



1. Identificación

1.1. De la asignatura

| | |
|-----------------------------------|--|
| Curso Académico | 2024/2025 |
| Titulación | MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA QUÍMICA |
| Nombre de la asignatura | DISEÑO AVANZADO DE REACTORES |
| Código | 6784 |
| Curso | PRIMERO |
| Carácter | OBLIGATORIA |
| Número de grupos | 1 |
| Créditos ECTS | 3.0 |
| Estimación del volumen de trabajo | 75.0 |
| Organización temporal | 2º Cuatrimestre |
| Idiomas en que se imparte | Español |

1.2. Del profesorado: Equipo docente

VILLORA CANO, MARIA GLORIA

Docente: **GRUPO 1**

Coordinación de los grupos: **GRUPO 1**

Coordinador de la asignatura

Categoría

CATEDRATICOS DE UNIVERSIDAD

Área

INGENIERÍA QUÍMICA

Departamento

INGENIERÍA QUÍMICA

Correo electrónico / Página web / Tutoría electrónica

gvillora@um.es Tutoría electrónica: Sí

Teléfono, horario y lugar de atención al alumnado

Duración: A **Día:** Jueves **Horario:** 16:00-17:30 **Lugar:** 868887363, Facultad de Química B1.1C.016A

Observaciones:
No consta

Duración: A **Día:** Miércoles **Horario:** 16:00-17:30 **Lugar:** 868887363, Facultad de Química B1.1C.016A

Observaciones:
No consta

Duración: A **Día:** Martes **Horario:** 16:00-17:30 **Lugar:** 868887363, Facultad de Química B1.1C.016A

Observaciones:
No consta

Duración: A **Día:** Lunes **Horario:** 16:00-17:30 **Lugar:** 868887363, Facultad de Química B1.1C.016A

Observaciones:
No consta

GARCIA MONTALBAN, MERCEDES

Docente: GRUPO 1

Coordinación de los grupos:

Categoría

PROFESORES TITULARES DE UNIVERSIDAD

Área

INGENIERÍA QUÍMICA

Departamento

INGENIERÍA QUÍMICA

Correo electrónico / Página web / Tutoría electrónica

mercedes.garcia@um.es Tutoría electrónica: Sí

Teléfono, horario y lugar de atención al alumnado

Duración: A **Día:** Martes **Horario:** 12:00-13:30 **Lugar:** 868887926, Facultad de Química B1.1C.008

Observaciones:
No consta

Duración: A **Día:** Lunes **Horario:** 12:00-13:30 **Lugar:** 868887926, Facultad de Química B1.1C.008

Observaciones:
No consta

Duración: A **Día:** Miércoles **Horario:** 12:00-13:30 **Lugar:** 868887926, Facultad de Química B1.1C.008

Observaciones:

No consta

MONTIEL MORTE, MARIA CLAUDIA

Docente: GRUPO 1

Coordinación de los grupos:

Categoría

PROFESORES TITULARES DE UNIVERSIDAD

Área

INGENIERÍA QUÍMICA

Departamento

INGENIERÍA QUÍMICA

Correo electrónico / Página web / Tutoría electrónica

cmontiel@um.es Tutoría electrónica: Sí

Teléfono, horario y lugar de atención al alumnado

| Duración: | Día: | Horario: | Lugar: |
|-----------|-------|-------------|--|
| A | Lunes | 12:00-14:00 | 868887219, Facultad de Química B1.1C.021 |

Observaciones:

No consta

| Duración: | Día: | Horario: | Lugar: |
|-----------|---------|-------------|--|
| A | Viernes | 10:00-12:00 | 868887219, Facultad de Química B1.1C.021 |

Observaciones:

No consta

| Duración: | Día: | Horario: | Lugar: |
|-----------|--------|-------------|--|
| A | Martes | 12:00-14:00 | 868887219, Facultad de Química B1.1C.021 |

Observaciones:

No consta

2. Presentación

La presente asignatura complementa la formación en el análisis y simulación de reactores químicos de los estudiantes del Máster de Ingeniería Química, en relación a la conseguida en sus estudios previos, cuando cursaron la asignatura Reactores Químicos del Grado en Ingeniería Química. En esta materia se completarán sus conocimientos en el diseño de reactores multifásicos, tanto catalíticos como no catalíticos y se realizará una introducción de algunos reactores especiales usados en la industria química tales como electroquímicos, fotoquímicos, nucleares y de membrana. También se considerarán algunas innovaciones en el diseño de reactores. Se llevará a cabo la simulación de diferentes tipos de reactores mediante herramientas informáticas de cálculo avanzado.

