



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**55000708 - Operaciones De Separacion Ii**

### PLAN DE ESTUDIOS

05TI - Grado En Ingeniería En Tecnologías Industriales

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

|  |    |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos.....                       | 1  |
| 2. Profesorado.....                              | 1  |
| 3. Conocimientos previos recomendados.....       | 2  |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2  |
| 5. Descripción de la asignatura y temario.....   | 4  |
| 6. Cronograma.....                               | 5  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 7  |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 11 |

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |  |
|--|--|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 55000708 - Operaciones de Separacion II                  |
| <b>No de créditos</b>                      | 6 ECTS   |
| <b>Carácter</b>                            | Optativa   |
| <b>Curso</b>                               | Cuarto curso   |
| <b>Semestre</b>                            | Octavo semestre  |
| <b>Período de impartición</b>              | Febrero-Junio  |
| <b>Idioma de impartición</b>               | Castellano   |
| <b>Titulación</b>                          | 05TI - Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales   |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales |
| <b>Curso académico</b>                     | 2022-23  |

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

| <b>Nombre</b>                          | <b>Despacho</b> | <b>Correo electrónico</b> | <b>Horario de tutorías</b><br>* |
|--|-----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Santos Galan Casado<br>(Coordinador/a) | Tec. Quím. 205  | santos.galan@upm.es       | Sin horario.<br>Pedir cita      |

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Operaciones De Separacion I
- Mecanica De Fluidos I
- Transferencia De Calor
- Mecanica De Fluidos Ii

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Química física

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE21G - Conocimientos sobre balances de materia y energía, biotecnología, transferencia de materia, operaciones de separación, ingeniería de la reacción química, diseño de reactores, y valoración y transformación de materias primas y recursos energéticos.

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial.

CG2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos industriales, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas.

CG3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinares.

CG4 - Comprender el impacto de la ingeniería industrial en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.

CG7 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la Ingeniería Industrial en sus actividades profesionales.

CG8 - Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés-castellano).

CG9 - Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA570 - EUR-ACE RA 2.2 - La capacidad de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería en su especialidad; elegir y aplicar de forma adecuada métodos analíticos, de cálculo y experimentales ya establecidos; reconocer la importancia de las restricciones sociales, de salud y seguridad, ambientales, económicas e industriales

RA568 - EUR-ACE RA 1.2 - Conocimiento y comprensión de las disciplinas de ingeniería propias de su especialidad, en el nivel necesario para adquirir el resto de competencias del título, incluyendo nociones de los últimos adelantos

RA569 - EUR-ACE RA 2.1 - La capacidad de analizar productos, procesos y sistemas complejos en su campo de estudio; elegir y aplicar de forma pertinente métodos analíticos, de cálculo y experimentales ya establecidos e interpretar correctamente los resultados de dichos análisis.

RA379 - Análisis, diseño y optimización de operaciones industriales de separación por transferencia de materia.

RA380 - Elaboración de documentos técnicos a nivel de ingeniería básica.

RA381 - Uso de programas profesionales de diseño.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura presenta las principales operaciones básicas de separación en ingeniería química habitualmente modeladas y controladas por la transferencia de materia. Para ello, en la primera parte se desarrollan los conocimientos necesarios relativos a la difusión en sistemas multicomponente. La orientación es de tipo práctico, basada en el cálculo y diseño de las unidades, con diferentes grados de profundidad. En función del número de alumnos, se utilizan programas que implementan modelos cinéticos de cálculo.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Difusión molecular
  - 1.1. Definiciones. Formulaciones de Fick y Maxwell-Stefan
  - 1.2. Difusión binaria
  - 1.3. Estimación de difusividades
  - 1.4. Ecuaciones de conservación en sistemas multicomponente
  - 1.5. Difusión en sólidos
2. Transferencia en interfases
  - 2.1. Coeficientes de transferencia de materia y condiciones de determinación
  - 2.2. Teoría de la película
  - 2.3. Transferencia simultánea de materia y energía
  - 2.4. Transferencia en régimen turbulento. Analogías
3. Operaciones de separación controladas por velocidad de transferencia
  - 3.1. Absorción
  - 3.2. Columnas de relleno
  - 3.3. Adsorción
  - 3.4. Separaciones con membranas
  - 3.5. Secado
  - 3.6. Cristalización

