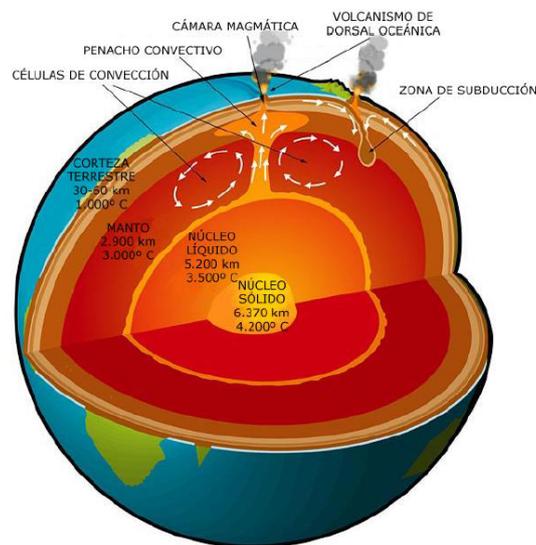




## Guía docente de la asignatura

# Energía Geotérmica



**Titulación: Máster Universitario en Energías Renovables**

# Guía Docente

## 1. Datos de la asignatura

<b>Nombre</b>	ENERGÍA GEOTÉRMICA				
<b>Materia*</b>	Ingeniería Energética (Energy Engineering)				
<b>Módulo*</b>	Asignaturas Fundamentales				
<b>Código</b>	211401019				
<b>Titulación</b>	Máster Universitario en Energías Renovables				
<b>Plan de estudios</b>	2011				
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial				
<b>Tipo</b>	Fundamental				
<b>Periodo lectivo</b>	Cuatrimstral	<b>Curso</b>	1º		
<b>Idioma</b>	Castellano				
<b>ECTS</b>	6	<b>Horas / ECTS</b>	30	<b>Carga total de trabajo (horas)</b>	180
<b>Horario clases teoría</b>	Ver web Centro		<b>Aula</b>	Ver web Centro	
<b>Horario clases prácticas</b>	Ver web Centro		<b>Lugar</b>	Ver web Centro	

\* Todos los términos marcados con un asterisco que aparecen en este documento están definidos en Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

## 2. Datos del profesorado

<b>Profesor responsable</b>	Javier Mulas Pérez		
<b>Departamento</b>	Ingeniería Térmica y de Fluidos		
<b>Área de conocimiento</b>	Máquinas y Motores Térmicos		
<b>Ubicación del despacho</b>	Despacho 2.23, Edificio Minas, Campus AXIII		
<b>Teléfono</b>	968 325990	<b>Fax</b>	968 325999
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:javier.mulas@upct.es">javier.mulas@upct.es</a>		
<b>URL / WEB</b>	<a href="http://www.upct.es/~ditf/mste/">http://www.upct.es/~ditf/mste/</a>		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Consultar en el departamento		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Consultar en el departamento		



<b>Profesor responsable</b>	Rafael Sánchez Medrano		
<b>Departamento</b>	Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica		
<b>Área de conocimiento</b>	Explotación de Minas		
<b>Ubicación del despacho</b>	Sede del Dpto. en Paseo Alfonso XIII, 52, 1ª Planta		
<b>Teléfono</b>	968325452	<b>Fax</b>	968338805
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:rafael.sanchez@upct.es">rafael.sanchez@upct.es</a>		
<b>URL / WEB</b>	<a href="http://www.upct.es/~dimgc/">http://www.upct.es/~dimgc/</a>		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Consultar en el departamento		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Consultar en el departamento		

<b>Profesor responsable</b>	Salvador Gómez Lopera		
<b>Departamento</b>	Física Aplicada		
<b>Área de conocimiento</b>	Física Aplicada		
<b>Ubicación del despacho</b>	Sede del Dpto. en Paseo Alfonso XIII, 48, Planta baja		
<b>Teléfono</b>	968325599	<b>Fax</b>	968 325512
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:salvador.glopera@upct.es">salvador.glopera@upct.es</a>		
<b>URL / WEB</b>	<a href="http://fisica/upct.es/">http://fisica/upct.es/</a>		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Consultar en el departamento		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Consultar en el departamento		

### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Presentación

El objetivo de esta asignatura es obtener las competencias relacionadas con el aprovechamiento del recurso geotérmico, su utilización desde el punto de vista térmico, su conversión en electricidad en el caso de alta entalpía, y los tipos de instalaciones asociadas. Los estudiantes tras cursar la asignatura deben ser capaces de aplicar los conocimientos adquiridos para la realización de proyectos de aprovechamiento de la energía geotérmica y de esta forma afrontar y saber utilizar las competencias adquiridas por esta asignatura y en general por el máster de EERR.

#### 3.2. Ubicación en el plan de estudios

La asignatura “Energía Geotérmica” se estudia en el primer cuatrimestre del periodo formativo del Máster en EERR. Es de carácter fundamental dentro del máster y tiene 6 créditos ECTS. Los alumnos deben elegir para obtener el máster de EERR un mínimo de 5 asignaturas de tipo fundamental de un total de 8 ofertadas de este tipo. Esta asignatura permite abordar los aspectos relevantes del aprovechamiento de la Energía Geotérmica.

#### 3.3. Descripción de la asignatura. Adecuación al perfil profesional

La asignatura “Energía Geotérmica” contribuye a desarrollar competencias relacionadas con la transformación de energía. En particular, se incide en el aprovechamiento directo de un recurso energético natural o bien su transformación en energía eléctrica.

Teniendo en cuenta lo anterior y la disponibilidad del recurso geotérmico se considera esta asignatura muy necesaria para una formación integral del Ingeniero actual, y puede considerarse como una materia deseable dentro de un perfil de un profesional dedicado a las energías renovables.

#### 3.4. Relación con otras asignaturas. Prerrequisitos y recomendaciones

Para el correcto desarrollo de la asignatura es recomendable que los alumnos tengan conocimientos en las siguientes materias:

- Termodinámica aplicada, Tecnología Térmica y Transmisión de Calor
- Máquinas y Motores Térmicos, Ciclos de funcionamiento de máquinas térmicas, Turbina de Vapor, Turbina de Gas, Ciclo Combinado, Motores de Combustión Interna Alternativos.
- Tecnología Energética. Flujos de energía, caracterización energética de equipos.

#### 3.5. Medidas especiales previstas

Debido a la diversidad de los alumnos desde el punto de vista de los conocimientos / formación, se buscará homogeneizar los conocimientos básicos para abarcar las competencias cubiertas por esta asignatura. El alumno/a o grupo de alumnos que por circunstancias concretas puedan necesitar medidas especiales deberán comunicarlo al profesor responsable al inicio del cuatrimestre. Éste intentará, en la medida de lo posible, facilitar el seguimiento oportuno de la asignatura mediante sesiones de tutorías grupales y/o sesiones de aula especiales.

En el caso de alumnos con discapacidades, éstos deberán ponerse en contacto con el profesor para ofrecer las facilidades oportunas según el tipo de discapacidad.

En el caso de alumnos extranjeros, se ofrecerán tutorías en inglés y la evaluación final será igualmente en inglés. Parte de la bibliografía de la asignatura está en inglés.



## 4. Competencias y resultados del aprendizaje

### 4.1/4.2. Competencias básicas\* y generales del plan de estudios

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.

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

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.

### 4.3. Competencias específicas\* del plan de estudios

A1 - Conocer los principales problemas relacionados con la sostenibilidad energética

A2 - Conocer de forma introductoria el impacto social y ambiental de las distintas tecnologías energéticas

A3 - Conocer las posibilidades tecnológicas para la eficiencia y el ahorro energético

### 4.4. Competencias transversales del plan de estudios

No existen datos.

### 4.5. Resultados\*\* del aprendizaje

El objetivo de esta asignatura es obtener la formación necesaria relacionada con aprovechamiento térmico de la energía solar. Se pueden enumerar como resultados del aprendizaje:

L1. Adquirir los fundamentos de la energía geotérmica y las tecnologías ligadas a su aprovechamiento.

