

## PROGRAMA DE CURSO HIDROLOGÍA

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Civil (DIC)					
Nombre del curso	Hidrología	Código	CI4261	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Hydrology</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	2	Trabajo personal	5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	CI4164: Hidráulica/CI4101: Hidráulica, MA3403: Probabilidades y estadística					

### B. Propósito del curso:

El curso es un introductorio a la ciencia hidrológica y sus aplicaciones en el diseño de obras de ingeniería hidráulica. Los y las estudiantes utilizan conceptos fundamentales del ciclo hidrológico, técnicas de medición de variables hidrológicas, metodologías de estimación, recopilación y análisis de datos, y aplicación de los mismos para la estimación de caudales de diseño de obras y análisis de problemas ambientales. Se promueve una enseñanza que permita construir aprendizajes, a partir de análisis de casos y resolución de ejercicios.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos para la resolución de problemas relacionados con obras y sistemas de ingeniería civil.

CE2: Interpretar y evaluar los métodos, herramientas y tecnologías utilizadas y sus resultados, siendo estas computacionales, experimentales, numéricas o analíticas, en la resolución de problemas asociados a obras y sistemas de ingeniería civil.

CE4: Identificar e incorporar los elementos de incertidumbre inherentes a todo proyecto de ingeniería civil, en la concepción, diseño, ejecución y administración de los proyectos.

CEH6: Caracterizar y cuantificar la variabilidad temporal y espacial de la cantidad y calidad del recurso hídrico en el sistema terrestre, tanto para condiciones normales como extremas.

**CG1: Comunicación académica y profesional**

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

**CG3: Compromiso ético**

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

**CG4: Trabajo en equipo**

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

**CG5: Sustentabilidad**

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

**C. Resultados de aprendizaje:**

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Elabora modelos de balance hidrológico y balance energético simples, planteando supuestos para su resolución.
CE4	RA2: Determina caudales e hidrogramas de diseño de obras hidráulicas, asociados tanto al funcionamiento normal como para condiciones extremas, a fin de dimensionar obras y sistemas de ingeniería hidráulica.
CEH6	RA3: Caracteriza la variabilidad temporal, y en algunos casos espacial, de los principales flujos y almacenamientos que intervienen en el ciclo hidrológico, tanto en condiciones normales como extremas.

CE2	RA4: Analiza, estima y chequea la consistencia de datos hidrológicos, interpretando los resultados obtenidos por softwares de sistemas de información geográfica (GRASS), planillas de cálculo (Excel) y modelos hidráulicos simples (HEC-RAS), cuya aplicación puede estar orientada tanto al uso como el control del recurso hídrico.
<b>Competencias genéricas</b>	<b>Resultados de aprendizaje</b>
CG1, CG4	RA5: Produce, con su equipo, textos, de carácter explicativo y/o argumentativo, sobre el análisis hidrológico y su importancia, demostrando claridad, síntesis y efectividad en el uso de gráficos, figuras y tablas que respaldan sus ideas (procesamiento de datos, metodologías, supuestos, resultados y su interpretación, etc).
CG3, CG5	RA6: Analiza ejemplos (casos de estudio) de análisis hidrológicos, considerando la información disponible y la elaboración de supuestos para la toma de decisiones técnicas y éticas relacionadas con el uso y el control del recurso hídrico.

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA4, RA5, RA6	Fundamentos de la ciencia hidrológica	1,5 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
1.1. Fundamentos, principios éticos y desarrollo de la ciencia hidrológica. 1.2. Conceptos claves de la hidrología: 1.2.1. Ciclo hidrológico. 1.2.2. Sistemas hidrológicos. 1.2.3. Tiempo de concentración. 1.3. Balance hídrico.		El/la estudiante: 1. Explica, por escrito, el rol de la Hidrología como Ciencia de la Tierra, considerando claridad en su exposición y un punto de vista personal. 2. Identifica los principales elementos del ciclo hidrológico terrestre y superficial, distinguiendo entre variables de estado (almacenamientos) y variables de flujo. 3. Describe el concepto de escala y su dependencia del proceso hidrológico a estudiar. 4. Calcula las principales propiedades geomorfológicas de una cuenca mediante GRASS, explicando por escrito la interpretación de los resultados obtenidos.	

