

Máster en Ingeniería Química 66211 - Diseño avanzado de reactores

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- **Lucía García Nieto** luciag@unizar.es
- **Victor Sebastián Cabeza** victorse@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para cursar la asignatura de *Diseño Avanzado de Reactores* se recomienda haber cursado la asignatura *Catálisis y procesos catalíticos de interés industrial* del Grado en Ingeniería Química de la Universidad de Zaragoza.

La asistencia a clase, el estudio continuado y el trabajo día a día son fundamentales para que el alumno alcance de manera satisfactoria el aprendizaje propuesto. Los estudiantes deben tener en cuenta que para su asesoramiento disponen del profesor en tutorías personalizadas y grupales.

Actividades y fechas clave de la asignatura

Se trata de una asignatura de 6 créditos ETCS, lo que equivale a 150 horas de trabajo del estudiante, a realizar tanto en horas presenciales como no presenciales, repartidas del siguiente modo:

- **30 horas de clase presencial**, distribuidas aproximadamente en 2 horas semanales. En ellas se realizará la exposición de contenidos teóricos y conceptos necesarios para la resolución de casos prácticos.
- **25 horas de aprendizaje basado en problemas**, distribuidas aproximadamente en 2 horas semanales. En ellas se desarrollarán problemas y casos prácticos coordinados en contenido con la evolución temporal de las exposiciones teóricas.
- **3 horas de laboratorio** correspondientes a una sesión de realización de un ejercicio práctico en grupos reducidos de alumnos de la asignatura.
- **2 horas de prácticas especiales** correspondientes a una sesión de visita a empresa, charla de expertos, seminario temático o similar, etc.
- **14 horas de trabajos tutelados** que consistirán en la realización de tareas de desarrollo, ampliación, documentación, resolución... de casos propuestos por el profesor, basados en los conceptos vistos en el aula. Estos trabajos estarán distribuidos durante el curso, serán de realización individual o en grupo pequeño (2-3 alumnos) y se plasmarán en un entregable que será corregido y calificado.
- **70 horas de estudio personal y de tutela**, repartidas a lo largo de todo el semestre.
- **6 horas de pruebas de evaluación**, correspondientes a exámenes globales cuya fecha será fijada por la EINA.

El calendario de la asignatura se adapta al establecido en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA), así como sus horarios y calendario de exámenes, y se pueden consultar todos ellos en su página [Web: http://eina.unizar.es](http://eina.unizar.es)

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

1:

Sabe seleccionar el tipo de reactor químico más adecuado para un proceso heterogéneo concreto.

2:

Plantea y resuelve modelos de reactores heterogéneos basados en los balances de materia, energía y cantidad de movimiento, así como el tipo de flujo y contacto entre las fases.

3:

Diseña reactores químicos multifásicos determinando la configuración y tamaño más adecuado y la sensibilidad de su funcionamiento a una variación de los parámetros de operación y por consiguiente su estabilidad, condiciones óptimas de funcionamiento y control.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

La asignatura de *Diseño Avanzado de Reactores* amplía los fundamentos básicos de selección y diseño de reactores químicos ideales homogéneos al resto de reactores. Ello supone, el análisis de procesos heterogéneos (tanto catalíticos como no catalíticos) constituidos por dos o más fases con las correspondientes: elección del tipo de reactor más adecuado, determinación del modo de contacto entre fases, dimensionado y determinación de las condiciones óptimas de funcionamiento.

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

La asignatura está orientada a la correcta elección del tipo de reactor químico para una proceso de reacción dado en el que intervengan varias fases (carácter heterogéneo) tanto catalítico como no catalítico. También se tienen como objetivos el dimensionado de dicho reactor, la determinación de las condiciones óptimas de operación de éste, la previsión de su comportamiento ante alteraciones en los valores de las variables de operación y las medidas de seguridad hacia su entorno que es necesario adoptar.

Se pretende complementar la formación en el diseño de reactores heterogéneos con un análisis de las tendencias existentes de cara a mejorar el rendimiento y selectividad de éstos y de cara a la intensificación de procesos. Asimismo, se quiere que el alumno adquiera nociones básicas sobre aspectos adicionales en el diseño del reactor químico como: cambio de escala, consideraciones en el diseño mecánico, control y seguridad.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

El alumno que curse esta asignatura tendrá el bagaje de conocimientos, competencias y resultados de aprendizaje adquiridos en la asignatura *Diseño de Reactores* del Grado en Ingeniería Química, o análogas. Así, sabrá diseñar reactores homogéneos de flujo ideal y de flujo no ideal y, aunque en menor profundidad, reactores heterogéneos sólido-gas catalíticos de lecho fijo. Ese será el punto de partida, para ampliar su aprendizaje y competencias al resto de reactores químicos de interés industrial.

