



## Máster en Ingeniería Química (Plan 2018)

### DATOS DE LA ASIGNATURA

**Nombre:**

Análisis y Diseño Avanzado de Operaciones de Transferencia de Materia en la Industria Química y del Refino

**Denominación en inglés:**

Advanced Analysis and Design of Mass Transfer Separation Operations in the Chemical and Refinery Industries

**Código:**

1180103

**Carácter:**

Obligatorio

**Horas:**

	Totales	Presenciales	No presenciales
Trabajo estimado:	150	60	90

**Créditos:**

Grupos grandes	Grupos reducidos			
	Aula estándar	Laboratorio	Prácticas de campo	Aula de informática
2.5	2	0	0	1.5

**Departamentos:**

Ingeniería Química, Química Física y Ciencias de los Materiales

**Áreas de Conocimiento:**

Ingeniería Química

**Curso:**

1º - Primero

**Cuatrimestre:**

Primer cuatrimestre

### DATOS DE LOS PROFESORES

**Nombre:**

\*García Morales, Moisés

**E-Mail:**

moises.garcia@diq.uhu.es

**Teléfono:**

959218207

**Despacho:**

ETSI ETP033

\*Profesor coordinador de la asignatura

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### 1. Descripción de contenidos

#### 1.1. Breve descripción (en castellano):

Separación de mezclas multicomponentes. Métodos avanzados de separación de mezclas complejas; operaciones avanzadas de adsorción, cromatografía e intercambio iónico, humidificación y torres de enfriamiento; separaciones mediante membranas y operaciones híbridas; simulación de rectificación multicomponente.

#### 1.2. Breve descripción (en inglés):

Separation of multicomponent mixtures; advanced methods for separation of complex mixtures; advanced operations of adsorption, extraction, chromatography and ion exchange, humidification and cooling towers; membranes separations and hybrid operations; multicomponent rectification through computer aided simulation.

### 2. Situación de la asignatura

#### 2.1. Contexto dentro de la titulación:

Los descriptores de esta asignatura se centran fundamentalmente en el estudio de operaciones avanzadas de transferencia de calor y materia. Así, esta asignatura complementa a las asignaturas "Operaciones Básicas de la Ingeniería Química I y II", que se imparten en el Grado en Ingeniería Química Industrial. Por tanto, deben aplicarse conocimientos y habilidades adquiridos en dichas asignaturas, así como de balances de materia y energía, transmisión de calor y equilibrio entre fases.

#### 2.2. Recomendaciones:

Para asimilar de forma conveniente la asignatura, el alumno debe tener unos conocimientos previos de balances de materia y energía, de los mecanismos de transmisión del calor, saber estimar datos de equilibrio mediante correlaciones termodinámicas y manejar los distintos diagramas de fases, así como tener un conocimiento sólido de cálculo numérico y matricial.

### 3. Objetivos (Expresados como resultados del aprendizaje):

- Identificar componentes clave y aprender algoritmos de cálculo para abordar la rectificación multicomponente en la Industria Química y del Refino.
- Conocer técnicas avanzadas de destilación para la separación de mezclas complejas (azeotrópicas) en la Industria Química.
- Aplicar software especializado para resolver los casos anteriores, y determinar perfiles de concentración, temperatura y flujos.
- Entender los fundamentos de operaciones avanzadas de separación que implican fenómenos superficiales o intercambio iónico.
- Adquirir conocimiento sobre los principios y el diseño de las operaciones de humidificación y torres de refrigeración, proceso que implica la transferencia simultánea de calor y materia.
- Conocer los fundamentos y el diseño de las operaciones de separación basadas en la transferencia de un soluto a través de una membrana semipermeable, consideradas técnicas complementarias o competitivas con las anteriores.

### 4. Competencias a adquirir por los estudiantes

#### 4.1. Competencias específicas:

- **CEPP1:** Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otras ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas teóricos
- **CEPP2:** Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la organización de otros ya desarrollados, tomando como base tecnológica las diversas áreas de la ingeniería química, comprensivas de procesos y fenómenos de transporte, operaciones de separación e ingeniería de las reacciones químicas, nucleares, electroquímicas y bioquímicas
- **CEPP3:** Conceptualizar modelos de ingeniería, aplicar métodos innovadores en la resolución de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas, para el diseño, simulación, optimización y control de procesos y sistemas
- **CEPP4:** Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos o que tengan especificaciones en competencia, considerando los posibles métodos de solución incluidos los más innovadores, seleccionando el más apropiado y poder corregir la puesta en práctica, evaluando las diferentes soluciones de diseño