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad en aula  | Actividad en laboratorio | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación  |
|-----|--|--------------------------|----------------|--|
| 1   | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                |  |
| 2   | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                |  |
| 3   | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                |  |
| 4   | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                |  |
| 5   | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                | <b>Control escrito</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>No presencial<br>Duración: 01:00 |
| 6   | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                |  |
| 7   | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                | <b>Control escrito</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>No presencial<br>Duración: 01:00 |
| 8   | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                |  |
| 9   | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                |  |
| 10  | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                | <b>Control escrito</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>No presencial<br>Duración: 01:00 |
| 11  | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                |  |
| 12  | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                          |                |  |

|    |  |  |  |   |
|----|--|--|--|---|
| 13 | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |  |   |
| 14 | <b>Teoría y problemas</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |  | <b>Ejercicio de simulación</b><br>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas<br>Evaluación continua<br>No presencial<br>Duración: 01:00<br><br><b>Control escrito</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>No presencial<br>Duración: 01:00 |
| 15 |  |  |  |   |
| 16 |  |  |  |   |
| 17 |  |  |  | <b>Examen final</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación sólo prueba final<br>No presencial<br>Duración: 02:00  |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción             | Modalidad                                | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas   |
|------|-------------------------|--|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 5    | Control escrito         | EX: Técnica del tipo Examen Escrito      | No Presencial | 01:00    | 20%             | 0 / 10      | CG1<br>CG2<br>CG3<br>CG4<br>CG5<br>CG6<br>CG7<br>CG8<br>CG9<br>CE21G |
| 7    | Control escrito         | EX: Técnica del tipo Examen Escrito      | No Presencial | 01:00    | 20%             | 0 / 10      | CG1<br>CG2<br>CG3<br>CG4<br>CG5<br>CG6<br>CG7<br>CG8<br>CG9<br>CE21G |
| 10   | Control escrito         | EX: Técnica del tipo Examen Escrito      | No Presencial | 01:00    | 20%             | 0 / 10      | CG1<br>CG2<br>CG3<br>CG4<br>CG5<br>CG6<br>CG7<br>CG8<br>CG9<br>CE21G |
| 14   | Ejercicio de simulación | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | No Presencial | 01:00    | 5%              | 0 / 10      | CG1<br>CG2<br>CG3<br>CG4<br>CG5<br>CG6<br>CG7<br>CG8<br>CG9          |

|    |                 |                                     |               |       |     |        |  |
|----|-----------------|-------------------------------------|---------------|-------|-----|--------|--|
|    |                 |                                     |               |       |     |        | CE21G  |
| 14 | Control escrito | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | No Presencial | 01:00 | 20% | 0 / 10 | CG1<br>CG2<br>CG3<br>CG4<br>CG5<br>CG6<br>CG7<br>CG8<br>CG9<br>CE21G |

### 7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción  | Modalidad                           | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas   |
|-----|--------------|-------------------------------------|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 17  | Examen final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | No Presencial | 02:00    | 80%             | 5 / 10      | CG1<br>CG2<br>CG3<br>CG4<br>CG5<br>CG6<br>CG7<br>CG8<br>CG9<br>CE21G |

