



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

53000972 - Tribología

PLAN DE ESTUDIOS

05AT - Master Universitario En Ingeniería Mecánica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	53000972 - Tribología
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Primer curso
Semestre	Primer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05AT - Master Universitario en Ingeniería Mecánica
Centro responsable de la titulación	05 - E.T.S. De Ingenieros Industriales
Curso académico	2025-26

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Francisco Franco Martinez		francisco.franco@upm.es	Sin horario. Horario permanente en Teams y/o División de Ingeniería de Máquinas. Petición de cita previa.

Javier Echavarrí Otero (Coordinador/a)	05A.01.085.0	javier.echavarrí@upm.es	Sin horario. Horario permanente en Teams y/o División de Ingeniería de Máquinas. Petición de cita previa.
Enrique Chacon Tanarro		e.chacon@upm.es	Sin horario. Horario permanente en Teams y/o División de Ingeniería de Máquinas. Petición de cita previa.

* 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 Mecánica no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimiento de Teoría de Máquinas y Mecanismos, Diseño de Máquinas y Tecnología de Materiales
- Manejo de software Matlab a nivel básico.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE1 - Utilizar las ventajas que aportan las herramientas de diseño y cálculos asistidos por computador (?M-CAE?) en el sector, empleando las principales directivas y normativas.

CE2 - Realizar actividades de análisis, diseño, fabricación, ensayo y mantenimiento de máquinas, productos y dispositivos, aplicando metodologías estructuradas, considerando el ciclo de vida global.

CE9 - Redactar de documentación técnica y no especializada dentro del ámbito de la ingeniería mecánica. Búsqueda de fuentes y uso de Bases de datos. Difusión de resultados.

CG 1 - Aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías avanzadas a la práctica de la Ingeniería Mecánica

CG 2 - Diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos de la ingeniería mecánica, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas.

CG 3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinares y desarrollando actividades de I+D.

CG 7 - Aplicar nuevas tecnologías y herramientas de la Ingeniería Mecánica en sus actividades profesionales.

CG 8 - Operar en un entorno bilingüe (inglés-español).

4.2. Resultados del aprendizaje

RA42 - Selección de los lubricantes más adecuados para cada aplicación

RA39 - - Identificación y análisis de la influencia de cada uno de los parámetros que intervienen en los contactos entre superficies.

RA40 - Análisis de la probabilidad de aparición de desgaste en contactos secos y lubricados

RA41 - Predicción del comportamiento de los contactos bajo diferentes condiciones de operación

RA43 - Conocimiento de los ensayos más comunes en tribología

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La palabra "Tribología" se introdujo en la década de los 60, como la ciencia y la ingeniería de superficies de rozamiento. Incluye el estudio y la aplicación de los principios de la fricción, el desgaste y la lubricación. Por lo tanto, la tribología es de naturaleza multidisciplinar, y está estrechamente relacionada con la física, el análisis y diseño de máquinas, la mecánica de fluidos, la transmisión de calor y la tecnología de materiales, entre otras disciplinas. Abarca muchos aspectos relacionados con el correcto funcionamiento de sistemas mecánicos, desde el punto de vista de las pérdidas energéticas por fricción y de la aparición de fenómenos de desgaste que pueden conducir a fallos en servicio. En los últimos años, la investigación en tribología ha alcanzado una fase muy avanzada desde un punto de vista teórico y experimental, con aplicación a muchos sectores industriales, por ejemplo, la industria del automóvil: cada automóvil puede presentar cientos de contactos tribológicos.

La asignatura tiene un primer bloque temático orientado a la adquisición de los conceptos tribológicos fundamentales y a conocer su ámbito de aplicación. Se tratan los procesos de contacto, la fricción, los tipos de desgaste y la influencia de la lubricación.

En un segundo bloque se trata en detalle la lubricación, con especial atención a la hidrodinámica, aplicando los contenidos a casos reales de máquinas. Se realiza un estudio de los límites de aplicación de la lubricación hidrodinámica como base para plantear la lubricación elastohidrodinámica. Se presentan modelos de comportamiento elastohidrodinámico, tanto algunos simplificados como otros más exactos, a través de la consideración de la influencia de los efectos térmicos y de la reología de los lubricantes.

El tercer bloque incluye los ensayos tribológicos y los equipos para la experimentación. Se tratan también los fallos

más comunes en máquinas debidos a fenómenos tribológicos: desgaste adhesivo y abrasivo, fatiga o picado superficial... Además, se incluyen contenidos de aplicación de algoritmos de Inteligencia Artificial en el marco de la tribología.

