

## **Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural** **28936 - Operaciones básicas I**

**Guía docente para el curso 2014 - 2015**

**Curso: 3, Semestre: 1, Créditos: 6.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **Carlos Jesús Royo Pascual** [cjroyo@unizar.es](mailto:cjroyo@unizar.es)

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

Es muy conveniente que el alumnado haya superado las materias siguientes, que corresponden al módulo de formación básica del Grado: Matemáticas, Física y Química.

Es muy importante la asistencia regular a clase. El estudio y la resolución de problemas en perfecto sincronismo con las actividades en el aula, garantizan unas buenas perspectivas de éxito. Esto se consigue con una dedicación semanal constante.

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

Para el desarrollo de la asignatura se contará con una Intranet Docente, "espacio virtual" compartido de acceso vía Internet, restringido a los profesores y estudiantes de la asignatura, utilizando un navegador estándar: (<http://bb.unizar.es/> ). La Intranet será el principal medio de comunicación entre todos los participantes (profesores y estudiantes), y contendrá los "apuntes", los enunciados de las "tareas" y "trabajos", los guiones de las "prácticas de laboratorio" y otro material de estudio. Los resultados de las tareas, trabajos deberán ser entregados en las fechas indicadas en la Intranet. La Intranet de la asignatura se actualiza (fechas de entrega, documentos, etc.) a menudo y, por lo tanto, es muy aconsejable acceder a ella con cierta frecuencia.

El sistema de evaluación será global (ver detalles en <http://wzar.unizar.es/servicios/coord/norma/evalu/norma.pdf>). Las fechas de la prueba escrita en las convocatorias oficiales pueden consultarse en:

<http://www.unizar.es/centros/eps/titulaciones/agroalimentaria/horarios.html>.

---

### **Inicio**

---

#### **Resultados de aprendizaje que definen la asignatura**

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

**1:**

Enumerar y describir las formas de operación de la industria alimentaria, así como sus ventajas e

inconvenientes.

**2:**

Plantear y resolver balances de materia y energía (sin reacción química).

**3:**

Estimar el valor numérico del coeficiente global de transmisión de calor y cuantificar el área de transmisión de calor necesaria para llevar a cabo una determinada operación de intercambio de calor.

**4:**

Determinar la capacidad y la economía de un evaporador de simple efecto.

**5:**

Estimar el tiempo necesario, y el calor medio retirado, para refrigerar o congelar un determinado alimento.

**6:**

Estimar el número de etapas y la cantidad de disolvente necesario para conseguir un determinado grado de extracción.

**7:**

Obtener la curva de equilibrio líquido vapor de una mezcla binaria. Calcular el número de platos de una columna de destilación. Calcular la eficacia de cada etapa.

**8:**

Utilizar con soltura el programa EES para la resolución de problemas.

**9:**

Manejar con cierto grado de destreza, y de manera responsable, los equipos e instrumentos utilizados durante las sesiones prácticas de laboratorio.

**10:**

Interpretar resultados experimentales en el contexto de la asignatura y relacionarlos con los contenidos teóricos.

**11:**

Analizar las operaciones unitarias más importantes de la industria alimentaria empleando modelos físicos sencillos que reproduzcan la acción de la operación

**12:**

Elegir la o las operaciones básicas más adecuadas para la preparación, obtención, conservación y transformación de los alimentos

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura “Operaciones Básicas I” es de carácter obligatorio, pertenece al módulo de formación específica de la especialidad “Industrias Agrarias y Alimentarias”. Tiene una carga docente de 6 ECTS. Se imparte en el primer CT del curso 3º.

A pesar de ser una asignatura introductoria a otras materias de la especialidad, no se trata de una asignatura eminentemente teórica. Bien al contrario, la mayoría de los contenidos están fuertemente ligados a situaciones problemáticas del entorno real de la futura profesión. Ayudará a resolver preguntas del tipo:

- ¿Cómo se puede resolver un balance de materia en régimen estacionario en un sistema de evaporación de tres efectos en corriente directa?
- ¿Qué cantidad de calor debemos aportar para calentar una determinada corriente de proceso en un cambiador de calor multitubular?
- ¿Cómo se puede estimar el área de transmisión de calor necesaria para llevar a cabo una operación de evaporación de un zumo de frutas?

