

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Complementos en Biotecnología	Modelización y Simulación de Procesos	3º	2º	6	Optativa
PROFESORES⁽¹⁾			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
Miguel García Román: Teoría, Prácticas (Grupo 1)			Dpto. Ingeniería Química, Facultad de Ciencias 1ª planta, Despacho núm. 4 Tél.: 958241392 Correos electrónicos: mgroman@ugr.es		
			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS⁽¹⁾		
			http://sl.ugr.es/mgroman		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Biotecnología					
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES					
Se recomienda tener superado o al menos cursado el módulo de Formación Básica y las asignaturas Procesos Biotecnológicos Industriales, Fundamentos de Ingeniería Bioquímica y Biorreactores del módulo de Ingeniería de Bioprocesos, y estar cursando Operaciones de Separación, dentro de este último módulo.					
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)					
Metodología de la modelización. Lenguajes de simulación. Modelización de biorreactores. Modelización de operaciones de separación. Simulación.					

¹ Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/))

COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

Básicas y Generales

- CB2 - Que los estudiantes sepan 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
- CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad 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.
- CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

Transversales

- CT1 - Capacidad de análisis y síntesis
- CT3 - Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica y de resolver problemas
- CT4 - Capacidad de comunicar de forma oral y escrita en las lenguas del Grado
- CT5 - Razonamiento crítico
- CT8 - Capacidad para la toma de decisiones
- CT9 - Capacidad de trabajar en equipo y en entornos multidisciplinares

Específicas

- CE45 - Capacidad para modelar y simular procesos y productos biotecnológicos.

OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

Al superar la asignatura el alumno debe ser capaz de:

- Describir el modelo matemático de un proceso biotecnológico y justificar la importancia de su desarrollo.
- Formular las ecuaciones de un modelo dinámico a partir de los balances de materia y energía.
- Implementar modelos de reactores enzimáticos, fermentadores y procesos de separación en un lenguaje de programación informático.
- Simular casos de estudio en el ordenador, encontrando la respuesta del sistema a diferentes perturbaciones y realizando cálculos básicos de optimización

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

TEMARIO TEÓRICO:

Tema 1. Modelización de procesos: conceptos fundamentales

Definición y aplicación de los modelos. Clasificación de los modelos. Origen de las ecuaciones constituyentes de un modelo matemático. Desarrollo de modelos matemáticos en ingeniería de procesos: aplicación a casos sencillos. Grados de libertad de un modelo. Variables de diseño. Concepto de optimización.



Tema 2. Software para la modelización y simulación de procesos

Tipos de programas usados en la modelización y simulación de procesos: lenguajes de propósito general y simuladores de procesos. Tipos de simuladores de procesos: secuenciales modulares y orientados a ecuaciones. Principales simuladores de procesos comerciales.

Tema 3. Aspectos generales de los simuladores de procesos

Introducción de componentes. Compuestos no presentes en las bases de datos. Selección del modelo termodinámico. Estimación de propiedades. Opciones frecuentes en la simulación de bioprocesos.

Tema 4. Modelización y simulación de biorreactores.

Modelos ideales de reactores. La modelización de biorreactores en el software de simulación de procesos: reactores estequiométricos, de equilibrio y cinéticos. Introducción de expresiones cinéticas no convencionales.

Tema 5. Modelización y simulación de operaciones de separación.

Conceptos fundamentales en la modelización de operaciones de separación: etapa de equilibrio. Descripción de las principales operaciones de separación y de los equipos usados en las mismas: destilación, rectificación, extracción líquido-líquido, absorción de gases, adsorción, operaciones de separación sólido-líquido y líquido-líquido. Modelización de operaciones de separación en el software de simulación de procesos.

Tema 6. Simulación de procesos y estudio de su viabilidad económico-financiera.

Introducción a la simulación de procesos. Selección de corrientes de corte (Cut-Stream). Integración térmica. Estimación de costes. Estudio económico-financiero de un proceso. Indicadores de rentabilidad.

TEMARIO PRÁCTICO:

Las clases prácticas se desarrollarán en aula de informática o en aula convencional siempre que los alumnos puedan usar su ordenador personal. En ellas se introducirá a los alumnos en el manejo de los simuladores de procesos. Parte de las clases se usarán para que los alumnos realicen un trabajo en grupo que posteriormente deberán entregar.

Práctica 1: Fases iniciales en la simulación de procesos: introducción de componentes y selección del modelo termodinámico.

Práctica 2: Modelización y simulación de una operación sencilla: Intercambio de calor.

