



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ing. de Caminos
Canales y P.

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

43000698 - Transporte Y Almacenamiento Geológico De Combustib

PLAN DE ESTUDIOS

04AR - Máster Universitario En Ingeniería Civil: Hidráulica, Energía Y Medio Ambie

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - 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.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	43000698 - Transporte y Almacenamiento Geológico de Combustib
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	04AR - Máster Universitario en Ingeniería Civil: Hidráulica, Energía y Medio Ambie
Centro responsable de la titulación	04 - E.T.S. De Ing. De Caminos Canales Y P.
Curso académico	2025-26

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
David Santillan Sanchez (Coordinador/a)	Lab. Sist. Int.	david.santillan@upm.es	L - 09:00 - 12:00 X - 15:00 - 18:00
Luis Cueto Felgueroso Landeira	Lsb. Sist. Int.	luis.cueto@upm.es	L - 16:00 - 18:00 J - 09:00 - 11:00 V - 09:00 - 11:00

Francisco Javier Fernandez Fidalgo	Lab. Sist. Int.	j.fernandez.fidalgo@upm.es	L - 10:00 - 13:00 M - 10:00 - 13:00
Sandro Andres Martinez	Lab. Sist. Int.	sandro.andres@upm.es	L - 11:00 - 14:00 M - 11:00 - 14:00

* 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 Máster Universitario en Ingeniería Civil: Hidráulica, Energía y Medio Ambiente no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimientos básicos de Hidráulica Técnica

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE2 - Abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la ingeniería civil hidráulica, energética o medioambiental TIPO: Competencias.

CG4 - Liderar equipos humanos multidisciplinares, de trabajo en equipo y en contextos internacionales a través de las TICs, con capacidad de organización y planificación TIPO: Competencias.

CG5 - Buscar bibliografía, analizar la información procedente de diversas fuentes y de su análisis y síntesis aplicarla a la resolución de problemas complejos, en el campo de la ingeniería hidráulica, energética o medioambiental TIPO: Competencias.

K1 - Conocer y comprender la relación de los ecosistemas con las infraestructuras civiles hidráulicas y energéticas

TIPO: Conocimientos o contenidos.

K2 - Conocer y comprender el efecto de los factores ambientales en las infraestructuras civiles hidráulicas y energéticas TIPO: Conocimientos o contenidos.

K3 - Conocer los aspectos científicos y tecnológicos de métodos matemáticos, analíticos y numéricos de la ingeniería, mecánica de fluidos, ingeniería marítima, y obras y Aprovechamientos hidráulicos y energéticos TIPO: Conocimientos o contenidos.

SK1 - Aplicar las capacidades técnicas y gestoras en actividades de I+D+i dentro del ámbito de la ingeniería civil hidráulica, energética o medioambiental TIPO: Habilidades o destrezas.

SK4 - Planificar y gestionar recursos hidráulicos y energéticos, incluyendo la gestión integral del ciclo del agua TIPO: Habilidades o destrezas.

SK5 - Gestionar económica y administrativamente infraestructuras civiles hidráulicas, energéticas o medioambientales TIPO: Habilidades o destrezas.

SkE1-OPT - Analizar la operación de centrales hidroeléctricas y sistemas de almacenamiento de energía TIPO: Habilidades o destrezas.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA5 - RA1-Comprende y domina los principios y las ecuaciones fundamentales de la mecánica de fluidos.

RA6 - RA3-Desarrolla capacidad autónoma de comprensión y análisis de problemas complejos mediante métodos matemáticos.

