



## 66327 - Termoeconomía

Guía docente para el curso 2012 - 2013

Curso: 1, Semestre: 2, Créditos: 5.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Antonio Valero Capilla** valero@unizar.es

- **Alicia Valero Delgado** aliciavd@unizar.es

- **Sergio Usón Gil** suson@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

La asignatura de Termoeconomía consta de 5 créditos ECTS. Se imparte en el periodo 0 ya que los contenidos de la misma están orientados a proporcionar herramientas de cálculo para la optimización de sistemas térmicos, mejorando su eficiencia energética. Por ello, es una asignatura enmarcada especialmente en las disciplinas térmicas.

Para un óptimo seguimiento de la asignatura, es conveniente que el alumno esté familiarizado con los fundamentos de la Termodinámica que se cursan en las carreras de ingeniería industrial, ingeniería química e ingeniería técnica mecánica. La bibliografía y el trabajo final de asignatura son en inglés, por lo que es imprescindible un nivel medio-alto de inglés para cursar la asignatura.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

##### Curso 2011/2012

##### Asignatura del segundo cuatrimestre

Comienzo de las clases: lunes 31/01/2012

Finalización de las clases: viernes 11/05/2012

Evaluación: desde el lunes 14/05 hasta el viernes 25/05 de 2012

---

### Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Comprender el Segundo Principio de Termodinámica y el concepto de análisis exergético
- 2:** Calcular la exergía de los distintos flujos de materia y energía involucrados en procesos de transformaciones energéticas.
- 3:** Utilizar los métodos desarrollados en la teoría del coste exergético para el cálculo y análisis de costes en los procesos intensivos en consumo de energía y materiales.
- 4:** Introducir los conceptos de Ecología Industrial y su relación con la Termoeconomía

## **Introducción**

### **Breve presentación de la asignatura**

Esta asignatura proporciona una introducción rigurosa al análisis termoeconómico, un grupo de metodologías que estudia la relación entre el coste y la eficiencia energética, cuyo objetivo principal es el asentamiento de las bases de una ciencia del ahorro de recursos energéticos. En el curso se desarrollará el aprendizaje sobre los procesos de formación de costes de sistemas de conversión de energía y su base matemática, haciendo énfasis en sus principales aplicaciones: contabilidad de costes, diseño óptimo y diagnóstico de malfunciones.

---

## **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:**

#### **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

La demanda creciente de energía y materiales debido al aumento de población y el nivel de vida de los seres humanos está provocando un impacto adverso en las tecnologías de conversión energéticas debido a las emisiones, los residuos generados, la contribución al cambio climático y a la cada vez mayor crisis energética en la que nos estamos sumiendo.

Mientras las energías renovables no se desarrollen completamente y no constituyan alternativas fiables y económicamente competitivas, el aumento de la eficiencia energética de las tecnologías actuales constituirá la única opción para reducir el impacto de la crisis energética.

Los enfoques tradicionales de la síntesis y diseño de sistemas energéticos intensivos están basados en la intuición de ingenieros y diseñadores experimentados. No ha existido una gran preocupación sobre el consumo de combustible o el medio ambiente.

Hoy en día ambas preocupaciones han aumentado y han supuesto un reto a diseñadores y operadores de sistemas intensivos en energía. El ahorro de energía se ha convertido en el foco de atención para el diseño y la operación de estos sistemas. Y el diseño de estos aspectos ha dado lugar a un proceso multidisciplinario y complejo que requiere un conocimiento especializado en cada disciplina.

La termoeconomía es el nexo de unión entre la termodinámica y la economía, necesario para la evaluación, diseño y

optimización de sistemas térmicos y el ahorro de costes.

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

**1:**

- Realizar análisis exergéticos de recursos e instalaciones industriales.
- Realizar análisis termoeconómicos sencillos de instalaciones industriales.
- Saber manejar el software EES y el software TAESS para resolver casos termoeconómicos sencillos.
- Conocer los conceptos básicos de la ecología industrial.