3. Condiciones de acceso a la asignatura

3.1. Incompatibilidades

No constan

3.2. Requisitos

No constan

3.3. Recomendaciones

Se recomienda un adecuado nivel previo en Matemáticas, Física, Termodinámica, Cinética Química y Enzimática, Fundamentos de Ingeniería de la Reacción Química y Bioquímica y conocimientos de inglés.

4. Competencias

4.1. Competencias básicas

- 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

4.2. Competencias de la titulación

- CG1: 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.
- CG2: 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
- CG4: Realizar la investigación apropiada, emprender el diseño y dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería, en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, originalidad, innovación y transferencia de tecnología.
- CG5: 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.
- CG10: Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor.

- CE1: 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.
- CE2: 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.
- CE3: 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.
- CE4: Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos, y tienen 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.

4.3. Competencias transversales y de materia

No constan

5. Contenidos

5.1. Teoría

Tema 1: Introducción al diseño de reactores multifásicos.

1. Consideraciones.
2. Tipos, características y aplicaciones.
3. Aplicaciones Industriales.
 - 3.1. Tanque agitado: Slurry.
 - 3.1.1. Columnas de burbujas.
 - 3.1.2. Reactores Tubulares (Fisher Tropsch).
 - 3.1.3. Reactores Discontinuos (batch) con respecto al líquido y/o gas.
 - 3.2. Columnas de relleno.
 - 3.3. Columnas vacías.
4. Aspectos de diseño mecánico.

Tema 2: Reactores catalíticos de lecho fijo: Modelos.

1. Introducción a los reactores catalíticos.
 - 1.1. Tipos de reactores catalíticos de 2 fases.
 - 1.2. Tipos de reactores de lecho fijo y modos de operación.

1.3. Consideraciones de diseño. Características de las partículas y del lecho. Interacción fluido-partícula .Pérdida de presión. Reversibilidad de la reacción.

1.4. Tipos de modelos matemáticos para lechos fijos.

2. Reactor catalítico de lecho fijo (RCLF).

3. Modelo de flujo en pistón heterogéneo y unidimensional.

4. Modelos unidimensionales versus bidimensionales. Ecuación de continuidad. Balance de energía. Coeficientes de difusión efectivos para el reactor. Conductividad térmica efectiva en el reactor.

Tema 3: Reactores multifásicos G-L-S catalíticos.

1. Diseño de reactores con el sólido en suspensión (slurry).

1.1. Columnas de borboteo con sólidos en suspensión (slurry).

1.2. Reactores tanque agitado.

2. Diseño de reactores de lecho fijo.

3. Reactor de lecho fijo y flujo en cocorriente descendente.

Tema 4: Reactores electroquímicos.

1. Conceptos fundamentales.

1.1. Ámbito y desarrollo de la Ingeniería Electroquímica.

1.2. Reacciones electroquímicas.

1.3. Componentes de la célula electroquímica.

2. Cinética electroquímica.

2.1. Leyes de Faraday.

2.2. Expresiones de la velocidad de reacción.

2.3. Transferencia electrónica de carga simple.

2.4. Transporte de materia.

3. Diseño del Reactor.

3.1. Transporte de materia en un reactor electroquímico.

3.2. Caracterización de los reactores electroquímicos.

4. Electrolisis Industriales.

Tema 5: Reactores fotoquímicos.

1. Principios de fotoquímica.

1.1. Introducción.

1.2. Leyes fundamentales.

- 1.3. Secuencia fotoquímica.
- 1.4. Cinética de los procesos fotofísicos.
- 1.6. Cinética de los procesos fotoquímicos.
- 1.7. Rendimiento cuántico.
- 2. Reactores fotoquímicos: modelado y diseño.
- 2.1.- Introducción.
- 2.2.- Modelado y diseño de reactores fotoquímicos.
- 2.3.- Reactores fotoquímicos y reactores convencionales.
- 2.4.- Tipos de fotoreactores.
- 2.5.- Fuentes de radiación.
- 2.6.- Casos particulares.
- 2.7.- Modelado de fotoreactores.
- 2.8.- Diseño de fotoreactores.
- 3. Aplicaciones.

