

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Se debe indicar de forma fiel cómo va a ser desarrollada la docencia. Esta guía debe ser elaborada teniendo en cuenta a todos los profesores de la asignatura. Conocidos los espacios y profesorado disponible, se debe buscar la máxima presencialidad posible del estudiante siempre respetando las capacidades de los espacios asignados por el centro y justificando cualquier adaptación que se realice respecto a la memoria de verificación. Si la docencia de alguna asignatura fuese en parte online, deben respetarse los horarios tanto de clase como de tutorías). La planificación académica podrá sufrir modificaciones de acuerdo con la actualización de las condiciones sanitarias.

<b>Asignatura</b>	OPERACIONES UNITARIAS INDUSTRIALES		
<b>Materia</b>	OPERACIONES EN INGENIERÍA QUÍMICA		
<b>Módulo</b>	Módulo de Tecnología Específica		
<b>Titulación</b>	GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA		
<b>Plan</b>	442	<b>Código</b>	41846
<b>Periodo de impartición</b>	2º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	Obligatoria
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	3º
<b>Créditos ECTS</b>	6		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	GLORIA ESTHER ALONSO SÁNCHEZ MARÍA JOSÉ COCERO ALONSO		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	<a href="mailto:ealonso@iq.uva.es">ealonso@iq.uva.es</a>	983 42 31 75	
	<a href="mailto:mjcocero@iq.uva.es">mjcocero@iq.uva.es</a>	983 42 31 74	
<b>Departamento</b>	INGENIERÍA QUÍMICA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

La asignatura de Operaciones Unitarias Industriales forma parte de la Materia de Operaciones en Ingeniería Química junto con otras tres asignaturas:

Asignaturas de la materia	Tipo	ECTS	Curso (Cuatrimestre)
Cálculo y Diseño de Reactores Químicos	Obligatoria	6	Tercero (C6)
Cálculo y Diseño de Operaciones de Separación	Obligatoria	6	Tercero (C6)
Operaciones Unitarias Industriales	Obligatoria	6	Tercero (C6)
Experimentación en Ingeniería Química	Obligatoria	6	Cuarto (C7)

La materia desarrolla los siguientes contenidos y competencias específicas de la titulación

#### Contenidos

- Operaciones unitarias basadas en la transferencia de materia y de materia y calor: principios básicos, diseño y operación, equipos
- Reactores químicos homogéneos y heterogéneos: principios básicos, diseño y operación, modelos de flujo, equipos
- Operaciones unitarias basadas en el transporte de cantidad de movimiento: principios básicos, diseño y operación, equipos
- Operaciones unitarias basadas en la transferencia de calor: principios básicos, diseño y operación, equipos
- Experimentación a escala piloto-laboratorio en diferentes operaciones unitarias y reactores y determinación experimental de propiedades termodinámicas y de transporte.

### 1.2 Relación con otras materias

La Materia de Operaciones en Ingeniería Química forma parte del módulo de Tecnología específica Química Industrial, junto con las materias: Química Aplicada a la Ingeniería Química, Fundamentos de Ingeniería Química, Ingeniería de Procesos Químicos, Ingeniería y Sociedad, Prácticas externas, y Trabajo Fin de Grado. En este módulo se contemplan las competencias específicas del título que figuran en la Orden Ministerial CIN/351/2009, y otras competencias que se han considerado convenientes para la formación del Graduado en Ingeniería Química.

En concreto la asignatura de Operaciones Unitarias Industriales por sus contenidos está relacionada con las asignaturas:

- Termodinámica Térmica y Transmisión de Calor (segundo curso, C4)
- Ingeniería Fluidomecánica (segundo curso, C4)
- Introducción a la Ingeniería Química (tercer curso, C5)
- Termodinámica Química y Transferencia de Materia (tercer curso, C5)

### 1.3 Prerrequisitos

#### Recomendaciones:

Conocimientos en balances de materia, energía

Conocimientos de mecanismos de transmisión de calor y cálculo de coeficientes de transmisión de calor



## 2. Competencias

---

### 2.1 Generales

---

- CG1. Capacidad de análisis y síntesis
- CG2. Capacidad de organización y planificación del tiempo
- CG4. Capacidad de expresión escrita
- CG6. Capacidad de resolución de problemas
- CG7. Capacidad de razonamiento crítico. Análisis lógico
- CG8. Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica
- CG9. Capacidad para trabajar en equipo de forma eficaz
- CG14. Capacidad de evaluar.