Asimismo, a través del trabajo práctico se pretende que:

- El alumno sea capaz de abordar un problema complejo integrando los conocimientos que ya se poseen e investigando otros nuevos. Ser consciente de que pueden existir diversas soluciones y ser críticos con los resultados obtenidos.
- Trabajar en equipo.
- Presentar y defender los resultados del trabajo, de forma oral y escrita.
- Ser capaz de ver un problema de interés en ingeniería desde una perspectiva amplia, que contemple no sólo los diferentes enfoques técnicos sino también los aspectos económicos.
- Conocer la estructura de presentación de un artículo científico para un congreso internacional.

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

La eficiencia energética en general y la optimización de grandes sistemas térmicos en particular constituye hoy en día una de las principales alternativas para alcanzar los objetivos marcados por la comunidad internacional para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por otra parte, para que los grandes consumidores de energía convencionales, tales como centrales térmicas, cementeras, refinerías, etc. sean competitivos, necesitarán hacer un uso limpio y eficiente de la energía, reduciendo sus costes tanto energéticos como económicos. Esta asignatura pretende dar las pautas para alcanzar dichos objetivos.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

**1:** Para superar el curso de termoeconomía, se deberán superar las siguientes pruebas:

- 1) Examen de conceptos (50% de la nota final de la asignatura; se aprueba con una nota mínima de 4 sobre 10)
- 2) Trabajo propuesto por los profesores basado en la metodología de un caso abierto y que estará relacionado con las prácticas hechas durante el curso (50% de la nota final de la asignatura; se aprueba con una nota mínima de 4 sobre 10).

En caso de no haber superado alguna de las dos partes, se podrá acudir a septiembre con aquella/s partes que no se hayan aprobado. La nota de cada parte se guarda únicamente durante el curso académico 2009-2010. Al año siguiente habrá que realizar la evaluación de la asignatura completa.

A continuación se muestran los requisitos y características del trabajo:

- El trabajo constará de 2 partes obligatorias:

1. Memoria escrita en español ó inglés, según el formato oficial ASME. Se entregará en formato papel y electrónico. Asimismo se incluirán también los ficheros electrónicos con los programas que se hayan empleado para la resolución del problema (EES, TAESS, etc.).
2. Presentación oral de los resultados obtenidos en español o inglés. Si dicha presentación se hace en inglés, se subirá la nota del trabajo en 1 punto (sobre 10). Para la presentación se recomienda emplear powerpoint ó similar.

- Los trabajos se harán por parejas.

- La memoria escrita tendrá la siguiente estructura:

- i) Título

- ii) Autores (en el pie de página se incorporará una nota con la titulación de cada autor).

- iii) Resumen

- iv) Listado de palabras clave

- v) Descripción inicial del caso práctico realizado, antecedentes, medios y/o estado del arte inicial y objetivos perseguidos en la realización del caso

- vi) Descripción de la metodología y/o medios y datos empleados -Descripción detallada del caso realizado

- vii) Resultados

- viii) Conclusiones

- ix) Bibliografía

- La fecha límite para entregar el trabajo es la misma que el día de la presentación oral. Si un alumno no entregara la memoria y/o no hiciese la presentación oral en esa fecha se considerará que el trabajo se presentará en la convocatoria de septiembre.

- **Criterios de evaluación:**

- En la memoria escrita se valorará lo siguiente:

- Resultados obtenidos.
- Grado de desarrollo del trabajo e información adicional.
- Meticulosidad y rigor
- Adecuación con los criterios y estructura especificados en los puntos anteriores.
- Claridad del texto.