La asignatura de *Diseño Avanzado de Reactores* pertenece al bloque de Formación Obligatoria de la Titulación, formando parte del Módulo de *Ingeniería de Procesos y Producto*. En ese sentido, al cursar la asignatura el alumno adquirirá competencias características de este módulo para el caso específico de los reactores químicos. Ello implica en lo referente a dichos reactores el objetivo, entre otros, de *“diseñar, construir e implementar métodos, procesos e instalaciones para la gestión integral de suministros y residuos, sólidos, líquidos y gaseosos, en las industrias, con capacidad de evaluación de sus impactos y de sus riesgos”*.

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

1:

COMPETENCIAS GENÉRICAS:

- 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. (CG1)
- 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. (CG2)
- 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. (CG4)
- 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. (CG5)
- Tener capacidad de análisis y síntesis para el progreso continuo de productos, procesos, sistemas y servicios utilizando criterios de seguridad, viabilidad económica, calidad y gestión medioambiental. (CG6)
- 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. (CG7)
- Comunicar y discutir propuestas y conclusiones en foros multilingües, especializados y no especializados, de un modo claro y sin ambigüedades. (CG9)
- Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor. (CG10)
- Poseer las habilidades del aprendizaje autónomo para mantener y mejorar las competencias propias de la ingeniería química que permitan el desarrollo continuo de la profesión. (CG11)

2:

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS:

- 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. (CE1)
- 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. (CE2)
- 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. (CE3)

- 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. (CE4).
- Diseñar, construir e implementar métodos, procesos e instalaciones para la gestión integral de suministros y residuos, sólidos, líquidos y gaseosos, en las industrias, con capacidad de evaluación de sus impactos y de sus riesgos. (CE6)
- Adaptarse a los cambios estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver los problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado compromiso de sostenibilidad (CE10).

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

El seguimiento y superación de la asignatura tiene como finalidad completar la formación científica y técnica del estudiante, y fijar los conocimientos específicos del módulo de *Ingeniería de Procesos y Producto*, definido en Resolución de 8 de junio de 2009 de la Secretaría General de Universidades - BOE 4 agosto 2009-, en su aplicación concreta al caso de los reactores químicos.

Con esta intención, se pretende que el alumno sea capaz de adquirir los resultados de aprendizaje enumerados en el apartado correspondiente.

Evaluación

Actividades de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

1:
OPCIÓN 1:

La evaluación es global y comprende:

1. Realización de los problemas y casos propuestos durante el desarrollo de la asignatura.
2. Realización de trabajos tutelados. Los entregables correspondientes a trabajos tutelados (del orden de 2-3 tareas por curso), serán calificados valorándose su contenido, la comprensión de los conceptos que en ellos se demuestre y la correcta presentación (habitualmente será escrita, pero opcionalmente alguna de ellas puede serlo de forma oral).
3. Realización de un ejercicio práctico. En la realización de la experiencia de diseño avanzado de reactores se valorará el desarrollo de la misma y la presentación e interpretación de los resultados.
4. Realización de un examen al finalizar la asignatura. Esta prueba constará de: (a) preguntas y cuestiones teórico-prácticas razonadas en la que se pedirá la aplicación de la teoría a casos y ejemplos concretos, y (b) resolución de problemas.

La nota de la asignatura se calculará según la siguiente fórmula:

$$\text{Nota} = 0,4.T + 0,6.E$$

siendo: **T** la nota del trabajo del alumno, correspondiente al promedio de las calificaciones de las actividades de evaluación 1, 2 y 3 (Problemas, Trabajos tutelados y Ejercicio práctico) y **E** la nota del examen final (actividad de evaluación 4).

Se precisa una nota mínima en el examen, **E**, de 4,0 sobre 10 para superar la asignatura.

2:
OPCIÓN 2:

Aquellos alumnos que no quieran seguir la evaluación según la opción 1, pueden optar por presentarse al examen de convocatoria (100% de la nota final) de similares características que el examen final de la opción 1.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

El proceso de aprendizaje se desarrollará en varios niveles: clases magistrales, resolución de problemas (casos), práctica de laboratorio, práctica especial y trabajos tutelados, siendo creciente el nivel de participación del estudiante. En las clases de teoría se van a ir desarrollando las bases teóricas que conforman la asignatura y resolviendo algunos problemas modelo. Las clases de problemas y casos y las prácticas de laboratorio y especial son el complemento eficaz de las clases magistrales, ya que permiten verificar la comprensión de la materia y a su vez contribuyen a desarrollar en el alumno un punto de vista más aplicado. Finalmente los trabajos tutelados complementarán todo lo anterior.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