### 2.2 Específicas

---

- CE30. Conocimientos sobre mecánica de fluidos.
- CE31. Conocimientos sobre transmisión de calor.
- CE33. Capacidad para el cálculo, diseño y gestión de sistemas con flujo de fluidos.
- CE34. Capacidad para el cálculo, diseño y gestión de sistemas con transmisión de calor.



### 3. Objetivos

- Conocer técnicas de caracterización de tamaños de sólidos
- Realizar cálculos de tamaños medios de muestras sólidas
- Dimensionar sistemas de separación y clasificación de partículas sólidas por elutriación
- Realizar cálculos de operación en torres de relleno y en lechos fluidizados.
- Conocer los elementos básicos y las características operacionales de torres de relleno y lechos fluidizados
- Realizar cálculos básicos de filtración y sedimentación y de dimensionado de sus equipos
- Aplicar criterios de semejanza y de cambio de escala en sistemas con agitación mecánica
- Conocer los tipos de intercambiadores de calor utilizados en la industria, así como sus características de construcción
- Dimensionar intercambiadores de placas y de carcasa y tubos
- Dimensionar condensadores y ebulliciones
- Dimensionar una unidad de concentración por evaporación





#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: Operaciones basadas en transmisión de calor

Carga de trabajo en créditos ECTS:

##### a. Contextualización y justificación

##### b. Objetivos de aprendizaje

- Evaluar las necesidades energéticas de un proceso (aporte o retirada de energía calorífica)
- Entender los mecanismos de transmisión de calor
- Calcular coeficientes de transmisión de calor
- Aplicar la transmisión de calor por conducción en régimen estacionario
- Aplicar la transmisión de calor por convección al diseño de intercambiadores de calor
- Aplicar la transmisión de calor por convección de calor con cambio de estado para dimensionar equipos
- Aplicar los conocimientos de transmisión de calor, equilibrio, balances de materia y energía para el cálculo de evaporadores
- Conocer los cambiadores de calor existentes en el mercado
- Diseñar los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de transferencia de calor.

##### c. Contenidos

**Tema 1.- Conceptos de transmisión de calor.** Mecanismos: Conducción, Convección y Radiación. Coeficiente individual y global. Resistencia a la transmisión de calor. Diferencia media de temperatura.

**Tema 2.- Equipos para la transmisión de calor.** Intercambiadores de carcasa y tubos. Intercambiadores refrigerados por aire. Intercambiadores de placas.

**Tema 3.- Cálculos de cambiadores de carcasa y tubos.** Procedimiento básico de diseño. Características de diseño mecánico. Consideraciones generales de diseño. Coeficientes de transmisión de calor y caída de presión en los tubos. Coeficientes de transmisión de calor y caída de presión en la carcasa. Eficacia en los sistemas de intercambio de calor

**Tema 4.- Condensación.** Mecanismos de condensación. Condensación en película. Diferencia de temperatura. Caída de presión. Descripción y características de diseño mecánico.

**Tema 5.- Ebullición.** Ebullición sobre superficies sumergidas. Ebullición en el interior de tubos. Tipos de ebullicores.

**Tema 6.- Evaporación.** Fundamentos de Evaporación. Evaporadores de múltiple efecto. Incremento útil de temperatura y economía del vapor. Mejora del rendimiento de los evaporadores. Selección del tipo de evaporador.

##### d. Métodos docentes

Ver apartado 5



---

### e. Plan de trabajo

---

Para un curso de 15 semanas, semanas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

---

### f. Evaluación

---

Examen final que incluye la resolución de 1 Problema de este Bloque de la asignatura y cuestiones teórico-prácticas.

Tarea de cálculo y dimensionado de equipos de transmisión de calor.

Ejercicios propuestos en los seminarios.