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

Los objetivos perseguidos con la impartición de esta asignatura son:

- La comprensión de los conceptos fundamentales que constituyen la esencia de las operaciones básicas estudiadas.
- El análisis de las operaciones unitarias empleando modelos físicos sencillos que reproduzcan la acción de la operación.
- Familiarizarse con los métodos de cálculo necesarios para la resolución de las expresiones matemáticas generadas como consecuencia de la aplicación de modelos físicos a las diferentes operaciones.
- Alcanzar una visión globalizadora que permita captar los principios básicos comunes a un grupo de operaciones, lo que contribuirá a una mayor amplitud en la comprensión de todas las operaciones.
- El conocimiento básico de los equipos existentes para cada operación básica, su funcionamiento y aplicación.
- El conocimiento de las peculiaridades que el hecho de que la materia que se transforma sea una sustancia alimentaria imprime a las operaciones básicas.
- Ser capaz de elegir la operación básica más adecuada para conseguir una determinada transformación.

#### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura "Operaciones Básicas I" no sólo forma parte del módulo de formación específica, sino que es una asignatura introductoria a otras obligatorias, ya que la base adquirida en la asignatura (balances de materia y energía, transmisión de calor, etc.) será continuamente utilizada, o incluso ampliada, por el resto de asignaturas vinculadas.

Las relaciones de la asignatura con las asignaturas del plan de estudios de perfil cercano y de carácter obligatorio son:

- "Operaciones Básicas II", donde se estudian las operaciones básicas basadas en el transporte de cantidad de movimiento y otras operaciones básicas basadas en la transferencia de calor y/o materia en las que intervienen sólidos, (secado, cristalización...).
- "Ingeniería de las Industrias Agroalimentarias", centrada en el estudio de balances de materia y energía con reacción química, estequiometría y cinética de la reacción química y diseño de reactores enzimáticos y biorreactores microbianos.
- "Diseño y Optimización de Industrias Agroalimentarias", donde se estudian fundamentos de diseño de sistemas productivos, técnicas de modelización y optimización y simulación de procesos agroalimentarios.
- "Equipos Auxiliares y Control de Procesos", centrada en el estudio de la instrumentación y el control en las industrias agroalimentarias, la dinámica y el comportamiento de procesos propios de la industria agroalimentaria, y los sistemas de medición y control.

#### Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

1:

##### Competencias específicas

- Conocer, comprender y utilizar los principios de la ingeniería y tecnología de los alimentos: ingeniería y operaciones básicas de alimentos; tecnología de alimentos; procesos en las industrias agroalimentarias.

Esta competencia específica (CE.22) recogida en la memoria del grado implicará:

- *Conocer, aplicar y resolver los balances de materia y energía para calcular los caudales, composiciones, temperaturas y necesidades energéticas de los procesos de la industria alimentaria.*
- *Conocer los mecanismos de transmisión de calor y transferencia de materia, conocer los procesos de las industrias agroalimentarios y diseñar los equipos donde realizar la transferencia de materia y calor.*

- Reconocer y analizar nuevos problemas de transmisión de calor y separación y plantear estrategias para su resolución.
- Capacidad analítica para interpretar datos de proceso un proceso industrial agroalimentario.
- Manejar los equipos de laboratorio relacionados con operaciones unitarias en las industrias agroalimentarias.
- Adquirir destreza en el manejo del programa EES.
- Asesorar científica y técnicamente a la industria alimentaria.

#### Competencias generales

- Aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
- Ser capaces de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- Transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado
- Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía
- Ser capaces de trabajar en equipo.

#### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

Esta asignatura estudia las Operaciones Básicas, que más tarde se emplearán en los distintos procesos industriales. Se pretende que el alumno adquiera los conocimientos y habilidades necesarias para el análisis y la resolución de problemas relacionados con ciertas operaciones básicas (transmisión de calor, evaporación, extracción, etc.). Estos conocimientos y habilidades establecerán los cimientos imprescindibles para que el/la estudiante pueda abordar posteriormente el estudio de las otras asignaturas que integran el módulo de la especialidad.