RA4 - RA2-Planifica las infraestructuras de transporte y almacenamiento de combustibles y su explotación, incorporando los condicionantes y efectos económicos y medioambientales.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Se aborda una visión global de los combustibles necesarios para la transición ecológica, incluyendo el petróleo y sus derivados en el corto plazo, el metano en el corto y medio plazo, y el hidrógeno en el largo plazo. La asignatura aborda el ciclo integral de los combustibles, incluyendo su producción, transporte, explotación, almacenaje, y consumo.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción al transporte de combustibles
 - 1.1. Definición de transporte por tubería y clasificación.
 - 1.2. Los sistemas de transporte
 - 1.3. Concepción global del transporte por tubería
 - 1.4. Importancia del transporte por tubería en cifras
 - 1.5. Consumo de energía del transporte
 - 1.6. Breve reseña histórica
2. El transporte del petróleo y sus derivados. Oleoductos
 - 2.1. El petróleo y sus derivados. Aspectos generales. Producción y usos
 - 2.2. El transporte del petróleo y derivados
 - 2.3. Las redes de oleoductos
3. El transporte del gas. Gasoductos
 - 3.1. El gas natural. Aspectos generales. Producción y usos
 - 3.2. El transporte del gas
 - 3.3. Las redes de gasoductos
4. El transporte de hidrógeno. Hidroductos
 - 4.1. El hidrógeno. Aspectos generales. Producción y usos
 - 4.2. El transporte de hidrógeno
 - 4.3. Las redes de hidroductos

5. La infraestructura de tuberías

5.1. Descripción general de la infraestructura de tuberías

5.2. Componentes de la infraestructura

5.3. Elementos a definir en el proyecto

6. Las estaciones de bombeo y compresión

6.1. Fundamento y generalidades

6.2. Máquinas hidráulicas: bombas y compresores. Descripción y clasificación

6.3. Los compresores centrífugos

6.4. El acoplamiento de máquinas hidráulicas: las estaciones de compresión o bombeo

7. La línea de tuberías. Materiales y uniones

7.1. Requerimientos a exigir a los materiales. Materiales utilizados en la fabricación de tubos

7.2. Caracterización de las tuberías según los materiales

7.3. Uniones de tubos

7.4. Piezas especiales

7.5. Selección del material de la tubería

8. Corrosión y protección

8.1. El fenómeno de la corrosión. Definición, causas y mecanismos

8.2. Protección frente a la corrosión: revestimientos y protección catódica

9. Mecanismos: válvulas, ventosas y pistones

9.1. Fundamento, descripción y tipos de válvulas

9.2. Caracterización hidráulica de válvulas

9.3. Las ventosas

9.4. Los pistones

10. Almacenamiento

10.1. Fundamento y tipos de almacenes de combustibles

10.2. Almacenamiento en superficie: depósitos

10.3. Almacenamiento geológico en cavernas, yacimientos agotados y acuíferos

11. Estaciones terminales

11.1. Descripción. Terminales terrestres y marítimas de metano

11.2. Terminales de recepción, almacenamiento y regasificación del gas natural licuado

12. Cálculos hidráulicos

12.1. Aspectos generales. Viscosidad, densidad, compresibilidad y presión de vapor

12.2. Movimiento de fluidos: tipos de regímenes y ecuación de Bernoulli. Aplicación a líquidos y gases

12.3. Pérdidas de carga continuas y localizadas

12.4. Transitorios

13. Cálculos estructurales

13.1. Fundamento de los cálculos estructurales

13.2. Acciones sobre las tuberías

13.3. Solicitaciones en las tuberías

14. Trazado

14.1. Conceptos generales

14.2. Condicionantes

15. Las tuberías subacuáticas

15.1. Razón de ser

15.2. Aspectos a tener en cuenta en el proyecto

15.3. Métodos de tendido y problemas generales

16. Explotación de tuberías y almacenes

16.1. Puesta en servicio de la infraestructura

16.2. Explotación de tuberías multiproducto

16.3. Consumo energético de la red

16.4. Explotación de almacenes

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1 Duración: 02:20 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 2 Duración: 01:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Tema 2 Duración: 01:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 3 Duración: 01:25 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Presentaciones de estudiantes Duración: 00:40 AIV: Aula invertida		Ejercicio de clase TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15
3	Tema 3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 4 Duración: 01:15 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 3. Aplicación a un caso práctico Duración: 01:15 AR: Aprendizaje basado en retos		
4	Tema 4 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 5 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Presentación de estudiantes Duración: 01:15 INV: Aprendizaje basado en investigación		Ejercicio de clase TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15
5	Tema 6 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 6. Aplicaciones a casos prácticos Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		
6	Tema 7 Duración: 01:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 8 Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Ejercicio de clase TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15
7	Tema 9 Duración: 01:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 10 Duración: 01:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