L2. Analizar la interacción roca fluido y aplicarla a la medida de los gradientes geotérmicos

L3. Identificar los elementos y los sistemas que componen las instalaciones geotérmicas.

L4. Estar capacitado para diseñar una instalación para el aprovechamiento de la energía geotérmica.

**\*\* Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**

[http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes\\_v02.pdf](http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf)



## 5. Contenidos

### 5.1. Contenidos

La asignatura se divide en tres bloques, el primero enfoca el recurso geotérmico desde el punto de vista de la ingeniería geológica, el segundo desde el punto de vista del aprovechamiento térmico y eléctrico, y el tercero desde el punto de vista de la simulación, con un doble enfoque: por un lado se profundiza en el flujo de fluidos con transporte de calor en medios porosos y por otro más práctico como aplicación de lo anterior mediante un software de simulación.

### 5.2. Programa de teoría

#### Bloque I

- UD 1. Geología de los yacimientos Hidrotermales y Geotermiales. Gradientes Geotérmicos. Focos térmicos. Investigación del subsuelo: exploración y caracterización de los recursos geotérmicos. Zonificación Geotérmica. La Energía Geotérmica en España.
- UD 2. Aprovechamientos geotérmicos de baja entalpía. Obras y equipamientos superficiales. Compatibilidad con las obras de edificación.
- UD 3. Aprovechamientos geotérmicos de media entalpía. Ejecución de sondeos geotécnicos de baja y media profundidad. Investigación de pozos geotérmicos. Pruebas de producción.
- UD 4. Aprovechamientos geotérmicos de alta entalpía. Ejecución de sondeos geotérmicos profundos. Perforación, testificación, entubación, cementación y equipado de pozos geotérmicos.

#### Bloque II

- UD 5. Principios de termotecnia y termodinámica aplicados al aprovechamiento geotérmico. Principales dispositivos de intercambio y aprovechamiento.
- UD 6. Aplicaciones de fluidos geotérmicos de baja entalpía: climatización.
- UD 7. Aplicaciones de fluidos geotérmicos de media entalpía: climatización, cogeneración.
- UD 8. Aplicaciones de fluidos geotérmicos de elevada entalpía: generación de vapor y electricidad.

#### Bloque III

- UD 9. Flujo de fluidos con transporte de calor en medios porosos. Fundamentos físicos. Ecuaciones de gobierno
  - 9.1. Propiedades físicas de los medios porosos
  - 9.2. Leyes de Darcy y de Fick. Teoremas de conservación
  - 9.3. Ecuaciones de flujo y transporte
  - 9.4. Aproximación de Boussinesq. Ecuaciones simplificadas
  - 9.5. Uso de la variable función de corriente
  - 9.6. Ecuaciones en forma adimensional. Grupos adimensionales fundamentales



### 5.3. Programa de prácticas

1. Visita a perforaciones y sondeos. Visita a foro de sondeos. Visita a empresa de equipamiento de pozos.
2. Simulación de sistemas térmicos aplicados a energía geotérmica.
3. Simulación mediante el programa FAHET (Flow and heat transport).
  - a. Introducción. El método de redes.
  - b. Estructura del programa.
  - c. Archivos de modelo.
  - d. Simulación.
  - e. Entornos de salida de datos.
4. Aplicación a escenarios geotérmicos.
  - a. Escenarios básicos. Ejemplos de simulación.
  - b. El problema de Yusa. Parámetros de control. Casos.
  - c. Escenarios prácticos. Problemas geotérmicos.
5. Aplicación de FAHET en instalaciones de aprovechamiento energético geotérmico. Ejemplos.

### Prevención de riesgos

La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.

Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un "Manual de acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos" que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.

En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.

