

**Ampliación de Operaciones de Separación**

Código: 102401  
Créditos ECTS: 9

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
2500897 Ingeniería Química	OT	4	0

La metodología docente y la evaluación propuestas en la guía pueden experimentar alguna modificación en función de las restricciones a la presencialidad que impongan las autoridades sanitarias.

**Contacto**

Nombre: José Luis Montesinos Seguí  
Correo electrónico: JoseLuis.Montesinos@uab.cat

**Uso de idiomas**

Lengua vehicular mayoritaria: catalán (cat)  
Algún grupo íntegramente en inglés: No  
Algún grupo íntegramente en catalán: Sí  
Algún grupo íntegramente en español: No

**Prerequisitos**

Se recomienda haber asimilado los conceptos básicos y fundamentos de las asignaturas: Operaciones de Separación, Transmisión de calor y Simulación de Procesos Químicos.

**Objetivos y contextualización**

En esta asignatura se tratan operaciones de separación basadas en la transferencia de materia, tanto de equilibrio como controladas por la velocidad de transferencia. En concreto, la Humidificación, Adsorción, Intercambio iónico, Cromatografía y separaciones mediante Membranas. En todo momento se intenta hacer un desarrollo de cada bloque de manera acumulativa respecto las operaciones de separación que el/la alumno/a ya conoce, utilizando los conceptos de equilibrio, velocidad de transferencia, coeficientes de transporte, sistemas en contracorriente, en flujo cruzado, etc., y haciendo una síntesis de los conceptos comunes entre todas ellas. El/la alumno/a deberá conocer finalmente los conceptos básicos de estas operaciones y los diferentes métodos y aplicaciones como base necesaria sobre nuevas tecnologías de separación en su *currículum*.

**Competencias**

- Actitud personal
- Analizar, evaluar, diseñar y operar sistemas o procesos, equipos e instalaciones propias de la Ingeniería Química de acuerdo con determinados requerimientos, normas y especificaciones bajo los principios del desarrollo sostenible.
- Comprender y aplicar los principios básicos en que se fundamenta la Ingeniería Química, y más concretamente: Balances de materia, energía y cantidad de movimiento. Termodinámica, equilibrio entre fases y equilibrio químico. Cinética de los procesos físicos de transferencia de materia, de energía y de cantidad de movimiento, y cinética de la reacción química.
- Demostrar que comprende el rol de la Ingeniería Química en la prevención y solución de problemas medioambientales y energéticos, de acuerdo con los principios del desarrollo sostenible.
- Demostrar que conoce las diferentes operaciones de reacción, separación, procesado de materiales y transporte y circulación de fluidos involucradas en los procesos industriales de la Ingeniería Química.
- Hábitos de pensamiento
- Hábitos de trabajo personal

- Ética y profesionalidad

## Resultados de aprendizaje

1. Aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de equilibrio, transferencia de materia y las operaciones de separación.
2. Concebir y evaluar alternativas y realizar cálculos de diseño y operación en procesos de separación de mezclas binarias y multicomponentes gobernados por el equilibrio y la velocidad de transferencia.
3. Contribuir al bienestar de la sociedad y al desarrollo sostenible.
4. Desarrollar el pensamiento sistémico.
5. Desarrollar la curiosidad y la creatividad.
6. Evaluar de forma crítica el trabajo realizado.
7. Generalizar los conceptos de análisis y diseño de operaciones de separación para su aplicación a diferentes operaciones de la industria de procesos.
8. Generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional.
9. Solucionar problemas medioambientales mediante la aplicación de diferentes operaciones de separación tanto en proceso como a final del proceso.
10. Trabajar en entornos complejos o inciertos y con recursos limitados.

## Contenido

### TEMA 0.- INTRODUCCIÓN

Operaciones de separación basadas en la transferencia de materia. Equilibrio entre fases. Velocidad de transferencia. Configuraciones. Sistemas multietapa.

### TEMA 1.- HUMIDIFICACIÓN

- 1.1. Introducción
- 1.2. Definiciones i nomenclatura
- 1.3. Equilibrio entre fases
- 1.4. Temperatura de saturación adiabática ( $T_s$ )
- 1.5. Mesura de la humedad, temperatura de termómetro húmedo ( $T_w$ )
- 1.6. Diagrama psicrométrico
- 1.7. Teoría y cálculo de torres de refrigeración
  - 1.7.1. Ecuaciones y balances en una torre de refrigeración
  - 1.7.2. Estimación de la temperatura del gas de salida

### TEMA 2.- ADSORCIÓN

- 2.1. Introducción. Definición y tipos
- 2.2. Adsorbentes
- 2.3. Equilibrio de adsorción. Isotermas de adsorción. Modelos de adsorción
- 2.4. Operaciones de adsorción por etapas
  - 2.4.1. Flujo cruzado
  - 2.4.2. Contracorriente

