

Hidráulica de ríos

ICYA 4717

Programa del Curso

Primer Semestre de 2025

Profesor: Luis Alejandro Camacho Botero Oficina ML776, Tel: 3394949 Extensión 1731 – celular 3104764861

Horario Atención Estudiantes: Lunes 11:00 am -12:30 pm, Miércoles 10:00 am – 11:30 am.

la.camacho@uniandes.edu.co

Clase magistral: Lunes y Miércoles 2:00 pm a 3:20 pm

Objetivos y metas

Los estudiantes del curso se familiarizarán con conceptos de análisis geomorfológico de sistemas fluviales, procesos hidráulicos y sedimentológicos presentes en cauces naturales y ecuaciones y herramientas para el cálculo del transporte de sedimentos y el diseño de obras fluviales y protección de orillas. Al final del curso los estudiantes serán capaces de:

- Caracterizar aspectos morfológicos, sedimentológicos, hidrológicos e hidráulicos en ríos y sus cuencas tributarias
- Aplicar conceptos de equilibrio dinámico de cauces y la respuesta de éstos ante acciones externas
- Cuantificar el transporte de sedimentos de fondo y en suspensión en cauces aluviales y ríos de montaña
- Diseñar obras fluviales y revestimientos de diferentes tipos para el control de orillas y estructuras hidráulicas

Temas a tratar en el curso

Ecuaciones de fricción en canales abiertos, secciones transversales compuestas, linealidad de la fricción. Características de los cauces aluviales y ríos de montaña. Geomorfología fluvial. Aspectos hidráulicos del flujo en canales con contornos móviles. Características y tipos de sedimentos. Formas de lecho. Transporte de sedimentos en suspensión. Transporte de sedimentos de fondo. Modelación y medición del transporte en cauces aluviales. Hidráulica y transporte de sedimentos en ríos de montaña. Equilibrio dinámico y respuesta de cauces a estructuras hidráulicas. Obras fluviales y revestimientos para el control de orillas.

Metodología

El curso se basará en explicaciones magistrales del material repartido con anterioridad a las clases, lecturas de las referencias y solución de problemas en clase y fuera de ella. El curso tendrá un alto contenido de laboratorios computacionales llevados a cabo en la clase magistral. Estos son ejercicios

guiados que buscarán la familiarización del estudiante con los diferentes procedimientos de cálculo hidráulico y de transporte de sedimentos en ríos y herramientas modernas de simulación y modelos. El curso tendrá una salida de campo opcional (no obligatoria) para la toma de datos utilizados en un proyecto del curso el cual se realizará durante gran parte del semestre en tres entregas.

Referencias principales

- Fryirs K.A. y Brierley G.J (2013) Geomorphic Analysis of River Systems. An Approach to Reading the Landscape, Wiley-Blackwell
- García M.H. (2008) Chapter 2 Sediment Transport and Morphodynamics – Sedimentation Engineering - ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 110
- Ordóñez, J. I., El Régimen del Flujo y la Morfología de los Cauces Aluviales, UNAL, 2010.
- Escaramela M. (1998) River and Channel Revetments. A Design Manual – Thomas Telford Ltda. London
- Unesco (1986) River Response to Hydraulic Structures - Technical documents in Hydrology , Ed. R.D. Hey, Paris.