	<p>5. Determina, dada una problemática, el volumen de control relevante, almacenamientos y flujos, y los relaciona mediante ecuaciones de balance hídrico,</p> <p>6. Establece supuestos básicos para resolver ecuaciones de balance hidrológico, considerando argumentos técnicos y éticos, así como la información disponible para sostener su propuesta.</p>
Bibliografía de la unidad	<p>Chow et al, Cap. 1.</p> <p>Espíldora et al., Cap. 1.</p> <p>Dingman. Cap. 1-2</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA3, RA4, RA5, RA6	Principios de hidrometeorología	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Variables meteorológicas: viento, temperatura, radiación solar, humedad del aire.</p> <p>2.2. Variabilidad climática y cambio climático.</p> <p>2.3. Balance de energía.</p> <p>2.4. Características climáticas generales.</p> <p>2.5. Vapor de agua y su distribución. Agua precipitable.</p> <p>2.6. Línea de nieves.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Explica la diferencia entre variabilidad y cambio climático, distinguiendo diferencias climáticas en Chile.</li> <li>Describe los factores que interactúan en el balance radiativo y su efecto sobre la Tierra.</li> <li>Identifica y analiza los principales flujos involucrados en una ecuación de balance de energía.</li> <li>Define un volumen de control, y plantea la ecuación de balance de energía, estableciendo supuestos para su resolución.</li> <li>Justifica, por escrito, la decisión tomada para definir un volumen de control, el planteamiento de la ecuación de balances de energía y los supuestos para su resolución, considerando la información disponible y argumentos de carácter técnico y ético.</li> <li>Identifica las variables meteorológicas involucradas en la formación de la evaporación, mecanismos de condensación y precipitación.</li> <li>Provee estimaciones de humedad y agua precipitable.</li> <li>Describe el concepto de línea de nieves, y estima su ubicación, considerando la información disponible.</li> </ol>	

	9. Estima la ubicación del concepto línea de nieves, considerando la información disponible.
<b>Bibliografía de la unidad</b>	Chow et al. (1994), Cap. 2 y 3. Wallace and Hobbs, Cap 3 y 4. Salby, Cap. 1.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA3, RA4, RA5, RA6	Procesos hidrológicos	5 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
3.1. Precipitación. 3.2. Nieve. 3.3. Evapotranspiración. 3.4. Flujo en medios porosos. 3.5. Escorrentía.		El/la estudiante:  1. Reconoce la variabilidad espacio-temporal de la precipitación, nieve, evapotranspiración, flujo en medios porosos y escorrentía superficial. 2. Estima datos hidrológicos faltantes y realiza análisis de consistencia, comunicando por escrito la interpretación de sus resultados. 3. Interpreta observaciones de variables hidrológicas y las complementa con estimaciones propias, tomando decisiones metodológicas que involucren criterios técnicos y éticos. 4. Caracteriza la variación estacional y anual de variables hidrológicas a la escala de cuenca con énfasis en la escorrentía, considerando criterios de sustentabilidad.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Chow et al. (1994), Cap. 3 al 6. Dingman (2015), Cap. 3 al 10.	



Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6	Diseño hidrológico	3,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Fundamentos de diseño hidrológico: 4.1.1. Análisis de frecuencia. 4.1.2. Fórmulas empíricas. 5.2. Análisis de hidrogramas. 5.3. Hidrograma unitario. 4.3.1. Hidrograma Unitario Instantáneo. 4.3.2. El hidrograma en S. 4.3.3. Hidrograma unitario sintético: Snyder, Linsley, SCS. 5.4. Rastreo de crecidas. 4.4.1. Rastreo hidrológico. 4.4.2. Rastreo hidráulico. 5.5. Nociones básicas de modelación hidrológica. 5.6. Introducción a la hidrología urbana.		El/la estudiante: 1. Estima caudales de diseño asociados a cuencas aportantes con y sin control fluviométrico, considerando criterios éticos. 2. Descompone hidrogramas de crecida entre flujo base y escorrentía directa. 3. Estima hidrogramas para el diseño u operación de obras hidráulicas tanto en lugares con control fluviométrico como en sitios no controlados. 4. Describe conceptos básicos de modelación hidrológica. 5. Conceptualiza soluciones a problemas hidrológicos en un contexto urbano. 6. Comunica por escrito, de manera efectiva, la metodología y los resultados del diseño hidrológico, considerando criterios técnicos y éticos en su propuesta.	
Bibliografía de la unidad		Maidment, 1993 Chow et al.,1994 Cap 7-9. Dingman. Cap 10.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA3, RA4, RA5, RA6	Estimación de caudales en cuencas no controladas	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Definición de hidrología Newtoniana e Hidrología Darwiniana. 5.2. Tipos de similitud. 5.3. Estimación de caudal medio anual. 5.4. Estimación de caudal medio mensual. 5.5. Estimación de curvas de duración.		El/la estudiante: 1. Reconoce la diferencia entre similitud física, climática e hidrológica, así como atributos asociados. 2. Cuantifica la similitud entre cuencas. 3. Provee estimaciones simples de caudal medio anual, caudal medio mensual y curvas de duración en cuencas carentes de control fluviométrico, criterios éticos y de sustentabilidad. 4. Explica por escrito tanto la metodología como los resultados obtenidos en sus estimaciones de caudal,	

	considerando claridad y concisión en el planteamiento de sus ideas.
Bibliografía de la unidad	Chow et al. (1994), Cap. 3 al 6 Dingman (2015), Cap. 3 al 10. Blöschl et al. (2013).

