

### PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
<b>CI5105</b>	<b>HIDRÁULICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>			
Nombre en Inglés				
GROUNDWATER HYDRAULICS				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
CI4102, Ing. Ambiental (simultáneo). CI5101, Hidrología.			Obligatorio para estudiantes de Ingeniería Civil mención Hidráulica.	
Resultados de Aprendizaje				
Al término del curso, el estudiante: Utiliza las leyes de la física aplicadas al movimiento del agua en medios permeables, para evaluar, utilizar, y proteger recursos de aguas subterráneas.				

Metodología Docente	Evaluación General
El curso contempla dos clases de cátedra a la semana y una de docencia auxiliar. Esta última se utilizará para resolver problemas que aclaren los conceptos entregados en clases de cátedra o para realizar actividades de evaluación (ejercicios y controles). El curso se divide en 8 unidades temáticas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controles (60%)</li> <li>• Ejercicios y Tareas (40%)</li> </ul>

### Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Aguas subterráneas y el ciclo hidrológico	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1.1 El ciclo hidrológico. 1.2 Distribución vertical de humedad. 1.3 Balance hídrico global: flujos y almacenamiento. 1.4 Uso de aguas subterráneas. 1.5 Otras aplicaciones del estudio de las aguas subterráneas.	Al término de la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende los elementos del ciclo hidrológico.</li> <li>• Entiende la importancia del flujo de aguas subterráneas y la magnitud del volumen de almacenamiento que representan los acuíferos.</li> <li>• Conoce algunas de las aplicaciones del estudio de las aguas subterráneas en diferentes problemas de Ingeniería Civil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bears (1979), Cap. 1</li> <li>• Fitts (2002), Cap. 1</li> <li>• Freeze &amp; Cherry (1979), Cap. 1</li> <li>• De Marsily (1986), Cap. 1</li> </ul>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Parámetros físicos	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
2.1 Propiedades del agua y aire. 2.2 Energía y carga hidráulica. 2.3 Propiedades de medios permeables y definición de REV. 2.4 Compresibilidad.	Al término de la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce las propiedades físicas del aire y agua.</li> <li>• Entiende los conceptos de nivel piezométrico y carga hidráulica aplicados en aguas subterráneas.</li> <li>• Comprende la aproximación como sistema continuo de los medios permeables.</li> <li>• Conoce los principales parámetros usados para la caracterización de medios permeables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delleur (2006), Cap. 6</li> <li>• De Marsily (1986), Cap. 2</li> <li>• Fitts (2002), Cap. 2</li> <li>• Freeze &amp; Cherry (1979), Cap. 2</li> <li>• Baeza (1973), Cap. 2</li> </ul>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Ley de Darcy	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
3.1 Experimento de Darcy. 3.2 Conductividad hidráulica y permeabilidad. 3.3 Derivación teórica de Ley de Darcy. 3.4 Generalización de la Ley de Darcy a múltiples dimensiones. 3.5 Heterogeneidad y anisotropía.	Al término de la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce el experimento de Darcy y sus principales resultados.</li> <li>• Conoce y entiende las definiciones de conductividad hidráulica y permeabilidad.</li> <li>• Sabe utilizar la extensión de la ley de Darcy para cuantificar el flujo en múltiples dimensiones.</li> <li>• Comprende la relación entre los componentes del tensor de permeabilidad y los conceptos de heterogeneidad y anisotropía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delleur (2006), Cap. 3</li> <li>• Ingebritsen et al. (2006), Cap. 1</li> <li>• De Marsily (2006), Cap. 3 y 4</li> <li>• Bear (1979), Cap. 4</li> <li>• Fitts (2002), Cap. 3</li> <li>• Freeze &amp; Cherry (1979), Cap. 2</li> </ul>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	Sistemas acuíferos	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
4.1 Unidades hidrogeológicas. 4.2 Clasificación de acuíferos: confinados, libres y artesianos. 4.3 Coeficientes de almacenamiento. 4.3 Interacción de ríos y lagos con acuíferos.	Al término de la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende la distinción entre distintas unidades hidrogeológicas.</li> <li>• Conoce y comprende la clasificación entre distintos tipos de acuíferos.</li> <li>• Comprende los principales aspectos de la interacción entre acuíferos y cuerpos de agua superficiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fitts (2002), Cap. 4</li> <li>• Freeze &amp; Cherry (1979), Cap. 2</li> <li>• De Marsily (1986), Cap. 6</li> </ul>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	Flujo en la zona saturada	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>5.1 Conservación de masa y ecuaciones de balance en régimen estacionario y transitorio.</p> <p>5.2 Condiciones iniciales y de borde.</p> <p>5.2 Métodos de resolución analíticos y numéricos.</p> <p>5.3 Superposición.</p>	<p>Al finalizar la unidad el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce las ecuaciones que describen el movimiento del agua subterránea en medios permeables saturados.</li> <li>• Puede resolver las ecuaciones para casos simples por medio de métodos analíticos.</li> <li>• Conoce algunos métodos numéricos para la resolución de las ecuaciones que describen el flujo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingebritsen et al. (2006), Cap. 1</li> <li>• De Marsily (1986), Cap. 5, 7 y 8</li> <li>• Fitts (2002), Cap. 6 y 8</li> <li>• Freeze &amp; Cheery (1979), Cap. 2 y 6</li> <li>• Bear (1979), Cap. 5</li> </ul>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
6	Captaciones verticales	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>6.1 Construcción y mantención de pozos.</p> <p>6.2 Pruebas de bombeo.</p> <p>6.2 Pérdidas de carga dentro de un pozo.</p>	<p>Al finalizar la unidad el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce los principales aspectos de la construcción y mantención de pozos de agua subterránea.</li> <li>• Aplica las ecuaciones que describen el flujo saturado para el diseño y estudio de sistemas hidráulicos que incluyen captaciones horizontales y verticales.</li> <li>• Sabe interpretar los resultados de pruebas de agotamiento que se utilizan para la caracterización hidráulica de pozos.</li> <li>• Conoce las principales causas de la pérdida de carga hidráulica en pozos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delleur, Cap. 10 y 11</li> <li>• Fitts (2002), Cap. 7</li> <li>• Freeze &amp; Cherry (1979), Cap. 8</li> <li>• Bear (1979), Cap. 8</li> <li>• Baeza (1973), Cap. II.2</li> <li>• Espinoza (2010), Cap. 6</li> </ul>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
7	Captaciones horizontales	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
7.1 Clasificación. 7.2 Funcionamiento en régimen permanente y transitorio. 7.3 Aspectos de diseño, construcción y mantención.	Al finalizar la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce los principales aspectos del diseño, construcción y mantención de captaciones horizontales, tales como drenes.</li> <li>• Aplica las ecuaciones que describen el flujo saturado para el diseño y estudio de sistemas hidráulicos que incluyen captaciones horizontales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baeza (1973), Cap. II.3</li> <li>• Espinoza (2010), Cap. 7</li> </ul>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
8	Flujo multifásico de fluidos inmiscibles	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
8.1 Generalización de Ley de Darcy para flujos multifásicos. 8.2 Flujo en la zona no saturada. 8.3 Intrusión salina. 8.4 NAPLS.	Al finalizar la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce y entiende la formulación generalizada de la Ley de Darcy para modelar sistemas de flujo con fluidos en diferente fase.</li> <li>• Conoce las ecuaciones que describen, y los parámetros y variables que caracterizan el flujo en la zona no saturada del suelo.</li> <li>• Aplica la teoría de flujos multifásicos para modelar y entender problemas prácticos como intrusión salina y compuestos derivados del petróleo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De Marsily (1986), Cap. 9</li> <li>• Bear (1979), Cap. 6</li> </ul>

