

	Nombre del documento: Programa de Estudio de asignatura de Especialidad	Código: TecNM-AC-PO-007-02
		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.3, 8.3.1	Página 1 de 8

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Evaluación de Recursos Geotérmicos
Clave de la asignatura:	REF-2505
SATCA¹:	3 – 2 – 5
Carrera:	Ingeniería en Geociencias

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
Desarrolla competencias para analizar y aprovechar de forma sustentable los recursos geotérmicos mediante la integración de datos geológicos, geofísicos y térmicos. El estudiante aplicará métodos de resistividad, magnetotelúrica y gradiente térmico para estimar el potencial energético del subsuelo.
Intención didáctica
La asignatura está diseñada para que el estudiante integre conocimientos teóricos y prácticos sobre los recursos geotérmicos, desde su origen y características geológicas hasta los métodos de evaluación y aprovechamiento sustentable.
A través de la resolución de problemas reales, análisis de casos nacionales y prácticas con datos de campo, el alumno aplicará métodos geofísicos y térmicos para estimar el potencial energético de un sistema geotérmico.
El docente orientará el proceso de aprendizaje fomentando la investigación aplicada, el trabajo colaborativo y el uso de herramientas digitales (QGIS, Surfer, PyGIMLi, SimPEG), promoviendo el desarrollo de competencias en interpretación de datos, modelado y toma de decisiones.
Se busca que el estudiante asuma una actitud crítica, ética y sustentable frente al aprovechamiento de los recursos naturales, reconociendo la geotermia como una alternativa estratégica dentro de la transición energética nacional.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

	Nombre del documento: Programa de Estudio de asignatura de Especialidad	Código: TecNM-AC-PO-007-02
		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.3, 8.3.1	Página 2 de 8

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de la Chontalpa Octubre de 2025	M.C. Fabián Remedios Magaña Jiménez	Reunión para formar la especialidad de Ingeniería en Geociencias.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
- Competencia general de la especialidad: Analiza, evalúa y gestiona los recursos naturales y las fuentes de energía renovable mediante la aplicación de principios científicos, tecnológicos y ambientales, contribuyendo a la transición energética y al desarrollo sustentable del país. - Competencia(s) específica(s) de la asignatura: Evalúa y caracteriza el potencial de los recursos geotérmicos mediante la integración de información geológica, geofísica y térmica, aplicando métodos de inversión y modelado conceptual para determinar zonas de interés y reservas aprovechables de manera sustentable, conforme a la normativa técnica y ambiental vigente.

5. Competencias previas

- Interpreta información geológica básica, identificando estructuras, tipos de rocas y ambientes geotectónicos. - Aplica principios de termodinámica y transferencia de calor en el análisis de procesos geológicos y energéticos del subsuelo. - Comprende los fundamentos de los métodos geofísicos (eléctricos, sísmicos y electromagnéticos) y su aplicación en la exploración del subsuelo.
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de la energía geotérmica	1.1 Concepto, origen y naturaleza del calor interno terrestre. 1.2 Clasificación de los recursos geotérmicos: alta, media y baja entalpía. 1.3 Elementos del sistema geotérmico: fuente de calor, reservorio, sello, acuífero y recarga.

	Nombre del documento: Programa de Estudio de asignatura de Especialidad	Código: TecNM-AC-PO-007-02
		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.3, 8.3.1	Página 3 de 8

		1.4 Distribución global y nacional de los recursos geotérmicos. 1.5 Campos geotérmicos mexicanos: Cerro Prieto, Los Azufres, Los Humeros y Domo San Pedro. 1.6 Importancia de la energía geotérmica en la transición energética y desarrollo sostenible.
2	Métodos geofísicos aplicados a la exploración geotérmica	2.1 Principios de resistividad eléctrica, TDEM, magnetotelúrica (MT) y CSAMT. 2.2 Planeación y adquisición de datos geofísicos en zonas geotérmicas. 2.3 Procesamiento, control de calidad (QC) e inversión 1D y 2D. 2.4 Integración de resultados geofísicos con información geológica y de pozos. 2.5 Interpretación conjunta y delimitación de reservorios geotérmicos.
3	Gradiente geotérmico y flujo de calor	3.1 Propiedades térmicas de las rocas: conductividad, difusividad y capacidad calorífica. 3.2 Métodos de medición de temperatura y flujo de calor en superficie y pozo. 3.3 Cálculo e interpretación de gradientes térmicos. 3.4 Elaboración de mapas isotérmicos y perfiles térmicos del subsuelo. 3.5 Relación entre gradiente geotérmico, estructura y litología.
4	Estimación del potencial geotérmico	4.1 Métodos de evaluación de recursos geotérmicos: balance de calor y método volumétrico. 4.2 Cálculo del calor en sitio (Heat-in-Place): $Q = \rho V C_p \Delta T R$. 4.3 Clasificación de recursos y reservas (P10, P50, P90). 4.4 Análisis de incertidumbre y sensibilidad de parámetros. 4.5 Modelado conceptual y energético del sistema geotérmico.
5	Evaluación sustentable y de impacto ambiental	5.1 Tipos de aprovechamiento: generación eléctrica, uso directo e híbrido. 5.2 Procesos de reinyección, monitoreo geofísico y estabilidad del reservorio.