Con las competencias adquiridas junto con las de las otras asignaturas de la especialidad, contribuyen a la formación de profesionales de calidad en el ámbito “Industrias Agrarias y Alimentarias”.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**

El sistema de **evaluación** será **global**, considerando: 1 Examen de teoría y problemas, 2 Tareas y trabajos y 3 Examen de prácticas de laboratorio. Las fechas de la **prueba global** en las convocatorias oficiales pueden consultarse en:

<http://www.unizar.es/centros/eps/titulaciones/agroalimentaria/horarios.html>

#### **1 Examen de teoría y problemas**

#### **1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> CONVOCATORIA**

**Prueba escrita**, según calendario de exámenes de la EPS, que constará de dos partes: **teoría y problemas**. La **teoría** constará de 4 preguntas teórico-prácticas de desarrollo breve. Pueden ser de tipo descriptivo o de

aplicación. El tiempo para realizarla oscilará entre 1 hora y 1 hora y 15 minutos. Se realizará sin ayuda de apuntes ni libros de texto. La prueba de **problemas** consistirá en la resolución, con ayuda de apuntes y libros de texto, de 2 o 3 problemas de tipo similar a los mandados a lo largo del curso en las tareas. El tiempo para realizarla oscilará entre 2 horas y 30 minutos y 3 horas.

Cada parte se calificará sobre 10, pudiendo compensarse únicamente calificaciones mínimas de 3,5. La calificación global de la prueba será ponderada entre las dos partes, **teoría (40%) y problemas (60%)**, y no podrá ser inferior a 4 para poder ser compensada por el resto de las actividades que se evalúan. La superación de esta prueba escrita acreditará en parte el logro de los resultados de aprendizaje 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. La calificación del **examen de teoría y problemas** supondrá el **55%** de la calificación final del estudiante en la asignatura. Superada alguna parte (**teoría o problemas**), la calificación solamente se conservará hasta la siguiente convocatoria oficial del curso académico correspondiente.

## 2 Tareas y trabajos

### 1ª CONVOCATORIA

Evaluación de las actividades: **tareas individuales y trabajos** (grupos de 2-3 estudiantes), que los estudiantes vayan entregando, en las fechas indicadas, a través de la intranet docente (<http://bb.unizar.es/>). Cada actividad será calificada de 0 a 10 y la calificación global será la media ponderada de todas las actividades programadas. La superación de estas actividades acreditará en parte el logro de los resultados de aprendizaje 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (tareas), 11 y 12 (trabajos).

Las **tareas** individuales serán problemas. La nota obtenida será la media aritmética de los problemas entregados. Habrá una tarea por bloque temático del programa. Los **trabajos** (grupos de 2-3 alumnos) consistirán en el estudio de una operación básica (basada en la transferencia de materia y/o calor) diferente de las expuestas en el programa de la asignatura. Se expondrán al profesor. Se evaluará el rigor con que se analiza la operación básica y la corrección en la exposición de los principios en que se fundamenta. En cuanto a las ecuaciones matemáticas y los métodos de cálculo, se evaluará positivamente su concreción en un ejemplo. Este trabajo se debe fundamentar en la realización de una síntesis de toda la información que sobre dicha operación básica se tenga. Sin embargo, debe de contener los conceptos e ideas claves para que cualquier persona ajena a su conocimiento sea capaz de entender el proceso y realizar los cálculos necesarios. No se trata de copiar un capítulo de un determinado libro sino una labor de síntesis. Se tendrá en cuenta para su calificación la variedad real de fuentes de información.

Los estudiantes que no hayan entregando a través de la intranet docente (<http://bb.unizar.es/>) las **tareas y trabajos** en las fechas programadas para la 1ª convocatoria, deberán entregar la resolución de una nueva colección de **tareas y trabajos** de forma individual hasta la hora de comienzo de la **prueba global** de la 1ª convocatoria oficial del curso académico. Los enunciados de las nuevas tareas estarán disponibles a través de la intranet docente, con un mes de antelación a la fecha de entrega y pueden ser distintos a los planteados para entregar en fechas programadas.

### 2ª CONVOCATORIA

Los estudiantes que suspendan en primera convocatoria y no puedan compensar (nota inferior a 3,5 en 1ª convocatoria en esta parte), o no hayan realizado esta actividad para la 1ª convocatoria, deberán entregar la resolución de una nueva colección de **tareas y trabajos** de forma individuales hasta la hora de comienzo de la **prueba global** de la 2ª convocatoria oficial del curso académico. Los enunciados de las nuevas tareas estarán disponibles, pudiendo ser distintos a los planteados para la 1ª convocatoria, con un mes de antelación a la fecha de entrega, a través de la intranet docente (<http://bb.unizar.es/>).

