

Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigación en Energía

Programa de Estudio

Geotermia II		7, 8	8
Asignatura	Clave	Semestre	Créditos

Pre-Especialización	Ingenierías
Ciclo	Área

Asignatura:		Horas:		Total Horas:	
Obligatoria		Teóricas	4	Semana	4
Optativa	X	Prácticas		16 semanas	64

Modalidad: Curso teórico

Seriación obligatoria antecedente: Ninguna

Seriación obligatoria consecuente: Ninguna

Objetivos del curso: Que el(la) alumno(a) profundice sus conocimientos sobre los sistemas geotérmicos, haciendo énfasis en (1) las técnicas de exploración y evaluación de los recursos geotérmicos, (2) la ingeniería de yacimientos y (3) los aspectos económicos para evaluar y financiar un proyecto geoenergético. Que el(la) alumno(a) obtenga conocimiento sobre nuevas metodologías usadas en la exploración y evaluación de yacimientos geotérmicos, haciendo énfasis en la evaluación crítica en la calidad de los datos a analizar.

Temario

No.	Nombre	Horas
1.	Exploración geológica de campos geotérmicos	12
2.	Exploración geoquímica de campos geotérmicos	12
3.	Exploración geofísica de campos geotérmicos	12
4.	Valoración de los yacimientos geotérmicos	6
5.	Ingeniería de yacimientos	10
6.	Cuantificación de recursos geotérmicos	12
Subtotal		64
Prácticas de laboratorio		0
Total		64

1.- Exploración geológica de campos geotérmicos

Objetivo: Que el(la) alumno(a) obtenga conocimientos básicos de vulcanología, estratigrafía y Geología de México que le permitan interactuar con especialistas de las Ciencias de la Tierra durante las campañas de exploración geotérmica.

Contenido:

- 1.1 Vulcanología aplicada a la exploración geotérmica
- 1.2 Modelos de evolución petrogenética
- 1.3 Estratigrafía aplicada a la exploración geotérmica
- 1.4 Geohidrología aplicada a la exploración geotérmica
- 1.5 Cartografía geológica y satelital de manifestaciones termales y alteraciones hidrotermales
- 1.6 Geología de México aplicada a la exploración geotérmica

2.- Exploración geoquímica de campos geotérmicos

Objetivo: Que el(la) alumno(a) conozca diferentes metodologías geoquímicas usadas generalmente durante las campañas de exploración geotérmica. Que el(la) estudiante desarrolle una actitud crítica al momento de evaluar datos experimentales de las etapas de exploración.

Contenido:

- 2.1 Aplicación de la geoquimiometría en la exploración Geotérmica
- 2.2 Composición química de rocas y suelos y metodologías analíticas modernas para su análisis
- 2.3 Dataciones radiométricas de rocas y minerales
- 2.4 Termodinámica de sistemas geotérmicos
- 2.5 Geoquímica de fluidos geotérmicos y metodologías analíticas modernas para su análisis
- 2.6 Geoquímica isotópica de fluidos geotérmicos

3.- Exploración geofísica de campos geotérmicos

Objetivo: Que el(la) alumno(a) conozca aspectos básicos de algunos métodos geofísicos que le permitan interactuar con especialistas de las Ciencias de la Tierra durante las campañas de exploración geotérmica.

Contenido:

- 3.1 Propiedades geofísicas de rocas e incertidumbres en sus mediciones
- 3.2 Exploración gravimétrica y magnetométrica
- 3.3 Exploración geoelectrica
- 3.4 Exploración sísmica
- 3.5 Registros geofísicos de pozos
- 3.6 Modelación térmica de yacimientos geotérmicos
- 3.7 Localización de sitios de perforación y evaluación de sus incertidumbres

4.- Evaluación de yacimientos geotérmicos

Objetivo: Que el(la) alumno(a) conozca las principales herramientas geocientíficas usadas para evaluar el potencial de un yacimiento geotérmico, desarrollando una actitud crítica ante sus limitaciones e incertidumbres.

Contenido:

- 4.1 Dimensiones y escalas temporales de yacimientos geotérmicos
- 4.2 Métodos para la determinación de las condiciones termodinámicas de yacimientos y sus incertidumbres
- 4.3 Geotermómetros químicos e isotópicos
- 4.4 Inclusiones fluidas
- 4.5 Mineralogía de alteración
- 4.6 Modelado geoquímico
- 4.7 Simulación térmica
- 4.8 Aseguramiento de la calidad de la información geocientífica

5.- Ingeniería de yacimientos

Objetivo: Que el(la) alumno(a) conozca los aspectos más importantes a tomar en cuenta durante el desarrollo y la explotación de un yacimiento geotérmico.