8	Tema 10 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Presentaciones de estudiantes Duración: 01:15 INV: Aprendizaje basado en investigación		Ejercicio de clase TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15
9	Tema 11 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 12 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Control parte I EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:30
10	Tema 12 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 12. Aplicaciones a casos prácticos Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		
11	Tema 13 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 12. Aplicaciones a casos prácticos Duración: 02:15 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		Ejercicio de clase TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15
12	Tema 13 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 12. Aplicaciones a casos prácticos Duración: 01:15 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		Ejercicio de clase TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15
13	Tema 14 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 13. Aplicaciones a casos prácticos Duración: 01:15 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		Ejercicio de clase TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15
14	Tema 15 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 13. Aplicaciones prácticas Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		
15	Tema 15 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 16 Duración: 00:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Presentaciones de estudiantes Duración: 01:30 AR: Aprendizaje basado en retos		Ejercicio de clase TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15
16	Tema 16 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Control Parte II EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:30
17				Examen EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global No presencial Duración: 03:30

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	Ejercicio de clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:15	1.25%	4 / 10	K2
4	Ejercicio de clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:15	1.25%	4 / 10	K2 SK5
6	Ejercicio de clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:15	1.25%	4 / 10	CE2 K1
8	Ejercicio de clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:15	1.25%	4 / 10	CG5 K1 SKE1-OPT
9	Control parte I	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	45%	5 / 10	CE2 K3 K2 SK5 CG5 K1 SK1
11	Ejercicio de clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:15	1.25%	4 / 10	K3 CG5 CE2
12	Ejercicio de clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:15	1.25%	4 / 10	SK5 CG5 CG4
13	Ejercicio de clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:15	1.25%	4 / 10	CG5 K2 SK5

15	Ejercicio de clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:15	1.25%	4 / 10	CG4 K1
16	Control Parte II	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	45%	5 / 10	CE2 K3 K2 SK5 CG5 CG4 K1 SK1 SKE1-OPT

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	03:30	100%	5 / 10	CE2 K3 K2 SK5 CG5 CG4 K1 SK1 SKE1-OPT

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

Realización de ejercicios de clase.

- Descripción: Consiste en la participación activa en clase y la respuesta a preguntas que se hicieran individualmente, así como en la resolución de los ejercicios en clase. En el caso de que sea necesario impartir docencia en formato no presencial, solo se considerará la asistencia a las clases realizadas mediante métodos no presenciales en directo, excluyendo las clases grabadas con antelación. Los alumnos deberán enviar la resolución de los ejercicios propuestos al profesor utilizando medios telemáticos, en el plazo indicado.
- Criterios de calificación: Cada componente de esta prueba se valorará de 0 a 10. La calificación de la prueba será la media de las calificaciones obtenidas en sus componentes, siempre que se hayan realizado al menos un 80% de las evaluaciones de clase. En caso contrario, esta prueba se calificará con 0.
- Momento y lugar: Los ejercicios de clase se podrán proponer, sin previo aviso, en alguna de las clases ordinarias y se realizarán en la propia aula de clase. En el caso de que sea necesario impartir docencia en formato no presencial, esta prueba de evaluación se realizará mediante medios telemáticos, realizando la entrega en el plazo que se indique.

Control al final de las partes de la asignatura.