- En la presentación oral que **deberá realizarse a partes iguales** por ambos miembros del grupo, se valorará lo siguiente:

- Que la estructura sea organizada y coherente con los contenidos.
- Expresión clara.
- Presentación original y creativa.
- Aporta información adicional no especificada en el guión del trabajo.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

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

La asignatura de termoeconomía se realizará combinando diversas técnicas docentes: lección magistral, ejercicios prácticos y la realización de un trabajo (proyecto). Este sistema pretende alejarse del sistema tradicional de lección magistral exclusiva y acercarse a las ideas del nuevo espacio Europeo con el proceso de Bolonia.

Todas las sesiones tendrán la siguiente estructura: “warming up”, en donde se hará un pequeño repaso de lo visto en las sesiones anteriores y se explicarán los objetivos y el marco conceptual de la clase presente (a ser posible con un mapa conceptual); desarrollo, donde se desarrollarán los objetivos explicados en el warming up, apoyado por ejercicios y discusiones; “cierre”, donde se hará una síntesis de lo visto y reflexión final.

Se hará especial hincapié en la participación activa del alumnado. Para ello se abrirán periodos de discusión y debate y se formularán preguntas sobre el contenido para que sean los mismos alumnos los que lleguen a las soluciones de los problemas.

Las sesiones prácticas constituyen pequeños ejercicios cercanos a situaciones reales aunque simplificados. Es la mejor forma de reforzar los contenidos vistos a lo largo del curso y prepararán al alumno para la realización del miniproyecto propuesto como parte de la evaluación final del curso.

El miniproyecto propuesto está diseñado para que se acerque lo máximo posible a un caso real. Asimismo al no tener solución única (estudio de un caso abierto), permitirá al alumno investigar y ser protagonista de su propio aprendizaje. El planteamiento abierto del problema, que obliga a realizar diferentes diseños para comprobar cuál es el más adecuado, es una buena forma de introducir el uso de programas de simulación. Debido a la inercia de los cursos tradicionales, los alumnos tienden a abordar los problemas con lápiz y papel ayudados por su calculadora científica. Al plantear un problema que hay que resolver varias veces con distintas variantes, se proporcionan argumentos para hacer el esfuerzo inicial de aprender a dominar una herramienta informática que luego va a ahorrar mucho trabajo. Además, esta es la situación común en el ejercicio profesional y es una competencia que deben adquirir.

El trabajo se deberá presentar por parejas, por lo que se potenciará el trabajo en equipo. Adicionalmente, el miniproyecto se presentará tanto por escrito como oralmente tal y como se haría si se presentase en una conferencia internacional y en inglés (voluntariamente). De esta forma pretendemos preparar al alumno para su siguiente fase profesional (realización de la tesis doctoral y entrada en el mundo académico). Asimismo el alumno podrá desarrollar habilidades adicionales a las propias de la asignatura, como son el trabajo en equipo, la expresión oral y escrita en otro idioma, la preparación de presentaciones en powerpoint, la claridad de exposición, la adecuada gestión del tiempo, etc.

La presentación oral del trabajo final se realizará en clase con la participación de todos los alumnos y se evaluará in situ la exposición. La evaluación se realizará de acuerdo con el principio “POTEMITIS”:

**Preparación**

**Organización**

**Transparencias**

**Exposición**

**Mensaje**

**Impacto**

**Tiempo**

**Inglés**

## Seguridad

Los alumnos aprenderán de los errores que han ido cometiendo los grupos anteriores y así podrán ir perfeccionando sus habilidades de exposición.

Por otra parte se hace énfasis en el uso de nuevas tecnologías de la información (TIC). En primer lugar, las prácticas se realizarán en el ordenador, con los programas de cálculo más novedosos y utilizados en esta disciplina. En segundo lugar la disciplina se apoyará en la plataforma Anillo Digital Docente (Blackboard) para la facilitación de contenidos, información adicional, foros y publicación de notas.