Tema 6: Reactores de membrana.

- 1. Membranas como reactores/separadores.
- 1.1. Conceptos Básicos.
- 1.2. Tecnología.
- 1.3. Tipos de membrana Membranas densas Membranas porosas.
- 1.4. Métodos de preparación.
- 1.5. Microestructuras y parámetros de caracterización de las membranas.
- 1.6. Modelado y Efectos de las Condiciones de Operación Ingeniería del Reactor.
- 2. Aplicaciones: En Fase Líquida En Fase Gas y Vapor.
- 3. Situación actual: investigación y desarrollo.
- 4. Ejemplo práctico.

Tema 7: Reactores nucleares.

- 1. Conceptos básicos..
- 1.1. Estructura atómica nuclear.
- 1.2. Elementos químicos.
- 1.3. Estabilidad nuclear.
- 2. Reacciones nucleares con neutrones.

3. Reactores nucleares.
 - 3.1. Componentes del núcleo del reactor.
 - 3.2. Control de los reactores nucleares.
4. Tipos de reactores nucleares.
5. Funcionamiento de las centrales nucleares.
 - 5.1. Centrales a agua a presión (PWR).
 - 5.2. Centrales de agua a ebullición (BWR).
6. Nuevas generaciones de reactores futuro.

Tema 8: Seguridad en los reactores químicos.

1. Introducción.
2. Explosiones.
 - 2.1. Explosiones de gases.
 - 2.2. Explosiones de polvo.
 - 2.3. Explosiones térmicas (runaway).
3. Sobrepresión Pérdidas de contención en reactores.
4. Diseño de reactores más seguros.
 4. .1 Seguridad añadida.
 4. 2. Seguridad intrínseca.
5. Ejemplos de accidentes.

Tema 9: Tendencias en procesos de reacción.

1. Reactores en Ingeniería Química Verde.
2. Intensificación de procesos para desarrollo sostenible.
3. Micro y Nanoreactores.
4. Impresión 3D en tecnología catalítica.

5.2. Prácticas

■ Práctica 1: Prácticas con ordenador

Se realizarán actividades con los alumnos en aulas de informática, bien en grupos reducidos o individualmente, dirigidas al uso y conocimiento de diferentes herramientas informáticas de uso en Ingeniería Química aplicadas al diseño de reactores, supervisadas por el profesor

Relacionado con:

- Tema 1: Introducción al diseño de reactores multifásicos.

- Tema 2: Reactores catalíticos de lecho fijo: Modelos.
- Tema 3: Reactores multifásicos G-L-S catalíticos.

6. Actividades Formativas

| Actividad Formativa | Metodología | Horas | Presencialidad |
|-----------------------------------|---|-------|----------------|
| A1: Clases teóricas. | M1. Lección magistral de teoría: se presentarán y desarrollarán en el aula los conceptos y procedimientos asociados a los contenidos de la materia, utilizando tanto la pizarra como las técnicas audiovisuales que resulten más apropiadas (presentaciones con ordenador, proyección de video, etc). Se fomentará la participación de los alumnos mediante la inclusión de cuestiones, así como el desarrollo de debates ocasionales sobre los contenidos conceptuales de la materia. En estas clases se aclararán igualmente las dudas que planteen los alumnos, se realizarán ejemplificaciones y se establecerán relaciones con las actividades prácticas asociadas. Esta metodología se empleará en las clases de teoría. | 9.0 | 100.0 |
| A11: Actividades de evaluación. | M2. Resolución de ejercicios y problemas: dirigida al gran grupo, se resolverán y desarrollarán en el aula problemas relacionados con los conceptos teóricos correspondientes a la materia. Se fomentará la participación de los alumnos procurando que vayan resolviendo ellos mismos los problemas planteados. Cuando sea necesario se procurará que los alumnos utilicen el material adicional que se haya podido proporcionar, tales como gráficas, nomogramas, tablas, etc. Esta metodología se empleará en las clases prácticas de aula. M9. Desarrollo, exposición y discusión de trabajos: los alumnos, en grupos reducidos, elaborarán una memoria sobre una temática concreta, que puede integrar contenidos teóricos y prácticos. Los trabajos desarrollados se expondrán al resto de compañeros y se someterán a debate, en sesiones de seminario. | 2.0 | 100.0 |
| A12: Trabajo autónomo del alumno. | Estudio, resolución de casos y realización de informes. | 51.0 | 0.0 |
| A2: Seminarios y conferencias. | M2. Resolución de ejercicios y problemas: dirigida al gran grupo, se resolverán y desarrollarán en el aula problemas relacionados con los conceptos teóricos correspondientes a la materia. Se fomentará la participación de los alumnos procurando que vayan resolviendo ellos mismos los problemas planteados. Cuando sea necesario se procurará que los alumnos utilicen el material adicional que se haya podido proporcionar, tales como gráficas, nomogramas, tablas, etc. Esta metodología se empleará en las clases prácticas de aula. | 4.0 | 100.0 |
| A3: Clases prácticas de aula. | M2. Resolución de ejercicios y problemas: dirigida al gran grupo, se resolverán y desarrollarán en el aula problemas relacionados con los conceptos teóricos correspondientes a la materia. Se fomentará la participación de los alumnos procurando que vayan resolviendo ellos mismos los problemas planteados. | 5.0 | 100.0 |

