

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Geohidrología
Clave de la asignatura:	IHF-1012
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Hidrológica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La asignatura aporta al Ingeniero Hidrólogo las competencias básicas e intermedias sobre la relación de las rocas y el suelo con el agua dentro del ciclo hidrológico, así como la manera en que el agua se infiltra hacia el interior de la Tierra y se transporta a través de los espacios vacíos en rocas y suelos; además, podrá asociar las competencias hidrológicas y geológicas para una mayor comprensión sobre los mecanismos de infiltración, recarga, transporte y extracción de agua subterránea.

Aportación al perfil

- Formula y desarrolla proyectos tecnológicos y de investigación hidrológica para el aprovechamiento eficiente del agua.
- Evalúa el impacto de las actividades humanas en la cuenca hidrológica y propone estrategias con productividad laboral en la preservación, así como la conservación del suelo y agua.
- Gestiona los recursos hídricos dentro del marco de la legislación estatal, nacional e internacional para determinar su prioridad de uso.

Esta asignatura se relaciona con Hidrología Superficial, Geología, Mecánica de Suelos, Edafología y Sistemas de Información Geográfica.

Utiliza el concepto de gasto de agua que circula por una tubería, así como la pérdida de carga en tuberías para su posterior aplicación en los diferentes sistemas de conducción y distribución del recurso hídrico.

Analiza las características estructurales y geomorfológicas de la corteza terrestre para su aplicación en estudios de hidrología subterránea, así como en mecánica de suelos.

Caracteriza los procesos hidrodinámicos de los acuíferos, para formular alternativas de control, monitoreo y uso sustentable del agua.

Intención didáctica.

Esta asignatura contiene cinco temas, los cuales permiten al estudiante comprender la relación del agua con el macizo rocoso, así como los principales conceptos matemáticos e hidráulicos que determinan el comportamiento del agua subterránea.

El primer tema comprende los fundamentos de la Geohidrología, su papel dentro del ciclo del agua, sus diferencias y similitudes con la hidrología superficial.

En el segundo tema se clasifican los cuerpos geológicos almacenadores de agua subterránea (acuíferos), así como los principales tipos de espacios vacíos a través de los cuales el agua se transporta.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

En el tercer tema se distingue los principales conceptos hidrodinámicos por medio de los cuales se comprende el movimiento del agua subterránea, así como el transporte de sustancias contaminantes. En el cuarto tema se describen las técnicas para caracterizar a los acuíferos, diseñar y dirigir alternativas para la explotación y recarga de los cuerpos de agua subterránea. En el quinto tema se analizan los estados la vulnerabilidad de los acuíferos mediante la evaluación de parámetros geohidrológicos y de simulación, que permitan proponer alternativas de control, protección y/o remediación del agua subterránea.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Roque, del 6 al 8 de octubre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Boca del Río, Chilpancingo, Ciudad Madero, Orizaba, Pachuca, Roque, Superior de Irapuato, Superior de Poza Rica, Altiplano de Tlaxcala, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Hidrológica.
Instituto Tecnológico de Roque, del 6 al 9 de diciembre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Boca del Río, Orizaba, Pachuca, Roque, Superior de Irapuato, Superior de Poza Rica, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Hidrológica.
Instituto Tecnológico de Roque, el 3 y 4 de noviembre de 2011.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Boca del Río, Orizaba y Roque.	Reunión de Trabajo para la Consolidación del Programa en Competencia de la Carrera de Ingeniería Hidrológica.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chilpancingo y Roque.	Reunión de Seguimiento Curricular del Programa en Competencia de la Carrera de Ingeniería Hidrológica.

4. Competencia a desarrollar

Competencia específica de la asignatura
Evalúa los procesos hidrodinámicos de los acuíferos, para formular alternativas de control, monitoreo y uso sustentable del agua.