Práctica 2: Modelización de biorreactores (I): reactor estequiométrico y de equilibrio.

Práctica 3: Modelización de biorreactores (II): reactor tanque agitado y flujo pistón. Fermentadores. Introducción de expresiones cinéticas.

Práctica 4: Modelización de operaciones de separación (I): rectificación de mezclas multicomponente. Cálculo aproximado y riguroso.

Práctica 5: Modelización de operaciones de separación (II): extracción líquido/líquido. Filtración. Centrifugación.

Práctica 6: Simulación de procesos. Recirculaciones. Integración térmica.

Práctica 7: Estimación de costes. Análisis económico-financiero.

BIBLIOGRAFÍA

AUTOR	TÍTULO	EDITORIAL, AÑO	LOCALIZACIÓN
Intelligen, Inc	SuperPro Designer®. User Guide(*)	Intelligen, Inc	Disponible en web



Gil Chaves, I.D. y col.	Process Analysis and Simulation in Chemical Engineering (*)	Springer, 2016	Biblioteca Ciencias Doc. electrónico.
Dunn, I.J. y col.	Biological Reaction Engineering (*)	Wiley-VCH, 2003	Biblioteca Ciencias FCI/D 55 132 (edición anterior)
Verma, Ashok K.	Process modeling and simulation in chemical, biochemical, and environmental engineering (*)	CRC Press, 2015	Biblioteca de Facultad Ciencias: FCI/66 KUM pro
Luyben, W.L.	Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers	McGraw Hill, 1990	Biblioteca Politécnico BPOL/66.02 LUY pro
Franks, R.G.E.	Modeling and Simulation in Chemical Engineering	Wiley-Interscience, 1972	Profesor
Doran, P.M.	Principios de Ingeniería de los Bioprocesos	Acribia, 1998	Biblioteca Ciencias FCI/66 DOR pri

(*) Se indica en **negrita** la bibliografía que se considera **fundamental**.

ENLACES RECOMENDADOS

- SuperPro Designer. Process Simulation Software:
https://www.intelligen.com/superpro_overview.html

METODOLOGÍA DOCENTE

La práctica docente seguirá una metodología mixta, que combinará teoría y práctica, para lograr un aprendizaje basado en la adquisición de competencias y que sea cooperativo. Las actividades formativas comprenderán:

CLASES DE TEORÍA.

En ellas se presentarán los conceptos principales de la asignatura, haciendo uso de desarrollos en pizarra y presentaciones de diapositivas. Así mismo se presentarán y resolverán ejemplos para facilitar la asimilación de dichos conceptos. Competencias que se trabajarán CT3, CT5, CT8 y CE45.

SEMINARIOS Y CLASES PRÁCTICAS: PRÁCTICAS.

Se introducirá a los alumnos al manejo del simulador de procesos SuperPro Designer y se simularán diferentes operaciones y/o procesos con el mismo. Competencias que se trabajarán CB2, CB3, CB5, CT1, CT3, CT5, CT8 y CE45. Por último se propondrá a los alumnos la realización de un trabajo en grupo supervisado por el profesor, consistente en la simulación de un proceso biotecnológico en el simulador usado en clase. Este trabajo se presentará públicamente ante los compañeros y el profesor. Competencias que se trabajarán CB2, CB3, CB4, CB5, CT1, CT3, CT4, CT5, CT8, CT9 y CE45.



EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

CONVOCATORIA ORDINARIA

En dicha convocatoria todos los alumnos deberán seguir la evaluación continua, tal y como se recoge en la tabla siguiente, salvo que puedan acogerse a la Evaluación Única Final (ver más adelante).

<i>Herramienta de Evaluación</i>	<i>Peso en calificación final</i>
Examen teoría. Constará de cuestiones teórico-prácticas sobre los temas 1 al 7.	50%
Realización de trabajo en grupo. Consistente en la simulación de un proceso biotecnológico usando el simulador de procesos SuperPro Designer®.	30%
Asistencia y participación activa en clase. Se controlará periódicamente la asistencia a clase y se propondrán actividades, valorándose la participación activa del alumno en las mismas.	20%

Para poder superar la asignatura por el sistema de evaluación continua se exigirá la asistencia a al menos el 75% de las clases.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

Constará de dos pruebas, realizadas en un acto académico único.