Referencias adicionales

- Aguirre, J. Hidráulica de Sedimentos, Universidad de los Andes, Mérida, 1979.
- Bogardi, J., Sediment Transport in Alluvial Streams, WRP, 1974
- Bureau of Reclamation, Erosion and Sedimentation Manual, US department of the Interior, 2006.
- Bruk, S. y H. Zebidi (eds), Reservoir Sedimentation. International Hydrologic Programme, Unesco 1996.
- Charlton, R., Fundamentals of Fluvial Geomorphology, Routledge, Taylor and Francis Group, 2008.
- Chien, N. C. Wan y J. McNown, Mechanics of Sediment Transport, ASCE, 1998.
- Dingman, S. L., Fluvial Hydraulics, Oxford University Press, 2009.
- García, M. (editor), Sedimentation Engineering, Processes, Measurements, Modeling and Practice, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 110, 2008.
- Garde, R., K. Rahga Raju, Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems, Halsted Pr, 1986.
- Gyr, A. y K. Hoyer, Sediment Transport, A Geophysical Phenomenon, Springer, 2006.
- Graf, W. y M. Altinakar, Fluvial Hydraulics: Flows and Transport Processes in Channel of Simple Geometry, John Wiley and sons, 1998.
- Hadley, R., R. Lal, C. Onstad, D. Walling y A. Yair, Recent Developments in Erosion and Sediment Yield Studies, Technical Document in Hydrology, UNESCO, 1985.
- Hails, J. (editor), Applied Geomorphology, Elsevier Publishing Co., 1977.
- Hey, R., J. Bathurst y C. Thorpe (editors), Gravel-Bed Rivers, Fluvial Processes, Engineering and Management, John Wiley & sons, 1982.
- Julien, P. Y., River Mechanics, Cambridge University Press, 2002.
- Kondolf, G. M. y H. Piegay (editores), Tools in Fluvial Geomorphology, Wiley, 2003.

- Leopold, L., M. Wolman y J. Miller, *Fluvial Processes in Geomorphology*, W. H. Freeman, 1964.
- Linsley, R., J. Franzini, D. Freyberg y G. Tchobanoglous, *Water Resources Engineering*, McGraw-Hill, 1992.
- Maidment, D. (editor), *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill, 1993.
- Martín, J. P., *Ingeniería Fluvial*, Universidad Politécnica de Cataluña, 1997.
- Martín, J. P., *Ingeniería de Ríos*, Ediciones UPC, 2006.
- Martínez, E., *Hidráulica Fluvial*, Biblioteca Técnica Universitaria, 2001.
- Morris, G. Y J. Fan, *Reservoir Sedimentation Handbook*, McGraw-Hill, 1998.
- Ordóñez, J. I., *Hidráulica del Transporte de Sedimentos*, Universidad de los Andes, 1990.
- Ordóñez, J. I., *El Régimen del Flujo y la Morfología de los Cauces Aluviales*, UNAL, 2010.
- Partheniades, E., *Cohesive Sediments in Open Channels, Properties, Transport and Applications*, Butterworth-Heinemann, 2009.
- Petersen, M., *River Engineering*, Prentice-Hall, 1986.
- Pye, K. (editor), *Sediment Transport & Depositional Processes*, 1994.
- Raynor, S., D. Pechinor y Z. Kopaliany, *River Response to Hydraulic Structures*, Technical Document in Hydrology, UNESCO, 1986.
- Rodríguez, H., *Hidráulica Fluvial, Fundamentos y Aplicaciones*. Socavación, Editorial ECI, 2010.
- Shen, H. (editor), *River Mechanics*, Fort Collins, Colorado, 1971.
- Shen, H. (editor), *Sedimentation (Einstein)*, Fort Collins, Colorado, 1972.
- Shen, H. (editor), *Environmental Impacts on Rivers*, Fort Collins, Colorado, 1973.
- Simons, D. y F. Senturk, *Sediment Transport Technology, Water and Sediment Dynamics*, WRP, 1992.
- Van Rijn, L. C., *Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas*, Aqua Publications, 1993.
- U. S. Department of Interior, Bureau of Reclamation, *Erosion and Sedimentation Manual*, 2006.
- Vanoni, V. (editor), *Sedimentation Engineering*, ASCE, 1975.
- Watson, C., D. S. Beidenharn y S. H. Scott, *Channel Rehabilitation: Process, Design, and Implementation*, ERDC Vicksbury, Mississippi, 1999.
- Wohl, E., *Sustaining River Ecosystems and Water Resources*, Springer, 2018.
- Winkley, B., *Obras de Control Fluvial*, Universidad de los Andes, 1987.
- World Meteorological Organization, *Manual on Sediment Management and Measurement*, WMO-No. 948, Operational Hydrology Report No.
- World Meteorological Organization, *Management of Sediment-Related Risks*, 2011.
- Wu, W., *Computational River Dynamics*, Taylor and Francis Group, 2007.
- Yalin, M., *River Mechanics*, Pergamon Press, 1992.
- Yang, C. y C. Yang, *Sediment Transport: Theory and Practice*, McGraw-Hill, 1996.

