



## Máster en Ingeniería Química 66226 - Optimización energética

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- Miguel Ángel Lozano Serrano mlozano@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para cursar la asignatura de *Optimización Energética* resultará imprescindible que el estudiante haya superado las asignaturas *Termodinámica técnica y fundamentos de transmisión de calor*, *Termotecnia*, del Grado en Ingeniería Química de la Universidad de Zaragoza. Se considera conveniente tener soltura con los conceptos fundamentales de las *operaciones básicas* en Ingeniería Química y de la *economía de los procesos industriales*. Todo ello se debería aprender en las materias obligatorias estudiadas en los cursos previos del Grado.

Se recomienda al alumno la asistencia activa a las clases de teoría y problemas, así como un estudio continuado de los contenidos de la asignatura, la preparación de los casos prácticos que puedan ser resueltos en sesiones posteriores, el estudio de los guiones y la elaboración continua de los resultados.

El trabajo continuado es fundamental para superar con el máximo aprovechamiento esta asignatura, ya que cada parte se estudia gradualmente con un procedimiento progresivo. Por ello, cuando surjan dudas, es importante resolverlas cuanto antes para garantizar el progreso correcto en esta materia. Para ayudarle a resolver sus dudas, el estudiante cuenta con la asesoría del profesor, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a tal fin.

#### 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, que se distribuirán en las siguientes actividades:

	Actividad formativa	Trabajo estudiante (h)
A01	Clase magistral	30
A02	Problemas y casos	15
A03	Prácticas de laboratorio	15
A06	Trabajos tutelados	15
A07	Estudio personal y de tutela	70
A08	Pruebas de evaluación	5
	<b>Horas totales</b>	<b>150</b>

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>.

Las sesiones de prácticas se planificarán en función del número de alumnos y se darán a conocer con la suficiente antelación.

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Conoce los elementos constitutivos de los sistemas de producción de energía y la normativa asociada.
- 2:** Conoce y aplica las técnicas de análisis, diseño y optimización energética a los equipos e instalaciones de la industria química.
- 3:** Es capaz de dimensionar instalaciones y seleccionar equipos para la producción de servicios energéticos en la industria y en el sector residencial-comercial.
- 4:** Es capaz de planificar e implantar un Sistema de Gestión Energética.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura *Optimización Energética* aplica los principios científicos de la Ingeniería Química de Procesos Químicos y Sistemas Energéticos junto con los métodos de la Termoeconomía y la Programación Matemática, para el diagnóstico y control de la operación, el diseño y/o selección apropiada de equipos y la síntesis de procesos. Como criterios de decisión más relevantes toma la eficiencia termodinámica de los procesos y la rentabilidad económica. Se centra en los aspectos relacionados con: i) los principios de la integración térmica, ii) la operación óptima de plantas en condiciones variables de demanda de productos y precios de mercado, y iii) el diseño óptimo de sistemas de producción de servicios energéticos para la industria y el sector residencial-comercial.

---

## 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:**

1. Conocer las fuentes de energía, las propiedades termodinámicas y los fenómenos físico-químicos que ocurren en los procesos químicos e instalaciones energéticas.
2. Plantear, desarrollar y resolver modelos para los procesos de transformación energética. Manejar programas de simulación de procesos y sistemas energéticos.
3. Aplicar de forma adecuada los conceptos termodinámicos y económicos en el diseño y operación de los procesos químicos y energéticos.
4. Conocer las técnicas de programación matemática y su aplicación a la optimización de la operación y diseño de los procesos químicos y energéticos.
5. Conocer los métodos de integración energética y su aplicación a la síntesis óptima de procesos químicos e instalaciones energéticas.
6. Conocer los fundamentos, métodos y criterios utilizados en la gestión energética.

## Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura de *Optimización Energética* pertenece al bloque de Formación Optativa de la Titulación, concretamente a la materia "Ingeniería de Procesos Químicos Industriales", dentro del Módulo de "Ingeniería de Procesos y Producto". En este contexto, la asignatura proporciona los principios fundamentales para comprender, diseñar, seleccionar y operar los equipos e instalaciones energéticas, así como su integración óptima en plantas de proceso químico y sistemas energéticos.