Cuando sea necesario se procurará que los alumnos utilicen el material adicional que se haya podido proporcionar, tales como gráficas, nomogramas, tablas, etc. Esta metodología se empleará en las clases prácticas de aula.

M9. Desarrollo, exposición y discusión de trabajos: los alumnos, en grupos reducidos, elaborarán una memoria sobre una temática concreta, que puede integrar contenidos teóricos y prácticos. Los trabajos desarrollados se expondrán al resto de compañeros y se someterán a debate, en sesiones de seminario.

| | | | |
|--|--|--------------|-------|
| A5: Clases prácticas con ordenadores en aula de informática. | M6. Prácticas con ordenador: actividades de los alumnos en aulas de informática, realizadas en grupos reducidos o individualmente, dirigidas al uso y conocimiento de diferentes herramientas informáticas de uso en Ingeniería Química, supervisadas por el profesor. Esta metodología se empleará en las clases prácticas con ordenadores en aula de informática. | 3.0 | 100.0 |
| A7: Tutoría ECTS. | M10. Tutorías en grupo: sesiones programadas de orientación, revisión o apoyo a los alumnos por parte del profesor, realizadas en pequeños grupos, con independencia de que los contenidos sean teóricos o prácticos. M11. Tutorías individualizadas: sesiones de orientación, revisión o apoyo a los alumnos por parte del profesor, realizadas de forma individual con el estudiante. | 1.0 | 100.0 |
| Totales | | 75,00 | |

7. Horario de la asignatura

<https://www.um.es/web/estudios/masteres/ingenieria-quimica/2024-25#horarios>

8. Sistemas de Evaluación

| Identificador | Denominación del instrumento de evaluación | Criterios de Valoración | Ponderación |
|---------------|--|---|-------------|
| SE1 | Pruebas escritas (exámenes): pruebas objetivas, de desarrollo, de respuesta corta, de ejecución de tareas, de escala de actitudes, etc. realizadas por los alumnos para mostrar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos. | Criterios de evaluación: Adecuación de las respuestas a las cuestiones y ejercicios planteados sobre los contenidos y competencias de la asignatura. | 70.0 |
| SE2 | Informes escritos, trabajos y proyectos: trabajos escritos, portafolios, etc. con independencia de que se realicen individual o grupalmente. | Criterios de evaluación: <ul style="list-style-type: none"> ■ Presentación del trabajo: planteamiento ordenado y correcto del problema o caso | 10.0 |

práctico, de las etapas de resolución y de los cálculos realizados.

- Concisión y claridad en los desarrollos: aplicación del método científico.
- Capacidad de análisis y síntesis.
- Valoración de alternativas y propuestas finales.
- Incorporación de bibliografía relacionada.

SE3 Presentación pública de trabajos: exposición de los resultados obtenidos y procedimientos necesarios para la realización de un trabajo, así como respuestas razonadas a las posibles cuestiones que se plantee sobre el mismo.

Criterios de evaluación: 10.0

- Claridad expositiva.
- Capacidad crítica y de debate.

SE4 Ejecución de tareas prácticas: realización de actividades para mostrar el saber hacer en la disciplina correspondiente.