La calificación obtenida en la parte de Tareas y Trabajos, que no podrá ser inferior a 3,5 para poder ser compensada por el resto de las actividades que se evalúan, supondrá el **25%** de la calificación final del estudiante en la asignatura (10% tareas, 15 % trabajos) y, caso de estar aprobado, solamente se conservará durante el curso académico en el que se realicen las **tareas y trabajos**.

## 3 Examen de prácticas de laboratorio

## 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> CONVOCATORIA

Si el estudiante ha asistido a las cinco sesiones de **prácticas de laboratorio** programadas durante el semestre, la evaluación se llevará a cabo mediante una **prueba escrita**. La prueba constará de 3 preguntas (a elegir 2) sobre los fundamentos teóricos, cálculos y tratamiento de datos experimentales de las prácticas de laboratorio realizadas. La prueba escrita tendrá una duración de 1h. En la 1<sup>a</sup> convocatoria se realizará en fecha diferente que el **examen de teoría y problemas** del apartado 1 y se fijará con al menos 3 semanas de antelación a su realización. En la 2<sup>a</sup> convocatoria, si no se ha especificado al fijar la de la 1<sup>a</sup> convocatoria, se realizará en la misma fecha que el **examen de teoría y problemas** del apartado 1. En dicha prueba los estudiantes podrán consultar los informes en formato papel de las prácticas de laboratorio realizadas.

**Los estudiantes que se presenten a la prueba global y no hayan realizado las prácticas de laboratorio previamente, serán convocados para la realización del examen de prácticas de laboratorio en el laboratorio 7 de la EPS, el mismo día y a distinta hora de las pruebas escritas de teoría y problemas. En la prueba, cada estudiante deberá realizar algunas de las prácticas contempladas en el programa de prácticas de laboratorio y responder un cuestionario de preguntas. Para ello, el estudiante solo podrá consultar los guiones de las prácticas.**

La superación del examen de prácticas de laboratorio acreditará en parte el logro de los resultados de aprendizaje 3, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. La calificación obtenida, que no podrá ser inferior a 3,5 para poder ser compensada por el resto de las actividades que se evalúan, supondrá el **20%** de la calificación final del estudiante en la asignatura, siendo válida durante 2 cursos académicos sucesivos.

## Criterios de Evaluación

### CUADRO RESUMEN DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN

	Actividad de evaluación		
	Teoría y problemas	Tareas y Trabajos	Prácticas de laboratorio
Calificación para cada actividad	La nota del <b>examen de teoría y problemas</b> ( $N_{tp}$ ) se determinará de la manera siguiente: $N_{tp} = 0,4N_t + 0,6N_p$ donde $N_t$ y $N_p$ corresponden a las calificaciones obtenidas en la parte de teoría y de problemas, respectivamente. Si $N_t$ y/o $N_p < 3.5$ , la calificación de la prueba escrita será de suspenso. En este caso, la calificación de esta actividad será: $N_{tp} = \text{MIN}(N_t, N_p)$	La calificación de esta actividad ( $N_{tareas}$ ) corresponderá a la media aritmética ponderada de las calificaciones obtenidas en tareas y trabajos, multiplicando la nota de las tareas por 1 y la del trabajo por 1.5.	La calificación de las prácticas de laboratorio ( $N_{lab}$ ) corresponderá a la calificación obtenida en el <b>examen de prácticas de laboratorio</b> .
Calificaciones que se guardan para 2 <sup>a</sup> convocatoria	Se guarda $N_{tp}$ si es $\geq 5$ . Si $N_{tp} < 5$ , se guarda $N_t$ ó $N_p$ si su valor es $\geq 5$ .	Se guarda si $N_{tareas} \geq 5$	Se guarda si $N_{lab} \geq 5$
CALIFICACIÓN FINAL	La calificación final de la asignatura (CF) se determinará mediante la ecuación siguiente: $CF = 0,55N_{tp} + 0,25N_{tareas} + 0,20N_{lab}$ Para poder aprobar (CF $\geq 5$ ) es imprescindible que: $N_{tp} \geq 4$ , $N_{tareas} \geq 3.5$ y $N_{lab} \geq 3.5$ En el caso de que no se cumplan los requisitos del apartado anterior, la calificación final se obtendrá de la manera siguiente: Si CF $\geq 4$ (obtenida mediante la ecuación anterior), la calificación final será: Suspenso (4,0) Si CF $< 4$ , la calificación final será: Suspenso (CF)		

