Guía docente de la asignatura

Análisis y Diseño Avanzado de Reactores Químicos (M43/56/5/2)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 03/07/2025

Máster	Máster Universitario en Ingeniería Química
MÓDULO	Ingeniería de Procesos y Productos
RAMA	Ingeniería y Arquitectura
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Primero	**Créditos**	6	**Tipo**	Obligatorio	**Tipo de enseñanza**	Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

En el caso de utilizar herramientas de IA para el desarrollo de la asignatura, el estudiante debe adoptar un uso ético y responsable de las mismas. Se deben seguir las recomendaciones contenidas en el documento de "Recomendaciones para el uso de la inteligencia artificial en la UGR" publicado en esta ubicación: https://ceprud.ugr.es/formacion-tic/inteligencia-artificial/recomendaciones-ia#contenidoo

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

Tipos de operación de reactores heterogéneos. Reactores fluido-fluido. Reactores fluido-sólido. Reactores polifásicos. Reactores de membrana. Fotorreactores. Reactores de interés industrial. Reactores de gasificación. Reactores de craqueo catalítico. Reactores de polimerización. Reactores enzimáticos. Biorreactores. Fotobiorreactores. Otros reactores de interés industrial.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:26
Código seguro de verificación (CSV): 29E8B1E70404B76585B6DEDB28E10FE3 Pág. 1 de 7

originales en 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.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- 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.

COMPETENCIAS GENERALES

- 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.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - 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 técnicos.
- CE02 - Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la optimización 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.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT02 - Utilizar herramientas y programas informáticos para el tratamiento y difusión de los resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica.
- CT04 - Comunicar conceptos científicos y técnicos utilizando los medios audiovisuales más habituales, desarrollando las habilidades de comunicación oral.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 29E8B1E70404B76585B6DEDB28E10FE3
05/05/2026 - 11:26
Pág. 2 de 7

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en 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.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- 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.

COMPETENCIAS GENERALES

- 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.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - 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 técnicos.
- CE02 - Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la optimización 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.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT02 - Utilizar herramientas y programas informáticos para el tratamiento y difusión de los resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica.
- CT04 - Comunicar conceptos científicos y técnicos utilizando los medios audiovisuales más habituales, desarrollando las habilidades de comunicación oral.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:26
Código seguro de verificación (CSV): 29E8B1E70404B76585B6DEDB28E10FE3 Pág. 3 de 7

- Completar la formación en el cálculo y selección del mejor reactor para un determinado proceso.
- Adquirir conocimientos en reactores heterogéneos fluido-fluido, mecanismos y forma de contacto más adecuados. Aplicar distintos modelos de flujo y parámetros de diseño de los distintos tipos de reactores.
- Adquirir conocimientos de reactores fluido-sólido no catalíticos, fundamentalmente de los reactores para reacciones gas-sólido: combustores, gasificadores etc.
- Entender el contacto entre fases en reactores polifásicos, ser capaz de dimensionar reactores con el sólido en lecho fijo, fluidizado, móvil o en suspensión.
- Adquirir conocimientos de reactores de membrana, sus aplicaciones más importantes y ser capaz de dimensionar equipos para objetivos concretos.
- Entender los mecanismos de reacciones fotoquímicas en fase homogénea y heterogénea y aplicar estos conocimientos al dimensionado y diseño de reactores.
- Profundizar en los mecanismos de polimerización, tanto en sistemas homogéneos como heterogéneos, estimar parámetros de diseño de ambos sistemas y optimizar tiempos de residencia.
- Adquirir conocimientos sobre los distintos tipos de reactores bioquímicos de interés industrial: Reactores con enzimas y reactores con microorganismos. Ser capaz de seleccionar el reactor, dimensionarlo y escoger las mejores condiciones de operación.
- Adquirir conocimientos sobre otros tipos de reactores de interés industrial como los reactores de CVD, las destilaciones reactivas o los microrreactores y procesos industriales en los que están involucrados.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