Bibliografía General
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anderson, M., and W. Woessner. 1991. <i>Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport</i>. Academic Press.</li> <li>2. Baeza, H. 1973. <i>Escorrentamiento en medios permeables</i>. Departamento de Obras Civiles, U. Chile.</li> <li>3. Batu, V. 1998. <i>Aquifer Hydraulics: A Comprehensive Guide to Hydrogeologic Data Analysis</i>. Wiley-Interscience.</li> <li>4. Bear, J. 1988. <i>Dynamics of fluids in porous media</i>. Dover Publications.</li> <li>5. Bear, J. 1979. <i>Hydraulics of Groundwater</i>. McGraw-Hill.</li> </ol>

6. Chow, V.T., D. Maidment and L. Mays. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
7. Delleur, J. W. 2006. *The handbook of Groundwater Engineering*. CRC.
8. Domenico, P. and F. Schwartz. 1997. *Physical and Chemical Hydrogeology*. 2nd ed. Wiley.
9. Driscoll, F. 1986. *Groundwater and Wells*. 2nd ed. Johnson Screens.
10. Espinoza, C. 2010. *Apuntes de curso: Aguas Subterráneas y su Aprovechamiento*, Departamento de Ingeniería Civil, U. Chile. (disponible en U-Cursos)
11. Fetter, C.W. 2000. *Applied Hydrogeology*. 4th ed. Prentice Hall.
12. Fitts, C. 2002. *Groundwater Science*. 1st ed. Academic Press.
13. Freeze, A. and J. Cherry. 1979. *Groundwater*. Prentice Hall.
14. Harr, M. 1992. *Groundwater and Seepage*. Dover Publications.
15. Ingebritsen, S., W. Sanford and C. Neuzil. 2006. *Groundwater in Geologic Processes*. 2nd ed. Cambridge University Press.
16. De Marsily, G. 1986. *Quantitative Hydrogeology: Groundwater Hydrology for Engineers*. Academic Press.
17. Schwartz, F. and H. Zhang. 2002. *Fundamentals of Ground Water*. Wiley.

Vigencia desde:	Primavera 2011
Elaborado por:	Paulo Herrera
Revisado por:	Carlos Espinoza y Paulo Herrera