<i>Herramienta de Evaluación</i>	<i>Peso en calificación final</i>
Examen de teoría. Constará de cuestiones teórico-prácticas sobre los temas 1 al 7.	50%
Examen de prácticas. Comprenderá la resolución de un ejercicio consistente en la simulación de una operación o proceso propio de la industria biotecnológica usando el simulador de procesos SuperPro Designer®.	50%

Los alumnos que así lo soliciten podrán conservar las calificaciones del trabajo en grupo y de la asistencia y participación en clase, que supondrán un 50% de la nota final. De esta forma quedarán exentos de realizar el examen de prácticas en esta convocatoria.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA "NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA"

Tanto en convocatoria ordinaria como extraordinaria se realizará en un solo acto académico, el mismo día del examen final, e incluirá dos pruebas.



Herramienta de Evaluación		Peso en calificación final
Examen de teoría. Constará de cuestiones teórico-prácticas sobre los temas 1 al 7.		50%
Examen de prácticas. Comprenderá la resolución de un ejercicio consistente en la simulación de una operación o proceso biotecnológico usando el simulador de procesos SuperPro Designer®.		50%
<p>El examen de teoría a realizar por los alumnos que se acojan a la Evaluación Única Final en la convocatoria ordinaria o extraordinaria será distinto del de los alumnos que han seguido la evaluación continua. Para superar la asignatura por esta vía será necesaria una calificación mínima de 5 puntos tanto en el examen de teoría como en el de prácticas, lo que será de aplicación en ambas convocatorias.</p>		
ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)		
ATENCIÓN TUTORIAL		
HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)	
http://sl.ugr.es/mgroman	Las tutorías se atenderán fundamentalmente por correo electrónico. Se ofrece también la posibilidad de videoconferencia por Google Meet cuando sea necesario.	
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE		
Teniendo en cuenta el número de alumnos que pueden matricular esta asignatura está limitado a 20, se prevé la impartición de la misma en modalidad completamente presencial, no siendo necesaria por esta razón ninguna adaptación de la metodología previamente descrita en esta Guía Docente. Si para el cumplimiento de las medidas de higiene y seguridad, o si por dictamen de las autoridades sanitarias o universitarias fuera necesario, se impartiría la asignatura de la forma que se especifica en el ESCENARIO B		
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)		
Convocatoria Ordinaria		
Por las razones antes indicadas, no será necesario adaptaciones en cuanto la metodología de evaluación a emplear. Si para el cumplimiento de las medidas de higiene y seguridad, o si por dictamen de las autoridades sanitarias o universitarias fuera necesario, se realizaría la evaluación como se especifica en el ESCENARIO B		
Convocatoria Extraordinaria		
Por las razones antes indicadas, no será necesario adaptaciones en cuanto la metodología de evaluación a emplear. Si para el cumplimiento de las medidas de higiene y seguridad, o si por dictamen de las autoridades sanitarias o universitarias fuera necesario, se realizaría la evaluación como se especifica en el ESCENARIO B		



Evaluación Única Final	
Por las razones antes indicadas, no será necesario adaptaciones en cuanto la metodología de evaluación a emplear. Si para el cumplimiento de las medidas de higiene y seguridad, o si por dictamen de las autoridades sanitarias o universitarias fuera necesario, se realizaría la evaluación como se especifica en el ESCENARIO B	
ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)	
ATENCIÓN TUTORIAL	
HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
http://sl.ugr.es/mgroman	Las tutorías se atenderán fundamentalmente por correo electrónico. Se ofrece también la posibilidad de videoconferencia por Google Meet cuando sea necesario.
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE	
<ul style="list-style-type: none"> • CLASES DE TEORÍA: Para sustituir las clases presenciales se recurrirá a la grabación de las mismas mediante software libre, como OBS Studio, y su posterior puesta a disposición de los alumnos a través de la plataforma PRADO (modalidad asíncrona). Las clases grabadas de cada semana se subirán a la plataforma PRADO al inicio de la misma, coincidiendo con el horario de teoría establecido en POD. Las diapositivas usadas en las clases y otros recursos empleados en las mismas (archivos con las simulaciones) estarán también disponibles en PRADO, como era habitual. • SEMINARIOS Y CLASES PRÁCTICAS: Al inicio de cada semana se propondrá a los estudiantes una actividad a realizar sobre los contenidos presentados en las clases de teoría de dicha semana, usando para ello la plataforma PRADO (herramienta Tarea). En el horario de prácticas establecido en POD se llevará a cabo semanalmente una clase por videoconferencia con Google Meet (docencia síncrona) donde los alumnos podrán plantear las dudas que les han surgido en la realización de la actividad propuesta. Si sobra tiempo se usará la sesión de Google Meet para continuar avanzando con la teoría. 	
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)	
Convocatoria Ordinaria	
Bajo este escenario, se modificará la forma de evaluación dando más peso a los entregables y al trabajo en grupo que al examen final.	
<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de Actividades Propuestas / Cuestionarios Semanalmente se propone a los alumnos una actividad sobre los contenidos presentados dicha semana. Dicha actividad debe realizarse individualmente y entregarse a través de la plataforma PRADO. Alternativamente algunas semanas los alumnos responderán un cuestionario en la plataforma PRADO sobre los contenidos teórico o prácticos que se estén trabajando en dicho momento. Estas actividades permiten evaluar el grado de seguimiento de la asignatura de cada alumno, y la asimilación de los contenidos por su parte. Porcentaje sobre la calificación final: 50%. 	