### E. Estrategias de enseñanza -aprendizaje:

<p>El curso considera las siguientes estrategias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Clase expositivas</b> con espacio para discusión y resolución de mini ejercicios, de manera individual o grupal.</li> <li>• <b>Resolución de problemas:</b> los y las estudiantes puedan aplicar ecuaciones que les permitan estimar estados y flujos hidrológicos.</li> <li>• <b>Análisis de casos:</b> revisión de problemas de hidrología que típicamente se abordan en la consultoría y en el ámbito de la investigación.</li> <li>• <b>Trabajo de terreno</b> en torno a una problemática de diseño hidrológico. Se realizan mediciones de campo y se analizan datos hidrológicos para la posterior elaboración de un informe.</li> </ul>
--

### F. Estrategias de evaluación:

El curso podría considerar las siguientes instancias de evaluación:	
Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje (RA) asociado a la evaluación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controles: en los controles se evaluará la capacidad de explicar conceptos fundamentales, proponer soluciones a casos de estudio y resolver cuantitativamente problemas propuestos.</li> </ul>	RA1, RA2, RA3, RA5, RA6
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tareas: cada tarea involucra el análisis y/o estimación de variables hidrológicas, generación de información nueva, interpretación y presentación de resultados, y elaboración de textos (enunciados y párrafos para explicar y/o argumentar en forma escrita sobre sus decisiones).</li> </ul>	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examen.</li> </ul>	RA1, RA2, RA3, RA5, RA6

## G. Recursos bibliográficos:

### **Bibliografía obligatoria:**

- (1) Chow, Ven Te, Maidment, D. y Mays, L. (1994). "Hidrología Aplicada". McGrawHill Interamericana. Santa Fe, Colombia.
- (2) Dingman, S. L.: Physical Hydrology, Third Edition, Waveland PrInc, Long Grove, Ill., 2015.

### **Bibliografía adicional:**

- (3) Blöschl, G., Sivapalan, M., Wagener, T., Viglione, A. and H. Savenije. 2013. Runoff prediction in ungauged basins. Synthesis across processes, places and scales. Cambridge University Press.
- (4) Brooks, K. N. 2003. Hydrology and the Management of Watersheds. Wiley.
- (5) Espíldora, B., Brown, E., Cabrera, G. y P. Isensee. 1975. Elementos de hidrología. Centro de recursos hidráulicos. Universidad de Chile.
- (6) Fattorelli, S., Fernández, P. 2011. Diseño hidrológico. Segunda edición.
- (7) Maidment, D.: Handbook of Hydrology, 1 edition., McGraw-Hill Professional, New York., 1993.
- (8) Ministerio de Obras Públicas – Dirección General de Aguas. 1995. Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica. S.E.B. N°4
- (9) Salby, M. L. (1996). Fundamentals of atmospheric physics" (Vol. 61). Elsevier.
- (10) Seiler, K.-P., Gat, J.R. (2007). Groundwater Recharge from Runoff, Infiltration and Percolation.
- (11) Viessman, Warren, and Gary Lewis. 2003. Introduction to hydrology. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- (12) Vogel, R. and Fennessey, N.: Flow-Duration Curves. I: New Interpretation and Confidence Intervals, Journal of Water Resources Planning and Management, 120(4), 485–504, doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(1994)120:4(485), 1994.
- (13) Vogel, R. M., & Fennessey, N. M.: Flow duration curves II: A review of applications in water resources planning 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 31(6), 1029-1039, <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1995.tb03419.x>, 1995.
- (14) Wallace, J. M., and Hobbs, P. V. (2006). Atmospheric science: an introductory survey (Vol. 92). Elsevier.
- (15) Ward, A. D. and Trimble, S. W.: Environmental Hydrology, Second Edition, 2 edition, CRC Press, Boca Raton, FL., 2003.

#### H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2022
Elaborado por:	Pablo Mendoza
Validado por:	Validación de pares académicos: Alberto de la Fuente, Miguel Lagos, James McPhee y Ximena Vargas Validación general académicos del área HSA
Revisado por:	Área de Gestión Curricular