## Actividades y recursos

## Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Las **sesiones teóricas** presenciales consistirán, fundamentalmente, en lecciones magistrales participativas. Dentro de éstas cabe destacar las dedicadas a la resolución de problemas, en las que se promoverá la participación de los alumnos de forma más intensa que en las dedicadas a la exposición de los contenidos teóricos.

Para cada módulo, conteniendo los temas con el programa de teoría de la asignatura, se plantean una **tarea** individual cuyos resultados deberán ser entregados en las fechas indicadas en la intranet docente. En los **trabajos** se estudia en grupo una operación básica diferente de las del programa de teoría, que se expondrá al profesor. Cada grupo tendrá varias **sesiones de tutoría grupal** en las que irán presentando al profesor sus avances y las dificultades que les vayan surgiendo..

Las **prácticas de laboratorio** presenciales, consistirán en la realización, en grupos de 2-3 estudiantes, de la toma de datos experimental de las prácticas contempladas en el [programa de prácticas de laboratorio](#). Posteriormente, como actividad no presencial, se recomienda que cada estudiante elabore un informe contenido los resultados obtenidos en las mediciones y las respuestas a las preguntas planteadas en el correspondiente guión que, previamente a la realización de la práctica, deberá haberse leído cada estudiante.

## Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

- 1: **Teoría y Problemas:** Estudio de la materia impartida en las clases de teoría y resolución de los problemas de cada tema, tanto los resueltos por el profesor en el aula, como los propuestos para que los resuelva el alumno. Los estudiantes dispondrán de las soluciones a los problemas para su autoevaluación.
  - 2: **Tareas y trabajos en grupo:** Resolución de manera individual de un problema (tarea) de cada bloque temático. Estudio en grupo de una operación básica. Estas **actividades** deberán entregarse a través de la intranet docente en la fecha establecida.
  - 3: **Prácticas de Laboratorio:** Se recomienda la elaboración de los informes de todas las prácticas realizadas en el laboratorio. El tiempo estimado para esta tarea será de 1 hora, aproximadamente, para cada una de las seis prácticas que el alumno tiene que realizar.

## Planificación y calendario

## Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Se estima que un estudiante medio debe dedicar a esta asignatura, de 6 ECTS, un total de 150 horas que deben englobar tanto las actividades presenciales como las no presenciales. La dedicación a la misma debe procurarse que se reparta de forma equilibrada a lo largo del semestre. Con esta previsión, la carga semanal del estudiante en horas queda reflejada en el siguiente cronograma:

<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
--------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

<b>Tipo actividad / Semana</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>Total</b>
Actividad Presencial									<b>60</b>
Teoría	2	1	3			2			<b>30</b>
Problemas	2	1	1			2			<b>20</b>
Prácticas laboratorio		2							<b>10</b>
Actividad No presencial									<b>85</b>
Trabajo individual	2	2	4	4	4	5	7	3	<b>65</b>
Trabajo en grupo	2	2							<b>20</b>
Evaluación								5	<b>5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>150</b>

## Programa de Teoría

### Bloque temático 1: INTRODUCCIÓN

**Tema 1:** INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA. Industria alimentaria e Ingeniería Química. Proceso Químico. Operaciones Unitarias. Definición. Clasificación de las operaciones básicas: según la propiedad que se transporta, según las fases implicadas, según su aplicación. Formas de operación de la industria química. Operación intermitente y continua. Estado estacionario y estado no estacionario. Elección del tipo de proceso. Esquema de un proceso de la industria alimentaria. Magnitudes, unidades y dimensiones. Sistemas de unidades.

**Tema 2:** FENÓMENOS DE TRANSPORTE. Operaciones Básicas y Fenómenos de transporte. Mecanismos de Transporte. Transporte en el seno de un fluido: transporte laminar y transporte turbulento (coeficientes de transporte efectivos). Transporte entre fases. Coeficientes de transporte individuales. Coeficientes de transporte globales: aplicación a la transmisión de calor y a la transferencia de materia.