Journals

Water Resources Research, AGU; Journal of Hydrology; Journals de la ASCE; Journal of Geophysical Research; Journal of Hydraulic Research; International Journal of Sediment Research

Sistema de Evaluación

2 Exámenes parciales (25% cada uno):	50%
Tareas, trabajos, laboratorios computacionales	15%
Proyecto	
• Entrega 1	10%
• Entrega 2	10%
• Entrega Final y sustentación	15%

Exámenes (50%): Los exámenes contendrán la evaluación de conceptos y el control de lecturas mediante preguntas de selección múltiple, y contendrán 1 o 2 ejercicios de planteamiento de ecuaciones y/o implementación de modelos y su solución mediante Matlab o Excel. Los exámenes se realizarán presencialmente de acuerdo a las instrucciones del profesor.

Tareas, trabajos, laboratorios computacionales (15%): El curso tendrá un componente importante de tareas, trabajos, laboratorios computacionales individuales y en grupo que se desarrollarán en clase y algunos de los cuales se finalizarán en casa y todos se entregarán a través de Bloque Neón (Brightspace). Después de la clase donde se desarrollan los laboratorios o ejercicios, o después de la fecha acordada de entrega, éstos se recibirán máximo antes de la siguiente clase en Bloque Neón. Todos los trabajos se entregarán por Bloque Neón únicamente en formato pdf, xls o doc. No se reciben trabajos enviados al correo electrónico.

Proyecto (35%): Durante el semestre se desarrollará un proyecto en grupo con 2 entregas parciales y una entrega final y sustentación. Se desarrollarán diferentes aspectos de hidráulica fluvial por parte del grupo en un río al cual se realizará una visita de campo y se tomarán datos de aforos y granulometría de sedimentos. Con los datos se realizarán estimaciones de transporte de sedimentos de lecho y en suspensión, carga sedimentológica total y diseño de revestimientos y control de erosión de orillas. Todas las entregas del proyecto se realizarán por Bloque Neón únicamente en formato pdf, xls o doc. No se reciben trabajos enviados al correo electrónico.

Una habilidad esperada en el curso es la de programar las soluciones de los problemas utilizando Excel o Matlab y utilizar un Software especializado como HEC-RAS y/o WASP.

Material de clases: en Bloque Neón estarán disponibles las presentaciones de clase en formato pdf. Éstas son para uso exclusivo de los estudiantes del curso. En Bloque Neón habrá material de soporte adicional.

Aproximación de notas: la Nota Definitiva será la nota final ponderada según los anteriores porcentajes, expresada con décimas y centésimas (por ejemplo, si la nota final es 3.6783, la nota definitiva será 3.68; si la nota final es 3.6743, la nota definitiva será 3.67). Excusas: se recibirán excusas de acuerdo con el artículo 43 del RGEPr las cuales si tienen un porcentaje igual o mayor al 10% de la nota total deberán

ser entregadas a la secretaría del Departamento (Asistente Eliana Arévalo) y al profesor para su verificación y aprobación. La nota mínima aprobatoria del curso será 3.0.

Inasistencia a clase o a pruebas académicas o exámenes por motivos especiales: los artículos de los reglamentos generales de estudiantes de pregrado, maestría, especialización y doctorado correspondientes a la justificación de ausencias por parte de los estudiantes fueron recientemente modificados. Anteriormente, los estudiantes tenían 8 días hábiles para justificar una ausencia, mientras que ahora tendrán 3 días calendario. Además, solo serán válidas excusas médicas emitidas por instituciones, centros o empresas prestadoras de servicios de salud. Pueden revisar el ART.45 del reglamento de pregrado y el acuerdo 529 sobre este cambio, el cual es válido a partir de este semestre.

Retiros de clases: el Consejo Académico, en su sesión del 25 de mayo de 2023, aprobó ajustar las fechas límite de retiros de cursos. A partir de este semestre, los estudiantes tendrán hasta la semana 11 de clases para retirar los cursos de 16 semanas. Esto corresponde a 2 semanas después de la entrega de las notas parciales en Banner (mínimo 30%) para los cursos de 16 semanas. Pueden revisar las fechas de retiros de este semestre en el calendario académico de la universidad.

