



POLITÉCNICA

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

Análisis exergético y termoeconómico de procesos

PLAN DE ESTUDIOS

05AX - Master Universitario en Ingeniería de la Energía

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2017-18 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

| | |
|---|----|
| 1. Datos descriptivos | 1 |
| 2. Profesorado | 1 |
| 3. Conocimientos previos recomendados | 2 |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje | 2 |
| 5. Descripción de la asignatura y temario | 4 |
| 6. Cronograma | 5 |
| 7. Actividades y criterios de evaluación | 8 |
| 8. Recursos didácticos | 12 |
| 9. Otra información | 12 |

1. Datos descriptivos

1.1 Datos de la asignatura

| | |
|------------------------------------|---|
| Nombre de la Asignatura | 53001028 - Analisis exergetico y termoeconomico de procesos |
| Nº de Créditos | 3 ECTS |
| Carácter | Exergy and thermo-economical analysis of processes |
| Curso | Primer curso |
| Semestre | Segundo semestre |
| Período de impartición | Febrero-Junio |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 05AX - Master Universitario en Ingenieria de la Energia |
| Centro en el que se imparte | Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales |
| Curso Académico | 2017-18 |

2. Profesorado

2.1 Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías* |
|--|-----------------|---------------------------|--|
| Enrique Querol Aragon (Coordinador/a) | 418 | enrique.querol@upm.es | - -Datos de contacto y tutorías: http://www.dec.org.es/personal |

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1 Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de la Energía no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2 Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Termodinámica

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1 Competencias que adquiere el estudiante al cursar la asignatura

CE 1 - Ser capaz de aplicar conocimientos y capacidades a estudiar, analizar y auditar programas de optimización energética en los diferentes sectores industriales, residenciales, domésticos, plantas de potencia y a la industria térmica y de fluidos en general, en los ámbitos de la eficiencia, la diversificación y la reducción de su impacto en el medio ambiente.

CE 34 - Analizar una instalación y establecer criterios de mejora energética y económica.

CE 4. - Disponer de habilidades, criterios y conocimientos para investigar, desarrollar e innovar en el campo de las máquinas térmicas y de fluidos, en los sistemas de producción de calor y frío, en sus aplicaciones a los sectores del transporte, residencial, plantas de potencia y a la industrial térmica y de fluidos en general en el ámbito industrial y residencial.

CE 44 - Capacidad para la integración de conocimientos multidisciplinares para la toma de decisiones sobre gestión y mercados energéticos.

CE 49 - Capacidad para contribuir al desarrollo e innovación tecnológicos en sistemas para el aprovechamiento sostenible de los recursos energéticos.

CE 6. - Aplicar conocimientos para establecer avances y optimizar la eficiencia energética y en el impacto ambiental en el sector de los transportes.

CE 7. - Aplicar conocimientos y disponer de habilidades para acometer el diseño control y análisis de procesos industriales basados en la generación de calor por combustión convencional y avanzada.

CE 8. - Aplicar conocimientos y habilidades adquiridas para la práctica profesional de alto nivel en las empresas del sector de producción de energía eléctrica para diseñar, construir y operar plantas de potencia por vía térmica e hidráulica.

CG 1 - Aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías avanzadas a la práctica profesional o investigadora de la Ingeniería Energética.

CG 11. - Creatividad.

CG 2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos energéticos, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales avanzadas

CG 3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos multidisciplinares de la Ingeniería Energética.

CG 4 - Ser 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.

CG 5 - Comprender el impacto de la Ingeniería Energética en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CG 7 - Poseer habilidades de aprendizaje que le permitan continuar estudiando, de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, para su adecuado desarrollo profesional o como investigador

CG 8 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas avanzadas de la Ingeniería Energética en sus actividades profesionales o investigadoras.

4.2 Resultados del aprendizaje al cursar la asignatura

RA6 - Realizar balances de materia, energía y exergía

RA5 - Calcular exergías

RA4 - Comprender un diagrama de flujo de un proceso

RA7 - Realizar balances de coste exergético

RA8 - Estimar costes fijos de equipos

RA9 - Realizar balances de coste termoeconómico

RA10 - Proponer opciones de mejora energética y/o económica del proceso

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1 Descripción de la asignatura

El alumno aprende con esta asignatura a realizar un análisis exergético y termoeconómico de un proceso industrial, a identificar desde el punto de vista termodinámico y de coste económico las contribuciones de los distintos equipos y corrientes al coste de los productos generados, pudiendo así tomar decisiones sobre la conveniencia, o no, de modificaciones del proceso para su optimización energética y/o económica.

