

## 60440 - Almacenes Geológicos

### Información del Plan Docente

<b>Año académico</b>	2017/18
<b>Centro académico</b>	100 - Facultad de Ciencias
<b>Titulación</b>	541 - Máster Universitario en Geología: Técnicas y Aplicaciones
<b>Créditos</b>	5.0
<b>Curso</b>	1
<b>Periodo de impartición</b>	Segundo Semestre
<b>Clase de asignatura</b>	Optativa
<b>Módulo</b>	---

### 1. Información Básica

#### 1.1. Introducción

Breve presentación de la asignatura

El estudio de los almacenes geológicos integra problemáticas asociadas a distintas disciplinas geológicas (Petrología, Estratigrafía, Tectónica, Geoquímica, Hidrogeología, etc) con un claro enfoque aplicado al problema de la gestión de residuos y del aprovechamiento de recursos. Este tipo de estudios requiere conocer y aplicar con soltura un amplio conjunto de principios teóricos y de metodologías de trabajo que le dan un carácter claramente multidisciplinar. Por ello, el planteamiento general de esta asignatura está encaminado a que los alumnos se familiaricen con los aspectos geológicos generales de los almacenamientos y los particulares y específicos para cada tipo de material a almacenar. También se pretende que el alumno sea capaz de analizar de forma crítica datos, problemas y resultados de estudios reales llevados a cabo en sistemas de almacenamiento existentes a nivel nacional e internacional.

La realización de esta asignatura permitirá a los alumnos adquirir unos conocimientos generales sobre un tema de gran interés socioeconómico. Además, la adquisición de las competencias involucradas en esta asignatura permitirá al estudiante ampliar sus capacidades laborales, proporcionándole la formación necesaria para enfrentarse y resolver distintos tipos de problemas científicos y aplicados a este tipo de sistemas.

#### 1.2. Recomendaciones para cursar la asignatura

Es recomendable que los alumnos posean conocimientos generales de Petrología, Geoquímica, Estratigrafía, Hidrogeología y Geología estructural. También se recomienda abordar la asignatura con un plan de trabajo continuado, revisando los conocimientos y realizando los trabajos propuestos a diario o con la mayor constancia posible tanto en las clases teóricas como en las clases prácticas. Para facilitar el aprendizaje se ofrecen, además de las sesiones presenciales, distintas vías académicas de apoyo (tutorías presenciales y atención a distancia por correo electrónico) para resolver las dudas durante el desarrollo de la asignatura o para orientar la realización de los ejercicios y trabajos personales.

#### 1.3. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Esta asignatura ofrece una formación avanzada en varios aspectos de la Geología, con un carácter transversal e interdisciplinar, enfocados tanto a la gestión de recursos como a uno de los aspectos más problemáticos en la sociedad actual: la prospección, evaluación, gestión y tratamiento de los residuos generados antrópicamente. Por ello resulta especialmente interesante tanto para aquellos estudiantes interesados en una posterior actividad investigadora como para aquéllos más enfocados hacia el ámbito profesional.

## 60440 - Almacenes Geológicos

Al tratarse de una asignatura de carácter marcadamente transversal e interdisciplinar permitirá a los estudiantes aplicar aspectos específicos de sus Trabajos Fin de Máster en el desarrollo de esta asignatura y viceversa.

Además utilizará gran parte del contenido ofrecido en las asignaturas obligatorias del primer cuatrimestre en cuanto a la necesidad de conocimiento y comprensión de técnicas instrumentales, métodos de gestión y tratamiento de datos en distintas disciplinas.

### 1.4. Actividades y fechas clave de la asignatura

Inicio de clases teóricas: Según el calendario académico.

Inicio clases prácticas: Una semana después de haber comenzado las clases teóricas.

Fin de las clases teóricas y prácticas: Según el calendario académico.

## 2. Resultados de aprendizaje

### 2.1. Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

Conocer los distintos medios geológicos capaces de actuar como almacenes geológicos y los diferentes tipos de almacenes geológicos.

Conocer las distintas propiedades que condicionan la idoneidad de un almacén geológico.

Conocer las diferentes técnicas de prospección, caracterización y evaluación de los almacenes geológicos.

Decidir, dadas las características tectónicas y las propiedades petrofísicas, geoquímicas e hidrogeológicas de una formación rocosa, si es viable como almacén.

Manejar con soltura la bibliografía, sintetizar la información a partir de fuentes variadas y plasmar el resultado en un informe coherente, así como exponer los resultados de forma oral usando recursos multimedia.

Usar el inglés como lengua instrumental para obtener información.

### 2.2. Importancia de los resultados de aprendizaje

Como aspectos más concretos se pueden destacar los siguientes:

1. Entender los fundamentos de los almacenes geológicos como alternativa para el tratamiento de residuos.
2. Estudiar y controlar los distintos tipos de almacenes.
3. Evaluar sus efectos en el entorno y su evolución en el tiempo.

