

## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

<b>Datos de la asignatura</b>	
Nombre	Ingeniería Energética
Código	DIM-IND-523
Titulación	Máster en Ingeniería Industrial
Curso	Primero
Cuatrimestre	Segundo
Créditos ECTS	7,5
Carácter	Obligatoria Común
Departamento	Ingeniería Mecánica
Área	Energía
Coordinador	José Ignacio Linares Hurtado

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	José Ignacio Linares Hurtado
Departamento	Ingeniería Mecánica
Área	Energía
Despacho	D-017
e-mail	linares@comillas.edu
Teléfono	91 542 28 00 Ext. 2368
Horario de Tutorías	Se comunicará el primer día de clase.

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Yolanda Moratilla Soria
Departamento	Ingeniería Mecánica
Área	Energía
Despacho	D-306
e-mail	ymoratilla@comillas.edu
Teléfono	91 542 28 00 Ext. 2363
Horario de Tutorías	Se comunicará el primer día de clase.

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Francisco González Hierro
Departamento	Ingeniería Mecánica
Área	Energía
Despacho	D-314
e-mail	fgonzalez@comillas.edu
Teléfono	
Horario de Tutorías	Se comunicará el primer día de clase.

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	<b>Javier Tardieu Benloch</b>
Departamento	<b>Ingeniería Mecánica</b>
Área	<b>Energía</b>
Despacho	<b>D-314</b>
e-mail	<b>jtardieu@comillas.edu</b>
Teléfono	
Horario de Tutorías	<b>Se comunicará el primer día de clase.</b>

<b>Profesores de Laboratorio</b>	
Nombre	<b>Francisco González Hierro</b>
Nombre	<b>José Ignacio Linares Hurtado</b>
Nombre	<b>Javier Tardieu Benloch</b>
Nombre	<b>Bienvenido Martínez Pantoja</b>
Nombre	<b>Leopoldo Prieto Fernández</b>
Nombre	<b>José Rafael Rubio Caldera</b>

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### Contextualización de la asignatura

#### Aportación al perfil profesional de la titulación

En el perfil profesional del máster en Ingeniería Industrial esta asignatura pretende dotar al alumno de los conocimientos básicos para poder entender tanto las fuentes de energía y los sistemas de conversión de las mismas en trabajo, calor y frío como para analizar la viabilidad técnico-económica de los sistemas energéticos.

Al finalizar el curso los alumnos serán capaces de discutir sobre escenarios y políticas energéticas con criterios técnicos, evaluar sistemas energéticos mediante técnicas exergéticas, analizar el comportamiento de sistemas energéticos fuera del punto de diseño, conocer y saber proponer mejoras en centrales térmicas de todo tipo y determinar las debilidades y fortalezas de las diferentes fuentes energéticas, tanto desde la producción como desde la logística y su transformación. En definitiva, los conceptos adquiridos en esta asignatura aportarán al alumno los criterios técnicos para contribuir al debate energético buscando la sostenibilidad en un sentido integral (económico, social y medioambiental).

Además, esta asignatura tiene un carácter mixto teórico-práctico por lo que a los componentes teóricos se les añaden los de carácter práctico orientados a la resolución de cuestiones numéricas en las que se ejercitaran los conceptos estudiados, así como a la realización de prácticas de laboratorio donde se enfrenten a sistemas reales a escala.

#### Prerrequisitos

**No existen prerrequisitos que de manera formal impidan cursar la asignatura. Sin embargo, por estar inmersa en un plan de estudios sí se apoya en conceptos vistos con anterioridad en asignaturas precedentes:**

##### **Termodinámica**

- **Balances másicos y energéticos**

##### **Transferencia de calor**

- **Intercambiadores de calor**

##### **Ingeniería y Desarrollo Sostenible**

- **Recursos renovables**

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

<b>Contenidos – Bloques Temáticos</b>
<b>BLOQUE 1: Sistemas</b>
<b>Tema 1: INTRODUCCIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 Energía, clasificación y tipos. Fuentes de energía</li> <li>1.2 Unidades macroenergéticas.</li> <li>1.3 Implicaciones medioambientales de la generación de energía.</li> <li>1.4 Aspectos geoestratégicos y sociales de las fuentes energéticas.</li> <li>1.5 Valoración de escenarios y políticas energéticas.</li> <li>1.6 Valoración económica de proyectos energéticos.</li> </ul>
<b>Tema 3: ANÁLISIS EXERGÉTICO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 Introducción.</li> <li>3.2 Análisis exergético en ciclos de potencia y refrigeración.</li> <li>3.3 Análisis exergético en sistemas abiertos.</li> <li>3.4 Eficiencia exergética.</li> </ul>
<b>Tema 9: MODELADO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>9.1 Introducción.</li> <li>9.2 Intercambiadores de calor y conductos.</li> <li>9.3 Máquinas volumétricas.</li> <li>9.4 Turbomáquinas.</li> <li>9.5 Integración.</li> </ul>
<b>BLOQUE 2: Fuentes energéticas</b>
<b>Tema 2: COMBUSTIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Introducción.</li> <li>2.2 Reacciones de combustión.</li> <li>2.3 Balance másico.</li> <li>2.4 Balance energético.</li> </ul>
<b>Tema 7. ENERGÍA NUCLEAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>7.1 Introducción.</li> <li>7.2 Reacciones nucleares.</li> <li>7.3 Componentes y sistemas de un reactor nuclear.</li> <li>7.4 Ciclo del combustible nuclear.</li> <li>7.5 Residuos Radiactivos.</li> <li>7.6 Radiaciones ionizantes.</li> <li>7.7 Fusión nuclear.</li> <li>7.8 Centrales nucleares: tipos y generaciones</li> <li>7.9 Centrales nucleares actuales: Generación II y III</li> <li>7.10 Centrales nucleares futuras: Generación III+, IV y Fusión</li> </ul>
<b>Tema 8: COMBUSTIBLES FÓSILES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>8.1 Introducción.</li> <li>8.2 Producción y distribución de petróleo y derivados.</li> <li>8.3 Producción y distribución de gas natural.</li> <li>8.4 Producción y distribución de carbón.</li> <li>8.5 Producción de hidrocarburos no convencionales.</li> <li>8.6 Almacenamiento de CO<sub>2</sub>.</li> </ul>
<b>TEMA 10. VECTOR HIDRÓGENO</b>