- Descripción: Consiste en un conjunto de pruebas objetivas realizadas a lo largo del curso. Cada control estará formado por preguntas de carácter teórico y/o práctico relativas a una parte del temario. Cada control se realizará en el horario de una clase ordinaria de la asignatura y tendrá como máximo la duración de dicha clase. En el caso de que sea necesario impartir docencia en formato no presencial, los controles se realizarán en formato no presencial mediante métodos telemáticos, utilizando las plataformas Moodle o Moodle-exam. Cada control se realizará en el horario de una clase ordinaria de la asignatura y tendrá como máximo la duración de dicha clase. Los controles constarán de una serie de preguntas de carácter teórico y/o práctico relativas a una parte del temario.
- Criterios de calificación. Cada control se califica de 0 a 10. La calificación de esta prueba de evaluación será la media aritmética de las calificaciones de los controles efectuados.
- Momento y lugar: Cada control se realizará en una fecha prefijada, dentro del horario ordinario de una clase de la asignatura. Se realizará en la propia aula de clase (o en el aula de exámenes). En el caso de que sea necesario impartir docencia en formato no presencial, los controles se realizarán en el horario de una clase ordinaria de la asignatura, utilizando métodos telemáticos mediante las plataformas Moodle o Moodle-exam.

Peso total de la nota de Evaluación continua. La suma de los pesos de las distintas evaluaciones en el sistema de evaluación continua es:

- Ejercicios de clase: 10% calificación.
- Controles de las dos partes de la asignatura: 90% calificación.

Examen final.

- Descripción: El examen final consiste en un único examen, cuya duración será de unas 2 horas. Este examen estará formado por varios ejercicios (de carácter teórico y práctico) relativos a cualquier parte del contenido de la asignatura. En el caso de que sea necesario impartir docencia en formato no presencial, esta prueba de evaluación se realizará utilizando métodos telemáticos mediante las plataformas Moodle o Moodle-exam.
- Criterios de calificación. Cada ejercicio del examen se valora de 0 a 10. La calificación del examen será la media ponderada de la calificación obtenida en los ejercicios que forman el examen.
- Momento y lugar: Los determina la Jefatura de Estudios. En el caso de que sea necesario impartir docencia en formato no presencial, esta prueba de evaluación se realizará en la fecha fijada por Jefatura de Estudios para el caso presencial, utilizando métodos telemáticos mediante las plataformas Moodle o Moodle-exam.

Calificación final de la asignatura mediante evaluación continua.

La calificación final será la media de la calificación de cada prueba de evaluación ponderada por su correspondiente peso, sin que este valor pueda exceder de 10. Para superar la asignatura, la calificación final debe ser igual o superior a 5. Si el alumno no superase la asignatura mediante evaluación continua, deberá acudir al examen de la convocatoria ordinaria mediante "sólo prueba final". Si el alumno no supera la asignatura en la convocatoria ordinaria, deberá acudir al examen de la convocatoria extraordinaria, cuyo formato será igual al indicado para evaluación mediante "sólo prueba final".

Calificación final de la asignatura mediante "sólo prueba final".

La calificación final será directamente la obtenida en el examen final. Para superar la asignatura, esta calificación deberá ser igual o superior a 5.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
American Institute of Aeronautics and Astronautics (2017); Guide to Safety of Hydrogen and Hydrogen Systems (ANSI/AIAA G-095A-2017).	Bibliografía	
Amos, W. A. (1999); Costs of storing and transporting hydrogen. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA.	Bibliografía	
Cegarra Plané, M. (1999); Las tuberías (Acueductos, oleoductos, gasoductos). Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Servicio Publicaciones, Colección Escuelas, Madrid, España.	Bibliografía	
McAllister, E.W. (2009); Pipeline Rules of Thumb Handbook (Seventh Edition). Editorial Elsevier	Bibliografía	
National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2013); Safety Standard for Hydrogen and Hydrogen Systems Guidelines for Hydrogen System Design, Materials Selection, Operations, Storage and Transportation	Bibliografía	
Spath, P.L; Mann, M.K. (2000); Life Cycle Assessment of Hydrogen Production via Natural Gas Steam Reforming. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA.	Bibliografía	