Política de momentos difíciles: desde el semestre 2022-2 no es necesario incluir en los programas de sus cursos la política de momentos difíciles. Pueden revisar el artículo 45 de los reglamentos generales de estudiantes, donde se enumeran las excusas válidas y los tiempos para justificar las ausencias.

Ajustes razonables: en la Universidad de los Andes se entienden los ajustes razonables como todas las acciones, estrategias, apoyos, recursos y adaptaciones empleadas para garantizar a las y los estudiantes que tienen una discapacidad o condición médica especial su participación, desarrollo y aprendizaje en educación superior, favoreciendo la equiparación de oportunidades y garantía de sus derechos. Estos ajustes tienen el objetivo de eliminar las posibles barreras visibles o invisibles, que impidan el pleno goce del derecho a la educación. Estos son ajustes porque se adaptan a la condición específica de cada estudiante, y razonables porque no imponen una carga desproporcionada o indebida a la Universidad. La Decanatura de Estudiantes es la unidad que acompaña a los estudiantes en la identificación e implementación de este tipo de ajustes. Vale la pena destacar que los ajustes razonables no son “momentos difíciles”.

Si usted lo considera necesario o importante, siéntase en libertad de informarme a mí como su profesor lo antes posible si existe, o se presenta en el desarrollo del curso, alguna barrera o dificultad, y si requiere de algún tipo de ajuste razonable para estar en igualdad de condiciones con los y las demás estudiantes. En ese caso envíeme un correo a la.camacho@uniandes.edu.co ó por favor solicítame una cita para reunirnos.

Protocolo MAAD: El miembro de la comunidad que sea sujeto, presencie o tenga conocimiento de una conducta de maltrato, acoso, amenaza, discriminación, violencia sexual o de género (MAAD) deberá poner el caso en conocimiento de la Universidad. Ello, con el propósito de que se puedan tomar acciones institucionales para darle manejo al caso, a la luz de lo previsto en el protocolo, velando por el bienestar de las personas afectadas. Para poner en conocimiento el caso y recibir apoyo, usted puede contactar a:

1. Línea MAAD: lineamaad@uniandes.edu.co
2. Ombudsperson: ombudsperson@uniandes.edu.co
3. Decanatura de Estudiantes: Correo: centrodeapoyo@uniandes.edu.co
4. Red de Estudiantes:
 - PACA (Pares de Acompañamiento contra el Acoso) paca@uniandes.edu.co -
5. Consejo Estudiantil Uniandino(CEU) comiteacosoceu@uniandes.edu.co