El profesorado supondrá por tanto un medio para que los alumnos logren de forma semiautónoma el aprendizaje de la asignatura. Estarán a disposición de los alumnos a través de tutorías para resolver y ayudar al alumno a alcanzar los objetivos propuestos. Pero a través del ADD, y el foro, los propios alumnos podrán ellos mismos plantear y resolver las cuestiones que vayan surgiendo.

## 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:

Para conseguir los objetivos arriba descritos, se ha estructurado la asignatura en 3 bloques didácticos:

- 1) Lección magistral (32 h)
- 2) Prácticas de ordenador con ejercicios tutorados (12 h)
- 3) Realización de un trabajo (proyecto) y posterior presentación (16 h).

Las lecciones magistrales serán necesarias para explicar la teoría de la termoeconomía y la ecología industrial. Los contenidos de las lecciones magistrales programadas son los siguientes:

- Análisis exergético: fundamentos, balances de exergía, irreversibilidad y rendimiento exergético.
- Teoría del coste exergético: fundamentos, reglas de asignación, cálculo de costes, asignación de costes de residuos.
- Análisis input-output: fundamentos, modelo fuel-producto-residuo, fórmula del impacto en fuel.
- Ecología industrial: fundamentos, ecoparques, ACV, Ecodiseño, BREFs.
- Diagnóstico termoeconómico: fundamentos, optimización termoeconómica.

Dichas lecciones magistrales se combinarán con prácticas en ordenador para reforzar los conocimientos adquiridos en clase. Los contenidos de las prácticas son los siguientes:

- Prácticas con ESS. Cálculo de exergía y costes exergéticos.
- Prácticas con Excel para la construcción de tablas ExIO.
- Introducción al software TAESS.
- Prácticas de preparación del trabajo con EES/TAESS de análisis de costes para un ciclo básico.

El trabajo práctico consistirá en la resolución de un ejercicio similar a los vistos en clase con solución abierta (ver Anexo II como ejemplo). Dicho trabajo permitirá fomentar el análisis crítico del alumno y realizar autoaprendizaje. El alumno deberá investigar en la literatura la mejor forma de resolver el ejercicio (basado en casos reales) planteado.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

#### 1ª sesión

16:00-17:00      Presentación  
Objetivos y evaluación del curso

17:00-20:00 Las leyes de la eficiencia energética

**2ª sesión**

16:00-20:00 Análisis exergético

**3ª sesión**

16:00-18:00 Balances de Exergía, Irreversibilidad y Rendimiento exergético

18:00-20:00 Introducción a la Teoría del Coste Exergético

**4ª sesión**

16:00-18:00 Introducción a la Ecología Industrial

18:00-20:00 Teoría del Coste Exergético. Reglas de asignación y calculo de Costes.

**5ª sesión**

16:00-18:00 Ecología Industrial: Intregración y Eco-Parques

18:00-20:00 Teoría del Coste Exergético. Asignación de costes de los residuos

**6ª sesión**

16:00-20:00 Prácticas con ESS. Cálculo de exergía y costes exergéticos

**7ª sesión**

16:00-18:00 Best Reference Document Techniques

18:00-20:00 Análisis Input Output

**8ª sesión**

16:00-18:00 Modelo Fuel-Producto-Residuo (I)

18:00-20:00 Modelo Fuel-Producto-Residuo (II)

**9ª sesión**

16:00-18:00 Diagnostico Termoeconómico (Intro)

18:00-20:00 Fórmula del Impacto en Fuel

**10ª sesión**

16:00-20:00 Prácticas con Excel para la construcción de tablas ExIO  
Introducción a TAESS

**11ª sesión**

16:00-18:00 Diagnostico Termoeconómico

18:00-20:00 Optimización Termoeconómica

### **12ª sesión**

16:00-20:00 Prácticas de preparación del trabajo con EES/TAESS de análisis de costes para un ciclo básico

### **13ª sesión**

16:00-20:00 Presentación de trabajos

## **Bibliografía y referencias**

### **Material recomendado**

### **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**