Universidad de Navarra

Máquinas y sistemas térmicos e hidráulicos (MII Madrid)

Guía docente 2026-27

PRESENTACIÓN

Breve descripción:

- **Titulación**: Máster en Ingeniería Industrial
- **Módulo/Materia**: Tecnología Industrial / Máquinas, Motores y Fabricación Industrial
- **ECTS**: 5 ECTS
- **Curso, semestre**: Primero // Segundo
- **Carácter**: Obligatorio
- **Profesorado**:
- Ramos González, Juan Carlos - Email: jcramos@tecnun.es / Catedrático
- Rivas Nieto, Alejandro - Email: arivas@tecnun.es / Catedrático
- Abella Monserrat, Ramón - Email: rabellamons@external.unav.es / Invitado
- Fernández-Castañeda Belda, Jaime / Invitado
- **Idioma**: Castellano

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Competencias)

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG01 - 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.

CG02 - Proyectar, calcular y diseñar productos, procesos, instalaciones y plantas.

CE05 - Conocimientos y capacidades para el diseño y análisis de máquinas y motores térmicos, máquinas hidráulicas e instalaciones de calor y frío industrial.

PROGRAMA

MÁQUINAS Y SISTEMAS TÉRMICOS

Tema 1. Introducción a las máquinas térmicas y a los motores térmicos

En este tema se hace una breve introducción a las máquinas térmicas y se presenta su clasificación atendiendo a distintos criterios. También se introducen los motores térmicos y su clasificación.

Colaborador: D. Jaime Fernández-Castañeda, Head of Research & Technology (ITP Aero).

Tema 2. Introducción a los MCIA: ciclos básicos y parámetros fundamentales

Se presenta la clasificación de los MCIA. Se describen brevemente los principales ciclos que se emplean para caracterizar su comportamiento: ciclo teórico aire-combustible y ciclo real al freno. Se estudian los parámetros fundamentales, tanto en cuanto a su descripción como a la

cuantificación de sus prestaciones. Por último, se presentan las curvas características como forma de representar la relación entre los parámetros que afectan al funcionamiento y a las prestaciones de un motor de combustión.

Tema 3. Elementos constructivos de MCIA

Se describe la función y las principales características de los elementos de un motor. Elementos fijos (bloque, cilindros, bancada, culata,...) y elementos móviles como la cadena cinemática y el sistema de distribución.

Tema 4. Renovación de la carga en motores de 4 tiempos

Se describe en qué consiste el proceso de renovación de la carga y se explica su importancia para conseguir unas buenas prestaciones del motor. Se presentan las principales características tecnológicas de los métodos usados para optimizar el llenado de los motores de 4t: admisión variable, multiválvulas, distribución variable y sobrealimentación (compresores y turbocompresores).

Tema 5. Cogeneración

Se presentan los parámetros que definen el funcionamiento de un sistema de cogeneración. Se explica la clasificación de los sistemas de cogeneración con sus aspectos tecnológicos relativos al motor de cogeneración (motores alternativos de combustión interna, turbinas de gas, turbinas de vapor y ciclo combinado). También se explican los modos de operación de un sistema de cogeneración. Se presentan y se resuelven ejemplos de aplicación de la cogeneración.

Tema 6. Energía solar térmica

Se presentan los parámetros que se utilizan para evaluar la radiación solar en una localización determinada en función de la inclinación del colector solar. Se explica cómo funciona un colector solar y cuáles son las principales características de sus componentes. Se explican las características tecnológicas de los sistemas de energía solar térmica de baja temperatura y el método f-Chart para su dimensionamiento. Se comentan aspectos tecnológicos de los sistemas de energía solar térmica de media y alta temperatura.

Tema 7. Turbomáquinas térmicas

Introducción a las turbomáquinas térmicas. Compresores. Turbinas de Gas. El motor de Reacción.