- **Trabajo en grupo**

Consistente en la simulación de un proceso biotecnológico usando el simulador SuperPro Designer. Se desarrollará en grupos de 2-3 estudiantes, y se tomará como referencia para el trabajo un artículo científico o alguno de los libros recomendados en bibliografía. Se entregará a través de la plataforma PRADO un pequeño informe con el planteamiento, desarrollo del modelo y principales resultados, así como el archivo de SuperPro Designer con la simulación.

Mediante este trabajo se pretende evaluar la capacidad de los alumnos de integrar los conocimientos y obtener información relevante mediante búsquedas bibliográficas.

Porcentaje sobre la calificación final: **25%**.

- **Examen teoría**

Contendrá preguntas objetivas (tipo test) o preguntas breves tipo ensayo, y se realizará de forma telemática usando PRADO. Se evaluará la asimilación de conceptos tales como la definición de modelo, el origen y el tipo de las ecuaciones que forman parte de los mismos, los tipos de programas usados en simulación, importancia y tipo de modelos termodinámicos, conceptos de equilibrio líquido vapor, así como algunos otros sobre simulación de procesos con corrientes de recirculación, como el de corriente de corte.

Porcentaje sobre la calificación final: **25%**.

Convocatoria Extraordinaria

A realizar en un acto único, de forma no presencial. Constará de:

- **Ejercicio de simulación**

Simulación de un proceso biotecnológico usando el simulador SuperPro Designer, a partir de la información obtenida de un artículo científico proporcionado por el profesor. Se entregará a través de la plataforma PRADO un informe con el planteamiento, desarrollo del modelo y principales resultados, así como el archivo de SuperPro Designer con la simulación.

Porcentaje sobre la calificación final: **70%**.

- **Examen teoría**

Contendrá preguntas objetivas (tipo test) o preguntas breves tipo ensayo y se realizará de forma telemática usando PRADO. Se evaluará la asimilación de conceptos tales como la definición de modelo, el origen y el tipo de las ecuaciones que forman parte de los mismos, los tipos de programas usados en simulación, importancia y tipo de modelos termodinámicos, conceptos de equilibrio líquido vapor, así como algunos otros sobre simulación de procesos con corrientes de recirculación, como el de corriente de corte.

Porcentaje sobre la calificación final: **30%**.

Aquellos alumnos que lo deseen podrán conservar la nota de las actividades y el trabajo en grupo de la evaluación ordinaria, que aquí supondrán el 70%, y no realizar así el ejercicio de simulación. Esta opción habrá de solicitarse expresamente al profesor.

Evaluación Única Final

A realizar en un acto único, tanto para la convocatoria ordinaria como para la extraordinaria, de forma no presencial. Constará de:



- **Ejercicio de simulación**

Simulación de un proceso biotecnológico usando el simulador SuperPro Designer, a partir de la información obtenida de un artículo científico proporcionado por el profesor. Se entregará a través de la plataforma PRADO un informe con el planteamiento, desarrollo del modelo y principales resultados, así como el archivo de SuperPro Designer con la simulación.

Porcentaje sobre la calificación final: **50%**.

- **Examen teoría**

Contendrá preguntas objetivas (tipo test) o preguntas breves tipo ensayo y se realizará de forma telemática usando PRADO. Se evaluará la asimilación de conceptos tales como la definición de modelo, el origen y el tipo de las ecuaciones que forman parte de los mismos, los tipos de programas usados en simulación, importancia y tipo de modelos termodinámicos, conceptos de equilibrio líquido vapor, así como algunos otros sobre simulación de procesos con corrientes de recirculación, como el de corriente de corte.

Porcentaje sobre la calificación final: **50%**.

INFORMACIÓN ADICIONAL (Si procede)