5. Competencias previas

- Comprende conocimientos matemáticos básicos e intermedios de álgebra y cálculo diferencial e integral.
- Conoce elementos básicos de cómputo y programación.
- Comprende a través de la lectura otra lengua extranjera, preferentemente inglés.
- Representa e interpreta en forma gráfica y escrita información topográfica.
- Identifica materiales almacenadores de agua subterránea como tipos de rocas y suelo.
- Comprende conceptos de permeabilidad primaria y secundaria, así como de porosidad en rocas almacenadoras de agua subterránea.
- Conoce los procesos del ciclo hidrológico y su interacción con el subsuelo.
- Comprende la interacción del acuífero y sus aplicaciones en mecánica de fluidos.
- Comprende conceptos de hidráulica general para un mejor manejo de los conceptos geohidrológicos.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a la Geohidrología	1.1. Definición de Geohidrología 1.2. Diferencias y similitudes con la hidrología superficial 1.3. El ciclo hidrológico 1.4. El agua subterránea en el ciclo hidrológico 1.5. Agua fuera del ciclo hidrológico (aguas geológicas) 1.6. Sistemas geohidrológicos
2	El agua subterránea en el macizo rocoso	2.1. Clasificación de las rocas por sus propiedades Geohidrológicas 2.2. Definición de un acuífero 2.3. Clasificación de los tipos de acuífero 2.3.1. Según su litología: 2.3.1.1. Acuífero de poros 2.3.1.2. Acuífero de fracturas 2.3.1.3. Acuífero cárstico 2.3.2. Según su tipo confinamiento: 2.3.2.1. Acuífero libre 2.3.2.2. Acuífero semi-confinado 2.3.2.3. Acuífero confinado 2.3.2.4. Acuífero colgado 2.3.3. Según su capacidad de almacenamiento: 2.3.3.1. Acuífugo 2.3.3.2. Acuicludo 2.3.3.3. Acuífero 2.3.3.4. Acuitardo 2.4. Salidas de agua subterránea 2.4.1. Manantiales 2.4.2. Pozos artesianos 2.4.3. Fenómeno de influencia y la efluencia

		2.5. Descargas artificiales
3	Propiedades del acuífero	<p>3.1. Zonas del acuífero</p> <p>3.1.1. Zona libre</p> <p>3.1.2. Zona semi-saturada</p> <p>3.1.3. Zona saturada</p> <p>3.1.4. Franja capilar</p> <p>3.2. Conceptos de porosidad, permeabilidad, conductividad hidráulica y transmisibilidad</p> <p>3.3. Distribución vertical y horizontal del agua subterránea</p> <p>3.4. Ley de Darcy</p> <p>3.5. Isotropía, anisotropía, heterogeneidad y homogeneidad</p> <p>3.6. El agua subterránea y el transporte de sustancias</p> <p>3.6.1. Advección</p> <p>3.6.2. Difusión</p> <p>3.6.3. Dispersión</p> <p>3.6.4. Ensayos con trazadores.</p>
4	Caracterización de acuíferos	<p>4.1. Medición del nivel freático</p> <p>4.1.1. Métodos directos (sonda Geohidrológica)</p> <p>4.1.2. Métodos indirectos (geofísicos)</p> <p>4.2. Pruebas de bombeo</p> <p>4.2.1. Medición de gasto constante y variable</p> <p>4.2.2. Medición de nivel estático y dinámico</p> <p>4.2.3. Pruebas de recuperación</p> <p>4.2.4. Método de Hvorslev</p> <p>4.2.5. Método de Cooper-Bredehoeft-Papadopulos</p> <p>4.3. Piezometría</p> <p>4.3.1. Ecuación de Thiem</p> <p>4.3.2. Ecuación de De Glee</p> <p>4.3.3. Ecuación de Dupuit</p> <p>4.3.4. Ecuación de Theis</p> <p>4.3.5. Ecuación de Cooper y Jacob</p> <p>4.3.6. Redes de flujo</p> <p>4.3.7. Nivel piezométrico</p> <p>4.3.8. Carta Piezométrica</p> <p>4.4. El gradiente hidráulico</p> <p>4.5. Obras de captación</p> <p>4.5.1. Convencionales</p> <p>4.5.1.1. Pozos brocales</p> <p>4.5.1.2. Pozos artesianos</p> <p>4.5.2. No convencionales</p> <p>4.5.2.1. Drenes horizontales</p> <p>4.5.2.2. Pozos puntuales</p> <p>4.5.2.3. Zanjas y cunetas.</p>
	Tratamiento de datos geohidrológicos	5.1. Métodos para determinar vulnerabilidad del