---

### g. Material docente

---

*Es fundamental que las referencias suministradas este curso estén actualizadas y sean completas. Los profesores tienen acceso, a la plataforma Leganto de la Biblioteca para actualizar su bibliografía recomendada ("Listas de Lecturas"). Si ya lo han hecho, pueden poner tanto en la guía docente como en el Campus Virtual el enlace permanente a Leganto.*

---

#### g.1 Bibliografía básica

---

- R. P. Chhabra, V. Shankar, 2018, Coulson and Richardson's Chemical Engineering: Vol. 1B: Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications, Butterworth-Heinemann ed., Oxford, 7th Edition. <https://www.sciencedirect-com.ponton.uva.es/book/9780081025505/coulson-and-richardsons-chemical-engineering>
- Backhurst J.R., Harker J.H., 2001, Chemical Engineering *Solutions to the Problems in Volume 1*, Chemical Engineering Series Butterworth Heinemann (Elsevier). <https://www.sciencedirect-com.ponton.uva.es/book/9780080494227/chemical-engineering>
- R. Sinnott, G. P. Towler, 2020, Chemical Engineering Design, in Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series 6<sup>th</sup> Edition, Butterworth Heinemann (Elsevier), ISBN: 978-0-08-102599-4 <https://www.sciencedirect-com.ponton.uva.es/book/9780081025994/chemical-engineering-design>

**Enlace a Plataforma Leganto de la Biblioteca de la UVa:**

<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/readinglist/lists/4902263510005774>

---

#### g.2 Bibliografía complementaria

---

- Hewitt G.F., Shires G. L., Bott T. R., 2000, Process Heat Transfer, CRC Press.
- Incoprerá F.K., DeWitt D.P., 2015, Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, México, 4<sup>a</sup> Ed

---

#### g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

---

Se utilizarán vídeos docentes con la explicación de los contenidos teóricos y los fundamentos

---

### h. Recursos necesarios

---

Para clases presenciales: Pizarra, Cañón y acceso a internet

Acceso al Campus Virtual



### i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3	Semanas 1 -8 del cuatrimestre (para un cuatrimestre de 15 semanas)

## Bloque 2: Operaciones basadas en flujo de fluidos

Carga de trabajo en créditos ECTS:

### a. Contextualización y justificación

### b. Objetivos de aprendizaje

- Describir las técnicas más utilizadas en la determinación de tamaños de partícula
- Calcular diámetros medios de tamaño en una distribución de tamaños de partícula
- Determinar el coeficiente de rozamiento y la fuerza de rozamiento de un fluido circulando alrededor de una partícula
- Determinar la velocidad límite de caída de una partícula en el seno de un fluido
- Determinar el diámetro de una partícula conocida su velocidad límite de caída
- Estimar la caída de presión en una torre de relleno
- Resolver problemas de inundación en torres de relleno
- Describir los elementos básicos de construcción de una torre de relleno
- Determinar la caída de presión en un lecho fluidizado
- Estimar la velocidad mínima de fluidización
- Estimar la velocidad de arrastre de partículas sólidas por un fluido
- Estimar la expansión de un lecho
- Determinar el volumen de filtrado, la velocidad y el tiempo de filtración
- Determinar el área de filtración necesaria para una aplicación
- Relacionar el espesor de la torta con la caída de presión
- Describir el funcionamiento de diferentes tipos de filtros: filtros prensa, rotatorios y filtros de banda...
- Determinar el tamaño de sólido separado en una separación centrífuga
- Evaluar la potencia de agitación
- Evaluar tiempos de mezcla
- Aplicar principios de cambio de escala en tanques agitados

### c. Contenidos

**Tema 7.- Caracterización de partículas sólidas y movimiento relativo sólido-fluido.** Caracterización de partículas individuales y de masas de sólidos. Medida y distribución de tamaños. Flujo externo. Velocidad límite de caída y elutriación.



**Tema 8.- Lechos porosos.** Rellenos: tipos y parámetros característicos. Caída de presión en lechos porosos. Torres de relleno: características y elementos. Inundación en torres de relleno. Caída de presión en torres de relleno. Velocidad de mojado. Hold-up.

**Tema 9.- Lechos fluidizados.** Fluidización. Velocidad mínima de fluidización. Caída de presión en lechos fluidizados. Expansión de lechos fluidizados. Aplicaciones de lechos fluidizados.

**Tema 10.- Filtración.** Ecuaciones de filtración en torta, Ec. de Darcy. Filtración a caída de presión constante y a caudal constante. Compresibilidad de la torta. Equipos de filtración.

**Tema 11.- Agitación y mezcla.** Tanques agitados: potencia de agitación, velocidad y tiempo de mezcla. Cambios de escala. Equipo.