- 1:** Clases magistrales (30 h) donde se impartirá la teoría de los distintos temas que se han propuesto y se resolverán en la pizarra problemas modelo.
- 2:** Clases presenciales de resolución de problemas y casos (25 h). En estas clases se resolverán problemas por parte del alumno supervisado por el profesor. Los problemas o casos estarán relacionados con la parte teórica explicada en las clases magistrales.
- 3:** Sesión de laboratorio (3 h) donde, mediante un ejercicio práctico, el alumno afianzará los contenidos desarrollados en las clases magistrales.
- 4:** Sesión de prácticas especiales (2h) correspondientes a visita a empresa, charla de expertos, seminario temático o similar, etc... como complemento formativo a las actividades anteriores
- 5:** Trabajos tutelados (14 h no presenciales), individuales ó en grupo. Se propondrán 2 ó 3 actividades que serán tuteladas por los profesores.
- 6:** Estudio individual (60 h no presenciales). Se recomienda al alumno que realice el estudio individual de forma continuada a lo largo del semestre.
- 7:** Tutela personalizada profesor- alumno (10 h presenciales).
- 8:** Evaluación (6 h). Se realizaran evaluaciones parciales y una prueba global donde se evaluarán los conocimientos teóricos y prácticos alcanzados por el alumno.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las clases magistrales y de resolución problemas se imparten según horario establecido por la EINA además cada profesor informará de su horario de atención de tutorías. El temario previsto para la asignatura es el siguiente:

BLOQUE 1.- INTRODUCCIÓN

1. Consideraciones generales de diseño en reactores heterogéneos. Niveles de confianza en el diseño.
2. Reactores sólido-fluido catalíticos de lecho fijo.

BLOQUE 2.- REACTORES HETEROGÉNEOS BIFÁSICOS

3. Reacciones sólido-fluido catalíticas. Reactores de lecho fluidizado. Modelos de diseño. Reactores con desactivación del catalizador.
4. Reacciones sólido-fluido no catalíticas. Reactores de lecho fijo, móvil y fluidizado.
5. Reacciones fluido-fluido. Reactores gas-líquido y líquido-líquido. Modelos ideales y modelos rigurosos de flujo.

BLOQUE 3.- REACTORES HETEROGÉNEOS MULTIFÁSICOS

6. Reactores con el reactante sólido en lecho fijo.
7. Reactores con el reactante sólido en suspensión.

BLOQUE 4.- OTROS REACTORES

8. Reactores específicos (fotorreactores, polimerización, electroquímicos, bioquímicos, ...). Innovaciones en unidades de reacción en la industria.
9. Reactores de vanguardia. Intensificación de procesos.

BLOQUE 5.- ASPECTOS ADICIONALES

10. Control y seguridad. Cambio de escala. Diseño mecánico.

Bibliografía

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Fogler, H. Scott. Elementos de ingeniería de las reacciones químicas / H. Scott Fogler ; traducción, María Teresa Aguilar Ortega ; revisión técnica, Román Ramírez López ... [et al.] . 4ª ed. Naucalpan de Juárez, México : Pearson Educación, 2008
- Froment, Gilbert F.. Chemical reactor : analysis and design / Gilbert F. Froment, Kenneth B. Bischoff, Juray de Wilde . - 3rd ed. New York : John Wiley & Sons, 2011
- Ingeniería de reactores / Jesús Santamaría ... [et al.] . - [1ª ed.], 1ª reimp. Madrid : Síntesis, D. L. 2002
- Jakobsen, Hugo A.. Chemical reactor modeling : multiphase reactive flows / Hugo A. Jakobsen . Berlin : Springer, cop. 2008
- Levenspiel, Octave. Ingeniería de las reacciones químicas / Octave Levenspiel ; [con la colaboración en la traducción de Juan A. Conesa ; revisión técnica, Enrique Arriola Guevara] . - 3ª ed. México : Limusa Wiley, cop. 2004
- Nauman, E. Bruce. Chemical reactor design, optimization, and scaleup / E. Bruce Nauman . - 2nd ed. Hoboken (New Jersey) : John Wiley & Sons, cop. 2008
- Novel concepts in catalysis and chemical reactors : improving the efficiency for the future / edited by Andrzej Cybulski, Jacob A. Moulijn, and Andrzej Stankiewicz Weinheim (Germany) : Wiley-VCH, cop. 2010
- Smith, Joe Mauk. Ingeniería de la cinética química / J.M. Smith . - 1a ed, 10a reimp. México D.F. : CECSA, 1997
- Theodore, Louis. Chemical reactor analysis and applications for the practicing engineer / Louis Theodore . Hoboken, N.J. : Wiley, 2012
- Thoenes, Dirk. Chemical reactor development from laboratory synthesis to industrial production / Dirk Thoenes Dordrecht [etc.] : Kluwer Academic, cop. 2010
- Trambouze, Pierre. Chemical reactors : from design to operation / Pierre Trambouze, Jean-Paul Euzen ; translated by Robert Bononno Paris : Technip, 2004