**Tema 3:** BALANCES DE MATERIA EN ESTADO ESTACIONARIO. ¿Qué es un balance de materia? Aplicación en la Industria Agroalimentaria. Ley de conservación de la materia: ecuación general de un balance de materia (con y sin reacción química). Balances de materia con purgas, desvíos y recirculación. Procedimiento de resolución. Introducción a los balances de materia en estado no estacionario sin reacción química.

**Tema 4:** BALANCES DE ENERGÍA EN ESTADO ESTACIONARIO SIN REACCIÓN QUÍMICA. ¿Qué es un balance de energía? Utilidad en la Industria Agroalimentaria. Ley de conservación de la energía: ecuación general de un balance de energía. Formas de energía: energía cinética, energía potencial, energía interna, calor y trabajo. Balance entálpico: definición de entalpía y cálculo en función de la temperatura y el estado de agregación. Resolución conjunta de balances de materia y energía.

### Bloque temático 2: OPERACIONES BÁSICAS BASADAS EN LA TRANSMISIÓN DE CALOR

**Tema 5:** TRANSMISIÓN DE CALOR. Mecanismos de transmisión de calor: conducción, convección y radiación. Transmisión de calor por conducción: conducción a través de cilindros huecos, esferas huecas, láminas planas y conducción a través de varios sólidos en serie. Transmisión de calor por convección: números adimensionales, correlaciones empíricas para convección forzada y natural. Cálculo del coeficiente global de transmisión de calor. Transmisión de calor por radiación: emisión y absorción de la radiación térmica, ley de Stefan-Boltzman, emisividad de un cuerpo gris, ley de Kirchoff. Transmisión de calor en estado no estacionario. Significado del número de Biot. Ecuación de la transmisión de calor en función de la resistencia controlante.

**Tema 6:** CAMBIADORES DE CALOR. Definición y tipos. Diseño de cambiadores: cambiadores de tubos concéntricos (coeficiente global constante y variable), cambiadores multitubulares (carcasa y tubos), de placas y compactos. Método de la diferencia de temperatura media logarítmica y método NUT. Detalles de los equipos. Aplicaciones en la Industria Agroalimentaria.

**Tema 7:** EVAPORACIÓN. Definición y ejemplos de aplicación. Características de los diferentes tipos de evaporadores. Diseño

de un evaporador de simple efecto: capacidad, elevación del punto de ebullición, coeficientes de transmisión de calor y economía. Ventajas del sistema de múltiple efecto frente al de simple efecto. Disposiciones de los evaporadores multiefecto. Cálculos para evaporadores multiefecto en corriente directa. Recompresión mecánica de vapor.

**Tema 8: REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN.** Producción de frío por compresión mecánica. Diagrama de Mollier y ciclo de Rankine. Máquina de frío: principales elementos y principios de funcionamiento. Cálculo de la carga de frío. Cálculo del tiempo de congelación: ecuación de Plank y modificaciones de la misma. Descripción de los equipos más utilizados en refrigeración y congelación. Ejemplos de aplicación.

#### Bloque temático 3: OPERACIONES BÁSICAS BASADAS EN LA TRANSFERENCIA DE MATERIA

**Tema 9: FUNDAMENTOS DE LA DIFUSIÓN Y DE LA TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES.** Transferencia de materia en una fase: mecanismos, difusión molecular (ley de Fick), convección. Transferencia de materia por difusión entre dos fases: teoría de la doble película. Coeficientes globales de transferencia de materia. Resistencia controlante en la difusión entre fases.

**Tema 10: EXTRACCIÓN.** Equilibrio de extracción. Cinética de extracción. Factores que influyen en la extracción. Extracción en una etapa y en varias etapas: contacto sencillo, contacto múltiple en corriente directa y en contracorriente. Equipos de extracción. Extracción con fluidos supercríticos. Usos de la extracción en la industria agroalimentaria.

**Tema 10: DESTILACIÓN.** Introducción. Equilibrio líquido-vapor de mezclas binarias. Destilación simple de mezclas binarias: destilación discontinua, destilación súbita. Rectificación de mezclas binarias.