MÁQUINAS Y SISTEMAS HIDRÁULICOS

Tema 1. **Introducción a las bombas rotodinámicas**

En este tema se definen las máquinas hidráulicas, sus tipos (turbomáquinas y de desplazamiento positivo) y la clasificación en función del sentido en que se transfiere la energía. Dentro de las bombas rotodinámicas se enumerarán los principales componentes hidráulicos haciendo hincapié en el rodete o impulsor. Se introducirá el concepto de velocidad específica y se presentará la clasificación de las turbomáquinas en radiales, diagonales y axiales. Se definirán las magnitudes de funcionamiento de una bomba rotodinámica y las curvas características. Finalmente se presentará la ecuación fundamental de las turbomáquinas (Ecuación de Euler) que describe entre la transferencia de energía y la hidrodinámica.

Tema 2. **Bombas rotodinámicas**

En este tema se describen en detalle los elementos principales de una bomba rotodinámica así como diferentes clasificaciones de las bombas rotodinámicas. Se explicará el fenómeno de la cavitación, los conceptos de NPSH disponible y requerido, la manera de determinar el NPSH requerido de una bomba rotodinámica y cómo este fenómeno afecta al diseño.

Colaborador: D. Carlos Luján de KSB.

Tema 3. **Diseño de bombas rotodinámicas**

En este tema se presentará la metodología de diseño de bombas rotodinámicas radiales-diagonales. Se describirán los diferentes niveles de diseño (Meanline, Through Flow y CFD) en cuanto a los modelos, hipótesis y resultados que contemplan cada uno de ellos. Se realizará un proyecto de diseño preliminar de una bomba rotodinámica centrífuga empleando el software comercial Concepts NREC.

Tema 4. Centrales y turbinas hidráulicas

En este tema se presentarán los fundamentos de la generación de energía eléctrica en las centrales hidroeléctricas. Se describirán los diferentes tipos de centrales así como los principales elementos de las mismas. Se presentarán los diferentes tipos de turbinas hidráulicas, sus componentes y las funciones de cada uno de estos últimos.

Colaborador: D. Ramón Abella de la Universidad de Sevilla.

METODOLOGÍA DOCENTE Y ACTIVIDADES FORMATIVAS

En la asignatura se emplearán diferentes actividades docentes para conseguir los resultados de aprendizaje y adquirir las competencias adecuadas. Dichas actividades pretenden armonizar los contenidos teóricos con una práctica orientada a la resolución de problemas reales dentro del ámbito industrial. En estos problemas se busca enfrentar al estudiante con las tareas técnicas y herramientas más habituales que un ingeniero industrial encuentra tanto en las empresas de diseño y fabricación de máquinas térmicas e hidráulicas como del sector energético.

Sesiones Expositivas

En estas sesiones se presentarán y desarrollarán los contenidos más importantes que van a ser empleados durantes las sesiones prácticas. Las metodologías docentes empleadas serán:

- Clases magistrales.
- Conferencias. En estas sesiones correrán a cargo de un ponente de reconocida experiencia en el mundo de las máquinas y sistemas térmicos e hidráulicos y versarán sobre temas de interés tecnológica en dicho campo.

Previamente a estas sesiones se propondran algunos contenidos que el alumno deberá haber preparado.

Sesiones Prácticas

En estas sesiones prácticas se presentará y trabajará con el profesor en los proyectos propuestos o se presentarán nuevos contenidos que no son susceptibles de ser presentados en las sesiones teóricas. Las actividades docentes que se llevarán a cabo en estas sesiones son:

- Visionado y comentario de vídeos
- Prácticas sobre las herramientas computacionales que se van a emplear en los proyectos.
- Presentación y trabajo junto con el profesor de los proyectos o prácticas propuestos.
- Visitas a empresas.