5.2 Temario de la asignatura

1. Introducción
2. Cálculo de exergías
3. Balances de materia, energía y exergía
4. Análisis exergético y coste variable
5. Coste fijo
6. Análisis termoeconómico y coste total

6. Cronograma

6.1 Cronograma de la asignatura*

| Semana | Actividad Presencial en Aula | Actividad Presencial en Laboratorio | Otra Actividad Presencial | Actividades de Evaluación |
|--------|---|--|---------------------------|---|
| 1 | Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00 Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10 |
| 2 | Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00 Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10 |
| 3 | Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00 Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10 |
| 4 | Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00 Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10 |
| 5 | Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00 Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10 |

| | | | | |
|----|--|---|--|--|
| 6 | <p>Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | <p>Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00</p> <p>Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10</p> |
| 7 | <p>Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | <p>Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00</p> <p>Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10</p> |
| 8 | <p>Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | <p>Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00</p> <p>Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10</p> |
| 9 | <p>Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | <p>Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00</p> <p>Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10</p> |
| 10 | <p>Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | <p>Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00</p> <p>Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10</p> |
| 11 | <p>Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | <p>Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua Duración: 02:00</p> <p>Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua Duración: 00:10</p> |

| | | | | |
|----|---|--|--|--|
| 12 | Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Trabajo en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 02:00 Caso práctico clase TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:10 Informe TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 04:00 |
| 13 | Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | |
| 14 | Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Presentación trabajo PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Duración: 02:00 |
| 15 | Temario Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Trabajo en proyecto Duración: 01:20 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00 |

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1 Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1 Evaluación continua

| Sem. | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|---------------------|---|---------------|----------|-----------------|-------------|------------------------|
| 1 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 1 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |
| 2 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 2 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |
| 3 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 3 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |
| 4 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 4 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |

| | | | | | | | |
|----|---------------------|---|---------------|-------|----|------|--|
| 5 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 5 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |
| 6 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 6 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |
| 7 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 7 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |
| 8 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 8 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |
| 9 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 9 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |
| 10 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 10 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |

| | | | | | | | |
|----|----------------------|--|---------------|-------|-----|--------|---|
| 11 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 11 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |
| 12 | Trabajo en grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 02:00 | 0% | / 10 | |
| 12 | Caso práctico clase | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 00:10 | 2% | / 10 | |
| 12 | Informe | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 04:00 | 60% | 6 / 10 | CG 1 CG 2 CG 8 CG 4 CG 3 CG 11. CE 1 CE 44 CE 7. CE 34 CE 6. CG 7 CG 5 CE 49 CE 4. CE 8. |
| 14 | Presentación trabajo | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 02:00 | 10% | / 10 | CG 1 CG 4 CG 3 CG 11. CE 34 CG 5 CE 49 |

7.1.2 Evaluación sólo prueba final

| Sem. | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|--------------|-----------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 17 | examen final | EX: Técnica del tipo Examen | Presencial | 03:00 | 100% | 5 / 10 | CG 1 CG 2 CG 8 CG 4 CG 3 CG 11. CE 1 CE 44 CE 7. |

8. Recursos didácticos

8.1 Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre | Tipo | Observaciones |
|-------------------------|--------------|--|
| Diapositivas | Recursos web | |
| Aula de informática | Equipamiento | |
| Libro de la asignatura. | Bibliografía | Termoeconomía y optimización energética. Fundación Gómez Pardo. ETSIME. |
| Artículos | Recursos web | www.sciencedirect.com |

9. Otra información

9.1 Otra información sobre la asignatura

La asignatura es eminentemente práctica. Todas las sesiones se realizan en aula de informática.

Se aplica el temario del libro al análisis de dos procesos: uno que será el analizado por toda la clase de manera presencial para aplicar los conceptos teóricos, y otro que será analizado como trabajo grupal.

El trabajo grupal lo eligen los alumnos a partir de un artículo de www.sciencedirect.com o información de un TFE, previa aceptación del mismo por parte del profesor. En caso de que el tema propuesto no sea válido o no se aporten ideas, el profesor asignará un tema concreto y dará la información requerida para el mismo.

Las clases comienzan realizando una simulación del proceso utilizando Aspen Plus (3 clases aprox).

En el resto de clases, se utiliza Microsoft Excel.

Con los datos termodinámicos se realiza el cálculo de las exergías de las corrientes, balance de materia, energía y exergía.

A partir de la exergía se realiza el balance de coste exergético.

Se realiza una estimación de costes de equipos.

Con la información recopilada hasta este momento ya se realiza el análisis termoeconómico, obteniendo los costes de todas las corrientes del proceso.

Finalmente se indica cómo realizar un análisis de los resultados, haciendo uso de indicadores termoeconómicos.

La última sesión se explica el método pinch y se aplica a un proceso de ejemplo. Esta sesión sirve de colchón temporal entre la entrega final de los trabajos y la exposición de los mismos, para dar una sesión de plazo al profesor para revisar las entregas y preparar las preguntas para la exposición.

Respecto al software utilizado en clase:

- Aspen Plus: Para simular el proceso y obtener los datos termodinámicos requeridos. Unas 4 sesiones.
- Microsoft Excel: para realizar los cálculos matriciales. Resto de sesiones.
- Aspen Energy Analyzer: Para la sesión del Pinch.