<p>10.1 Introducción.                  10.2 Producción de hidrógeno.                  10.3 Almacenamiento de hidrógeno.                  10.4 Combustión directa de hidrógeno.                  10.5 Pilas de combustible.</p>
<p><b>BLOQUE 3: Conversión de energía</b></p>
<p><b>Tema 4: CENTRALES TÉRMICAS DE COMBUSTIBLE FÓSIL</b></p>
<p>4.1 Introducción.                  4.2 Centrales de carbón (ciclo de vapor).                  4.3 Centrales de ciclo combinado.                  4.4 Repotenciación de centrales de carbón.                  4.5 Combustión limpia en centrales térmicas.                  4.6 Captura de CO<sub>2</sub>.</p>
<p><b>Tema 5: CICLOS DE REFRIGERACIÓN Y BOMBA DE CALOR AVANZADOS</b></p>
<p>5.1 Introducción.                  5.2 Producción de frío a baja temperatura.                  5.3 Bombas de calor avanzadas.                  5.4 Producción de frío con tecnología no convencional.                  5.5 Refrigeración por absorción.</p>
<p><b>Tema 6: CICLOS DE GENERACIÓN AVANZADOS</b></p>
<p>6.1 Introducción.                  6.2 Cogeneración.                  6.3 Ciclos de Rankine orgánicos.                  6.4 Ciclos supercríticos de CO<sub>2</sub>.                  6.5 Otros ciclos.                  6.6 Generación eléctrica mediante renovables.                  6.7 Almacenamiento masivo de energía.</p>

<b>Competencias – Resultados de Aprendizaje</b>
<b>Competencias</b>
<b>Competencias Básicas</b>
<p>CB2. Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.</p> <p>CB7. Ser capaces de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.</p>
<b>Competencias Generales</b>
<p>CG1. Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, electrónica industrial, automática, fabricación, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.</p> <p>CG2. Proyectar, calcular y diseñar productos, procesos, instalaciones y plantas.</p>
<b>Competencias del Módulo de Tecnologías Industriales</b>
<p>CMT5. Conocimientos y capacidades para el diseño y análisis de máquinas y motores térmicos, máquinas hidráulicas e instalaciones de calor y frío industrial.</p> <p>CMT6. Conocimientos y capacidades que permitan comprender, analizar, explotar y gestionar las distintas fuentes de energía.</p>
<b>Competencias del Módulo de Instalaciones, plantas y construcciones complementarias</b>
<p>CMI4. Conocimiento y capacidades para proyectar y diseñar instalaciones eléctricas y de fluidos, iluminación, climatización y ventilación, ahorro y eficiencia energética, acústica, comunicaciones, domótica y edificios inteligentes e instalaciones de seguridad.</p>
<b>Resultados de Aprendizaje</b>
<p>Al final de curso los alumnos deben ser capaces de:</p> <p>RA1. Conocer el contexto actual de la ingeniería energética.</p> <p>RA2. Realizar el análisis másico y energético de cualquier proceso de combustión.</p> <p>RA3. Aplicar el balance exergético para analizar sistemas energéticos.</p> <p>RA4. Conocer la tecnología de centrales térmicas fósiles.</p> <p>RA5. Conocer y resolver ciclos de refrigeración y bomba de calor avanzados.</p> <p>RA6. Conocer y resolver sistemas de generación avanzados.</p> <p>RA7. Conocer las características de la energía nuclear, sus ventajas y limitaciones</p>

- RA8. Conocer las fuentes de energía fósil, con sus limitaciones y condicionantes.  
 RA9. Conocer las oportunidades y limitaciones del hidrógeno como vector energético.  
 RA10. Modelar sistemas energéticos fuera del punto de diseño.