Proyectos y Prácticas

Los proyectos y prácticas propuestos tienen por objetivo que el estudiante ponga en juego los contenidos presentados en las Sesiones Teóricas y Prácticas. Para ello deberá resolver problemas lo mas realista posible en el diseño de máquinas hidráulicas y térmicas. Como parte de estos proyectos los estudiantes deberán presentar un informe sobre el proyecto.

Estudio Personal

Para preparar los contenidos sobre los que se les preguntará en el examen (Ver evaluación) y para realizar los proyectos y prácticas.

Universidad de Navarra

Tutorías

El alumno podrá realizar tutorías para consultar dudas de la asignatura en cualquiera de sus partes o actividades. El día y la hora de la tutoría se establece previamente mandando el alumno un correo electrónico a uno de los profesores de la asignatura solicitando ser atendido. Se anima a los alumnos a asistir a las tutorías y plantear en ellas todas las dudas que tengan ya que esta actividad será una de las tenidas en cuenta en la evaluación de la participación.

En la parte de **Máquinas y Sistemas Térmicos** los contenidos se desarrollarán en torno a las siguientes actividades docentes:

- Los contenidos de los 4 primeros temas de Motores Térmicos se desarrollarán en 6 clases teóricas durante la mañana de los días de clase 1 y 2 de la asignatura. Estas sesiones téoricas corresponderán a lecciones magistrales en las que se explicarán y expondrán los conceptos básicos de: la clasificación de máquinas y motores térmicos, el funcionamiento de los distintos ciclos de motores, los parámetros y las curvas que permiten caracterizar su funcionamiento, los componentes principales de un motor, la renovación de la carga y las cuestiones tecnologicas asociadas a los distintos métodos usados para aumentar el llenado de los motores. Se pone especial atención en los aspectos tecnológicos de los compresores y los turbocompresores que forman los sistemas de sobrealimentación.
- La explicación del trabajo a realizar mediante el sistema de medición OBD en un vehículo se realizará en la mañana de los días de clase 1 y 2 de la asignatura. La realización del trabajo y del informe correspondiente se realizará durante la tarde del día de clase 2 de la asignatura.
- La mañana del día 3 de clase se dedicará, en primer lugar, a realizar el examen tipo test sobre motores térmicos y, después, a una sesión téorico-práctica en la que se explicará el funcionamiento del simulador de motores Lotus Engine Simulation. La tarde de ese día se dedicará a realizar el trabajo y el informe con el simulador.
- La mañana del día 4 de clase se dedicará a las sesiones teóricas del Tema 6 sobre Energía Solar Térmica. También se explicará el trabajo a realizar de implementar el método f-Chart para dimensionar una instalación de energía solar térmica. La tarde de ese día se dedicará a realizar el trabajo y el informe correspondiente. Quedará tiempo para finalizar el informe del trabajo con el simulador LES.
- Los contenidos del Tema 5 de Cogeneración se desarrollará en la sesión correspondiente al día 5 de clase. En la sesión teórica se explicarán los tipos de instalaciones de cogeneración, sus modos de funcionamiento y los parámetros que permiten caracterizarlo. Se describe la tecnología asociada a los diferentes motores de cogeneración (motores alternativos de combustión interna, turbinas de gas, turbinas de vapor y ciclo combinado). En la sesión práctica se calcularán esos parámetros en casos reales. La tarde del día 5 de clase también estará disponible para realizar y finalizar los informes de los trabajos LES y EST.

En la parte de **Máquinas y Sistemas Hidráulicos**:

Los contenidos correspondientes a **Bombas Rotodinámicas** se desarrollan con **5 Sesiones y 4 Actividades**. En las Sesiones 1-4 se presentan los conceptos básicos de bombas rotodinámicas. En las Actividades 1 y 2 se describen los principales componentes de una bomba rotodinámica y sus funciones, la obtención de las curvas características de la bomba y de la instalación, cómo pueden ambas ser modificadas y la visualización del fenómeno de cavitación. En la Sesión 5 y en la Actividad 3 se presenta el Diseño Preliminar de una bomba rotodinámica centrífuga. En la Actividad 4 se presentan los accionamientos eléctricos y la Industrial 4.0 en las bombas rotodinámicas.