#### 4.2. Competencias básicas, generales o transversales:

- **CB6:** Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación
- **CB7:** Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
- **CB8:** Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios
- **CB10:** Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo
- **CG01:** Capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y economía, para formular y resolver problemas complejos en procesos, equipos, instalaciones y servicios, en los que la materia experimente cambios en su composición, estado o contenido energético, característicos de la industria química y de otros sectores relacionados entre los que se encuentran el farmacéutico, biotecnológico, materiales, energético, alimentario o medioambiental
- **CG02:** Concebir, proyectar, calcular y diseñar procesos, equipos, instalaciones industriales y servicios, en el ámbito de la ingeniería química y sectores industriales relacionados, en términos de calidad, seguridad, economía, uso racional y eficiente de los recursos naturales y conservación del medio ambiente
- **CG05:** Saber establecer modelos matemáticos y desarrollarlos mediante la informática apropiada, como base científica y tecnológica para el diseño de nuevos productos, procesos, sistemas y servicios, y para la optimización de otros ya desarrollados
- **CG07:** Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de emitir juicios y toma de decisiones, a partir de información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas del ejercicio profesional
- **CT1:** Capacidad de comunicar, de manera oral y escrita, conocimiento y conclusiones, de forma eficaz, ante público especializado y no especializado
- **CT3:** Capacidades asociadas al trabajo en equipo: cooperación, liderazgo, responsabilidad
- **CT5:** Capacidad de razonamiento crítico y creatividad

## 5. Actividades Formativas y Metodologías Docentes

### 5.1. Actividades formativas:

- Sesiones de Teoría sobre los contenidos del Programa.
- Sesiones de Resolución de Problemas.
- Sesiones Prácticas en Laboratorios Especializados o en Aulas de Informática.
- Actividades Académicamente Dirigidas por el Profesorado: seminarios, conferencias, desarrollo de trabajos, debates, tutorías colectivas, actividades de evaluación y autoevaluación.

### 5.2. Metodologías docentes:

- Clase Magistral Participativa.
- Desarrollo de Prácticas en Laboratorios Especializados o Aulas de Informática en grupos reducidos.
- Resolución de Problemas y Ejercicios Prácticos.
- Tutorías Individuales o Colectivas. Interacción directa profesorado-estudiantes.
- Evaluaciones y Exámenes.

### 5.3. Desarrollo y justificación:

**1. Clase Magistral Participativa:** Exposición de los contenidos teóricos de la asignatura. Durante su desarrollo, el profesor puede interactuar constantemente con los estudiantes haciendo preguntas, poniendo ejemplos y proponiendo soluciones, solicitando opiniones, etc., favoreciendo la participación activa y el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

**2. Resolución de Problemas y Ejercicios Prácticos:** Exposición y realización de ejercicios, problemas tipo y casos prácticos vinculados con los contenidos teóricos. Planteamiento de problemas diversos y, en algunos casos, entrega por parte de los estudiantes de los problemas planteados.

**3. Tutorías individuales o colectivas:** Incluyen el seguimiento individual del estudiante mediante actividades propuestas por el profesorado. Se puede fomentar el aprendizaje cooperativo promoviendo que sean también los propios estudiantes los que resuelvan las dudas planteadas.

**4. Evaluaciones y Exámenes:** Para realizar la evaluación de los conocimientos se pueden emplear diversas metodologías de evaluación, como exámenes de respuestas a desarrollar, exámenes de respuestas cortas, ejercicios de autoevaluación, etc.

Estas cuatro primeras metodologías suponen 4,5 créditos ECTS (0,5 de los cuales son a impartir por técnicos especialistas de la empresa CEPESA).

**5. Desarrollo de Prácticas en Aulas de Informática en grupos reducidos:** Las tareas planteadas ayudarán a desarrollar, a nivel práctico, los conocimientos adquiridos en la teoría. Resolución de ejercicios y supuestos prácticos en el laboratorio de informática mediante la utilización de software específico (**Aspen Plus y PTC Mathcad**). Esta última metodología supone 1,5 créditos ECTS.

## 6. Temario desarrollado:

### BLOQUE I. OPERACIONES GAS-LÍQUIDO

#### TEMA 1. RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES

1. Introducción. Componentes clave
2. Perfiles en rectificación multicomponente
3. Métodos de cálculo aproximados: método de Fenske-Underwood-Gilliland
4. Métodos de cálculo etapa a etapa: método de Lewis-Matheson
5. Métodos matriciales. Introducción a Aspen Plus

#### TEMA 2. MÉTODOS AVANZADOS DE RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS COMPLEJAS

1. Introducción.
2. Rectificación mezclas azeotrópicas binarias
  - 2.1. Desplazamiento del azeótropo mediante cambios de presión
  - 2.2. Mezclas con heteroazeótropo
3. Rectificación con adición de un tercer componente