5	<p>acuífero</p> <p>5.1.1. DRASTIC</p> <p>5.1.2. SINTAC</p> <p>5.1.3. GOD</p> <p>5.1.4. EPIC</p> <p>5.1.5. AVI</p> <p>5.1.6. EKv</p> <p>5.2. Métodos y técnicas isotópicas en Geohidrología</p> <p>5.3. Modelación hidrodinámica de acuíferos</p> <p>5.3.1. MODFLOW</p> <p>5.3.2. MODPATH</p> <p>5.3.3. MT3D</p> <p>5.4. GROUNDWATER VISTAS</p> <p>5.5. Manejo de software especializado (libre o comercial)</p>
---	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Introducción a la Geohidrología	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Adopta los conocimientos geológicos en función del aprovechamiento del agua para distinguir entre el comportamiento del agua en superficie y en el interior de la Tierra.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de organizar y planificar</p> <p>Comunicación oral y escrita</p> <p>Habilidades básicas de manejo de la computadora</p> <p>Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</p> <p>Trabajo en equipo</p> <p>Habilidades de investigación</p> <p>Capacidad de aprender</p> <p>Habilidad para trabajar en forma autónoma</p>	<p>Investigar sobre los fundamentos de la Geohidrología.</p> <p>Desarrollar un mapa conceptual que integre los conocimientos geológicos con los hidrológicos</p>

El agua subterránea en el macizo rocoso	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas:</p> <p>Clasifica los distintos materiales geológicos y el almacenamiento y conducción del agua subterránea con fines de captación y extracción</p> <p>Genérica:</p> <p>Capacidad de análisis y síntesis</p> <p>Capacidad de organizar y planificar</p> <p>Comunicación oral y escrita</p> <p>Habilidades básicas de manejo de la computadora</p> <p>Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</p> <p>Trabajo en equipo</p> <p>Habilidades de investigación</p> <p>Capacidad de aprender</p> <p>Habilidad para trabajar en forma autónoma</p>	<p>Exponer el contenido de videos relacionados con materiales geológicos almacenadores de agua.</p> <p>Debatir las propiedades de las rocas como almacén del agua subterránea.</p> <p>Analizar mapas geológicos y topográficos, fotografías aéreas y satelitales para identificar los principales tipos de acuíferos presentes en una región.</p> <p>Realizar visitas de campo para constatar la información observada en gabinete.</p> <p>Integrar un reporte en donde se presenten las observaciones e interpretaciones obtenidas en campo.</p>
Propiedades del acuífero	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas:</p> <p>Considera el comportamiento hidrodinámico del acuífero con la finalidad de tomar las decisiones en materia de almacenamiento, extracción y conservación del recurso</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de análisis y síntesis</p> <p>Capacidad de organizar y planificar</p>	<p>Realizar ejercicios prácticos en clase, interpretando mapas geológicos y topográficos para describir los tipos de acuíferos.</p> <p>Resolver ejercicios prácticos relacionados con las propiedades hidrodinámicas de los acuíferos.</p> <p>Realizar prácticas de campo donde se aplique un trazador para medir velocidades de flujo.</p> <p>Realizar un reporte escrito donde se interpreten los resultados de la aplicación de un trazador</p>

<p>Comunicación oral y escrita</p> <p>Habilidades básicas de manejo de la computadora</p> <p>Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</p> <p>Trabajo en equipo</p> <p>Habilidades de investigación</p> <p>Capacidad de aprender</p> <p>Habilidad para trabajar en forma autónoma</p>	
<p>Caracterización de acuíferos</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específicas:</p> <p>Diagnostica y describe las condiciones de un acuífero.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de análisis y síntesis</p> <p>Capacidad de organizar y planificar</p> <p>Comunicación oral y escrita</p> <p>Habilidades básicas de manejo de la computadora</p> <p>Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</p> <p>Trabajo en equipo</p> <p>Habilidades de investigación</p> <p>Capacidad de aprender</p> <p>Habilidad para trabajar en forma autónoma</p>	<p>Realizar ejercicios prácticos en clase interpretando mapas geológicos y topográficos para describir las condiciones de los acuíferos.</p> <p>Describir el tipo de acuífero.</p>

Tratamiento de datos geohidrológicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas:</p> <p>Determina un dictamen Geohidrológico en el cual se especifiquen las principales condiciones de vulnerabilidad del agua subterránea.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de análisis y síntesis</p> <p>Capacidad de organizar y planificar</p> <p>Comunicación oral y escrita</p> <p>Habilidades básicas de manejo de la computadora</p> <p>Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</p> <p>Trabajo en equipo</p> <p>Habilidades de investigación</p> <p>Capacidad de aprender</p> <p>Habilidad para trabajar en forma autónoma</p>	<p>Realizar una documentación acerca de los principales procedimientos y equipos necesarios para medición de datos hidrodinámicos del acuífero.</p> <p>Debatir en clase sobre las técnicas, procedimientos y equipos (disponibles en la institución) con los cuales se puedan obtener datos de campo.</p> <p>Realizar visitas de campo para la recolección de datos geohidrológicos (hidrodinámicos) del acuífero.</p> <p>Aplicar los datos tomados en campo para el análisis de la vulnerabilidad del acuífero a través de los distintos métodos estudiados en el programa.</p> <p>Redactar un reporte en el cual se dictamine la vulnerabilidad de un acuífero en estudio, integrando los conocimientos adquiridos durante el curso.</p>