Los contenidos correspondientes a **Centrales y Turbinas Hidráulicas** se desarrollan en 3 Sesiones (6, 7 y 8) grabadas en vídeo, una sesión de dudas y la Actividad 5 donde se aplica el Método del Caso a las Centrales y Turbinas Hidráulicas.

EVALUACIÓN

La asignatura tiene dos partes bien diferenciadas, Térmica e Hidráulica, **cada una de los cuales tiene el mismo peso en la calificación final**. **Para aprobar la asignatura es necesario obtener más de un 40% en cada una de las partes**. La nota de cualquiera de las partes aprobada se guardará en la convocatoria extraordinaria.

Para ser evaluado es necesario presentarse o realizar todas las pruebas y actividades evaluadas.

Aquel alumno que se detecte que ha copiado en alguna de las actividades evaluadas recibirá una calificación de Suspenso en toda la asignatura.

La entrega fuera de plazo o sin seguir las instrucciones de entrega (nombre del fichero) llevará asociada una penalización de un 15% de la puntuación de cada actividad evaluada.

La distribución de la calificación en cada una de las partes es:

PARTE DE MÁQUINAS Y SISTEMAS TÉRMICOS

En la parte Térmica, la no asistencia a la Conferencia de ITP o a la práctica del banco de ensayo de motores implicará una penalización de -15% (sobre el 100% de la nota de la parte Térmica).

CONVOCATORIA ORDINARIA

Video-Informe sobre medidas en motor con sistema OBD..... 18%

Preguntas de test de MCIA en examen
..... 18% (mínimo 6%)

Informe sobre caso de simulación en LES de un motor de combustión 36%

Informe sobre dimensionamiento de un sistema de energía solar térmica 18%

Pregunta de teoría y Problema de Cogeneración en examen final 20%

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

La evaluación de la convocatoria extraordinaria será de aquellas actividades de la parte Térmica de la asignatura que el alumno no haya superado en la convocatoria ordinaria.

PARTE DE MÁQUINAS Y SISTEMAS HIDRÁULICOS

CONVOCATORIA ORDINARIA

Evaluación	**Peso**	**Observaciones**
Actividad 1. Componentes de una bomba rotodinámica	10%	• Visionado de Vídeos (5%). • Realización de la Práctica (5%).

Actividad 2. Ensayo de Curvas Carácterísticas y cavitación	5%	• Realización de la Práctica.
Actividad 3. Proyecto Prediseño de una bomba rotodinámica	50%	• 35% Realización de la Actividad. • 15% Defensa. • La calificación de esta actividad está influenciada por la asistencia a clase y un examen de conocimientos básicos (*).
Actividad 4. Accionamientos eléctricos e Industria 4.0.	5%	• Asistencia. • Participación.
Actividad 5. Centrales y Turbinas Hidráulicas.	10%	• Asistencia. • Participación.
Examen	20%	• Sesiones 6,7 y 8. • Actividades 1,2,4 y 5.

(*) La calificación de la final de la Actividad 3 (C_{A3F}) vendrá dada a partir de la obtenida en dicha actividad (C_{A3}) mediante la fórmula:

$$C_{A3F} = C_{A3} \times f_{Ex}$$

- **Examen de conocimientos básicos**. Finalizadas las Jornadas 1 y 2 se realizará un **examen tipo test** sobre los contenidos de las sesiones desarrolladas en dichas jornadas (Sesiones 1, 2, 3 y 4). En función de calificación de este examen $\boldsymbol{C_{Ex}}$, entre 0 y 10, se calculará un factor ($\boldsymbol{f_{Ex}}$) que multiplicará a la calificación obtenida en la Actividad 3. El valor de $\boldsymbol{f_{Ex}}$ viene dado por:

$$f_{Ex}(C_{Ex}) = \begin{cases} 1 \ si \ C_{Ex} \geq 5 \\ \dfrac{C_{Ex}}{5} \end{cases}$$

Universidad de Navarra

La evaluación de la convocatoria extraordinaria dependerá de aquellas partes de la asignatura que el alumno haya superado en la convocatoria ordinaria.