#### d. Métodos docentes

---

Ver apartado 5

Una de las tareas de este bloque es una tarea coordinada con el resto de las asignaturas del cuatrimestre. Cada año se plantea un proceso común, sobre el que cada asignatura trabaja un aspecto particular. Esta asignatura se ocupa de los cálculos y el diseño hidrodinámico de alguna de las etapas de proceso, en las que se utilizan lechos fluidizados, torres de relleno, etapas de filtración y/o tanques agitados o clasificación de sólidos por elutriación.

#### e. Plan de trabajo

---

Para un curso de 15 semanas, semanas 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.

#### f. Evaluación

---

Examen final que incluye la resolución de 1 Problema de este Bloque de la asignatura y cuestiones teórico-prácticas.

Tareas 2 y 3

#### g. Material docente

---

*Es fundamental que las referencias suministradas este curso estén actualizadas y sean completas. Los profesores tienen acceso, a la plataforma Leganto de la Biblioteca para actualizar su bibliografía recomendada ("Listas de Lecturas"). Si ya lo han hecho, pueden poner tanto en la guía docente como en el Campus Virtual el enlace permanente a Leganto.*

##### g.1 Bibliografía básica

---

- R. P. Chhabra, V. Shankar, 2018, Coulson and Richardson's Chemical Engineering: Vol. 1A: Fluid Flow: fundamentals and applications, Butterworth-Heinemann ed., Oxford, 7th Edition. ISBN : 0-12-809746-9  
[https://almena.uva.es/permalink/34BUC\\_UVA/eseo99/alma991008139158305774](https://almena.uva.es/permalink/34BUC_UVA/eseo99/alma991008139158305774)
- Coulson J.M., & Richardson J.F., 2019, Coulson and Richardson's Chemical Engineering: Vol. 2A. Particulate Systems and Particle Technology, Butterworth-Heinemann ed., Oxford, 6th Edition, Paperback ISBN: 9780081010983 eBook ISBN: 9780081012208 <https://www-sciencedirect-com.ponton.uva.es/book/9780081010983/coulson-and-richardsons-chemical-engineering>





### Enlace a Plataforma Leganto de la Biblioteca de la UVa:

<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/readinglist/lists/4902263510005774>

### **g.2 Bibliografía complementaria**

- R. Sinnott, G. P. Towler, 2020, Chemical Engineering Design, in Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series 6<sup>th</sup> Edition, Butterworth Heinemann (Elsevier), ISBN: 978-0-08-102599-4 <https://www.sciencedirect-com.ponton.uva.es/book/9780081025994/chemical-engineering-design>
- Mc Cabe W.L., Smith J.C., Harriott P., 2007, Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, Mc Graw-Hill, Interamericana Editores S.A., 7<sup>a</sup> Edición

### **g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)**

Se utilizarán vídeos docentes con la explicación de los contenidos de las transparencias y la resolución de problemas tipo. Los alumnos tendrán acceso a estos vídeos a través del Campus Virtual o de una carpeta compartida en OneDrive (dependiendo del tamaño de los vídeos).

### **h. Recursos necesarios**

Para clases presenciales: Pizarra, Cañón y acceso a internet  
Acceso al Campus Virtual

### **i. Temporalización**

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3	Semanas 8 -15 del cuatrimestre

## **5. Métodos docentes y principios metodológicos**

El curso se distribuye en clases teóricas, de aula y seminarios.

Las clases teóricas emplearán, el método expositivo para transmitir los conocimientos fundamentales de la asignatura, utilizando presentaciones de Power Point. Además, se utilizarán vídeos docentes con la explicación de los contenidos de las transparencias y la resolución de problemas tipo. El estudiante dispondrá con antelación del material a través del Campus Virtual.

Las clases prácticas en aula servirán de apoyo para la profundización y aplicación de los conocimientos expuestos en las clases teóricas. Los conocimientos teóricos se aplicarán a la resolución de ejemplos y casos concretos relacionados con la realidad industrial. Se trabajará de manera especial la estrategia de resolución de los problemas, la formulación de hipótesis y su comprobación, la resolución numérica de problemas y el análisis de resultados.