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Metodología Presencial: Actividades	Competencias
<p>1. <b>Clase magistral y presentaciones generales.</b> El profesor explicará los conceptos fundamentales de cada tema incidiendo en lo más importante. Se hará especial hincapié en el significado de las ecuaciones y su aplicación. Seguidamente se resolverán diversos ejemplos prácticos. De forma ocasional se invitará a profesionales de reconocido prestigio. <b>(42 horas).</b></p>	<p>CG1, CMT5, CMT6, CMI4</p>
<p>2. <b>Resolución en clase de problemas prácticos.</b> En estas sesiones se explicarán, resolverán y analizarán problemas de un nivel similar al encontrado en los exámenes de cada tema previamente propuestos por el profesor y trabajados por el alumno. <b>(16 horas).</b></p>	<p>CB2, CB7, CG2</p>
<p>3. <b>Exposición de los alumnos.</b> Los alumnos, divididos en grupos pequeños, expondrán en clase un trabajo sobre temas afines a la asignatura. Los temas podrán ser propuestos por el profesor o por los alumnos, previa aprobación del profesor. <b>(6 horas).</b></p>	<p>CB2, CB7, CG2</p>
<p>4. <b>Prácticas de laboratorio.</b> Los alumnos, divididos en grupos pequeños, realizarán sesiones prácticas con diversos equipos y software de simulación para aplicar los conocimientos adquiridos en las sesiones teóricas a instalaciones energéticas reales. <b>(8 horas).</b></p>	<p>CB2, CB7, CG2</p>
<p>5. <b>Evaluación.</b> A la mitad aproximada del semestre los alumnos realizarán individualmente una prueba escrita en una de las sesiones de 2 horas de la asignatura. Dicha prueba será resuelta en la siguiente sesión (1 hora). Al finalizar el curso se realizará un examen escrito e individual de 3 horas de duración. <b>(6 horas).</b></p>	<p>CB2, CG1, CG2, CMT5, CMT6</p>
<p>6. <b>Tutorías.</b> Se realizarán en grupo o individualmente para</p>	

<p>resolver las dudas que se les planteen a los alumnos después de haber trabajado los distintos temas.</p>	
<p><b>Metodología No presencial: Actividades</b></p>	<p><b>Competencias</b></p>
<p>El objetivo principal del trabajo no presencial es llegar a entender y comprender los conceptos teóricos de la asignatura, así como ser capaz de poner en práctica estos conocimientos para resolver los diferentes tipos de problemas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Estudio de los conceptos teóricos.</b> El alumno debe realizar un trabajo personal posterior a las clases teóricas para comprender e interiorizar los conocimientos aportados en la materia. Se empleará para ello el material presentado en transparencias y los apuntes (material complementario) de la asignatura (45 horas).</li> <li><b>2. Trabajo autónomo sobre los problemas.</b> El alumno analizará la resolución de los problemas llevada a cabo en clase principalmente por el profesor, para pasar luego a enfrentarse a los problemas propuestos y no resueltos en clase, de los que dispondrá de la resolución posteriormente, preguntando las dudas en las sesiones de tutoría. Esta actividad también se aplicará sobre exámenes resueltos de cursos anteriores disponibles para los alumnos en Moodle. (32 horas).</li> <li><b>3. Prácticas de laboratorio.</b> Tras la sesión presencial en el Laboratorio se redactará un informe técnico siguiendo un guion facilitado por el profesor. <b>(16 horas).</b></li> <li><b>4. Trabajos.</b> Una vez asignado el tema del trabajo los alumnos en pequeños grupos realizarán la búsqueda de información y el desarrollo del trabajo y de la presentación. El trabajo se controlará mediante entregas parciales previamente establecidas (hitos). <b>(24 horas).</b></li> <li><b>5. Preparación de exámenes.</b> Los alumnos prepararán los exámenes a partir del material facilitado y los conocimientos adquiridos. Podrán acudir a las sesiones de tutorías para resolver dudas. (30 horas)</li> </ol>	<p><b>CB2, CB7, CG2</b></p> <p><b>CG1, CMT5, CMT6, CM14</b></p> <p><b>CB2, CB7, CG2</b></p> <p><b>CB2, CB7, CG2</b></p> <p><b>CB2, CB7, CG2</b></p> <p><b>CB2, CG1, CG2, CMT5, CMT6</b></p>