## Programa de Prácticas

**Práctica 1: CAMBIADORES DE CALOR.** Se dispone de un equipo diseñado para fines docentes a escala de laboratorio. Este sistema permite la utilización de tres tipos de cambiadores: tubos concéntricos, carcasa-tubos y placas. El objetivo global de esta práctica es que el alumno diferencie estado estacionario de no estacionario, valore la influencia de algunas de las variables de operación sobre el calor transmitido entre dos fluidos (agua en ambos casos) y compare la eficacia conseguida en los tres tipos de intercambiadores más comunes. Para ello el alumnado debe determinar experimentalmente el coeficiente global de transmisión de calor.

**Práctica 2: REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA.** Esta práctica se centra en el estudio de un ciclo de compresión mecánica. Con este fin, el alumnado tiene que representar el ciclo frigorífico de un refrigerante HFC (R-134a) sobre el diagrama de Mollier, así como cuantificar la eficiencia energética, a partir de los datos obtenidos en un equipo experimental de laboratorio. Determinación de la conductividad térmica de un alimento aplicando los conocimientos sobre enfriamiento de sólidos en estado estacionario y dinámico

**Práctica 3: DESTILACION DISCONTINUA.** Determinación de la curva de equilibrio líquido-vapor de la mezcla etanol-butanol. El conocimiento de las relaciones de equilibrio entre ambas fases es esencial para el diseño de un proceso de destilación. Este tipo de representaciones se utilizan para la determinación del número de platos de una columna de destilación. Los datos de equilibrio líquido-vapor se obtienen experimentalmente midiendo las composiciones de la fase vapor y la fase líquida en equilibrio. La práctica consta de un sistema para obtener la curva de equilibrio y otro sistema para realizar la destilación diferencial.

**Práctica 4: EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO.** Determinación del grado de extracción de una muestra sólida en función del número de etapas o ciclos de manera teórica y experimental. A partir de la eficacia y del número de etapas teóricas calcular las etapas reales. El equipo experimental basados en un extractor tipo "soxhlet" permite trabajar con diferentes etapas de extracción.

**Práctica 5: ABSORCIÓN.** Se estudia en esta práctica el proceso de absorción de  $\text{CO}_2$  (de una corriente de aire) en dos líquidos: agua pura y una disolución acuosa de NaOH. Para la realización experimental, se dispone de una columna de relleno a escala de laboratorio (provista de tomas para la medición de presión y para el muestreo de gas) y de un analizador de la composición del gas de tipo Hempl. En esta práctica se pretende que el alumnado determine experimentalmente los puntos de carga e inundación y estime el coeficiente global de transferencia de materia.

## Bibliografía recomendada

## Bibliografía básica

- IBARZ, A., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Operaciones unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Madrid: Mundi-Prensa, 2005.
- HIMMELBLAU, David M. Principios básicos y cálculos en ingeniería química. México: Pearson Educación, 2002.
- ÇENGEL, Yunus A. Transferencia de calor. México: McGraw-Hill, 2004.
- McCABE, W. L., SMITH, J. C., HARRIOT, P. Operaciones unitarias en ingeniería química. 7<sup>a</sup> ed. Madrid: McGraw Hill, 2007.

## Bibliografía complementaria

- AGUADO, J. et al. Ingeniería de la industria alimentaria. Vol. I, Conceptos básicos Madrid: Síntesis, 1999
- RODRÍGUEZ, F. et al. Ingeniería de la industria alimentaria. Vol. II, Operaciones de procesado de alimentos. Madrid: Síntesis, 2002
- RODRÍGUEZ, Francisco et al. Ingeniería de la industria alimentaria. Vol. III, Operaciones de conservación de alimentos. Madrid: Síntesis, 2002
- CALLEJA PARDO G. et al. Introducción a la ingeniería química Madrid : Síntesis, D.L. 1999
- VALIENTE, A., STIVALET, R. P. Problemas de balances de materia y energía. Mexico: Alhambra Mexicana, 1997.
- HERMIDA BUN, J. R. Fundamentos de ingeniería de procesos agroalimentarios. Madrid : Mundi-Prensa : AMV, 2000
- SEADER, J. D., HENLEY, E. J. Separation process principles. 2<sup>a</sup> ed. New York: Wiley, 2006. 800 p.
- INCROPERA, F. P., DeWITT, D. P. Fundamentos de transferencia de calor. 4<sup>a</sup> ed. México: Prentice-Hall, 2000.
- SINGH, R. P., HELDMAN, D. R. Introducción a la Ingeniería de los Alimentos. 2<sup>a</sup> ed. Zaragoza: Acribia, 2009.
- RICHARDSON, J. F., HARKER, J. H. Coulson and Richardson's chemical engineering, vol. 2, particle technology and separation processes. 5<sup>a</sup> ed. Oxford; Boston: Butterworth-Heinemann, 2002.
- TREYBAL, R. E. Operaciones de transferencia de masa / Robert E. Treybal . 2a ed. México [etc] : McGraw-Hill, 1980
- IBARZ RIBAS A. et al. Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria. Zaragoza : Acribia, D.L. 2000