HORARIOS DE ATENCIÓN

Los estudiantes podrán acudir a los profesores para resolver las dudas que hayan podido surgir en relación a la asignatura, en cualquier momento, previa cita.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

- J. R. Serrano Cruz, ***Procesos y Tecnologías de Máquinas y Motores Térmicos***, Editorial UPV, Valencia, 2002. Localízalo en la Biblioteca (Versión electrónica)
- D. González Calleja, **Motores térmicos y sus sistemas auxiliares**, Editorial Paraninfo, Madrid, 2012 Localízalo en la Biblioteca
- J. M. Egaña Arregui, ***Motores Alternativos de Combustión Interna***, 1ª ed., Unicopia, San Sebastián, 1998.
- F. Payri, J. M. Desantes, ***Motores de Combustión Interna Alternativos***, Ed. Reverté, Barcelona, 2011. Localízalo en la Biblioteca
- *Lotus Engineering,* ***Getting started using Lotus Engine Simulation*** **V. 5.05**, 2001.
- F. P. Incropera, D. P. De Witt, ***Fundamentos de Transferencia de Calor***, Capítulo 11. Intercambiadores de Calor, 4ª Edición, Pearson Educación, México, 1999. Localízalo en la Biblioteca
- V. Bermúdez et al., ***Tecnología Energética***, Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2000.
- Javier Irigaray Imaz, **Introducción a la Cogeneración**, Unicopia (Servicio de Publicaciones de la E.S.I. de San Sebastián), San Sebastián, 2000.
- Mario Villares Martín, ***Cogeneración***, Fundación Confemetal, Madrid, 2000. Localízalo en la Biblioteca
- J. M. Sala Lizarraga, ***Cogeneración. Aspectos termodinámicos, tecnológicos y económicos***, Servicio Editorial de la UPV, Bilbao, 1994. Localízalo en la Biblioteca
- José M.ª de Juana et al., **Energías Renovables para el desarrollo**, Paraninfo, Madrid, 2002. Localízalo en la Biblioteca
- J. I. Prieto, **Energía Solar Térmica**, 2ª Ed., Servicio de publicaciones, Universidad de Oviedo, Oviedo, 1998.
- J. R. Howell et al, **Solar-Thermal Energy Systems**, McGraw-Hill, New York, 1982. Localízalo en la Biblioteca
- **Código Técnico de la Edificación**, C.T.E., Ministerio de Vivienda, marzo de 2006, www.codigotecnico.org.
- Johann Friedrich Gülich, ***Centrifugal Pumps***, 2nd Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008, 2010. Localízalo en la Biblioteca (Versión electrónica)
- Claudio Mataix, ***Turbomáquinas Hidráulicas***, Editorial ICAI, Madrid, 1975. Localízalo en la Biblioteca
- **Igor J. Karassik et al. Manual de Bombas. Diseño, aplicación, especificaciones, operación y mantenimiento**. McGraw-Hilll, 1983. Localízalo en la Biblioteca
- Christopher E. Brennen, ***Hydrodynamics of Pumps***, Concepts ETI, Inc. and Oxford University Press, 1994.
- Concepts ETI, Inc. ***Designing Pumps with Concepts NREC***. 2006.

Bibliografía complementaria

- David Japikse and William D. Marscher, ***Centrifugal Pump Design and Performance***, Concepts ETi, Inc. 1997.
- David Japikse and Nicholas C. Baines, ***Introduction to Turbomachinery***, Concepts ETI, Inc. 1994, 1997.