## 6. Metodología docente

### 6.1. Metodología docente\*

Actividad*	Trabajo del profesor	Trabajo del estudiante	ECTS
Clase de teoría	Clase expositiva utilizando técnicas de aprendizaje cooperativo informal de corta duración. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes. Se tratarán los temas de mayor complejidad y los aspectos más relevantes.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes y revisión con el compañero. Planteamiento de dudas individualmente o por parejas.	<b>0.83</b>
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia.	<b>1</b>
Clase de Prácticas. Sesiones de	Las sesiones prácticas de laboratorio son fundamentales para enlazar contenidos teóricos y prácticos de forma directa. Mediante las sesiones de aula de informática se pretende	<u>Presencial</u> : Manejo de instrumentación. Desarrollo de competencias en expresión oral y escrita con la presentación de	<b>1.17</b>



<b>laboratorio y aula de informática</b>	que los alumnos adquieran habilidades básicas computacionales y manejen programas y herramientas de cálculo y simulación profesionales.	informes de prácticas por los alumnos con apoyo del profesor	
		<u>No presencial:</u> Elaboración de los informes de prácticas en grupo y siguiendo criterios de calidad establecidos	<b>0,8</b>
<b>Realización de exámenes oficiales</b>	Se realizarán una prueba escrita de tipo individual. Esta prueba permite comprobar el grado de consecución de las competencias específicas.	<u>Presencial:</u> Asistencia a la prueba escrita y realización de ésta	<b>0,1</b>
<b>Tutorías individuales y de grupo</b>	Las tutorías serán individuales o de grupo con objeto de realizar un seguimiento individualizado y/o grupal del aprendizaje. Revisión de exámenes por grupos y motivación por el aprendizaje	<u>Presencial:</u> Planteamiento de dudas en horario de tutorías.	<b>0,1</b>
<b>Realización de trabajo final en grupo y presentación oral</b>	Se realizará un trabajo de diseño de aprovechamiento energético o diseño de instalaciones básicas con auxilio del nuestro programa FAHET. Los alumnos deberán realizar un informe técnico en base a criterios de calidad establecidos y hacer una presentación visual de los resultados más significativos.	<u>Presencial:</u> Planteamiento del trabajo y tutorías de control y orientación por grupos. Exposición oral	<b>1</b>
		<u>No presencial:</u> Búsqueda y síntesis de información. Trabajo en grupo. Elaboración del informe técnico y preparación de la presentación del trabajo	<b>1</b>
			<b>6</b>

## 7. Evaluación

### 7.1. Metodología de evaluación\*

Actividad	Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
<b>Prueba escrita individual</b> (30-60 %)	<b>Cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas:</b> Cuestiones teóricas simples o acompañadas de una aplicación numérica de corta extensión. Se evalúan principalmente los conocimientos teóricos. Se harán de 1-6 cuestionarios evaluativos (0-2 por cada BLOQUE)	No interviene	L1, L3
<b>Prácticas en aula de informática</b> (10-40 %)	<b>Laboratorio:</b> Se realizarán exposiciones orales al inicio de las sesiones prácticas de laboratorio sobre el trabajo a realizar y los objetivos. <b>Informes trabajos de investigación:</b> Se realizará un informe en grupo del trabajo realizado y se completará posteriormente de forma individual	No interviene	L1, L3, L4
<b>Trabajo de investigación y exposición oral</b> (20-40 %)	Se propondrá un trabajo de investigación para realizar en de forma individual. Se deberá redactar un informe técnico y presentar los aspectos más relevantes del trabajo mediante una presentación visual	No interviene	L2, L3, L4



## 7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)

El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante las siguientes actividades:

- Cuestiones planteadas en clase y actividades de AC informal por parejas en clase de teoría y prácticas.
- Supervisión durante las sesiones de trabajo en equipo presencial de prácticas y revisión de los trabajos propuestos realizados individualmente o en equipo (no presencial).
- Entrega de partes del trabajo/proyecto a realizar de forma individual a lo largo de la asignatura.
- Tutorías.