La asignatura contempla la participación en algunos temas de expertos de empresas relacionadas con la tribología, como por ejemplo Talgo, Repsol, etc. Estas participaciones se acuerdan a lo largo del transcurso de la asignatura, según la disponibilidad de las empresas y las preferencias de los alumnos.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción

- 1.1. Concepto de la tribología
- 1.2. Historia de la Tribología
- 1.3. Importancia Industrial

2. Fricción

- 2.1. Adhesión, adherencia y deslizamiento
- 2.2. Leyes de la fricción
- 2.3. Medida de la fricción

3. Desgaste

- 3.1. Conceptos generales sobre el desgaste
- 3.2. Tipos de desgaste
- 3.3. Predicción del desgaste

4. Contacto entre superficies

- 4.1. Superficies tribológicas
- 4.2. Geometría de contacto
- 4.3. Tensiones superficiales

5. Introducción a la lubricación

- 5.1. Tipos y propiedades de los lubricantes
- 5.2. Modelos de comportamiento reológico de los lubricantes
- 5.3. Regímenes de lubricación

6. Lubricación hidrostática

- 6.1. Introducción a la lubricación hidrostática
- 6.2. Ejemplos de empleo de la lubricación hidrostática
- 7. Lubricación hidrodinámica
 - 7.1. Teoría de Reynolds
 - 7.2. Contactos superficiales de tipo plano inclinado
- 8. Cojinetes de película hidrodinámica
 - 8.1. Cojinetes axiales de segmentos
 - 8.2. Cojinetes cilíndricos lisos
 - 8.3. Cojinetes cilíndricos de segmentos pivotantes
 - 8.4. Estudio de casos prácticos
- 9. Lubricación elastohidrodinámica
 - 9.1. Límites de aplicación de la teoría Hidrodinámica a contactos lineales y puntuales
 - 9.2. Planteamiento del problema elastohidrodinámico y termo-elastohidrodinámico.
 - 9.3. Soluciones analíticas aproximadas para contactos puntuales y lineales
 - 9.4. Soluciones numéricas para contactos puntuales y lineales
 - 9.5. Estudio de casos prácticos.
- 10. Equipos de ensayo y aplicaciones
 - 10.1. Características generales de los equipos de ensayo: parámetros de control y resultados de medida
 - 10.2. Tipología de equipos existentes y tendencias actuales.
 - 10.3. Aplicación de equipos de ensayo para caracterizar fallos en sistemas mecánicos (fatiga superficial, desgaste...)
 - 10.4. Inteligencia Artificial en tribología.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Introducción a la tribología Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Fricción y desgaste Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Fricción y desgaste Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problema sobre fricción y desgaste. TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00
3	Contacto entre superficies tribológicas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega de problema sobre contactos tribológicos. TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00
4	Introducción a la lubricación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega de problemas sobre lubricantes TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00
5	Lubricación hidrostática Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Lubricación hidrodinámica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega de problema sobre lubricación hidrodinámica. TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00
7	Lubricación hidrodinámica Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de otro problema sobre lubricación hidrodinámica. TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00
8	Lubricación hidrodinámica Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de caso sobre lubricación hidrodinámica. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00

9	Cálculo numérico aplicado a la hidrodinámica Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			
10	Lubricación elastohidrodinámica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	Lubricación elastohidrodinámica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega de caso sobre lubricación elastohidrodinámica. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00
12	Cálculo numérico aplicado a lubricación elastohidrodinámica Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			
13	Ejemplos de aplicación y ensayos: Inteligencia Artificial en tribología. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			Entrega de problema sobre ejemplos de aplicación. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00
14	Ejemplos de aplicación y ensayos. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15				
16				
17				Examen de contenidos fundamentales EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 01:30

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Entrega de problema sobre fricción y desgaste.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CE2 CG 1 CG 3
3	Entrega de problema sobre contactos tribológicos.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CG 8 CE2 CG 1
4	Entrega de problemas sobre lubricantes	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CG 8 CE2 CG 1
6	Entrega de problema sobre lubricación hidrodinámica.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CE2 CG 1
7	Entrega de otro problema sobre lubricación hidrodinámica.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CE2 CG 1
8	Entrega de caso sobre lubricación hidrodinámica.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CG 7 CE1 CG 1 CG 3 CG 2
11	Entrega de caso sobre lubricación elastohidrodinámica.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	7.5%	/ 10	CG 2 CG 7 CE1 CE9 CE2 CG 1 CG 3
13	Entrega de problema sobre ejemplos de aplicación.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	12.5%	/ 10	CG 2 CG 8 CE2 CG 1

17	Examen de contenidos fundamentales	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	50%	/ 10	CG 1 CE2
----	------------------------------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	------	-------------