El curso tiene programados 4 seminarios de dos horas de duración cada uno, que se desarrollarán en grupo, destinados a profundizar en la resolución de problemas y la aplicación de métodos de cálculo y que permitirán también el desarrollo de competencias transversales como la capacidad de análisis y síntesis, el trabajo en equipo y el juicio crítico, entre otras.

A lo largo del curso está prevista la entrega de tres tareas, al menos una de ellas coordinada con el resto de las asignaturas de tercer curso. Cada año se plantea un proceso común, sobre el que cada asignatura trabaja un aspecto particular. Habitualmente esta asignatura se ocupa del diseño de alguno de los equipos del Bloque 2 de la asignatura (torres de relleno, reactores catalíticos, lechos fluidizados, separadores sólido/líquido...).

Esta asignatura tiene contempladas prácticas de campo. Se realizará una visita técnica a un polo industrial químico, con el objetivo de acercar al estudiante la realidad industrial y fomentar la necesaria relación Universidad-Empresa. La visita incluirá plantas de diferentes sectores de la Ingeniería Química y presentaciones por profesionales especializados.

La programación de todas estas actividades, seminarios, tareas, evaluaciones parciales y visitas técnicas se realiza de forma coordinada por los profesores de todas las asignaturas de este sexto cuatrimestre de la titulación. El calendario conjunto con las actividades de todas las asignaturas está disponible en la página web de la Escuela de Ingenierías Industriales (<http://eii.uva.es/titulaciones/Grados/calActividades/index.php?Grado=442>) y en el aula virtual de las asignaturas.

**Web/Aula virtual.** Todo el contenido del curso se encuentra disponible en el Campus Virtual UVA (<http://campusvirtual.uva.es>), incluido el programa de la asignatura, la propia guía docente, el calendario de actividades, las calificaciones de pruebas de evaluación, seminarios y tareas realizados, el horario de clases y un calendario con todos los eventos.

Para cada tema concreto, se encuentran en el aula virtual:

- Transparencias de los contenidos expuestos en las clases de teoría
- Vídeos docentes
- Bibliografía de referencia
- Colecciones de problemas
- Direcciones de páginas webs de interés, principalmente sobre equipo.
- Tareas propuestas y material para su preparación

## 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORA S	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORA S
Clases teóricas	28	Estudio y trabajo autónomo individual	75
Clases prácticas	22	Estudio y trabajo autónomo grupal	15
Visitas técnicas (Prácticas de campo)	2		
Seminarios	8		
Total presencial	<b>60</b>	Total no presencial	<b>90</b>
TOTAL presencial + no presencial			<b>150</b>

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Examen Final	60%	Constará de dos partes: 1) Resolución de 1 problema de cada Bloque de la asignatura (50% de la nota del examen) 2) Cuestiones teórico-prácticas (50% de la nota del examen) Se requiere nota mínima de 3,0 en cada uno de los problemas y en las cuestiones teóricas del examen final para considerar las notas de Tareas y de Seminarios.
Tareas 1, 2 y 3	30%	Entrega de materiales solicitados como tareas programadas a lo largo del curso
Seminarios Bloque 1	10%	Entrega de ejercicios

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
  - EXAMEN FINAL (60% de la nota final).
  - TAREAS (30% de la nota final).
  - SEMINARIOS (10% de la nota final)

- **Convocatoria extraordinaria:**

**La Nota final en la convocatoria extraordinaria será la mayor de las siguientes 2 opciones:**

1.  $0,6 \cdot \text{NOTA EXAMEN FINAL} + 0,3 \cdot \text{NOTAS DE TAREAS} + 0,1 \cdot \text{NOTA DE SEMINARIOS}$
2. 100% NOTA DE EXAMEN FINAL (Se requiere nota mínima de 3,0 en cada uno de los problemas y en las cuestiones teóricas del examen final)



- EXAMEN FINAL. Constará de dos partes:
  - 1) Resolución de 1 problema de cada Bloque de la asignatura (50% de la nota del examen)
  - 2) Cuestiones teórico-prácticas (50% de la nota del examen)

Se requiere nota mínima de 3,0 en cada uno de los problemas y en las cuestiones teóricas del examen final.

En la evaluación de la convocatoria extraordinaria se permite que el estudiante pueda guardar la calificación de aquellas partes del examen final de la convocatoria ordinaria con una calificación igual o superior a 5.

En ningún caso se guardarán notas para cursos sucesivos.

## 8. Consideraciones finales