Semana	ACTIVIDADES PRESENCIALES				ACTIVIDADES NO PRESENCIALES				Resultados de aprendizaje			
	h/s	Clase teoría/problemas	Prácticas	Exposiciones	Evaluación	h/s	Estudio individual de conceptos teóricos	Resolución de problemas	Prácticas de Laboratorio	Trabajos	Resultados de aprendizaje	Descripción
1	5	Presentación (1 hora), Teoría Tema 1 (3 horas), Problemas Tema 1 (1 hora)				5	Estudio del Tema 1 (3 horas)	Análizar los problemas realizados en clase y realizar los propuestos del Tema 1 (2 horas)			RA1	Conocer el contexto actual de la ingeniería energética
2	5	Problemas Tema 1 (1 hora), Teoría Tema 2 (3 horas), Problemas Tema 2 (1 hora)				7	Estudio del Tema 2 (3 horas)	Análizar los problemas realizados en clase y realizar los propuestos del Tema 1 (2 horas). Ídem del Tema 2 (2 horas)			RA2	Realizar el análisis másico y energético de cualquier proceso de combustión
3	5	Problemas Tema 2 (2 horas), Teoría Tema 3 (2 horas), Problemas Tema 3 (1 hora)				9	Estudio del Tema 3 (3 horas)	Análizar los problemas realizados en clase y realizar los propuestos del Tema 2 (4 horas). Ídem del Tema 3 (2 horas)		Propuesta de los trabajos (entrega por parte del profesor o propuesta por parte de los alumnos)	RA2 RA3	Realizar el análisis másico y energético de cualquier proceso de combustión. Aplicar los balances exergéticos para analizar sistemas energéticos.
4	5	Problemas Tema 3 (1 hora), Teoría Tema 4 (4 horas)				9	Estudio del Tema 4 (5 horas)	Análizar los problemas realizados en clase y realizar los propuestos del Tema 3 (2 horas)		Preparación del índice/memoria descriptiva (2 horas)	RA3 RA4	Aplicar los balances exergéticos para analizar sistemas energéticos. Conocer la tecnología de centrales térmicas fósiles.
5	5	Teoría Tema 4 (5 horas)				8	Estudio del Tema 4 (6 horas)			Preparación del índice/memoria descriptiva (2 horas)	RA4	Conocer la tecnología de centrales térmicas fósiles.
6	5	Problemas Tema 4 (3 horas), Teoría Tema 5 (2 horas)				10	Estudio del Tema 5 (2 horas)	Análizar los problemas realizados en clase y realizar los propuestos del Tema 4 (6 horas)		Preparación del índice/memoria descriptiva (2 horas)	RA4 RA5	Conocer la tecnología de centrales térmicas fósiles. Conocer y resolver ciclos de refrigeración y bombu de calor avanzados.
7	5	Teoría Tema 5 (3 horas), Problemas Tema 5 (1 hora), Teoría Tema 6 (1 hora)				12	Estudio del Tema 5 (3 horas), Estudio del Tema 6 (2 horas), Preparación del examen (5 horas)	Análizar los problemas realizados en clase y realizar los propuestos del Tema 5 (2 horas)		Hijo 1: entrega del índice (memoria descriptiva)	RA5 RA6	Conocer y resolver ciclos de refrigeración y bombu de calor avanzados. Conocer y resolver sistemas de generación avanzados.
8	5	Teoría Tema 6 (2 horas), Corrección intersemestral (1 hora)			Examen intersemestral (2 horas)	11	Estudio del Tema 6 (2 horas), Preparación del examen (5 horas)			Preparación de la Memoria definitiva (4 horas)	RA6	Conocer y resolver sistemas de generación avanzados.
9	5	Teoría Tema 6 (2 horas), Problemas tema 6 (3 horas)				12	Estudio del Tema 6 (2 hora)	Análizar los problemas realizados en clase y realizar los propuestos del Tema 6 (6 horas)		Preparación de la Memoria definitiva (4 horas)	RA6	Conocer y resolver sistemas de generación avanzados.
10	5	Teoría Tema 7 (5 horas)				9	Estudio del Tema 7 (5 horas)			Preparación de la Memoria definitiva (4 horas)	RA7	Conocer las características de la energía nuclear, sus ventajas y limitaciones
11	5	Teoría Tema 7 (1 hora), Problemas Tema 7 (1 hora), Teoría Tema 8 (1 hora)	Prácticas (2 horas)			8	Estudio del Tema 7 (1 hora), Estudio del tema 8 (1 hora)	Análizar los problemas realizados en clase y realizar los propuestos del Tema 7 (2 horas)	Redacción del informe de la primera práctica (4 horas)	Hijo 2: entrega de la Memoria del trabajo	RA7 RA8	Conocer las características de la energía nuclear, sus ventajas y limitaciones. Conocer las fuentes de energía fósil, con sus limitaciones y condicionantes.
12	5	Teoría Tema 8 (2 horas), Teoría Tema 9 (1 hora)	Prácticas (2 horas)			13	Estudio del Tema 8 (2 horas), Estudio del Tema 9 (1 hora)		Redacción del informe de la segunda práctica (4 horas)	Preparación de la presentación (6 horas)	RA8 RA9	Conocer las fuentes de energía fósil, con sus limitaciones y condicionantes. Conocer las oportunidades y limitaciones del hidrógeno como vector energético.
13	5	Teoría tema 9 (1 hora)	Prácticas (2 horas)	Exposiciones (2 horas)		10	Estudio del Tema 9 (1 hora), Preparación del examen (5 horas)		Redacción del informe de la tercera práctica (4 horas)		RA9	Conocer las oportunidades y limitaciones del hidrógeno como vector energético.
14	5	Teoría Tema 10 (1 hora)	Prácticas (2 horas)	Exposiciones (2 horas)		12	Estudio del Tema 10 (1 hora), Preparación del examen (7 horas)		Redacción del informe de la cuarta práctica (4 horas)		RA10	Modelar sistemas energéticos fuera del punto de diseño.
15	5	Teoría Tema 10 (2 hora), Repaso (1 hora)		Exposiciones (2 horas)		12	Estudio del Tema 10 (2 horas), Preparación del examen (8 horas)	Análizar los problemas de repaso y trabajar los exámenes resueltos de otros años (2 horas)			RA10	Modelar sistemas energéticos fuera del punto de diseño.

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	PESO
<p><b><u>Realización de exámenes:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Examen Intersemestral</li> <li>Examen Final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprensión de conceptos.</li> <li>Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li> <li>Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li> <li>Presentación y comunicación escrita.</li> </ul>	<b>70%</b>
<p><b><u>Evaluación del Rendimiento.</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajo y presentación</li> <li>Informes de prácticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda de información.</li> <li>Aplicación de conceptos para valorar críticamente información técnica.</li> <li>Expresión oral y escrita.</li> <li>Redacción de documentos técnicos.</li> <li>Presentación de los resultados.</li> <li>Análisis de los resultados según los conocimientos adquiridos en la asignatura.</li> </ul>	<b>15%</b>  <b>15%</b>

### Criterios de Calificación

La calificación en la **convocatoria ordinaria** de la asignatura se obtendrá como:

- Un 70% la calificación de los exámenes. La calificación del examen final supondrá un 50% de la calificación final en la asignatura mientras que la calificación del intersemestral supondrá un 20%.
- Un 15% será la calificación del trabajo.
- Un 15% será la entrega de informes de las prácticas.

En caso de que la media ponderada anterior resulte mayor de 5 la calificación de la asignatura será dicha media; en caso contrario será la nota mínima de dicha media y el examen final.