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Entrega de problema sobre fricción y desgaste.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CE2 CG 1 CG 3
3	Entrega de problema sobre contactos tribológicos.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CG 8 CE2 CG 1
4	Entrega de problemas sobre lubricantes	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CG 8 CE2 CG 1
6	Entrega de problema sobre lubricación hidrodinámica.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CE2 CG 1
7	Entrega de otro problema sobre lubricación hidrodinámica.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CE2 CG 1
8	Entrega de caso sobre lubricación hidrodinámica.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CG 7 CE1 CG 1 CG 3 CG 2
11	Entrega de caso sobre lubricación elastohidrodinámica.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	7.5%	/ 10	CG 2 CG 7 CE1 CE9 CE2 CG 1 CG 3
13	Entrega de problema sobre ejemplos de aplicación.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	12.5%	/ 10	CG 2 CG 8 CE2 CG 1
17	Examen de contenidos fundamentales	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	50%	/ 10	CG 1 CE2

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen de contenidos fundamentales	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	50%	/ 10	CE2 CG 1
Entregas de problemas y casos realizados durante el periodo docente. No presencial. (Ver Cronograma y Criterios de Evaluación)	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	50%	/ 10	CG 2 CG 7 CG 8 CE1 CE9 CE2 CG 1 CG 3

7.2. Criterios de evaluación

Tanto en convocatoria ordinaria como extraordinaria, para aprobar la asignatura es necesario obtener una calificación mínima de 5 puntos, mediante la ponderación de una evaluación de contenidos fundamentales de la asignatura y de una evaluación de la aplicación de los conocimientos de la asignatura. No se exige una calificación mínima en cada parte.

- Para la evaluación de contenidos fundamentales de la asignatura, todos los estudiantes están convocados a una prueba consistente en un cuestionario teórico-práctico con un peso del 50% en la nota de la asignatura, el cual se realiza a la finalización del periodo docente, en la fecha del examen ordinario. En convocatoria extraordinaria se lleva a cabo una prueba similar en la fecha del examen extraordinario, también con un peso del 50% en la nota de la asignatura.

- La evaluación de la aplicación de los conocimientos se realiza mediante entregas de problemas y casos, propuestos con periodicidad aproximadamente semanal durante el periodo docente, y con un peso total del 50% en la nota de la asignatura. Se trata de una actividad en la que todos los estudiantes deben participar de forma obligatoria en el periodo docente, ya que parte de ellos se desarrollan de forma colaborativa y/o haciendo uso de herramientas informáticas específicas durante las clases, por lo que no pueden recuperarse si no se llevan a cabo en el periodo docente. La calificación máxima de la asignatura en caso de no haber realizado esta actividad

obligatoria es de 5 puntos, es decir, se pierde un 50% de la nota de la asignatura tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria.

Las notas de la evaluación de contenidos fundamentales de la asignatura no se guardan para otras convocatorias. La nota final de la evaluación de la aplicación de los conocimientos se guarda únicamente durante el curso académico en el que se ha obtenido.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Ejemplos gráficos	Recursos web	Ejemplos de diferentes tipos de cojinetes, engranajes y otros sistemas lubricados, ejemplos de elementos con diversos tipos de fallos.
Libros de referencia	Bibliografía	Principles of Tribology, J. Halling, Ed. Scholium Intl. Engineering Tribology, J. Williams, Ed. Cambridge University Press. Engineering Tribology, G.W.Stachowiak, A.W.Batchelor, Ed. Elsevier.

Libros de consulta	Bibliografía	Introduction to Tribology, B. Bhushan, Ed. Wiley. Fundamentals of fluid film lubrication, B.J. Hamrock, Ed. McGraw-Hill. High pressure rheology for quantitative elastohydrodynamics, S. Bair, Ed. Elsevier.
Software	Otros	Programas de elaboración propia, que permiten la resolución numérica de problemas de lubricación hidrodinámica y elastohidrodinámica.

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura guarda relación con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- ODS 9 "Industria, Innovación e Infraestructura", ya que los temas de análisis de los problemas y fallos con origen tribológico en máquinas se relacionan con el desarrollo industrial sostenible y el progreso tecnológico.
- ODS 12 "Producción y Consumo Responsables", debido a que los temas sobre fricción (seca y lubricada) y sobre desgaste se relacionan con el uso eficiente de los recursos naturales.
- ODS 13 "Acción por el clima", dado que la reducción de las pérdidas energéticas (mediante lubricación, tratamientos superficiales, etc.) tiene impacto en la disminución de las emisiones, tanto de efecto invernadero como de otros contaminantes.