

## MODELACIÓN DE HIDROSISTEMAS

ICYA 4715

Programa del Curso

Segundo Semestre de 2022

Profesor: Luis Alejandro Camacho Botero Oficina ML636, Tel: 3394949 Extensión 1731 celular 3104764861

[la.camacho@uniandes.edu.co](mailto:la.camacho@uniandes.edu.co)

Horario Atención Estudiantes: Lunes 11:00 am – 12:30 pm, Miércoles 14:00 – 15:30 pm

### Objetivos y metas

Los estudiantes del curso se familiarizarán con el concepto de hidrosistemas; el marco integral de los recursos hídricos; conceptos de abstracción y simplificación en la modelación; conceptos de aproximación sistémica de la modelación; la clasificación de sistemas y modelos; el protocolo de modelación; los métodos de calibración de modelos: métodos de gradiente y de Montecarlo; conceptos de análisis de sensibilidad y análisis de incertidumbre: distribuciones derivadas de probabilidad, métodos aproximados; conceptos de análisis probabilísticos y confiabilidad de hidrosistemas; se familiarizarán con herramientas computacionales en la modelación de hidrosistemas. Al final del curso los estudiantes podrán:

- Identificar, plantear, y resolver ecuaciones de conservación de la masa, energía y momentum en ríos, cuencas, acuíferos y demás hidrosistemas naturales y de sistemas de recursos hidráulicos utilizando métodos numéricos en Matlab o Excel y modelos matemáticos.
- Analizar mediciones hidrológicas, hidráulicas y datos de campo de hidrosistemas naturales y sistemas de recursos hidráulicos
- Implementar, calibrar y aplicar modelos matemáticos como herramientas de simulación, planificación, diseño, manejo y control de hidrosistemas naturales e hidrosistemas de recursos hidráulicos en forma responsable siguiendo un protocolo riguroso.

### 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 el marco de modelación y herramientas modernas de simulación y modelos de hidrosistemas. En este curso se suministrarán datos tomados en campo e información secundaria que serán utilizados en los proyectos del curso, en el cual se realizarán ejercicios completos de modelación de hidrosistemas naturales y de un hidrosistema de drenaje urbano.

### Referencias

Haan, C. T., editor, Hydrologic Modelling of Small Watersheds, ASAE Monograph # 5, ASAE, 1982.

- Martin, J., McCutcheon (1999) Hydrodynamics and transport for water quality modelling, Lewis, New York.
- Chow, V. T., D. Maidment y L. Mays, Applied Hydrology, McGraw-Hill, 1988.
- Benjamin, J. R. y C. A. Cornell, Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers, McGraw-Hill, 1970
- Maidment, D., editor, Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, 1993.
- Chow, V. T., editor, Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, 1964.
- Linsley, R. K., J. B. Franzini, D. L. Freyberg y G. Tchobanoglous, Water Resources Engineering, McGraw-Hill, 1992.
- Biswas, A. K., Systems Approach to Water Management, McGraw-Hill Kogakusha, 1976.
- Viessman, W., J. W. Knapp, G. L. Lewis y T. E. Harbaugh, Introduction to Hydrology, Harper Row, 1977.
- Rutherford, J. C. (1994). River mixing, Ed. John Wiley & Sons, Chichester
- Bras, R. L. e I. Rodríguez-Iturbe, Random Functions and Hydrology, Addison Wesley, 1985.
- Bras, R. L., Hydrology, An Introduction to Hydrologic Sciences, Addison Wesley, 1990.
- Weiming W. (2008) Computational River Dynamics, Talor & Francis, London
- Press, W. H. y B. O. Flannery, Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing, Cambridge University Press, 1988.
- Eagleson, P. S., Dynamic Hydrology, McGraw-Hill, 1970.
- Kottegoda, N. y E. Rosso, Applied Statistics for Civil and Environmental Engineers, Blackwell Publishing, 2008.
- McCuen, R., Hydrologic Analysis and Design, Prentice-Hall, 1998.
- Ford, A., Modeling the Environment, Island Press
- McCuen, R. H., Modelling Hydrologic Change, Statistical Methods, Lewis Publishers, 2003.
- Mays, L. W. y Y. Tung, Hydrosystems Engineering and Management, McGraw-Hill, 1992
- Tung, Y., B. Yen y C. Melching, Hydrosystems Engineering Reliability, Assesment and Risk Analysis, McGraw-Hill,
- Tung, Y. y B. Yen, Hydrosystems Engineering Uncertainty Analysis, McGraw-Hill, 2005.
- Jakerman, A., A. Voinov, A. Rizzoli y S. Chen, Environmental Modelling, Software and Decision Support, Elsevier, 2008.
- Ossenbruggen, P. J., Systems Analysis for Civil Engineers, Wiley & Sons, 1984.
- Smith, A., E. Hinton y R. W. Lewis, Civil Engineering Systems Analysis and Design, Wiley & Sons, 1983.
- deNeufville, R. y J. Stafford, Systems Analysis for Engineers and Managers, McGraw-Hill, New York, 1971.
- Bogardi, J., Z. Kundzewicz, editores, Risk, Reliability, Uncertainty, and Robustness of Water Resources Systems, Cambridge UP, 2004.
- Kundzewicz, Z., editor, New Uncertainty Concepts in Hydrology and Water Resources, Cambridge UP, 1995, 2006
- Mays, L. W., editor, Water Resources Handbook, McGraw-Hill, 1996
- Ward, R. C., Principles of Hydrology, McGraw-Hill, 2000
- Singh, V. P., Hydrologic Systems, Volume 1: Rainfall-Runoff Modeling, Prentice-Hall, 1988.