Contenido:

- 5.1 Desarrollo de un proyecto geotérmico explorado
- 5.2 Diseño y terminación de pozos – Ventajas y efectos al sistema geotérmico
- 5.3 Modelado e incertidumbres de las temperaturas estabilizadas de fondo
- 5.4 Ingeniería de yacimientos
- 5.5 Tratamiento químico y reinyección de fluidos geotérmicos
- 5.6 Consideraciones ambientales
- 5.7 Corrosión y incrustaciones

6.- Cuantificación de recursos geotérmicos

Objetivo: Que el(la) alumno(a) conozca las metodologías más modernas para integrar la información geocientífica y de ingeniería de yacimientos en un modelo conceptual y económico del recurso geotérmico, evaluando críticamente las incertidumbres de la información recopilada y su impacto en los modelos creados.

Contenido:

6.1 Integración y análisis de información geocientífica

6.3.1 Información geológica, geohidrológica y cuantificación del volumen de unidades litológicas

6.3.2 Modelo geológico y geohidrológico

6.3.3 Edad de las unidades litológicas y evaluación de la energía disponible

6.3.4 Modelo hidrogeoquímico e isotópico

6.3.5 Modelo térmico

6.2 Balance de masa y energía en yacimientos geotérmicos

6.3 Modelos conceptuales de yacimientos geotérmicos

6.3.1 Modelos de integración de información geocientífica

6.3.2 Modelado de cámaras magmáticas

6.4 Evaluación estadística de modelos cuantitativos

6.5 Análisis económico y comercial de un yacimiento geotérmico

Bibliografía básica:

Temas para los que se recomienda:

Wohletz, K., Heiken, G. (1992) Volcanology and geothermal energy. Univ. of California Press, Berkeley, 432 p.	1
Arnórsson, S. (2000) Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use. Sampling methods, data handling, interpretation. International Atomic Energy Agency, Vienna, 350 p.	2
D'Amore, F. (ed.) (1991). Applications of geochemistry in geothermal reservoir development. UNITAR/UNDP Centre on Small Energy Resources	2
Verma, S.P. (2005) Estadística Básica para el Manejo de Datos Experimentales: Aplicación a la Geoquímica (Geoquimiometría). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 186 pp. (www.cie.unam.mx)	2, 3
Kearey, P., Brooks, B.M., Hill, I. (2002) An Introduction to Geophysical Exploration. 3a ed., Blackwell Science, 262 p.	3
	4, 5

Grant, M.A. (1982) Geothermal Reservoir Engineering (Energy science and engineering). Academic Pr., 376 p.	5, 6
DiPippo, R. (2005) Geothermal Power Plants: Principles, applications and Case Studies. Editorial Elsevier, Amsterdam, 450 p.	6
International Geothermal Association (1995) Course on: Drafting a geothermal Project for funding (Edited by R.G. Bloomsquist). Pre-Congress Course, World Geothermal Congress 1995, Pisa, Italy, 18-20 May, 193 p.	6
Verma, S. P. & Andaverde, J. (2007). Coupling of thermal and chemical simulations in a 3-D integrated magma chamber-reservoir model: a new geothermal energy research frontier. In: Ueckermann, H. I. (ed.) Geothermal Energy Research Trends: Nova Science Publishers, Inc., 149-189.	

Bibliografía complementaria:

Temas para los que se recomienda:

Verma, S. P. (1984). La petrogénesis y la fuente de calor en la caldera de Los Hornos, Puebla, México. Curso Internacional Post-universitario en Geotermia, 1er Seminario de Actualización. Bogotá, Colombia: IILA, Roma, 343-355.

Artículos de revistas científicas, de divulgación científica o en Internet con temáticas de actualidad, designados por el profesor de la asignatura.

Sugerencias didácticas:

Exposición oral	☒	Lecturas obligatorias	☒
Exposición audiovisual	☒	Trabajos de investigación	☒
Ejercicios dentro de clase	☒	Prácticas de taller o laboratorio	☐
Ejercicios fuera del aula:	☒	Prácticas de campo	☐
Seminarios	☐	Otras:	☐

Forma sugerida de evaluar:

Exámenes parciales	☒	Participación en clase	☒
Exámenes finales	☒	Asistencias a prácticas	☐
Trabajos y tareas fuera del aula	☒	Otras:	☐

Perfil profesiográfico de quienes pueden impartir la asignatura:

Académicos con título de licenciatura o posgrado en Ingeniería Geológica, Geofísica o ciencias o ingenierías afines, con experiencia en la realización de proyectos geotérmicos.