	Nombre del documento: Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Código: TecNM-AC-PO-007-02
			Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 4 de 8

		5.3 Riesgos geológicos y consideraciones ambientales. 5.4 Marco normativo nacional: SENER, CRE, ASEA, Ley de Energía Geotérmica. 5.5 Lineamientos internacionales de gestión y sostenibilidad del recurso.
--	--	--

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1.- Fundamentos de la energía geotérmica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): • Comprende los principios físicos y geológicos que originan la energía geotérmica y los componentes de un sistema geotérmico. • Identifica los principales tipos de recursos geotérmicos y su distribución en México y el mundo. Genéricas: • Comunica ideas de forma oral y escrita en contextos científicos. • Trabaja de manera colaborativa y responsable. • Usa herramientas digitales para la búsqueda y organización de información. • Desarrolla pensamiento crítico frente a los retos energéticos y ambientales.	• Investiga el origen del calor interno de la Tierra y el concepto de energía geotérmica. • Analiza en equipos la clasificación de los recursos geotérmicos (alta, media y baja entalpía) a partir de bibliografía técnica (CFE, SENER, DiPippo, 2016). • Elabora un cuadro comparativo de los principales campos geotérmicos mexicanos (Cerro Prieto, Los Hornos, Los Azufres y Domo San Pedro). • Diseña un mapa temático de distribución de zonas geotérmicas en México usando QGIS. • Participa en una mesa de discusión sobre la importancia de la geotermia en la transición energética nacional.
2.- Métodos geofísicos aplicados a la exploración geotérmica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): • Aplica los principios y técnicas de los métodos geofísicos eléctricos y	• Revisa los fundamentos teóricos de los métodos geofísicos aplicados a la exploración geotérmica (CFE, 2022;

	Nombre del documento: Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Código: TecNM-AC-PO-007-02
			Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 5 de 8

electromagnéticos (resistividad, TDEM, MT y CSAMT) para la identificación de sistemas geotérmicos. • Procesa e interpreta información geofísica para la delimitación de reservorios geotérmicos. Genéricas: • Utiliza software especializado para el análisis e interpretación de datos. • Resuelve problemas mediante razonamiento lógico y análisis crítico. • Trabaja colaborativamente en proyectos técnicos. • Comunica resultados de manera efectiva y sustentada.	SENER, 2023). • Analiza ejemplos reales de levantamientos MT y CSAMT de campos geotérmicos mexicanos (Los Humeros, Cerro Prieto). • Realiza un ejercicio práctico de procesamiento de datos MT o resistividad usando software libre (PyGIMLi, SimPEG o Surfer). • Elabora un esquema del flujo de trabajo de exploración geofísica geotérmica, identificando etapas, instrumentos y parámetros relevantes. • Desarrolla un informe técnico breve con la interpretación de anomalías y posibles zonas de interés.
3.- Gradiente geotérmico y flujo de calor	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): • Analiza los principios de transferencia de calor en el subsuelo y determina el gradiente geotérmico a partir de datos de pozo o superficie. • Interpreta perfiles térmicos y calcula el flujo de calor, integrando propiedades térmicas de las rocas y condiciones geológicas locales. Genéricas: • Aplica el razonamiento lógico y cuantitativo en la resolución de problemas. • Utiliza herramientas tecnológicas para el manejo y análisis de datos. • Trabaja de manera colaborativa y comunica resultados con lenguaje técnico.	• Investiga los conceptos de conductividad térmica, difusividad y capacidad calorífica en rocas. • Resuelve ejercicios prácticos sobre cálculo de gradiente geotérmico y flujo de calor. • Interpreta perfiles de temperatura de pozos (datos reales o simulados) para identificar anomalías térmicas. • Elabora un mapa isotérmico y una sección vertical de distribución de temperatura usando software de cartografía (Surfer, QGIS). • Compara resultados con valores típicos de diferentes ambientes geológicos y discute su relación con la tectónica y litología.

	Nombre del documento: Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Código: TecNM-AC-PO-007-02
			Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 6 de 8

