de problemas, discusión grupal y trabajos en equipo. • Capacidad crítica y autocrítica de los resultados obtenidos en visitas industriales, prácticas de laboratorio e informes de investigaciones de literatura. • Capacidad de trabajar en equipo y proyectos multidisciplinarios e interdisciplinarios. • Apreciación de la diversidad y multiculturalidad de su entorno. • Compromiso ético con su carrera y con la sociedad. • Superación personal y social. Capacidad y gusto por la información científica y tecnológica. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Habilidades de investigación 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer diferentes sistemas azeotrópicos conocidos y los diagramas de puntos de ebullición de ellos. • Establecer los balances de materia y la generación de los diagramas de equilibrio necesarios para el cálculo de platos teóricos por el método de McCabe-Thiele en una columna de destilación por rectificación. • Establecer los balances de materia y energía y la generación de diagramas de entalpía concentración necesarios para el cálculo de platos teóricos por el método de Ponchon-Savarit en una columna de destilación por rectificación. • Conocer y emplear un simulador comercial para el diseño y análisis de destilación simple y por columnas de rectificación. • Investigar los diferentes tipos de platos de columnas de destilación. • Realizar prácticas de laboratorio para que se conozcan las partes de una columna de destilación por rectificación y sus principales variables de operación, estableciendo la discusión de resultados y obtención de conclusiones por equipo de trabajo. • Investigar procesos industriales que incluyan la destilación para analizar la pertinencia de las operaciones y equipos empleados. • Realizar visitas a centros industriales donde operen torres o columnas de destilación.
--	--

<p>científica y tecnológica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aprender. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Capacidad de analizar y solucionar problemas reales. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Habilidad para evaluar, transferir, adaptar y diseñar tecnología para fomentar el desarrollo tecnológico, científico e industrial en las áreas químico-biológicas. • Capacidad para experimentar de una manera sistemática en la búsqueda de soluciones adecuadas a la problemática que se le presente. 	
Extracción.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Selecciona y aplica los métodos de diseño de equipo de extracción de acuerdo al sistema a separar así como a las condiciones de operación</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos sobre fundamentos de la investigación. • Capacidad de análisis y síntesis de información científica. • Capacidad de organizar y planificar prácticas de laboratorio. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua de los diversos trabajos de investigación 	<p>Extracción líquido-líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigar las características de los equipos de extracción a través de visitas industriales o por investigación documental • Utilizar los diferentes sistemas gráficos para aplicarlos en la operación de extracción • Calcular los parámetros de diseño del equipo requerido para la extracción en una sola etapa. • Calcular los parámetros de diseño del equipo requerido para una extracción en etapas múltiples • Seleccionar los tipos de extractores utilizados <p>Lixiviación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigar las características de los

<p>bibliográfica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de una segunda lengua (inglés de preferencia). • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Manejo de software especializado: simuladores de diseño y selección de equipo. • Habilidad para operar equipo e instrumentos de medición de las operaciones unitarias en el laboratorio. • Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas): artículos científicos, revistas y libros especializados. • Solución de problemas técnicos y analíticos de las operaciones unitarias. • Toma de decisiones en la solución de problemas, discusión grupal y trabajos en equipo. • Capacidad crítica y autocrítica de los resultados obtenidos en visitas industriales, prácticas de laboratorio e informes de investigaciones de literatura. • Capacidad de trabajar en equipo y proyectos multidisciplinarios e interdisciplinarios. • Apreciación de la diversidad y multiculturalidad de su entorno. • Compromiso ético con su carrera y con la sociedad. • Superación personal y social. Capacidad y gusto por la información científica y tecnológica. • Capacidad de aplicar los 	<p>equipos de extracción a través de visitas industriales o por investigación documental.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtener la solución de problemas de procesos de lixiviación en una etapa y etapas múltiples empleando métodos gráficos y numéricos. • Describir los equipos empleados en lixiviación. <p>Para ambas operaciones se sugiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar simuladores comerciales para el diseño y análisis de equipos de extracción. • Realizar ejercicios de diseño de procesos de extracción líquido-líquido multietapas por métodos numéricos. • Realizar un ensayo sobre las implicaciones ambientales de la operación unitaria de extracción. • Investigar aplicaciones de la extracción en el área de la Ingeniería Bioquímica. • Visitar empresas.
--	--