Sirve para que el alumno afiance los conceptos básicos adquiridos en el Grado de Ingeniería Química, y le capacita para comprender y utilizar con provecho las publicaciones especializadas sobre control y diseño de los procesos químicos y sistemas energéticos. También profundiza en la metodología de análisis energético y económico para simular, optimizar, diseñar y operar instalaciones térmicas simples y avanzadas, en el contexto de plantas de proceso químico y sistemas energéticos.

## 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)
- Dirigir y gestionar técnica y económicamente proyectos, instalaciones, plantas, empresas y centros tecnológicos en el ámbito de la ingeniería química y los sectores industriales relacionados (CG3).
- 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)
- Liderar y definir equipos multidisciplinares capaces de resolver cambios técnicos y necesidades directivas en contextos nacionales e internacionales (CG8).
- 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).
- Dirigir y supervisar todo tipo de instalaciones, procesos, sistemas y servicios de las diferentes áreas industriales relacionadas con la ingeniería química (CE5).
- 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)
- Dirigir y organizar empresas, así como sistemas de producción y servicios, aplicando conocimientos y capacidades de organización industrial, estrategia comercial, planificación y logística, legislación mercantil y laboral, contabilidad financiera y de costes (CE7).
- 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)
- Dirigir y realizar la verificación, el control de instalaciones, procesos y productos, así como certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes (CE11).

### **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 a la *Optimización Energética*.

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. Resolución de problemas y casos prácticos. El estudiante se familiariza con las instalaciones térmicas presentes en los procesos químicos y sistemas energéticos, sus componentes, funcionamiento, aspectos constructivos, diseño y operación. Mediante herramientas informáticas especializadas el estudiante aprende a resolver problemas de diagnóstico de la operación y diseño avanzado de las instalaciones. Para ello, aplica los conocimientos propios de la materia a la resolución de problemas y casos prácticos y entrega un informe de resultados.
2. Trabajos tutorados. El estudiante con la guía del profesor resuelve problemas complejos y entrega un informe de resultados.

- Realización de un examen al finalizar la asignatura. Esta prueba constará de preguntas y cuestiones teórico-prácticas razonadas en la que se pedirá la aplicación de la teoría a casos y ejemplos concretos.

En todas las actividades de evaluación se valorarán los siguientes aspectos y cualidades en el grado indicado en cada caso:

- Realización propia de las tareas: si se detectaran plagios o copia fraudulenta de los trabajos, la nota correspondiente sería cero.
- Correcto planteamiento del procedimiento de resolución de los trabajos planteados.
- Corrección y claridad en la comunicación escrita y oral: correcta ortografía y gramática, correcta expresión, estructura de contenidos coherente.
- Concreción y exactitud de los resultados obtenidos.
- Análisis crítico de los resultados: conocimiento del estado del arte, coherencia de los resultados presentados, relación con otras materias de la titulación, posibilidades de mejora y continuación.
- Entrega en el formato, procedimiento y plazo indicado por el profesor: no se admitirán informes fuera de la fecha límite, salvo causa justificada debidamente.

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

$$\text{Nota} = 1/3 P + 1/3 T + 1/3 E$$

siendo: **P** la nota de las prácticas (actividad de evaluación 1), **T** la nota de los trabajos tutelados (actividad de evaluación 2), y **E** la nota del examen final (actividad de evaluación 3).

**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). El examen constará de dos partes (50% de valor cada una de ellas): la primera de similares características al examen final de la opción 1 (actividad de evaluación 3) y la segunda consistirá en la resolución de problemas.

En la 2ª Convocatoria se seguirá la Opción 2.

---

## **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 ha planteado para fomentar el trabajo continuado del estudiante y su participación, y se centra en los aspectos teórico-prácticos para poder comprender, analizar y aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas reales. En las clases magistrales se desarrollarán las bases teóricas que conforman la asignatura, resolviendo algunos problemas modelo. Las prácticas son el complemento eficaz de las clases magistrales, ya que permiten verificar la comprensión de la materia y a su vez contribuyen a que el alumno adquiera un punto de vista más aplicado y resuelva problemas más complejos y completos con la ayuda de recursos apropiados. 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 presenciales, 2 h/semana). Se impartirá la teoría de los temas propuestos y se resolverán problemas modelo.