## 2.5. Operaciones y equipos de adsorción de contacto continuo

### 2.5.1. Lecho fijo

### 2.5.2. Lecho móvil

### 2.5.3. Lecho fluidizado

## TEMA 3.- INTERCAMBIO IÓNICO

### 3.1. Principios del intercambio iónico

### 3.2. Resinas intercambiadoras de iones

#### 3.2.1. Estructura física

#### 3.2.2. Estructura química. Matriz polimérica

#### 3.2.3. Grupos funcionales

### 3.3. Equilibrio iónico entre fases S-L

### 3.4. Velocidad de intercambio

### 3.5. Tipos de operaciones de intercambio iónico

#### 3.5.1. Contracorriente

#### 3.5.2. Lecho fijo

### 3.6. Técnicas y aplicaciones

#### 3.6.1. Ablandamiento de aguas. Descalcificación

#### 3.6.2. Desmineralización total. Desionización

#### 3.6.3. Tratamiento de residuos y recuperación de iones metálicos

#### 3.6.4. Cromatografía

## TEMA 4.- CROMATOGRFÍA

### 4.1. Introducción. Nomenclatura y definiciones

#### 4.1.1. Teoría de la retención

#### 4.1.2. Eficacia de separación

### 4.2. Flujo continuo de portador

#### 4.2.1. Modelos de dispersión

#### 4.2.2. Modelos de etapas de equilibrio

#### 4.2.3. Solución Gaussiana

## TEMA 5.- MEMBRANAS

### 5.1. Fundamentos y tipos de procesos de membranas

### 5.2. Microfiltración

- 5.3. Osmosis, Osmosis inversa y Ultrafiltración
  - 5.3.1. Osmosis inversa
  - 5.3.2. Ultrafiltración
  - 5.3.3. Configuración de sistemas de membranas
  - 5.3.4. Polarización de la concentración
- 5.4. Diálisis
- 5.5. Electrodialisis
- 5.6. Módulos de membrana
- 5.7. Equipos y aplicaciones
  - 5.7.1. Recuperación de iones metálicos. Electrodialisis
  - 5.7.2. Reciclado de baños de desengrase
  - 5.7.3. Separación de enzimas producidos por fermentación
  - 5.7.4. Desalinización
  - 5.7.5. Hemodialisis
  - 5.7.6. Recuperación y preparación de un alga como alimento

## Metodología

***La metodología docente y la evaluación propuestas pueden experimentar alguna modificación en función de las restricciones a la presencialidad que impongan las autoridades sanitarias.***

Estrategias docentes: Clase magistral-expositiva/Respuesta a preguntas. Seminarios. Tutorías en grupo e individuales. Resolución de problemas en clase y propuesta de problemas a resolver.

Clases expositivas y talleres: los estudiantes reciben un conjunto de, por un lado, conceptos teóricos y, por otro lado, habilidades prácticas para resolver ejemplos o problemas fáciles. Este aprendizaje proporcionará los conceptos básicos para comprender el curso y la resolución de problemas. En las sesiones tipo taller de trabajo los alumnos practicarán los conceptos y habilidades adquiridas durante las conferencias. Los grupos pequeños facilitarán la participación de los estudiantes en el proceso de resolución de problemas.

Seminarios específicos: En estas sesiones los estudiantes recibirán conceptos más prácticos y específicos adquiridos durante las conferencias. Se enfatiza la presentación de casos, promoviendo la participación de los estudiantes en la discusión de conceptos y alternativas.

Medios de soporte a la docencia: Entornos de comunicación: Fórum virtual. Correo-e. Materiales de estudio y documentación. Material estructurado: dosieres, ejercicios, etc... Bibliografía y otros materiales complementarios on-line. Otros recursos docentes: Software específico con finalidad docente opcional.

## Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
--------	-------	------	---------------------------

Tipo: Dirigidas

Clases magistrales	44	1,76	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9
Prácticas de aula (Resolución Problemas)	19	0,76	1, 6, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10
Seminarios	4	0,16	1, 2, 5, 7, 9
Tipo: Supervisadas			
Realización de trabajos teóricos, problemas y de simulación por ordenador	8	0,32	1, 6, 2, 5, 7, 9, 10
Tutorías de soporte	4	0,16	1, 2, 4, 5, 7, 8
Tipo: Autónomas			
Estudio	73	2,92	1, 6, 2, 4, 5, 7, 8, 9
Resolución de problemas	63	2,52	1, 6, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10
Tutorías con el profesor	2	0,08	1, 6, 2, 9

## Evaluación

La metodología docente y la evaluación propuestas pueden experimentar alguna modificación en función de las restricciones a la presencialidad que impongan las autoridades sanitarias.

### **Evaluación continuada**

La evaluación continuada se realizará considerando una serie de pruebas y actividades:

- Entrega y presentación de problemas, actividades y ejercicios (PAE): 20% nota
- 1ª prueba parcial (PP1) (tema 1): 10% nota.
- 2ª prueba parcial (PP2) (temas 2 a 4): 10% nota.
- 3ª prueba parcial (PP3) (tema 5): 10% nota.
- Prueba de síntesis (PS) (temas 1 a 5): 50% nota.