• Desarrolla pensamiento crítico para interpretar información científica.	
4.- Estimación del potencial geotérmico	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): • Aplica los métodos de balance de calor y volumétrico para la estimación del potencial energético de un sistema geotérmico. • Calcula el calor in situ (Heat-in-Place) e interpreta los resultados considerando incertidumbre y sustentabilidad del recurso. • Integra información geológica, geofísica y térmica para elaborar un modelo conceptual del reservorio. Genéricas: • Resuelve problemas mediante la aplicación del pensamiento lógico, matemático y analítico. • Usa software y hojas de cálculo para el procesamiento de datos científicos. • Desarrolla la capacidad de integrar información multidisciplinaria. • Comunica resultados de forma escrita y oral con rigor técnico.	• Analiza los principios teóricos de los métodos de estimación de recursos geotérmicos (DiPippo, 2016; Axelsson & Stefánsson, 2012). • Realiza ejercicios numéricos de cálculo de reservas térmicas utilizando el método volumétrico $Q = \rho V C_p \Delta T R$. • Aplica análisis de sensibilidad y escenarios P10, P50, P90 para evaluar la incertidumbre. • Desarrolla un modelo conceptual del sistema geotérmico con base en los datos de pozos, mapas térmicos y perfiles geofísicos. • Presenta los resultados en un informe técnico estructurado, interpretando su significado geológico y energético.
5.- Evaluación sustentable y de impacto ambiental	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): • Evalúa los aspectos técnicos, ambientales y sociales asociados al aprovechamiento de los recursos geotérmicos. • Identifica los impactos potenciales de la explotación geotérmica y propone medidas	• Investiga el contenido y objetivos de la Ley de Energía Geotérmica, la CRE y la ASEA en materia ambiental y de seguridad. • Analiza casos reales de evaluación ambiental en campos geotérmicos (CFE,

	Nombre del documento: Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Código: TecNM-AC-PO-007-02
			Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 7 de 8

de mitigación y reinyección sustentable. • Analiza el marco normativo nacional e internacional que regula los proyectos de energía geotérmica. Genéricas: • Aplica principios de ética profesional y responsabilidad ambiental. • Participa activamente en la solución de problemas sociales y ecológicos. • Trabaja colaborativamente mostrando actitud crítica y propositiva. • Comunica conclusiones técnicas con lenguaje científico y sustentable.	2022; SENER, 2023). • Elabora una matriz de identificación de impactos ambientales en un proyecto geotérmico hipotético. • Diseña una propuesta técnica de reinyección y monitoreo geofísico para mantener la estabilidad del reservorio. • Participa en una mesa de debate sobre los beneficios y riesgos de la geotermia en comunidades locales.
--	---

8. Práctica(s)

Práctica 1: <i>Identificación y análisis del gradiente geotérmico</i> Práctica 2: <i>Procesamiento e interpretación de datos geofísicos (MT/Resistividad)</i> Práctica 3: <i>Estimación del potencial geotérmico mediante el método volumétrico (Heat-in-Place)</i> Práctica 4: <i>Elaboración del modelo conceptual del sistema geotérmico</i> Práctica 5: <i>Evaluación ambiental y reinyección sustentable</i>

9. Proyecto de asignatura

• Modelo conceptual y evaluación del potencial geotérmico de un área de estudio

10. Evaluación por competencias

• Reporte de prácticas. • Reportes de investigación. • Desempeño en prácticas de laboratorio. • Participación de trabajo en equipo. • Análisis de interpretaciones • Evaluaciones • Exposiciones • Trabajos
--

	Nombre del documento: Programa de Estudio de asignatura de Especialidad	Código: TecNM-AC-PO-007-02
		Revisión: O
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.3, 8.3.1	Página 8 de 8

11. Fuentes de información

- Axelsson, G., & Stefánsson, V. (2012). *Sustainable Management of Geothermal Resources*. *Geothermics*, 39(4), 283–291.
- Blackwell, D. D., & Richards, M. (2004). *Geothermal Map of North America*. American Association of Petroleum Geologists.
- Carslaw, H. S., & Jaeger, J. C. (1959). *Conduction of Heat in Solids* (2ª ed.). Oxford University Press.
- Clauser, C., & Huenges, E. (1995). *Thermal Conductivity of Rocks and Minerals*. AGU.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). (2022). *Informes técnicos de campos geotérmicos mexicanos*. CFE.
- Dickson, M. H., & Fanelli, M. (2015). *Geothermal Energy: Utilization and Technology*. UNESCO.
- DiPippo, R. (2016). *Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact* (4ª ed.). Butterworth-Heinemann.
- Fournier, R. O. (1979). *A Revised Equation for the Na-K Geothermometer*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43(9), 1543–1550.*
- Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice Hall.
- Grant, M. A., & Bixley, P. F. (2011). *Geothermal Reservoir Engineering* (2ª ed.). Elsevier.
- Hochstein, M. P. (1990). *Classification and Assessment of Geothermal Resources*. *Geothermics*, 19(5), 465–480.*
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2017). *Geothermal Power: Technology Brief*. IRENA.
- Ley de Energía Geotérmica. Diario Oficial de la Federación (última reforma vigente).
- López-Hernández, A., & Arellano, V. (2005). *Geothermal Fields of Mexico: Development and Perspectives*. *Geothermics*, 34(5–6), 628–642.*
- Muffler, L. J. P., & Cataldi, R. (1978). *Methods for Regional Assessment of Geothermal Resources*. *USGS Circular 726*.
- Secretaría de Energía (SENER). (2023). *Prospectiva de Energías Renovables 2023–2034*. Gobierno de México.
- Simpson, F., & Bahr, K. (2005). *Practical Magnetotellurics*. Cambridge University Press.
- Spichak, V. (Ed.). (2013). *Electromagnetic Sounding of Geothermal Zones*. Elsevier.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* (2ª ed.). Cambridge University Press.