<p>conocimientos en la práctica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación científica y tecnológica. • Capacidad de aprender. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Capacidad de analizar y solucionar problemas reales. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Habilidad para evaluar, transferir, adaptar y diseñar tecnología para fomentar el desarrollo tecnológico, científico e industrial en las áreas químico-biológicas. • Capacidad para experimentar de una manera sistemática en la búsqueda de soluciones adecuadas a la problemática que se le presente. 	
Humidificación	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpretar y aplicar el diagrama psicrométrico o de humedad a problemas específicos. • Diseñar columnas de Humidificación. • Operar equipos e instrumentos de medición de humidificación. • Diseñar torres de enfriamiento. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos sobre fundamentos de la investigación. • Capacidad de análisis y síntesis de 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir los conceptos de propiedades de de vapor de agua. • Investigar la relación de las diferentes propiedades del vapor de agua en el diagrama psicrométrico. • Conocer y manejar las tablas de vapor saturado. • Realizar una práctica donde se determinen las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo, la discusión de resultados y obtención de conclusiones por equipo de trabajo. • Conocer y manejar un simulador de las propiedades termodinámicas del vapor de agua.

<p>información científica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de organizar y planificar prácticas de laboratorio. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua de los diversos trabajos de investigación bibliográfica. • Conocimiento de una segunda lengua (inglés de preferencia). • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Manejo de software especializado: simuladores de diseño y selección de equipo. • Habilidad para operar equipo e instrumentos de medición de las operaciones unitarias en el laboratorio. • Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas): artículos científicos, revistas y libros especializados. • Solución de problemas técnicos y analíticos de las operaciones unitarias. • Toma de decisiones en la solución de problemas, discusión grupal y trabajos en equipo. • Capacidad crítica y autocrítica de los resultados obtenidos en visitas industriales, prácticas de laboratorio e informes de investigaciones de literatura. • Capacidad de trabajar en equipo y proyectos multidisciplinarios e interdisciplinarios. • Apreciación de la diversidad y multiculturalidad de su entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar los diferentes métodos de humidificación y deshumidificación que existen. • Discutir en grupo las principales variables para el diseño de columnas de humidificación adiabáticas. • Discutir en grupo las principales variables de diseño de torres de enfriamiento. • Exponer con diapositivas de power point las diferentes partes y funcionamiento de los equipos de torres de enfriamiento. • Investigar procesos industriales que incluyan las torres de enfriamiento, para analizar la pertinencia de las operaciones y equipos empleados. • Realizar visitas a centros industriales donde operen torres de enfriamiento.
--	---

<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso ético con su carrera y con la sociedad. • Superación personal y social. Capacidad y gusto por la información científica y tecnológica. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Habilidades de investigación científica y tecnológica. • Capacidad de aprender. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Capacidad de analizar y solucionar problemas reales. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Habilidad para evaluar, transferir, adaptar y diseñar tecnología para fomentar el desarrollo tecnológico, científico e industrial en las áreas químico-biológicas. • Capacidad para experimentar de una manera sistemática en la búsqueda de soluciones adecuadas a la problemática que se le presente. 	
Secado.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcular en forma analítica el tiempo y velocidad de secado. • Desarrollar e interpretar a partir de resultados de literatura y experimentales las curvas o cinéticas de secado. • Diseñar diferentes tipos de 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar en la literatura los diferentes conceptos de secado que existen y discutir de manera grupal. • Investigar y presentar un informe escrito de los diferentes tipos de secadores que existen, su clasificación, importancia, características y partes principales y su funcionamiento.