La prueba de síntesis presencial consistirá en una parte teórica (25%) y una parte de problemas (75%). Se requiere una nota mínima de 40/100 en esta prueba para poder superar la asignatura mediante evaluación continuada. La presentación a la prueba de síntesis (PS) es obligatoria para poder hacer la prueba final de recuperación en caso de no superar la evaluación continuada.

El estudiante podrá hacer la recuperación de la asignatura siempre que se haya presentado a un conjunto de actividades y pruebas que representen un mínimo de 2/3 partes de la calificación total de la asignatura. Se considerará No Evaluable (NA) si no se ha presentado a un mínimo de 2/3 partes. Además, para poder presentarse a la recuperación deberán tener como media de todas las actividades y pruebas de la asignatura una calificación superior a 30/100.

### **Prueba final**

Podrán hacer esta prueba final de recuperación (PR 80%) los alumnos/as que hayan sido evaluados/as en un mínimo de 2/3 partes de la nota total de la asignatura y hayan suspendido la evaluación continuada. Por lo

tanto, la presentación a la prueba de síntesis (PS) de la evaluación continuada es obligatoria para poder hacer esta prueba final de recuperación. La nota mínima de la evaluación continua para poder presentarse debe ser de 30/100.

La prueba final incluirá todo el contenido de la asignatura y consistirá en una parte teórica (25%) y una parte de problemas (75%). Se requiere una nota mínima de 40/100 en esta prueba para poder superar la asignatura considerando todas las PAE (20%) hechas en la evaluación continuada.

En caso de no presentarse a la prueba final sin haber superado la evaluación continuada la cualificación final de la asignatura será de No Evaluable (NA).

### ***Repetidores***

A partir de la segunda matrícula, el alumno/a podrá optar por hacer de nuevo la evaluación continuada o una prueba de síntesis que será la misma prueba (igual fecha y horario) que la de síntesis (PS) para los estudiantes de primera matrícula. De este modo, la cualificación de la asignatura corresponderá o bien a la evaluación continuada o tan solo a la nota de esta prueba, en sustitución de la evaluación continuada a todos los efectos. También podrán hacer una prueba final de recuperación que será la misma prueba (igual fecha y horario) que la de recuperación (PR) para los/las alumnos/as de primera matrícula.

Para la revisión de los resultados de las evaluaciones, se fijará el momento y la manera dentro de los 10 días hábiles siguientes a su comunicación mediante la plataforma virtual.

Otorgar una cualificación de matrícula de honor (MH), aparte de la nota mínima que puede dar acceso ( $\geq 9.00$ ), es decisión del profesorado responsable de la asignatura que tendrá en cuenta la proactividad hacia la asignatura, la comprensión de los fundamentos y su relación con otras asignaturas y la fluidez, fiabilidad y expresión de los razonamientos. Se tendrá especial atención con la parte teórica de las pruebas de síntesis y final.

Sin perjuicio de otras medidas disciplinarias que se estimen oportunas, y de acuerdo con la normativa académica vigente, se cualificarán con un cero las irregularidades cometidas por el estudiante que puedan conducir a una variación de la cualificación de un acto de evaluación. Por lo tanto, copiar o dejar copiar una práctica o cualquier otra actividad de evaluación implicará suspender con un cero, y si es necesario superarla para aprobar, toda la asignatura quedará suspendida. No serán recuperables las actividades de evaluación cualificadas de esta forma y por este procedimiento, y por lo tanto la asignatura será suspendida directamente sin oportunidad de recuperarla en el mismo curso académico.

La programación de las actividades de evaluación y entrega de trabajos se publicarán en la Plataforma virtual correspondiente (Moodle) y pueden estar sujetos a posibles cambios de programación por motivos de adaptación a posibles

incidencias. Siempre se informará en la Plataforma virtual correspondiente sobre estos cambios, ya que se entiende que esta es la plataforma habitual de intercambio de información entre profesores y estudiantes.

En ningún caso se realizarán exámenes en fechas y horarios diferentes a los publicados oficialmente por la Coordinación de Grado/Escuela de Ingeniería.

### **Actividades de evaluación**

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Entrega y presentación de problemas, actividades y ejercicios	20 %	0	0	1, 6, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10
Prueba de síntesis	50 %	5	0,2	1, 6, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10
Pruebas parciales	30 %	3	0,12	1, 6, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10

### **Bibliografía**

Coulson, J.M., Richardson, J.F. Chemical Engineering. Vol 2. Particle Technology and Separation Processes. 5<sup>th</sup> ed. Butterworth-Heinemann Ltd. UK. (2002).

Geankoplis, C. J. Transport Processes and Separation Process Principles: Includes Unit Operations. 4<sup>th</sup> ed. Prentice Hall PTR. USA (2003).

King, C.J. Separation Processes. 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill Education. USA. (1980).

McCabe, W. Unit operations of chemical engineering. 7<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Education. UK. (2005).

Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Education. USA. (2007).

Treybal, R.E. Mass Transfer operations. 3<sup>rd</sup> ed. McGraw-Hill Publishing. EU. (1980).

Wankat, Ph. C. Rate-controlled separations. Kluwer Academic Publishers. EU. (1994).