La calificación en la **convocatoria extraordinaria** de la asignatura se obtendrá como:

- Un 20% la media entre la calificación obtenida en el trabajo y la media de los informes de prácticas.

- Un 80% la calificación del examen de la convocatoria extraordinaria.

En caso de que la media ponderada anterior resulte mayor de 5 la calificación de la asignatura será dicha media; en caso contrario será la nota mínima de dicha media y el examen de la convocatoria extraordinaria.

La realización del trabajo y las prácticas (tanto participación en los informes y memoria como asistencia a las sesiones) es condición necesaria para aprobar la asignatura en ambas convocatorias.

La inasistencia a más del 15% de las horas presenciales de esta asignatura puede tener como consecuencia la imposibilidad de presentarse a la convocatoria ordinaria de esta asignatura.

### RESUMEN PLAN DE LOS TRABAJOS Y CRONOGRAMA

Actividades Presenciales y No presenciales	Fecha de realización	Fecha de entrega
• Lectura y estudio de los contenidos teóricos (transparencias y texto cuando esté disponible)	Después de cada clase	
• Resolución de los problemas propuestos	Al finalizar el tema correspondiente	
• Examen Intersemestral y Examen Final	Semana 8 y periodo de exámenes ordinarios	
• Preparación de Examen intersemestral	Al menos semanas 7 y 8	
• Preparación de Examen Final	Al menos semanas 13, 14 y 15	
• Prácticas de laboratorio	Semanas 11, 12, 13 y 14	
• Elaboración de los informes de laboratorio		Semanas 12, 13, 14 y 15
• Elaboración del trabajo	Semanas 3 a 15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hito 1: semana 7</li> <li>• Hito 2: semana 11</li> <li>• Hito 3: Semana 13 a 15</li> </ul>
• Exposición pública del trabajo	Semanas 13 a 15	

<b>RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO</b>			
<b>HORAS PRESENCIALES</b>			
Lección magistral	Resolución de problemas	Prácticas y Trabajo	Evaluación
42	16	14	6
<b>HORAS NO PRESENCIALES</b>			
Trabajo autónomo sobre contenidos teóricos	Trabajo autónomo sobre problemas	Trabajo colaborativo sobre Trabajo y Prácticas	Preparación de exámenes
45	32	40	30
<b>CRÉDITOS ECTS:</b>			<b>7,5 (225 horas)</b>

## **BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS**

<b>Bibliografía Básica</b>
<b>Apuntes y Transparencias</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transparencias de cada tema (disponibles en Moodle).</li> <li>• Apuntes de la mayoría de los temas (disponibles en Moodle).</li> <li>• Problemas resueltos (disponibles en Moodle).</li> <li>• Exámenes resueltos (disponibles en Moodle).</li> </ul>
<b>Bibliografía Complementaria</b>
<b>Libros de texto</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Cassedy and P. Grossman, Introduction to Energy: Resources, Technology and Society. Cambridge University Press, 1998</li> <li>• R.W. Haywood, Analysis of Engineering Cycles, 4th Edition. Pergamon Press, 1991.</li> </ul>

## SUBJECT DATASHEET

<b>Course information</b>	
Name	<b>Energy Engineering</b>
Code	<b>DIM-IND-523</b>
Degree	<b>Master on Industrial Engineering</b>
Year	<b>First</b>
Semester	<b>Second (Spring)</b>
ECTS credits	<b>7.5</b>
Type	<b>Compulsory</b>
Department	<b>Mechanical Engineering</b>
Area	<b>Energy</b>
Coordinator	<b>José Ignacio Linares Hurtado</b>

<b>Instructor information</b>	
<b>Instructor</b>	
Name	<b>Luis López Álvarez</b>
Department	<b>Mechanical Engineering</b>
Area	<b>Energy</b>
Office	<b>D-314</b>
e-mail	<b>llopez@comillas.edu</b>
Phone	
Office hours	<b>To be defined at the term beginning.</b>

<b>Lab Instructors</b>	
Nombre	<b>Luis López Álvarez</b>
Nombre	<b>Bienvenido Martínez Pantoja</b>
Nombre	<b>Leopoldo Prieto Fernández</b>
Nombre	<b>José Rafael Rubio Caldera</b>

## SPECIFIC SUBJECT DATASHEET

<b>Subject contextualization</b>
<b>Contribution to the professional profile of the Title</b>
<p>In the professional profile of the Masters in Industrial Engineering this subject aims to equip students with the basic knowledge to understand both energy sources and systems to convert them into power, heating and cooling and to assess the technical and economic feasibility of energy systems.</p> <p>After completing the course students will be able to discuss energy policy scenarios with technical criteria to evaluate energy systems using exergy techniques, analyzing the behavior of energy systems working at off-design point, knowing and proposing improvements in power plants of all types and determine the strengths and weaknesses of the different energy sources, both from production and from logistics and processing. In short, the knowledge acquired in this course will provide students with the technical criteria</p>

to contribute to the energy debate seeking sustainability in a holistic sense (economic, social and environmental).

In addition, this course has a mixed theoretical and practical sense, so that the theoretical components are added the practical aimed at solving numerical issues where the concepts studied will be exercised, as well as conducting laboratory practice where they face real systems to scale.