Además, esta asignatura permitirá al alumno desarrollar su capacidad crítica y de análisis de forma que sea capaz de tomar decisiones debidamente razonadas, lo que supone un indudable complemento a la formación académica.

## 60440 - Almacenes Geológicos

### 3. Objetivos y competencias

#### 3.1. Objetivos

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

La asignatura Almacenes Geológicos tiene como objetivo fundamental proporcionar al alumno los conocimientos necesarios para la evaluación, caracterización y monitorización de distintos tipos de almacenes geológicos. Los almacenes que serán tratados en esta asignatura serán los de residuos radiactivos (alta y baja-media actividad), los de CO<sub>2</sub> y de gas, y los almacenes geotérmicos. El objetivo específico es proporcionar al alumno el conocimiento de herramientas y metodologías de estudio, caracterización y gestión de distintos ámbitos de la geología, necesarias para el estudio de estos sistemas.

#### 3.2. Competencias

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

CB7 - Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB9 - 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.

CG1 - Predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico, investigador y profesional de la Geología.

CG2 - Intercambiar y debatir la información procedente de diversas fuentes de información (escrita, oral, numérica, gráfica).

CT1 - Utilizar inglés científico tanto para la obtención de información como para la transferencia de la misma.

CT2 - Gestionar, discriminar y seleccionar las fuentes de información bibliográfica.

### 4. Evaluación

#### 4.1. Tipo de pruebas, criterios de evaluación y niveles de exigencia

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

##### Evaluación continua.

Esta modalidad de evaluación contemplará tres aspectos:

La actividad 1 se evaluará mediante cuestionarios teórico-prácticos individuales sobre los distintos temas tratados en la asignatura (como máximo uno por bloque temático). Esta actividad supondrá el 45% de la nota global.

La actividad 2 se evaluará mediante la entrega y/o valoración de los informes de resultados de las sesiones prácticas realizadas, elaborados en el plazo que se establezca. Esta actividad supondrá el 10% de la nota global.

La actividad 3 se evaluará a partir de los dos trabajos personales o en grupo presentados por cada alumno y su

## 60440 - Almacenes Geológicos

participación en el debate de cada tema. Esta actividad supondrá el 45% de la nota global.

Cada uno de los ejercicios o trabajos evaluados se calificará de 0 a 10, entendiéndose superado con una calificación igual o superior a 5 puntos. No obstante, se considerará la calificación global como indicador de la consecución en conjunto de los resultados de aprendizaje previstos para esta asignatura. Esta calificación global se obtendrá aplicando las proporciones indicadas para cada actividad siempre y cuando las notas de cada parte sean superiores a 4.

### Evaluación global.

El estudiante que no opte por la evaluación continua, o que no supere la asignatura por este procedimiento, deberá realizar una prueba global que consistirá en la resolución de cuestiones teórico-prácticas relativas a los distintos temas tratados en la signatura. Esta prueba será calificada de 0 a 10 entendiéndose superada con una calificación igual o superior a 5 puntos.

Esta prueba se realizará en cada una de las convocatorias a las que tengan derecho los estudiantes, en las fechas asignadas por la Facultad de Ciencias y publicadas en su página Web. La convocatoria especificando la hora y lugar de realización de cada prueba se publicará en el tablón de anuncios del Área de Petrología y Geoquímica del departamento de Ciencias de la Tierra (1ª planta del Edificio C de Ciencias).

### PRUEBAS PARA ESTUDIANTES NO PRESENCIALES

En principio esta asignatura está diseñada para estudiantes presenciales. No obstante, en el caso de que hubiera estudiantes no presenciales la evaluación del curso para éstos se realizaría mediante la misma evaluación global que se propone en el punto anterior.

## 5. Metodología, actividades, programa y recursos

### 5.1. Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

El proceso de aprendizaje se ha diseñado para proporcionar a los alumnos la necesaria interrelación entre los conocimientos teóricos y su aplicación práctica para la resolución de problemas reales en distintos tipos de sistemas de almacenamiento. De este modo, el alumno desarrollará competencias que le permitirán enfrentarse a distintos aspectos de la investigación necesaria para la caracterización y monitorización de sistemas de almacenamiento geológico y también a la resolución de problemas técnicos de indudable aplicación laboral fuera del ámbito académico.

El proceso de aprendizaje consta de tres acciones formativas complementarias (punto siguiente) que se corresponden con cada una de las actividades de evaluación planteadas en el siguiente apartado.

### 5.2. Actividades de aprendizaje

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

**Actividad 1: Clases magistrales** (1.5 ECTS) para desarrollar los conceptos y bases teóricas de la asignatura.

**Actividad 2: Prácticas de gabinete** (2 ECTS) para el tratamiento y análisis de casos reales o teórico-prácticos sobre los distintos tipos de almacenamiento que se describen en la asignatura.