- 3.1. Azeotrópica
- 3.2. Extractiva

#### TEMA 3. HUMIDIFICACIÓN Y TORRES DE ENFRIAMIENTO

1. Introducción. Definiciones
2. Diagrama psicrométrico de la mezcla aire-vapor de agua
3. Temperaturas de bulbo húmedo y de saturación adiabática
4. Diseño de torres de enfriamiento

### BLOQUE II. OPERACIONES SÓLIDO-FLUIDO

#### TEMA 4. ADSORCIÓN, CROMATOGRAFÍA E INTERCAMBIO IÓNICO

1. Introducción
2. Descripción del equilibrio de adsorción
3. Operaciones de adsorción
  - 3.1. Adsorción en etapa simple
  - 3.2. Adsorción en múltiples etapas con corrientes cruzadas
  - 3.3. Adsorción en múltiples etapas en contracorriente
  - 3.4. Adsorción en estado no estacionario (lecho fijo)
4. Cromatografía e intercambio iónico

### BLOQUE III. OPERACIONES DE SEPARACIÓN POR MEMBRANA

#### TEMA 5. INTRODUCCIÓN A LAS SEPARACIONES POR MEMBRANA

1. Introducción
2. Clasificación de las membranas
3. Materiales empleados en la fabricación de membranas
4. Técnicas de preparación de membranas
5. Técnicas de caracterización de membranas

#### TEMA 6. TRANSPORTE EN MEMBRANAS

1. Introducción
2. Transporte en membranas porosas
  - 2.1. Flujo viscoso
  - 2.2. Flujo Knudsen
3. Transporte en membranas no porosas
4. Transporte en membranas iónicas
5. Polarización y ensuciamiento

#### TEMA 7. PROCESOS DE MEMBRANA

1. Modelos de flujo
2. Procesos controlados por diferencia de presión
  - 2.1. Micro y Ultrafiltración
  - 2.2. Ósmosis inversa
3. Procesos controlados por diferencia de concentración
  - 3.1. Permeación de gases
  - 3.2. Pervaporación
  - 3.3. Diálisis
4. Procesos controlados por diferencia de potencial eléctrico
  - 4.1. Electrodialisis

## 7. Bibliografía

### 7.1. Bibliografía básica:

OPERACIONES DE SEPARACIÓN POR ETAPAS DE EQUILIBRIO EN INGENIERÍA QUÍMICA  
E.J. Henley, J.D. Seader. Reverté, Barcelona, 1988  
EQUILIBRIUM-STAGED SEPARATIONS  
P.C. Wankat. Prentice Hall, New Jersey, 1988  
OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA (2nd ED.)  
R.E. Treybal. McGraw-Hill, México D.F., 1991  
BASIC PRINCIPLES OF MEMBRANE TECHNOLOGY  
M. Mulder. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1996  
TRANSPORT PROCESSES AND SEPARATION PROCESS PRINCIPLES (INCLUDES UNIT OPERATIONS)  
C.J. Geankoplis. Prentice Hall, New Jersey, 2003  
MEMBRANE TECHNOLOGY AND APPLICATIONS (2nd ED.)  
R.W. Baker. John Wiley & Sons, Chichester, 2004.  
SEPARATION PROCESS PRINCIPLES (2nd ED.)  
J.D. Seader, E.J. Henley. John Wiley & Sons, New York, 2006  
SEPARATION PROCESS ENGINEERING (2nd ED.)  
P.C. Wankat. Prentice Hall, New Jersey, 2007  
MASS TRANSFER AND SEPARATION PROCESSES. PRINCIPLES AND APPLICATIONS (2nd ED.)  
D. Basmadjian. CRC Press, Boca Raton, 2007  
PRINCIPLES AND MODERN APPLICATIONS OF MASS TRANSFER OPERATIONS (2nd ED.)  
J. Benítez. Wiley, New Jersey, 2009  
MASS TRANSFER OPERATIONS FOR THE PRACTICING ENGINEER  
L. Theodore, F. Ricci. John Wiley & Sons, New Jersey, 2010  
MASS TRANSFER CONCEPTS  
K. Asokan. CRC Press, Boca Raton, 2011  
MASS TRANSFER II (16th ED.)  
K.A. Gavhane. Nirali Prakashan, Pune, 2017