## 8. Temporalización. Distribución de créditos ECTS

Semana	Temas o actividades (visita, examen parcial, etc.)	ACTIVIDADES PRESENCIALES											ACTIVIDADES NO PRESENCIALES				TOTAL HORAS	ENTREGABLES				
		Convencionales					No convencionales						Estudio	Trabajos / informes individuales	Trabajos / informes en grupo	Total No Presencial						
		Clases teoría	Clases problemas	Laboratorio	Aula informática	Total Presencial Convencional	Trabajo cooperativo	Tutorías	Seminarios	Visitas	Evaluación formativa	Evaluación (1)							Exposición de trabajos	Trabajo final en grupo	Total Presencial No Convencional	
1	UD1	4				4										2				2	6	
2	UD1	3				3										3				3	6	
3	UD2 y PE(1)	5				5				0,5				0,5	0,5	5				5	10,5	
4	UD3	2			2	4										3				3	7	
5	UD4 y PE(1)	4				4				0,5				0,5	0,5	3				3	7,5	
6	UD5	2			2	4										3				3	7	
7	UD5	2			2	4										3	2			5	9	
8	UD6 y PE(1)				4	4				0,5				0,5			2			2	6,5	
9	UD7				4	4										3				3	7	
10	UD8 y PE(1)	3			1	4				0,5	4			4,5	4,5	3	3			6	14,5	
11	UD9				4	4		1						5	5		3	5		8	18	P
12	UD9				4	4								5	5		3	5		8	17	P
13	UD9 y PE(1)				4	4		1		0,5	5			6,5	6,5		2	5		7	17,5	P
14	UD9				4	4					5			5	5			5		5	14	P
15	UD9 y PE(1)				4	4		1		0,5	5			6,5	6,5		2	5		7	17,5	P
Periodo de exámenes										3	1			4	4	7				7	11	
Otros																						
<b>TOTAL HORAS</b>		<b>25</b>			<b>35</b>	<b>60</b>		<b>3</b>			<b>6</b>	<b>30</b>		<b>39</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>25</b>		<b>77</b>	<b>176</b>		

(1) Prueba Escrrita Individual según convocatoria



## 9. Recursos y bibliografía

### 9.1. Bibliografía básica\*

- Villanueva, M., Iglesias, A. *"Pozos y acuíferos: técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo"*. Ed: I.T.G.M.E., Madrid 1984.
- *Apuntes del VI CURSO DE SONDEOS*. Univ. Granada. Linares 1992.
- López Jimeno, C. et al. *"Manual de sondeos"*. Ed: Entorno Gráfico, S.L. Madrid 2000.
- Creus Sole, A., *"Energía geotérmica de baja temperatura"*, S.L. Ediciones Ceysa, 2008.
- Pous, J., Jutglar i Banyeras, L., *"Energía geotérmica"*, CEAC, 2004.
- Bowen, R., *"Geothermal Resources"*, Applied Science Pub, 1979.
- Llopis Trillo, G., Rodrigo Angulo, V., *"Guía de la Energía Geotérmica"*, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2008.
- Conde Lázaro, E., Ramos Millán, A., Reina Peral, P., Vega Remesal, A., *"Guía técnica de bombas de calor geotérmicas (2009)"*, *"Guía Técnica de Generación Eléctrica de Origen Geotérmico (2010)"*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 2009.

### 9.2. Bibliografía complementaria\*

- Puy Huarte. *"Procedimiento de sondeos"*. Ed: JEN 1977.
- NGuyen, J.P., *"Le Forage"*. Éditions Technip, Paris 1993.
- DiPippo, R. *"Geothermal Power Plants"*.
- Llopis Trillo, G., López Gimeno, C., Franqueza Palacios, J., *"Guía técnica de sondeos geotérmicos superficiales"*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 2009.

### 9.3. Recursos en red y otros recursos

- Aula virtual UPCT
- Centro Nacional de Energías Renovables <http://www.cener.com/>
- Agencia de la Gestión de la Energías de la Región de Murcia ARGEM <http://www.argem.es/>
- Recursos Biblioteca UPCT (<http://www.bib.upct.es>)
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (<http://www.fenercom.com/pages/publicaciones/publicaciones-fenercom.html>)
- Asignatura en Aula Virtual: Enlaces a páginas web, presentaciones visuales, vídeos y otros recursos de utilidad para resolución de ejercicios y problemas así como para complementar la teoría. Se utilizará el foro de la asignatura como herramienta básica para el seguimiento de la asignatura.