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Cengel, Yunus A.. Transferencia de calor y masa : un enfoque práctico / Yunus A. Cengel ; revisor técnico Sofía Faddeva . 3<sup>a</sup> ed. México D. F. : McGraw-Hill Interamericana, cop. 2007
- Coulson, John Metcalfe. Chemical engineering / J.M Coulson and J.F. Richardson. Vol. II, Particle technology and separation processes / with J.R. Backhurst y J.H. Harker . [4th. ed., repr. with revisions] Oxford [etc.] : Butterworth Heinemann, 1996
- Hermida Bun, José Ramón. Fundamentos de ingeniería de procesos agroalimentarios / José Ramón Hermida Bun . Madrid : Mundi-Prensa : AMV, 2000
- Himmelblau, David M.. Principios básicos y cálculos en ingeniería química / David M. Himmelblau ; traducción, Roberto Luis Escalona García ; revisión técnica, M<sup>a</sup> del Carmen Doria Serrano . 2<sup>a</sup> ed. en español México [etc.] : Prentice-Hall Hispanoamericana, cop. 1997
- Ibarz, Albert. Operaciones unitarias en la ingeniería de los alimentos / Albert Ibarz, Gustavo V. Barbosa-CánoVAS . Madrid : Mundi-Prensa, 2005
- Incropera, Frank P.. Fundamentos de transferencia de calor / Frank P. Incropera, David P. DeWitt . 4a ed. México : Prentice Hall, 1999
- Ingeniería de la industria alimentaria. Vol. I, Conceptos básicos / José Aguado Alonso, editor ; José Antonio Calles Martín ... [et al.]. Madrid : Síntesis, 1999
- Ingeniería de la industria alimentaria. Vol. II, Operaciones de procesado de alimentos / Francisco Rodríguez Somolinos, editor ; José Aguado Alonso ... [et al.]. Madrid : Síntesis, 2002
- Ingeniería de la industria alimentaria. Vol. III, Operaciones de conservación de alimentos / Francisco Rodríguez Somolinos, editor ; José Aguado Alonso ... [et al.]. Madrid : Síntesis, 2002
- Introducción a la ingeniería química / Editor Guillermo Calleja Pardo ; Autores Guillermo Calleja Pardo...[et al.]. Madrid : Síntesis, D.L. 1999
- McCabe, Warren L.. Operaciones unitarias en ingeniería química / Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott ; revisor

- técnico René Huerta Cevallos ; [traductor, Alejandro Carlos Piombo Herrera] . 7<sup>a</sup> ed. México D. F. : McGraw-Hill Interamericana, cop. 2007
- Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria / Alberto Ibarz Ribas ... [et al.] . Zaragoza : Acribia, D.L. 2000
  - Seader, J. D.. Separation process principles / J. D. Seader, Ernest J. Henley . 2nd ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, cop. 2006
  - Singh, R. Paul. Introducción a la ingeniería de los alimentos / R. Paul Singh, Dennis R. Heldman . [1<sup>a</sup> ed. en español de la 2<sup>a</sup> en inglés] Zaragoza : Acribia, D.L. 1997
  - Treybal, Robert E.. Operaciones de transferencia de masa / Robert E. Treybal . 2a ed. México [etc] : McGraw-Hill, 1980
  - Valiente Barderas, Antonio. Problemas de balances de materia y energía / Antonio Valiente, Rudi Primo Tlacatzin Stivalet . [1<sup>a</sup> ed., 1<sup>a</sup> reimpr.] México : Alhambra Mexicana, 1991 (reimpr.1997)