<p>secadores por lotes o continuos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar y seleccionar un secador, a través del uso de un simulador comercial. • Conocer y operar diferentes tipos de secadores. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos sobre fundamentos de la investigación. • Capacidad de análisis y síntesis de información científica. • Capacidad de organizar y planificar prácticas de laboratorio. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua de los diversos trabajos de investigación bibliográfica. • Conocimiento de una segunda lengua (inglés de preferencia). • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Manejo de software especializado: simuladores de diseño y selección de equipo. • Habilidad para operar equipo e instrumentos de medición de las operaciones unitarias en el laboratorio. • Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas): artículos científicos, revistas y libros especializados. • Solución de problemas técnicos y analíticos de las operaciones unitarias. • Toma de decisiones en la solución 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar y discutir de manera grupal la selección adecuada del secador según el uso industrial, de laboratorio o de investigación que se desee realizar. • Establecer las ecuaciones para la determinación del contenido de humedad, humedad libre y de humedad de equilibrio. • Establecer las ecuaciones para la determinación de las velocidades de secado y tiempo de secado, ya sea en el periodo de velocidad constante y decreciente. • Establecer la metodología para la obtención de cinéticas de secado y curvas de velocidad de secado. • Establecer las ecuaciones para el diseño de secadores ya sean continuos o por lotes. • Investigar procesos industriales que incluyan a diferentes tipos de secadores, para analizar la pertinencia de las operaciones y equipos empleados. • Realizar visitas a centros industriales donde operen secadores de material biológico, químico y de alimentos.
---	---

<p>de problemas, discusión grupal y trabajos en equipo.</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad crítica y autocrítica de los resultados obtenidos en visitas industriales, prácticas de laboratorio e informes de investigaciones de literatura.• Capacidad de trabajar en equipo y proyectos multidisciplinarios e interdisciplinarios.• Apreciación de la diversidad y multiculturalidad de su entorno.• Compromiso ético con su carrera y con la sociedad.• Superación personal y social. Capacidad y gusto por la información científica y tecnológica.• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.• Habilidades de investigación científica y tecnológica.• Capacidad de aprender.• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.• Capacidad de analizar y solucionar problemas reales.• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).• Habilidad para trabajar en forma autónoma.• Habilidad para evaluar, transferir, adaptar y diseñar tecnología para fomentar el desarrollo tecnológico, científico e industrial en las áreas químico-biológicas.• Capacidad para experimentar de una manera sistemática en la búsqueda de soluciones adecuadas a la problemática que se le presente.	
--	--

8. Práctica(s)

- Destilar el sistema binario etanol-agua.
- Destilar el sistema binario metanol-etanol.
- Obtención de aceites esenciales por destilación con arrastre de vapor.
- Balances de materia y energía en un equipo de extracción Líquido-Líquido
- Extracción de café a partir de granos de café tostado y molido.
- Balances de materia y energía experimentales en un equipo de extracción Sólido-Líquido
- Determinación experimental de eficiencias de Lixiviación
- Determinación de las propiedades psicrométricas del aire ambiente.
- Determinación de la eficiencia de una torre de enfriamiento.
- Obtención de la curva de secado de una fruta picada en cubo o rebanadas empleando un secador de charolas.
- Obtención de la curva de secado de un producto empleando un secador de lecho fluidizado.
- Secado de materiales húmedos en diferentes tipos de secadores.
- Determinar la velocidad de absorción de oxígeno en agua en un tanque agitado por el método del sulfito.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

- Resolución de problemas diversos de propiedades de vapor de agua aplicando e interpretando el diagrama psicrométrico.
- Resolución de problemas diversos de propiedades de vapor de agua de forma analítica.
- Obtención de curvas de equilibrio líquido-vapor de diversos sistemas binarios.
- Diseño de torres de enfriamiento.
- Diseño de secadores.
- Obtención de curvas de secado y su interpretación.
- Diseño de columnas de extracción.
- Diseño de columnas de destilación.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Discusión grupal de diversos temas teóricos de las operaciones unitarias establecidas.
- Desempeño en la realización de prácticas: presentación de informes y discusión de resultados experimentales.