#### Pre requirements

**There are not any prerequisites needed to study the subject. However, as the subject is inserted in an engineering syllabus, it is supported on concepts previously seen in other subjects:**

##### Thermodynamics

- Energy and mass balances

##### Heat transfer

- Heat exchangers

##### Sustainable Development and Engineering

- Renewable resources

## THEME SEGMENT AND CONTENTS

### Contents – Theme segments

#### THEME 1: Systems

##### Unit 1: INTRODUCTION

- 1.1 Energy, classifications and types. Energy sources.
- 1.2 Macro-energy units.
- 1.3 Environmental implications of power generation.
- 1.4 Social and geostrategical aspects of energy sources.
- 1.5 Assessment of scenarios and energy policies.
- 1.6 Assessment of economic feasibility of energy projects.

##### Unit 3: EXERGY ANALYSIS

- 3.1 Introduction.
- 3.2 Exergy analysis in power and refrigeration cycles.
- 3.3 Exergy analysis in control volumes.
- 3.4 Exergy efficiency.

##### Unit 9: ENERGY SYSTEMS MODELING

- 9.1 Introduction.
- 9.2 Heat exchangers and ducts.
- 9.3 Volumetric machines.
- 9.4 Turbomachines.
- 9.5 Systems integration.

#### THEME 2: Energy sources

##### Unit 2: COMBUSTION

- 2.1 Introduction.
- 2.2 Combustion reactions.
- 2.3 Mass balance.
- 2.4 Energy balance.

##### Unit 7: NUCLEAR ENERGY

- 7.1 Introduction
- 7.2 Nuclear reactions.

<p>7.3 Systems and components of a nuclear reactor.                  7.4 Nuclear fuel cycle.                  7.5 Nuclear wastes.                  7.6 Ionizing radiations.                  7.7 Nuclear fusion.                  7.8 Nuclear power plants: types and Generations                  7.9 Current nuclear power plants: Generation II and III                  7.10 Forthcoming nuclear power plants: Generation III+, IV and fusion</p>
<p><b>Unit 8: FOSSIL FUELS</b></p>
<p>8.1 Introduction                  8.2 Oil and derivatives production and distribution.                  8.3 Natural gas production and distribution.                  8.4 Coal production and distribution.                  8.5 Non-conventional hydrocarbons production.                  8.6 CO<sub>2</sub> storage.</p>
<p><b>Unit 10: HYDROGEN AS ENERGY CARRIER</b></p>
<p>10.1 Introduction                  10.2 Hydrogen generation.                  10.3 Hydrogen storage.                  10.4 Hydrogen direct combustion.                  10.5 Fuel cells.</p>
<p><b>THEME 3: Energy conversion</b></p>
<p><b>Unit 4: FOSSIL FUEL POWER PLANTS</b></p>
<p>4.1 Introduction.                  4.2 Coal power plants (steam cycle).                  4.3 Combined cycle power plants.                  4.4 Repowering of coal power plants.                  4.5 Clean combustion in power plants.                  4.6 CO<sub>2</sub> capture.</p>
<p><b>Unit 5: REFRIGERATION CYCLES AND HEAT PUMPS</b></p>
<p>5.1 Introduction.                  5.2 Low temperature chillers.                  5.3 Advanced heat pumps.                  5.4 Non-conventional chillers.                  5.5 Absorption chillers.</p>
<p><b>Unit 6: ADVANCED POWER PLANTS</b></p>
<p>6.1 Introduction.                  6.2 Combined heat and power.                  6.3 Organic Rankine cycles.                  6.4 Supercritical CO<sub>2</sub> cycles.                  6.5 Other power plants.                  6.6 Electric generation from renewable sources                  6.7 Massive energy storage.</p>

<b>Competences – Learning Outcomes</b>
<b>Competences</b>
<b>Basic Competences</b>
<p>CB2. Knowing how to apply and integrate their knowledge, understanding these, its scientific basis and troubleshooting capabilities in new and imprecisely defined environments, including multidisciplinary contexts both researchers and highly skilled professionals.</p> <p>CB7. Being able to take responsibility for their own professional development and specialization in one or more fields of study.</p>
<b>General Competences</b>
<p>CG1. To have appropriate knowledge about the scientific and technological aspects of: mathematical, analytical and numerical methods in engineering, electrical engineering, power engineering, chemical engineering, mechanical engineering, continuum mechanics, industrial electronics, automation, manufacturing, materials, quantitative methods management, industrial computing, planning, infrastructure, and so on.</p> <p>CG2. To project, to calculate and to design products, processes, facilities and plants.</p>
<b>Competences of the Industrial Technologies Module</b>
<p>CMT5. Knowledge and capabilities for the design and analysis of thermal machines and engines, hydraulic machines and industrial heating and cooling facilities.</p> <p>CMT6. Knowledge and capabilities to understand, analyze, operate and manage the different energy sources.</p>
<b>Competences of the Facilities, plants and complementary constructions Module</b>
<p>CMI4. Knowledge and skills to plan and design electrical and fluid facilities, lighting, air conditioning and ventilation, energy saving and efficiency, acoustics, communications, automation and smart buildings and security installations.</p>
<b>Learning outcomes</b>
<p>At the end of the course students should be able to:</p> <p>LO1. To know the current context of the energy engineering.</p> <p>LO2. To do the mass and energy balance of any combustion process.</p> <p>LO3. To apply the exergy analysis to analyze energy systems.</p> <p>LO4. To know about fossil power plant technology.</p> <p>LO5. To know and solve advanced cooling and heat pump cycles.</p> <p>LO6. To know and solve advanced power systems.</p>



- LO7. To know the characteristics of nuclear energy, its advantages and restrictions.
- LO8. To know the fossil energy sources, with their limitations.
- LO9. To know the opportunities and limitations of the hydrogen as energy carrier.
- LO10. To model energy systems working off-design.