Holzbecher, E., Environmental Modeling using Matlab, Spriger, 2007.

Helsel, D. R. y R. M. Hirsch, Statistical Methods in Water Resources, USGS, Septiembre 2002.

Simonovic, S., Managing Water Resources, Methods and Tools for a System Approach, Unesco Publishing, Earthscan Publishing, 2009.

Loucks, D. P. y E. Van Beek, Water Resources Systems Planning and Management, Unesco Publishing, 2005.

## Journals

Water Resources Research, AGU; Journal of Water Resources Planning & Management, ASCE; Journal of Hydrologic Engineering, ASCE; Journal of Hydraulics Engineering, ASCE; Journal of Irrigation and Drainage, ASCE; Journal of Waterway, Port, Coastal & Oceanography, ASCE; Journal of Computing Engineering, ASCE; Transactions, ASCE; Advances in Water Resources; Journal of Hydrology; Water Resources Bulletin; Goundwater; Urban Water; Hydroinformatics

## Sistema de Evaluación

2 Exámenes Parciales (27% cada uno):	<b>54%</b>
Laboratorios computacionales, Ejercicios en clase y Tareas individuales	<b>24%</b>
Laboratorios computaciones en grupo	<b>22%</b>

*Exámenes (54%):* Los exámenes contendrán la evaluación de conceptos y el control de lecturas mediante preguntas de selección múltiple, y contendrán 1 ejercicio de planteamiento y/o implementación de modelos y su solución mediante un modelo en Matlab o Excel. Los exámenes se realizarán presencialmente o en la plataforma Bloque Neón de Brightspace de acuerdo a las instrucciones del profesor.

*Laboratorios computacionales y ejercicios de clase (24%):* El curso tendrá un componente importante de laboratorios computacionales y ejercicios individuales que se desarrollarán en clase y algunos de los cuales se finalizarán a manera de laboratorio computacional o tarea 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, 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

*Laboratorios computacionales en grupo (22%):* se desarrollarán en grupos de mínimo 4 y máximo 7 laboratorios computacionales complejos utilizando datos reales tomados en campo. Después de la fecha acordada se recibirán entregas de laboratorios computacionales grupales máximo con una semana de retraso y se calificarán sobre 4.0. Para la sustentación deberá solicitarse por parte del grupo, después de entregar el informe de ingeniería, una cita por escrito al profesor en las fechas establecidas para la misma. La no asistencia de un integrante a la sustentación se calificará con nota de 0.0 a esta persona (no a todo el grupo). Todos los trabajos se entregarán por Bloque Neón únicamente en formato pdf, xls o doc

*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 secretaria del Departamento (Asistente Eliana Arévalo) y al profesor para su verificación y aprobación. La nota mínima aprobatoria del curso será 3.0.

### **Metas ABET esperadas como parte del curso**

En este curso se realiza seguimiento a las metas de aprendizaje establecidas para los programas de Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental. En particular, las metas que se evalúan en este curso son:

- Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas
- Habilidad para trabajar efectivamente en equipo cuyos miembros proporcionan liderazgo, generan un ambiente colaborativo e incluyente, establecen metas, planean actividades y alcanzan objetivos

Otra habilidad esperada en el curso es la de programar las soluciones de los problemas utilizando Excel o Matlab.