11. Fuentes de información

1. Benitez, Jaime. Principles and Modern Applications of Mass Transfer Operations. Second Edition, Wiley-Interscience. Canada, 2002.
2. Bird R.B., Stewart W.E. y Lightfoot, E.N. Fenómenos de Transporte. Quinta Edición, Editorial Reverté. México, D.F. 2007.
3. Geankplis, Christie, J. Procesos de Transporte y Principios de los Procesos de Separación: Incluido Operaciones Unitarias. Cuarta edición, Editorial CECSA. México, D.F. 2006.
4. Grandinson, A. S. and Lewis, M. J. Separation Process in the Food and Biotechnology Industries: Principles and Applications. First Edition Woodhead Publishing Limited. Great Yarmouth, England, 1996.
5. Heldman, R. Dennis and Hartel, W. Richard. Principles of Food Processing. First Edition, Aspen Publication. Maryland, USA. 2000.
6. Heldman, R. Dennis and Lund, B. Daryl. Handbook of Food Engineering. Second Edition, CRC Press. Atlanta, Ga. USA. 2009.
7. Henley E. J. and Seader J. D. Operaciones de Separación por Etapas de Equilibrio en Ingeniería Química. Segunda Edición, Ediciones REPLA, S. A. México, D. F. 1990.
8. Holland, C. Donald. Fundamentals and Modeling of Separation Process: Absorption, Distillation, Evaporation and Extraction. First Edition, Prentice-Hall International. Englewood Cliffs, N.J. USA. 1974.
9. Ibarz and Barbosa-Cánovas. Unit Operations in Food Engineering. First Edition, CRC Press. Boca Ratón, Florida. 2002.
10. Incropera F. P., DeWitt D. P., Bergman T. L. and Lavine A. S. J. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Sixth Edition, John Wiley & Sons Inc. Hoboken N.J. USA. 2007.
11. King, C. Judson. Separation Process. Second Edition McGraw-Hill. New York, 1980.
12. McCabe W., Smith J. and Harriot P. Unit Operations of Chemical Engineering. 7th

Edition. Mc Graw Hill. USA. 2007.

13. Perry Robert H. and Chilton Cecil. Manual del Ingeniero Químico de Perry. Sexta Edición, Mc. Graw-Hill. Bogotá, Colombia, 1997.

14. Rosseau, Ronald, W. Handbook of Separation Process Technology. First Edition, John Wiley and Sons Inc. USA, 1987.

15. Singh R. Paul and Heldman T. Dennis. Introduction to Food Engineering. Third Edition, Food Science and Technology, International Series. Academic Press. Florida, USA. 2001.

16. Smith, P.G. Introduction to Food Process Engineering. First Edition. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York, USA. 2003.

17. Stanley, M. Walas. Chemical Process Equipment. Selection and Design. First Edition Butter-Heineman Series in Chemical Engineering. USA. 2004.

18. Tadeusz, Kudra and Arun, S. Mujumdar. Advanced Drying Technology. Second Edition, CRC Press. Atlanta, Ga, USA. 2009.

19. Treybal, E. R. Operaciones de Transferencia de Masa. Segunda Edición. Mc Graw Hill. México, D.F. 1980.

20. Turton R., Bailie R.C., Whiting W.B. and Shaeiwitz J.A. Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes. Third edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N.J. USA. 2006.

21. Welty R., Wick C. E., Wilson R. E. and Rorrer G. L. Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer. Fourth Edition, Wiley and Sons, Inc. USA, 2000.

Journals

22. Allen, S.J. (Editor-in-Chief). Chemical Engineering Journal. ISSN: 1385-8947. Elsevier. USA.

23. Berruti, F., De Lasa, Hugo I. and Briens, C. (Editors-in-Chief). International Journal of Chemical Reactor Engineering. ISSN: 1542 6580. Berkeley Electronic Press. USA.

24. Castell-Perez, María Elena and Moreira, Rosana (Editors-in-Chief). Journal of Food Process Engineering. John Wiley and Sons. ISSN: 0145-8876. USA.

25. Mujumdar, Arun S. (Editor-in-Chief). Drying Technology an International Journal. Taylor and Francis Group. ISSN: 1041-794X. UK.

S26. Ingh, Paul R. (Editor-in-Chief). Journal of Food Engineering. ISSN: 0260-8774. Elsevier. USA.

Programas de computación o software de aplicación

- SuperPro Designer V4.5: Simulador de secado. USA.
- Simulador de la Carta Psicrométrica. 2000. Instituto Tecnológico de Veracruz. México.
- Simulador de procesos de ingeniería química: Aspen.
- Simulador de procesos de ingeniería química HYSIS.
- Simulador de procesos de ingeniería química: ChemCad.
- Simulador de procesos de ingeniería: Pro-II.