**TEACHING METHODOLOGY**

Subject methodological aspects	
In-class methodology: Activities	Competences
<p>1. <b>Lectures.</b> The lecturer will explain basic concepts for every unit showing the more important aspects. Special attention to be paid with equations and how to use. Examples will be presented, discussed and solved to complete the understanding. <b>(42 hours)</b>.</p>	<p><b>CG1,CMT5, CMT6, CMI4</b></p>
<p>2. <b>In-class case discussion and problem solving.</b> Students will discuss the cases and problems proposed by the teacher. Cases will be open challenges that can be analyzed and solved by the use of the concepts already presented in class. <b>(16 hours)</b>.</p>	<p><b>CB2, CB7, CG2</b></p>
<p>3. <b>Team Work presentations.</b> The students, split in small teams, will expose in class a work about topics related with the subject. The topics will be able proposed by the lecturer or by the students with the approval by the former. <b>(6 hours)</b>.</p>	<p><b>CB2, CB7, CG2</b></p>
<p>4. <b>Lab sessions.</b> The students, split in small teams, will do lab sessions with different devices and simulation software in order to apply the acquired knowledge in the lectures to actual energy facilities. <b>(8 hours)</b>.</p>	<p><b>CB2, CB7, CG2</b></p>
<p>5. <b>Assessment.</b> At mid-term an individual and written exam will be done in a 2 hours session. Such exam will be solved in the next session (1 hour). At end-term an individual and written exam will be done with 3 hours long. <b>(6 hours)</b>.</p>	<p><b>CB2, CG1, CG2, CMT5, CMT6</b></p>
<p>6. <b>Tutoring sessions.</b> The students will be able to ask to the lecturer doubts about the subject individually or in group.</p>	
Distance Methodology: Activities	Competences
<p>Main target of the distance Works is to achieve the understanding of the theoretical concepts and to be able to apply them to solve different types of problems.</p>	<p><b>CB2, CB7, CG2</b></p>
<p>1. <b>Self-learning on the concepts presented in class.</b> The student must make a personal work back to the lectures to understand and internalize the knowledge provided in the subject. It will be used for that the material presented on slides and notes (additional texts) on the subject <b>(45 hours)</b>.</p>	<p><b>CG1, CMT5, CMT6, CMI4</b></p>

<p><b>2. Cases study.</b> The student will analyze the resolution of the problems in class conducted primarily by the lecturer, and then turn to face the problems proposed (no solved) in class, whose solution will be available later, asking questions in the tutoring sessions. This activity shall also apply to previous years solved exams available for students in Moodle. <b>(32 hours).</b></p>	<p><b>CB2, CB7, CG2</b></p>
<p><b>3. Lab sessions.</b> After the in-lab session a report will be written following a guide provided by the instructor. <b>(16 hours).</b></p>	<p><b>CB2, CB7, CG2</b></p>
<p><b>4. Team Works.</b> Once the topic has been assigned the students, divided in small teams, will perform the information searching and the developing of the work and the presentation. The work will be controlled by partial deliveries at established milestones. <b>(24 hours).</b></p>	<p><b>CB2, CB7, CG2</b></p>
<p><b>5. Exam preparation.</b> The students will prepare the exams based on the provided material and the acquired knowledge. They will be able to attend the tutoring sessions for solving questions. <b>(30 hours).</b></p>	<p><b>CB2, CG1, CG2, CMT5, CMT6</b></p>