## 60440 - Almacenes Geológicos

**Actividad 3: Seminarios** (1,5 ECTS). Debates, discusiones y presentaciones sobre alternativas, problemas y aspectos pasados y futuros relacionados con los almacenamientos.

Las sesiones serán de 4 horas y combinarán la actividad 1 con las actividades 2 o 3 según el programa.

### 5.3.Programa

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos es el siguiente:

#### Temas de teoría.

- Tema 1. (0.5h). Contenido y objetivos del curso.
- Tema 2. (2h). Concepto y tipos de almacenes geológicos.
- Tema 3. (4.5h). Almacenamiento de residuos radiactivos.
- Tema 4. (5h). Almacenamiento de gas y de CO<sub>2</sub>.
- Tema 5. (1h). Geotermia.
- Tema 6 (2h) Efectos, riesgos, consecuencias de los almacenamientos.

**Prácticas de gabinete** (2 ECTS), utilizando programas específicos o aplicaciones convencionales para la resolución de problemas y casos teórico-prácticos sobre aspectos de prospección y exploración de áreas favorables y sobre aspectos de caracterización y seguridad de almacenamientos y su comportamiento a largo plazo (residuos radiactivos, gas y CO<sub>2</sub>). Estudio de diferentes casos prácticos reales (almacenes de residuos de baja actividad en España y otros países europeos; almacenes de residuos de alta actividad en Suecia y Finlandia; almacenamientos temporales; CASTOR y algunos ejemplos de almacenes de CO<sub>2</sub> europeos; aprovechamiento geotérmico del acuífero aluvial de Zaragoza).

- Prácticas 1 y 2. Seminario práctico relacionado con los contenidos del tema 3.
- Prácticas 3 y 4: Tratamiento de casos reales de almacenamiento de residuos radiactivos (Suecia, Finlandia).
- Práctica 5: Práctica relacionada con el almacenamiento de gas.
- Prácticas 6 y 7: Prácticas relacionadas con el almacenamiento de CO<sub>2</sub>.
- Prácticas 8 y 9: Seminario práctico relacionado con los contenidos del tema 5.
- Práctica 10: Práctica relacionada con los contenidos del tema 6.

**Seminarios** (1,5 ECTS). Debate y discusión sobre distintas alternativas en el almacenamiento de residuos (trabajo sobre artículos científicos y de divulgación). Presentación audiovisual de programas de investigación internacionales y nacionales. Seminario sobre aguas termales. Presentaciones por parte de los estudiantes de los trabajos realizados sobre temas o problemas propuestos con antelación por los profesores. En todos los casos habrá una discusión en grupo.

- Seminario 1: Seminario relacionado con los contenidos del tema 3.
- Seminario 2: Seminario de presentación del trabajo personal de los estudiantes.
- Seminario 3: Seminario relacionado con los contenidos del tema 4.
- Seminario 4: Seminario de presentación del trabajo personal de los estudiantes.
- Seminario 5: Seminario relacionado con los contenidos del tema 5.
- Seminario 6: Seminario relacionado con los contenidos del tema 6.
- Seminario 7: Seminario de presentación del trabajo personal de los estudiantes.

La asignatura se imparte en lengua castellana, pero la bibliografía que los alumnos deben manejar está mayoritariamente en inglés.

### 5.4.Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

## 60440 - Almacenes Geológicos

5 créditos ECTS:

- Horas de teoría: 15
- Horas de prácticas gabinete: 20
- Horas de seminarios: 15
- Horas otros (Trabajo personal y actividades relacionadas): 75

Total horas: 125

El horario y el lugar de impartición vendrán establecidos por la Facultad de Ciencias.

Presentación de trabajos:

- Los informes de las prácticas de gabinete se entregarán la semana siguiente a su realización.

### 5.5. Bibliografía y recursos recomendados

- Lombardi et al. . Advances in the Geological Storage of Carbon Dioxide. Springer. 2006
- Toth, Ferenc L.. Geological disposal of carbon dioxide and radioactive wastes: a comparative Assessment. Springer. 2011
- Ahn, J.. Geological repository systems for safe disposal of spent nuclear fuels and radioactive waste. CRC Press. 2010
- Alexander, W.R. and McKinley, L.E.. Deep Geological Disposal of Radioactive Waste. Radioactivity in the Environment. Volum 9. Series. Elsevier. 2007
- Astudillo Pastor, Julio. El almacenamiento geológico profundo de los residuos radiactivos de alta actividad : principios básicos y tecnología / Julio Astudillo Pastor [Madrid] : ENRESA, 2001
- Miller, B. [et al.]. Geological disposal of radioactive wastes and natural analogues. Lessons learnt from Nature and Archaeology (Waste Management Series, Volume 2). Pergamon. 2000