8. Prácticas

<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación de cartas topográficas, geológicas, hidrológicas y de aguas subterráneas, que permitan reconocer el ámbito geohidrológico de un lugar. • Identificación a través de mapas geológicos de unidades acuíferas. • Visitas de campo a un sitio para realizar reconocimiento geológico, que permitirá comparar información cartográfica real con cartas geológicas. • Identificación a través de mapas geológicos de zonas probables con permeabilidad secundaria y zonas de recarga de aguas subterráneas. • Medición in situ a través de fuentes de abastecimiento de agua (pozos, manantiales, norias, entre otros) de la profundidad del agua subterránea. • Representación gráfica de la topografía del agua subterránea (Piezometría y cartas Geohidrológicas) para comprender el movimiento del agua subterránea. • Visitas a campo en las cuales se realicen ensayos con trazadores para la definición de velocidades de flujo del agua subterránea. • Visitas a fuentes de extracción para la medición del nivel freático y la representación gráfica del

nivel piezométrico.

- Realización de pruebas de bombeo en fuentes de abastecimiento para la toma de datos hidráulicos.
- Representación gráfica de datos obtenidos en pruebas de bombeo e interpretación de resultados.
- Aplicación de análisis de vulnerabilidad del acuífero utilizando datos obtenidos en visitas de campo para la propuesta del manejo sostenible del recurso hídrico.
- Utilización de software de modelación para la interpretación Geohidrológica.
- Realización de pruebas de bombeo en fuentes de abastecimiento para la toma de datos hidráulicos.
- Representación gráfica de datos obtenidos en pruebas de bombeo e interpretación de resultados.
- Aplicación de análisis de vulnerabilidad del acuífero utilizando datos obtenidos en visitas de campo para la propuesta del manejo sostenible del recurso hídrico.
- Utilización de software de modelación para la interpretación Geohidrológica de un sitio

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

- Para evaluar las actividades de aprendizaje se recomienda solicitar: mapas conceptuales, reportes de prácticas, estudios de casos, exposiciones en clase, ensayos, problemarios, reportes de visitas, portafolio de evidencias y cuestionarios
- Para verificar el nivel del logro de las competencias del estudiante se recomienda utilizar : listas de cotejo, listas de verificación, guías de observación, coevaluación y autoevaluación, con lo cual el facilitador realiza tres tipos de evaluaciones :Evaluación Diagnóstica, Evaluación Formativa y Evaluación Sumativa.

11. Fuentes de información

1. Anderson, M., P. y Woessner, W., W. (2002): Elsevier.
2. Bear, J. y Cheng, A., H. D. (2010). Modeling Groundwater Flow and Contaminant. Theory and applications of transport in porous media. Springer, 1st edition.
3. Custodio, E. y Llamas M., R. (1976). Hidrología Subterránea. Ediciones Omega S.A. Barcelona.
4. Davis and De Wiest. (1966). Hydrogeology. John Wiley and Sons. New York.
5. Fetter, C., W. (2005). Applied Hydrogeology. Prentice Hall, 2nd edition. 458 pp.
6. Freeze, R., A., Cherry J.A. (1979). Groundwater. Prentice Hall, 1st edition.
7. Hiscock K. (2005). Hydrogeology. Principles and Practice. Blackwell Publishing, 1st edition
8. Kuo J. (1999). Practical Design Calculations for Groundwater and Soil Remediation. Lewis Publishers.
9. Nielsen, D., M. and Nielsen, G., L. (2007). The Essential Handbook of Ground-Water Sampling. CRC Press, 2nd edition. LLC.
10. Todd D., K. (1965). Ground Water Hydrology. John Wiley, New York.
11. Willis D., W. (2008). Hydrogeology Field Manual. McGraw-Hill 2nd Edition.
12. International Association of Hydrogeologist. Acceso desde: http://www.iah.org/groundwater_hydrogeology.asp
13. The hydrogeologist home page. Acceso desde: <http://www.thehydrogeologist.com/>
14. The Home Page for Applied Hydrogeology. Acceso desde: <http://www.appliedhydrogeology.info/>
15. Servicio Geológico Mexicano. Acceso desde: <http://www.coremisgm.gob.mx/>
16. United States Geological Survey. Acceso desde: <http://www.usgs.gov/>.