HIDRÁULICA DE RÍOS - PROGRAMA DETALLADO CLASES MAGISTRALES

Sem	Día	Fecha	Sesión	Tema	Observación
1	Lunes	20-Jan	0	No hay clase	
	Miércoles	22-Jan	1	Introducción al curso. Análisis geomórfico de sistemas fluviales. Transporte de sedimentos y morfodinámica. Ingeniería de ríos y acciones de control fluvial.	GARS 2
2	Lunes	27-Jan	2	Análisis geomórfico de sistemas fluviales. Conceptos clave en geomorfología fluvial. Controles a escala de cuenca. Morfometría de cuencas hidrográficas. Clasificación geomorfológica de ríos.	GARS 3
	Miércoles	29-Jan	3	Hidrología de cuencas hidrográficas. Escorrentía y Caudal. Hidrogramas, Periodo de Retorno	GARS 4
3	Lunes	3-Feb	4	Hidrología de cuencas hidrográficas Ciclo geomorfológico y producción de sedimentos	GARS 4
	Miércoles	5-Feb	5	Mecánica de fluidos e hidráulica para el transporte de sedimentos. Distribuciones de velocidad.	STM 2.2.1-2.2.2
4	Lunes	10-Feb	6	Mecánica de fluidos e hidráulica para el transporte de sedimentos. Relaciones de resistencia al flujo. Resistencia al flujo para fondo fijo y fondo móvil.	STM 2.2.3-2.2.6
	Miércoles	12-Feb	7	Mediciones de caudal y nivel, aforos de caudal e incertidumbre. Cálculos hidráulicos básicos	Matlab
5	Lunes	17-Feb	8	Cálculos Hidráulicos FGV y FNP - Hec - Ras	STM 2.3.1 - 2.3.7
	Miércoles	19-Feb	9	El régimen del flujo - hidráulica de ríos de montaña y flujo torrencial.	RF 1 - 5
6	Lunes	24-Feb	10	Propiedades de los sedimentos	STM 2.3.1 - 2.3.7
	Miércoles	26-Feb	11	Velocidad de sedimentación de los sedimentos. Relación de la distribución de tamaños con la morfología fluvial - Viernes 28 - Entrega 1 Proyecto	STM 2.3.8 - 2.3.9
7	Lunes	3-Mar	12	Umbral de iniciación de movimiento. Diagramas de Shields y otros.	STM 2.4.1 - 2.4.7
	Miércoles	5-Mar	13	Introducción al transporte de sedimentos. Modos de transporte. Sábado 8 de marzo - salida de campo	STM 2.5
8	Lunes	10-Mar	14	Examen Parcial 1 (25%) Clases 1 – 13	
	Miércoles	12-Mar	15	Transporte y carga de lecho.	STM 2.6.1 - 2.6.3
	Lunes	17-Mar	SEMANA DE RECESO		
	Miércoles	19-Mar			
	Lunes	24-Mar	Lunes festivo		
	Miércoles	26-Mar	16	Transporte y carga de lecho - continuación	STM 2.6.4
9	Lunes	31-Mar	17	Formas de Lecho	STM 2.7.1 - 2.7.5
	Miércoles	2-Apr	18	Efecto de las formas de lecho en la profundidad	STM 2.7.6
10	Lunes	7-Apr	19	Formas de lecho, resistencia al flujo y transporte de sedimentos. Técnicas empíricas de relaciones nivel-caudal.	STM 2.8.1 - 2.8.3
	Miércoles	9-Apr	20	Transporte y carga en suspensión. Viernes 11 - Entrega 2 Proyecto	STM 2.9.1 - 2.9.5
11	Lunes	14-Apr	Semana Santa		
	Miércoles	16-Apr			
12	Lunes	21-Apr	21	Transporte y carga en suspensión - continuación	STM 2.9.6 - 2.9.7
	Miércoles	23-Apr	22	Ejemplo de cálculo de nivel-caudal y transporte de sedimentos	Excel
13	Lunes	28-Apr	23	Relaciones adimensionales de carga total de material de lecho en ríos de lechos de arena	STM 2.10
	Miércoles	30-Apr	24	Geometría hidráulica. Unidades geomórficas intracorrente. Formas de la planicie de inundación y procesos. Diversidad de ríos.	GARS 7 - 10
14	Lunes	5-May	25	Comportamiento y evolución fluvial	GARS 11 y 12
	Miércoles	7-May	26	Impactos humanos en sistemas fluviales. Respuesta de ríos a estructuras hidráulicas.	GARS 13, RRHS 2-3
15	Lunes	12-May	27	Respuesta de ríos a estructuras hidráulicas - continuación. Ingeniería de ríos	RRHS 4 - 9 y RChR 1
	Miércoles	14-May	28	Estabilidad de lecho y banquetas. Acciones de control fluvial. Procedimiento de diseño de revestimientos y protección de orillas.	RChR 2 y 3
16	Lunes	19-May	29	Tipos de revestimientos y fórmulas de diseño. Aspectos constructivos y procedimientos de mantenimiento de revestimientos y protección de orillas.	RChR 4 - 7
	Miércoles	21-May	30	Examen Parcial 2 (25%) Clases 16 – 31	
				Entrega 3 final proyecto y sustentación entre Mayo 26 y Junio 5	

NOTA: Cada estudiante es responsable de la preparación de la clase correspondiente mediante la lectura del material respectivo del texto, de otros libros pertinentes y de material puesto en Bloque Neón. GARS: Geomorphic Analysis of River Systems K. Fryirs y G Brierley; STM: Sediment Transport and Morphodynamics - Chapter 2 SH - M. García; RF: El régimen de flujo y morfología de los cauces aluviales - JI Ordoñez; RRHS River Response to Hydraulic Structures, Tech. Doc. Unesco 1986; RChR: River and channel revetments A design manual - M. Escameia HR Wainford. La entrega de proyecto final y la sustentación se realizará entre **Mayo 26 y Junio 5**. Para programar la sustentación por favor solicitar cita al profesor después de entregar el informe de ingeniería del proyecto final del curso.