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

1. Los conocimientos adquiridos en la asignatura se evalúan mediante cuatro tipos de pruebas:
  - Exámenes, de dos tipos: parciales, que se realizan únicamente durante el curso, y finales, en las convocatorias ordinarias y extraordinarias.
  - Trabajo en clase.
  - Ejercicio de simulación.
  - Trabajo avanzado
2. Exámenes:
  - Los exámenes consisten en ejercicios de cálculo y cuestiones teóricas de respuesta corta o tipo test. Las respuestas de test incorrectas restan puntos (cerca de una cuarta parte de lo que suman las correctas). Se dispone de un formulario para las numéricas. Las preguntas numéricas serán similares o relacionadas con la colección de problemas resueltos en clase, en vídeos o cuya solución se entrega por escrito. Las cuestiones teóricas se referirán al contenido de los apuntes. Se espera que el estudiante tenga la capacidad para interpretar un enunciado técnico y reconocer en él los conocimientos citados.
  - Durante el curso los exámenes parciales son cuatro. Tienen una duración de una hora y reparten los temas del curso, con una ponderación de 2 puntos cada uno:
    1. Difusión molecular y binaria. Ecuaciones de cambio
    2. Transferencia en interfases, régimen turbulento y membranas
    3. Absorción y columnas de relleno
    4. Adsorción, difusión en sólidos, cristalización y secado
  - Los exámenes finales durarán 2 horas.
  - Durante los exámenes, sólo se permitirá el uso de calculadoras no programables de una o dos líneas de pantalla.
3. Trabajo en clase.
  - Dentro del esquema de aula invertida, el trabajo en clase de los alumnos permite una medida progresiva del aprendizaje que considera facetas difíciles de evaluar en pruebas de corta duración (exámenes), tal como son las tareas que requieren más tiempo de reflexión o revisiones sucesivas de lo hecho. En otro sentido, esta fijación continua de objetivos ayuda al estudiante a seguir el ritmo del curso.
  - Considerando la posibilidad de añadir otras y cambiando la ponderación, en principio el trabajo evaluable en las clases consistirá de:
    1. Libro de ingeniería. Colección de ejercicios de diseño de unidades de proceso tratadas en la asignatura con formato semi-profesional (0.75 puntos).
    2. Preguntas en clase del contenido teórico, de acuerdo con el esquema de estudio por parte del alumno previo a las clases (0.5 puntos).
    3. Realización de ejercicios con o sin el ordenador en clase (0.75 punto).

- Aunque el nombre pueda sugerir otra cosa, parte del trabajo podrá ser realizado fuera del horario de clase.

#### 4. Ejercicio de simulación:

- Este ejercicio consiste en el cálculo de una columna de absorción o destilación con modelos cinéticos utilizando un simulador de procesos comercial (Aspen Plus).
- El programa estará disponible a través de la infraestructura de escritorios virtuales de la universidad (escritorio.upm.es).
- Las clases de simulación se impartirán mediante vídeos que el estudiante debe estudiar. A lo largo del curso se realizarán ejercicios en clase para resolver dudas y consolidar conocimientos, pero que requieren el trabajo previo citado.
- El ejercicio de simulación se realizará, probablemente, en la última clase del curso y su valoración es 0.5 puntos.

#### 5. Trabajo avanzado.

- Para la consecución de la máxima calificación es necesario realizar un trabajo de forma individual que demuestre ese alto nivel. Este trabajo podrá ser solicitado por los estudiantes, a partir del resultado del segundo examen parcial, siempre y cuando la nota media de las mismas sea igual o superior a 8. El último momento para hacerlo será tras el resultado de la tercer examen parcial, si se sigue cumpliendo la condición anterior.
- El trabajo concreto será propuesto por el profesor y acordado con el estudiante. La calificación máxima del mismo es 1 punto.

#### 6. La calificación final se obtiene como una suma ponderada de las diversas pruebas, que difiere en función de la calificación obtenida en exámenes finales o como media de los parciales durante el curso.

- Siendo:
  - $E_p$  la nota media de los exámenes parciales,  $E_o$  la obtenida en la prueba global ordinaria y  $E_e$  extraordinaria, cuyo máximo valor en todos los casos es 10.
  - $C$  la nota de trabajo en clase, que sólo se puede obtener durante el curso y cuyo máximo es 2.
  - $S$  la nota del ejercicio de simulación, que sólo se puede obtener durante el curso y cuyo máximo es 0,5.
  - $T$  la nota del trabajo avanzado, que sólo se puede obtener durante el curso y cuyo máximo es 1.
- la calificación se obtiene en la convocatoria ordinaria como:
  - Si  $\max(E_p, E_o)$

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre                            | Tipo         | Observaciones  |
|-----------------------------------|--------------|--|
| Página de la asignatura en Moodle | Recursos web | Apuntes, colección de problemas y exámenes, vídeos educativos y programas profesionales de cálculo |
| Aspen Plus                        | Otros        | Simulador de procesos  |