- 2:** **Clases de resolución de problemas y casos** (15 h presenciales, 1 h/semana). En estas clases, el estudiante resolverá problemas supervisado por el profesor. Los problemas o casos estarán relacionados con la parte teórica explicada en las clases magistrales.
- 3:** **Prácticas** (15 h presenciales). Se realizarán 5 sesiones de 3 h de duración cada una. En ellas el alumno afianzará los contenidos desarrollados en las clases magistrales y de problemas. Se realizarán de modo individual o en grupos de 2 alumnos y serán tuteladas por los profesores. La evaluación de las prácticas será continua informando al alumno del grado de consecución de los objetivos programados.
- 4:** **Trabajos tutelados** (15 h no presenciales). Se propondrá 1 ó 2 actividades durante el curso, que se realizarán de manera individual y serán tuteladas por los profesores. Consistirán en el desarrollo, ampliación, documentación, resolución,..., de casos propuestos por el profesor, basados en los conceptos vistos en el aula. Se evaluará el correspondiente informe.
- 5:** **Estudio personal y de tutela** (70 h no presenciales). Se recomienda al alumno que realice el estudio individual de forma continuada a lo largo del semestre.
- 6:** **Pruebas de evaluación** (5 h). Se realizará un examen final para evaluar 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. Las sesiones de prácticas en el laboratorio se planificarán en función del número de alumnos y se darán a conocer con la suficiente antelación. Además, cada profesor informará de su horario de atención de tutorías.

El temario previsto para la asignatura es el siguiente:

- Fundamentos físicos. Modelado y simulación de sistemas energéticos.
- Análisis exergético. Diagnóstico de la operación de equipos y plantas.
- Fundamentos económicos. Principios y criterios de evaluación económica.
- Programación matemática. Condiciones de optimalidad y su significado económico. Técnicas y programas de optimización. Diseño óptimo de equipos y plantas.
- Síntesis de procesos. Sistemas de poligeneración.
- Integración energética. Redes de intercambio de calor. Cogeneración y recuperación óptima de calor. Bombas de calor y máquinas frigoríficas. Acumulación de calor y frío. Aprovechamiento de energías renovables.
- Introducción a la Termoeconomía. Análisis termoeconómico y del ciclo de vida de los sistemas energéticos.

### Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Analysis, synthesis, and design of chemical processes / Richard Turton ... [et al.] . - 2nd ed., repr. with revisions Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall, 2003
- Biegler, L.T.. Systematic methods of chemical process design / L.T. Biegler, I. E. Grossmann, and A.W. Westerberg Upper Saddle River : Prentice Hall, cop. 1997
- Diwekar, Urmila M.. Introduction to applied optimization / Urmila M. Diwekar Norwell, Mass : Kluwer Academic Publishers, cop. 2003
- Edgar, Thomas F.. Optimization of chemical processes / Thomas F. Edgar, David M. Himmelblau, Leon S. Lasdon . - 2nd ed. Boston [etc.] : McGraw-Hill, 2001
- Floudas, Christodoulos A.. Nonlinear and mixed-integer optimization : fundamentals and applications / Christodoulos A.

Floudas New York [etc.] : Oxford University Press, 1995

- Knopf, F.C. Modeling, analysis and optimization of process and energy systems / Knopf, FC Wiley, 2012
- Kotas, T.J.. The exergy method of thermal plant analysis / T.J. Kotas . - 1st ed. London [etc.] : Butterworths, 1985
- Product and process design principles : synthesis, analysis, and evaluation / Warren D. Seider ... [et al.] . - 3rd ed. Hoboken [New Jersey] : John Wiley and Sons, cop. 2010
- Putman, Richard E.. Industrial energy systems : analysis, optimization and control / Richard E. Putman New York : American Society of Mechanical Engineers, cop. 2004
- Sieniutycz, Stanislaw. Energy optimization in process systems [recurso electrónico] / Stanislaw Sieniutycz, Jacek Jeżowski . - 1st ed. 1st ed.
- Smith, R.. Chemical process design and integration / Robin Smith Chichester [etc.] : John Wiley & Sons, cop. 2005
- Stoecker, Wilbert F.. Design of thermal systems / W.F. Stoecker . - 3rd. ed. New York : McGraw-Hill, cop. 1989