#### 7.2. Bibliografía complementaria:

HANDBOOK OF SEPARATION TECHNIQUES FOR CHEMICAL ENGINEERS  
P.A. Schweitzer. McGraw-Hill, New York, 1997  
CHEMICAL ENGINEERING, VOL. 2, PARTICLE TECHNOLOGY AND SEPARATION PROCESSES (5th ED.)  
J.F. Richardson, J.H. Harker. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002  
PRINCIPLES OF CHEMICAL SEPARATIONS WITH ENVIRONMENTAL APPLICATIONS  
R.D. Noble, P.A. Terry. CUP, Cambridge, 2004  
OPERACIONES DE SEPARACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA. MÉTODOS DE CÁLCULO  
P.J. Martínez de la Cuesta, E. Rus Martínez. Prentice Hall, Madrid, 2004  
DESIGN AND CONTROL OF DISTILLATION SYSTEMS FOR SEPARATING AZEOTROPES  
W.L. Luyben, I-Lung Chien. New Jersey, Wiley: AIChE, 2010  
ASPEN PLUS V8.0. GETTING STARTED BUILDING AND RUNNING A PROCESS MODEL  
Aspen Technology Inc., Burlington, 2012  
DISTILLATION DESIGN AND CONTROL USING ASPEN SIMULATION (2nd ED.)  
W.L. Luyben. New Jersey, Wiley, 2013  
DISTILLATION: EQUIPMENT AND PROCESSES  
A. Gorak, Z. Olujić. Elsevier, Amsterdam, 2014  
USING ASPEN PLUS IN THERMODYNAMICS INSTRUCTION: A STEP-BY-STEP GUIDES.  
I. Sandler. New Jersey, Wiley: AIChE, 2015

## 8. Sistemas y criterios de evaluación.

### 8.1. Sistemas de evaluación:

- Examen de teoría/problemas
- Defensa de Prácticas
- Seguimiento Individual del Estudiante
- Examen de prácticas

### 8.2. Criterios de evaluación y calificación:

**Parte 1. Examen de teoría/problemas:** Se evalúan, fundamentalmente, las competencias CEPP1, CEPP2, CG02, CG01. Se realizará un único examen final, que constará de problemas relacionados con los contenidos teóricos de la asignatura. La calificación del examen representará un 70% de la calificación global de la asignatura.

**Parte 2. Seguimiento individual del estudiante (5%) + defensa de las prácticas (10%) + examen de prácticas (15%):** Se evalúan, fundamentalmente, las competencias CEPP3, CT5, CT3, CG05, CG01, CB10, CB7. A realizar en los grupos reducidos de laboratorio de informática (**Aspen Plus y PTC Mathcad**). La suma de los 3 ítems representará un 30% de la calificación global de la asignatura. Para que se tenga en cuenta esta parte 2 es obligatoria la asistencia al 100% de las sesiones de informáticas, salvo situaciones extraordinarias que serán debidamente justificadas.

**OBSERVACIONES:**

- Para superar la asignatura es necesario obtener una calificación global igual o superior a 5 puntos sobre 10.
- La calificación correspondiente a la parte 2 sólo se tendrá en cuenta si la calificación del examen de teoría/problemas es igual o superior a 4 puntos sobre 10. De no ser así, la calificación final será la del examen de teoría/problemas. Igualmente, no se aplicará la nota de la parte 2 si supone una disminución de la calificación final.
- Si el alumno no supera la asignatura pero sí supera la parte 2 (nota igual o mayor a 5), puede optar por conservar la nota para siempre o repetir las pruebas en el siguiente curso.
- Para aquellos alumnos cuyas circunstancias personales no les permitan la realización de las prácticas, la calificación del examen de teoría/problemas representará el 100% de la calificación global de la asignatura.

**NOTAS IMPORTANTES:**

- Queda prohibido el uso de dispositivos de telefonía móvil, en las clases, aula de informática y exámenes. Salvo con la autorización del profesor, estos dispositivos deberán permanecer apagados y guardados hasta el fin de la actividad.
- También queda prohibido, salvo con autorización expresa del profesor, comer y beber durante las clases.

### 9. Organización docente semanal orientativa:

	Semanas	Grupos Grandes	Grupos Reducidos Aula Estándar	Grupos Reducidos Aula de Informática	Grupos Reducidos Laboratorio	Grupos Reducidos prácticas de campo	Pruebas y/o actividades evaluables	Contenido desarrollado
#1	3	0	0	0	0			Tema 1
#2	3	0	0	0	0			Tema 1
#3	3	0	2.5	0	0			Tema 2; introducción a Aspen Plus
#4	3	1.5	2.5	0	0			Tema 3; simulación separación multicomponente
#5	3	1.5	2.5	0	0			Tema 3; simulación separación multicomponente
#6	3	1.5	2.5	0	0			Tema 4; simulación separación azeótropo binario por cambios de presión
#7	2	2.5	2.5	0	0			Tema 4; simulación separación heteroazeótropo binario
#8	0	4.5	0	0	0			Tema 5
#9	2.5	4.5	2.5	0	0	Simulación de procesos avanzados de separación por transferencia de materia; Aspen Plus, por grupos		Tema 6; seminario técnico CEPESA
#10	2.5	4	0	0	0			Tema 7; seminario técnico CEPESA
#11	0	0	0	0	0			
#12	0	0	0	0	0			
#13	0	0	0	0	0			
#14	0	0	0	0	0			
#15	0	0	0	0	0			
	25	20	15	0	0			