1. PRESENTACIÓN

BLOQUE I ----------

2. REACTORES FLUIDO-SÓLIDO

2.1. Reactores fluido-sólido catalíticos.

- Reactores de lecho fijo.
  - Configuraciones y catalizadores para reactores de lecho fijo: Tipos y disposición del catalizador. Configuraciones multitubulares y multilecho.
  - Interacción entre transporte de materia y reacción química. Interacción entre la difusión en los poros y la reacción química. Factor de efectividad. Módulo de Thiele. Criterios para determinar la influencia de los fenómenos físicos de transporte.
  - Modelado de los reactores catalíticos de lecho fijo: Modelos pseudo-homogéneos y heterogéneos. Modelos unidimensionales y bidimensionales. Aparición de puntos calientes: estabilidad térmica. Funcionamiento no estacionario.
- Reactores de lecho fluidizado.
  - Reactores de lecho fluidizado. Definición. Aplicaciones. Configuraciones y formas de operación de los reactores catalíticos de lecho fluidizado. Sistemas reactor-regenerador.
  - Modelado de reactores de lecho fluidizado.

2.2. Reactores fluido-sólido no catalíticos.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:26
Código seguro de verificación (CSV): 29E8B1E70404B76585B6DEDB28E10FE3 Pág. 4 de 7

- Mecanismos de reacciones fluido-sólido no catalíticas. Casos de importancia industrial. Reactores de combustión y gasificación.

2.3. Reactores polifásicos.

2.4. Configuraciones avanzadas: fotorreactores. Modelado de la interacción luz-materia.

BLOQUE II ----------

3. REACTORES FLUIDO-FLUIDO:

3.1. Reactores Gas-Líquido:

- Interacción entre la transferencia de materia a través de una interfase y la reacción química. Factor de aceleración química. Módulo de Hatta. Regímenes de operación. Comparación del factor de efectividad y el factor de aceleración química.
- Tipos de contactores gas-líquido. Columnas de relleno. Tanques de burbujeo. Columnas de pulverización. Modelado y diseño de contactores.
- Destilación reactiva: usos actuales y perspectivas de uso.

4. OTROS REACTORES DE INTERÉS INDUSTRIAL. TENDENCIAS EN INVESTIGACIÓN (BLOQUE II)

- Reactores CVD, microrreactores. Tendencias actuales en la investigación en ingeniería de la reacción química.

BLOQUE III ----------

5. REACTORES BIOLÓGICOS

- Cinética enzimática. Cinética microbiana.
- Biorreactores ideales. Biocatalizadores inmovilizados.
- Reactores con biocatalizadores inmovilizados.
- Biorreactores aerobios.
- Biorreactores no convencionales.
- Procesos downstream.

PRÁCTICO

- **Conferencia:** Operación de reactores por un profesional de la industria.
- **Seminarios:** Estudios de casos y simulación a realizar en ordenador mediante lenguajes de programación (Scilab) y/o software para la simulación de procesos (ASPEN Plus, MATLAB).

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

1. **Froment, G.F. y Bischoff, K.B.** Chemical Reactor Analysis and Design, **2nd Edition, John Wiley (1999). Biblioteca Politécnica: BPOL/66 FRO che**
2. Smith, J.M. Chemical Engineering Kinetics, 3rd Edition, McGraw-Hill (1981). Biblioteca Politécnica: BPOL/66 SMI che

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 29E8B1E70404B76585B6DEDB28E10FE3
05/05/2026 - 11:26
Pág. 5 de 7

3. Levenspiel, O. El Omnilibro del Reactores Químicos, Reverte (1986). Biblioteca Ciencias: FCI/66 LEV omn.
4. Scott Fogler, H. Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice-Hall (1999) 3ª Ed. Biblioteca Politécnica: BPOL/66.02 FOG ele
5. Rase, H.F. Chemical Reactor Design for Process Plants. Vol. 1: Principles & Techniques, Wiley-Interscience (1977).
6. Thoenes, D. Chemical Reactor Development from Laboratory Synthesis to Industrial Production, Kluwer Academic Publishers (1994). Biblioteca Ciencias: FCI/66 THO che
7. Shah, Y.T. Gas-Liquid-Solid Reactor Design, McGraw-Hill (1979).
8. **Santamaría, J.M., y Otros.** Ingeniería de Reactores**, Ed. Síntesis (1999) Biblioteca Ciencias: FCI/66 ING ing**
9. González Velasco J.R. y col. Cinética Química Aplicada, Ed. Síntesis (1999) Biblioteca Ciencias: FCI/544 CIN cin
10. Godia y col. Ingeniería Bioquímica. Ed. Síntesis (1998) Biblioteca Politécnica: BPOL/66.02 GOD ING
11. Dunn y col. Biological Reaction Engineering: Principles, Applications with PC Simulation. Ed. VCH (1992) Biblioteca Ciencias: FCI/D 55 132
12. Atkinson. Reactores Bioquímicos. Ed Reverté (1986) Biblioteca Ciencias: FCI/66 ATK REA