Week	IN-CLASS ACTIVITIES				DISTANCE ACTIVITIES				Learning Outcomes			
	h/s	Lectures and problem solving	Lab sessions	Presentations	Assessment	h/s	Self-learning of concepts presented in class	Case study	Lab sessions	Team Work	Learning outcomes	Description
1	5	Presentation (1 hour). Theory Unit 1 (3 hours). Problems Unit 1 (1 hour)				5	Unit 1 (3 hours)	Analyze solved problems in class and performing the proposed ones of Unit 1 (2 hours)			LO1	To know the current context of the energy engineering.
2	5	Problems Unit 1 (1 hour). Theory Unit 2 (3 hours). Problems Unit 2 (1 hour)				7	Unit 2 (3 hours)	Analyze solved problems in class and performing the proposed ones of Unit 1 (2 hours). The same for Unit 2 (2 hours)			LO2	To do the mass and energy balance of any combustion process.
3	5	Problems Unit 2 (2 hours). Theory Unit 3 (2 hours). Problems Unit 3 (1 hour)				9	Unit 3 (3 hours)	Analyze solved problems in class and performing the proposed ones of Unit 2 (4 hours). The same for Unit 3 (2 hours)		Works topics proposing (provided by instructor or proposed by students)	LO2 LO3	To do the mass and energy balance of any combustion process. To apply the exergy analysis to analyze energy systems.
4	5	Problems Unit 3 (1 hour). Theory Unit 4 (4 hours)				9	Unit 4 (5 hours)	Analyze solved problems in class and performing the proposed ones of Unit 3 (2 hours)		Index/descriptive memory preparation (2 hours)	LO3 LO4	To apply the exergy analysis to analyze energy systems. To know about fossil power plant technology.
5	5	Theory Unit 4 (5 hours)				8	Unit 4 (6 hours)			Index/descriptive memory preparation (2 hours)	LO4	To know about fossil power plant technology.
6	5	Problems Unit 4 (3 hours). Theory Unit 5 (2 hours)				10	Unit 5 (2 hours)	Analyze solved problems in class and performing the proposed ones of Unit 4 (6 hours)		Index/descriptive memory preparation (2 hours)	LO4 LO5	To know about fossil power plant technology. To know and solve advanced cooling and heat pump cycles.
7	5	Theory Unit 5 (3 hours). Problems Unit 5 (1 hour). Theory Unit 6 (1 hour)				12	Unit 5 (3 hours). Unit 6 (2 hours). Mid term exam preparation (5 hours)	Analyze solved problems in class and performing the proposed ones of Unit 5 (2 hours)		Milestone 1: descriptive memory delivery	LO5 LO6	To know and solve advanced cooling and heat pump cycles. To know and solve advanced power systems.
8	5	Theory Unit 6 (2 hours). Mid term exam resolution (1 hour)			Examen intersemestral (2 horas)	11	Unit 6 (2 hours). Mid term exam preparation (5 hours)			Final report preparation (4 hours)	LO6	To know and solve advanced power systems.
9	5	Theory Unit 6 (2 hours). Problems Unit 6 (3 hours)				12	Unit 6 (2 hours)	Analyze solved problems in class and performing the proposed ones of Unit 6 (6 hours)		Final report preparation (4 hours)	LO6	To know and solve advanced power systems.
10	5	Theory Unit 7 (5 hours)				9	Unit 7 (5 hours)			Final report preparation (4 hours)	LO7	To know the characteristics of nuclear energy, its advantages and restrictions.
11	5	Theory Unit 7 (1 hora). Problems Unit 7 (1 hour). Theory Unit 8 (1 hour)	Lab sessions (2 hours)			8	Unit 7 (1 hour). Unit 8 (1 hour)	Analyze solved problems in class and performing the proposed ones of Unit 7 (2 hours)	Writing of first lab session report (4 hours)	Milestone 2: Final report delivery	LO7 LO8	To know the characteristics of nuclear energy, its advantages and restrictions. To know the fossil energy sources, with their limitations.
12	5	Theory Unit 8 (2 hours). Theory Unit 9 (1 hour)	Lab sessions (2 hours)			13	Unit 8 (2 hours). Unit 9 (1 hour)		Writing of second lab session report (4 hours)	Presentation preparation (6 hours)	LO8 LO9	To know the fossil energy sources, with their limitations. To know the opportunities and limitations of the hydrogen as energy carrier.
13	5	Theory Unit 9 (1 hour)	Lab sessions (2 hours)	Presentations (2 hours)		10	Unit 9 (1 hour). End of term exam preparation (5 hours)		Writing of third lab session report (4 hours)		LO9	To know the opportunities and limitations of the hydrogen as energy carrier.
14	5	Theory Unit 10 (1 hour)	Lab sessions (2 hours)	Presentations (2 hours)		12	Unit 10 (1 hour). End of term exam preparation (7 hours)		Writing of fourth lab session report (4 hours)		LO10	To model energy systems working off-design.
15	5	Theory Unit 10 (2 hours). Review (1 hour)		Presentations (2 hours)		12	Unit 10 (2 hours). End of term exam preparation (8 hours)	Analyze review problems and working with the other years solved exams (2 hours)			LO10	To model energy systems working off-design.



Attendance (see latter) and work team and lab reports performing is a necessary condition to pass the subject in both summons.

Attendance: The absence of more than 15% of the total amount of classes can entail to fail the ordinary summon.

### WORKING SCHEDULE

In-class and distance activities	Do date	Delivery date
<ul style="list-style-type: none"> <li>Self-learning of concepts presented in class (slides and additional text if any)</li> </ul>	After session	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Problem solving</li> </ul>	After the end of the unit	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mid term and end of term exam</li> </ul>	Week 8 and ordinary summon period	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mid term exam preparation</li> </ul>	At least weeks 7 and 8	
<ul style="list-style-type: none"> <li>End of term exam preparation</li> </ul>	At least weeks 13, 14 and 15	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lab sessions</li> </ul>	Weeks 11, 12, 13 and 14	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lab sessions reports performing</li> </ul>		Weeks 12, 13, 14 and 15
<ul style="list-style-type: none"> <li>Team work performing</li> </ul>	Weeks 3 to 15	M1: week 7 M2: week 11 M3: week 13 to 15
<ul style="list-style-type: none"> <li>Team work presentation</li> </ul>	Weeks 13 to 15	

<b>STUDENT SCHEDULE SUMMARY (HOURS)</b>			
<b>LIVE</b>			
<b>Lectures</b>	<b>Case discussion</b>	<b>Team work and lab sessions</b>	<b>Assessment</b>
42	16	14	6
<b>DISTANCE</b>			
<b>Self-study on lectures</b>	<b>Self-work on cases</b>	<b>Team work and lab reports preparation</b>	<b>Exam preparation</b>
45	32	40	30
<b>ECTS:</b>			<b>7,5 (225 hours)</b>

## **BIBLIOGRAPHY AND RESOURCES**

<b>Basic bibliography</b>
<b>Notes and Slides</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Slides of every unit (available at Moodle).</li> <li>• Additional texts of nearly all the units (available at Moodle).</li> <li>• Solved problems (available at Moodle).</li> <li>• Solved exams (available at Moodle).</li> </ul>
<b>Additional Bibliography</b>
<b>Text books</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Cassedy and P. Grossman, Introduction to Energy: Resources, Technology and Society. Cambridge University Press, 1998</li> <li>• R.W. Haywood, Analysis of Engineering Cycles, 4th Edition. Pergamon Press, 1991.</li> </ul>