Criterios de evaluación: 10.0

- Ejecución de las tareas prácticas.
- Calidad de la información.
- Presentación de informes: descripción ordenada y correcta de equipos, procedimientos experimentales y cálculos realizados. Discusión de resultados.
- Capacidad de análisis y síntesis.
- Incorporación de bibliografía relacionada.
- Capacidad crítica.

9. Fechas de exámenes

<https://www.um.es/web/estudios/masteres/ingenieria-quimica/2024-25#examenes>

10. Resultados del Aprendizaje

Al terminar con éxito esta asignatura/enseñanza, los estudiantes serán capaces de:

- Examinar y clasificar los reactores multifásicos.

- Calcular y diseñar reactores heterogéneos de lecho fijo.
- Analizar las modificaciones de la ecuación cinética por la aparición de fenómenos de transporte de materia y energía en un reactor cuando hay dos o más fases.
- Desarrollar los correspondientes balances de materia y energía para los diferentes tipos de reactores heterogéneos.
- Integrar todos los elementos estudiados, permitiendo al estudiante abordar el cálculo completo del reactor electroquímico, fotoquímico, de membrana y nuclear.
- Aplicar los conocimientos adquiridos a la seguridad y supervisión del reactor, permitiendo el diseño completo del mismo.

11. Bibliografía

Bibliografía básica

- [Industrial electrochemistry / Dereck Pletcher, Frank C. Walsh.-- 2nd ed.-- London : Blackie Academic and Professional, 1993.](#)
- [Ingeniería de reactores /\(1999\) ,Síntesis,](#)
- [Levenspiel, O., El omnilibro de los reactores químicos.\(1986\) ,Reverté,](#)
- [Ampliación de Reactores Químicos. Fidel Cunill, Montserrat Iborra, Javier Tejero, 2010](#)
- [Reactores catalíticos heterogéneos. J.A. Conesa, 2015](#)

Bibliografía complementaria

- [Carberry, James J., Chemical and catalytic reaction engineering.\(1976\) ,McGraw-Hill,](#)
- Cassano A.E. y col. (1995); Photoreactor Analysis and Design: Fundamentals and Applications Ind. Eng. Chem. Res., 1995 (34).
- [Froment, Gilbert F., Chemical reactor analysis and design /\(1990\) ,John Wiley and sons,](#)
- [Nauman, E.B., Chemical reactor design.\(1987\) ,John Wiley and sons,](#)
- [Smith, J. M \(Joseph Mauk\) \(1916-2009\), Chemical engineering kinetics.\(1981\) ,McGraw-Hill Book Company,](#)
- [Tarhan, M.Orhan., Catalytic reactor design.\(1983\) ,McGraw-Hill Book Company,](#)

12. Observaciones

El inglés es el idioma de comunicación científica Saber escribir, leer y hablar en inglés es esencial para comprender, aprender y comunicar la Ciencia.

NECESIDADES EDUCATIVAS ESPECIALES

Aquellos estudiantes con discapacidad o necesidades educativas especiales podrán dirigirse al Servicio de Atención a la Diversidad y Voluntariado (ADYV - <https://www.um.es/adyv>) para recibir orientación sobre un mejor aprovechamiento de su

proceso formativo y, en su caso, la adopción de medidas de equiparación y de mejora para la inclusión, en virtud de la Resolución Rectoral R-358/2016. El tratamiento de la información sobre este alumnado, en cumplimiento con la LOPD, es de estricta confidencialidad.

REGLAMENTO DE EVALUACIÓN DE ESTUDIANTES

El artículo 8.6 del Reglamento de Evaluación de Estudiantes (REVA) prevé que "salvo en el caso de actividades definidas como obligatorias en la guía docente, si el o la estudiante no puede seguir el proceso de evaluación continua por circunstancias sobrevenidas debidamente justificadas, tendrá derecho a realizar una prueba global".

Se recuerda asimismo que el artículo 22.1 del Reglamento de Evaluación de Estudiantes (REVA) estipula que "el o la estudiante que se valga de conductas fraudulentas, incluida la indebida atribución de identidad o autoría, o esté en posesión de medios o instrumentos que faciliten dichas conductas, obtendrá la calificación de cero en el procedimiento de evaluación y, en su caso, podrá ser objeto de sanción, previa apertura de expediente disciplinario".