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

1. Green, D. W., & Southard, M. Z. Perry's chemical engineers' handbook (9th ed.) McGraw-Hill. (2019). Biblioteca Politécnica: BPOL/66 PER 2019
2. Gerhartz, W., & Yamamoto, Y. S. Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry (5th completely revised ed.). VCH Verlagsgesellschaft. (1985) Documento electrónico
3. Al-Malah, K. I. M. Aspen plus: chemical engineering applications. John Wiley & Sons Inc. (2017). Documento electrónico
4. Heys, J. J. Chemical and biomedical engineering calculations using Python. John Wiley & Sons, Inc. (2017). Biblioteca Ciencias: FCI/66 HEY che

Para poder consultar los documentos electrónicos desde el ordenador personal es necesario estar conectado al campo virtual inalámbrico de la UGR (red eduroam) ya sea directamente o bien mediante conexión VPN.

ENLACES RECOMENDADOS

Biblioteca de la Universidad de Granada http://www.ugr.es/~biblio/

Lenguaje de programación Scilab: https://www.scilab.org/

ASPEN PLUS: https://www.aspentech.com/en/products/engineering/aspen-plus

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MD03 Prácticas de laboratorio o de ordenador
- MD04 Realización de trabajos

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 29E8B1E70404B76585B6DEDB28E10FE3
05/05/2026 - 11:26
Pág. 6 de 7

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

En la evaluación ordinaria todo el alumnado seguirá la evaluación continua, excepto aquellos casos en los que se haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

De esta forma, cada uno de los tres bloques en los que se divide la asignatura se evaluará haciendo uso de los instrumentos siguientes:

- **Actividades propuestas**, que podrán ser para su resolución individual o en grupo (**50%**).
- **Prueba final escrita** compuesta por cuestiones teórico/prácticas y/o problemas sobre los contenidos del bloque (**50%**).

La calificación global de la asignatura será la media aritmética de las obtenidas en cada bloque. Para hacer media la nota de cada bloque deberá ser como mínimo de 3.5 sobre 10.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

A la evaluación extraordinaria podrá concurrir todo el alumnado, con independencia de que haya seguido o no la evaluación continua. De esta forma todo el alumnado tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación en esta convocatoria.

Se realizará en un acto único, donde se evaluarán los conocimientos y competencias trabajados en los tres bloques en los que se organiza la asignatura, mediante los instrumentos siguientes:

- **Examen teórico** oral y/o escrito: **60%** de la nota final.
- **Examen práctico** que consistirá en un estudio de caso o ejercicio de simulación de reactores industriales: **40%** de la nota final

Para poder superar la asignatura en la evaluación extraordinaria será necesario obtener una nota mínima de 5 sobre 10 en cada una de las pruebas anteriores (examen teórico y práctico).

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Las pruebas de la evaluación única final constarán de:

- **Un examen teórico** oral y/o escrito, que representa el **60%** de la nota final
- **Un examen práctico** que consistirá en un estudio de caso o ejercicio de simulación de reactores industriales, que representa el **40%** de la nota final

Para poder superar la asignatura en la evaluación única final será necesario obtener una nota mínima de 5 sobre 10 en cada una de las pruebas anteriores (examen teórico y práctico).

INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:26
Código seguro de verificación (CSV): 29E8B1E70404B76585B6DEDB28E10FE3 Pág. 7 de 7