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

### **Ajustes Razonables**

En este curso se tendrá en cuenta la política de ajustes razonables y la política de momentos difíciles para el semestre 2022 según la cual:

*“Tomando en cuenta las circunstancias actuales y el que las actividades académicas serán presenciales, la política de ajustes razonables ya no tendrá en cuenta barreras de conectividad, así como tampoco*

*barreras a causa de dificultades de salud física o mental, personales o familiares relacionadas al Covid-19 o a la situación de confinamiento. Mayor información en este enlace:*

<https://decanaturadeestudiantes.uniandes.edu.co/ajustes-razonables-y-politica-momentos-dificiles>

*Cada profesor o profesora tendrá autonomía para tener en cuenta en sus cursos la política de momentos difíciles de acuerdo con la situación que presente el/la estudiante y la forma en cómo esta impacte su proyecto académico.” (Vicerrectoría Académica, enero 2022).*

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](mailto:la.camacho@uniandes.edu.co) ó por favor solicíteme una cita para reunirnos por una plataforma virtual.

MODELACIÓN HIDROSISTEMAS - PROGRAMA DETALLADO CLASES MAGISTRALES						
Sem	Día	Fecha	Sesión	Tema	Observación	
1	Lunes	8-Aug	1	<b>Tema 1 - Introducción al curso - Definición de Sistemas e Hidrosistemas</b>	Lectura 1	
	Miércoles	10-Aug	2	Clasificación de hidrosistemas - Aproximación racional a la modelación de hidrosistemas	Ejercicio en clase	
2	Lunes	15-Aug	3	<b>Festivo</b>		
	Miércoles	17-Aug	4	Modelación de hidrosistemas - Modelos de hidrosistemas - Tipos de modelos	Lectura 2	
3	Lunes	22-Aug	5	Marcos y protocolos de modelación - Énfasis en Calibración y Análisis de Incertidumbre	Lectura 3 e Instalación Matlab / Simulink	
	Miércoles	24-Aug	6	Ecuación de Balance hídrico - Ejercicios	Ejercicios en clase y Tarea	
4	Lunes	29-Aug	7	<b>Tema 2 - Modelación de hidrosistemas construidos - Presas y embalses - Introducción</b>		
	Miércoles	31-Aug	8	Manejo de agua y sedimentos en embalses - Introducción y motivación - Sostenibilidad	Lectura 4	
5	Lunes	5-Sep	9	Modelación hidrológica de embalses	Ejercicio en clase	
	Miércoles	7-Sep	10	Laboratorio computacional 1 - Modelación de la operación de un embalse - Simulación	Laboratorio 1	
6	Lunes	12-Sep	11	Laboratorio computacional 1 - Continuación	Lab 1 cont.	
	Miércoles	14-Sep	12	Modelación del balance sedimentológico y energético de un embalse	Ejercicio en clase	
7	Lunes	19-Sep	13	<b>Temas 3 - Modelación de hidrosistemas naturales - Tránsito de crecientes en ríos - Introducción</b>	Lectura 5	
	Miércoles	21-Sep	14	Modelación del FGV en ríos - Curvas de entrega	Ejercicios en clase y Tarea	
8	Lunes	26-Sep	15	Laboratorio computacional 2 - Tránsito hidrológico e hidráulico en ríos - Calibración GLUE y SCE	Laboratorio 2	
	Miércoles	28-Sep	16	Laboratorio computacional 2 - Continuación	Lab 2 cont.	
	Lunes	3-Oct	<b>SEMANA DE RECESO</b>			
	Miércoles	5-Oct				
9	Lunes	10-Oct	17	<b>Examen Parcial 1 (27%) Clases 1 – 16</b>	Examen 1	
	Miércoles	12-Oct	18	Cuantificación de incertidumbre - Aforos y curvas de nivel versus caudal	Ejercicio en clase y Tarea	
10	Lunes	17-Oct	19	<b>Festivo</b>		
	Miércoles	19-Oct	20	<b>Tema 4 - Modelación de hidrosistemas naturales - Interacción río ciénaga - Introducción y motivación</b>	Lectura 6	
11	Lunes	24-Oct	21	Laboratorio computacional 3 - Interacciones río - ciénaga - Planteamiento y simulación	Laboratorio 3	
	Miércoles	26-Oct	22	Laboratorio computacional 3 - Continuación - Simulink	Lab 3 cont.	
12	Lunes	31-Oct	23	<b>Tema 5 - Modelación de hidrosistemas construidos - Modelación lluvia escorrentía en cuencas urbanas</b>	Lectura 7	
	Miércoles	2-Nov	24	Laboratorio computacional 4 - Modelos SISO y MISO	Laboratorio 4	
13	Lunes	7-Nov	25	<b>Festivo</b>		
	Miércoles	9-Nov	26	Laboratorio computacional 4 - Continuación - Calibración GLUE y SCE	Lab 4 cont.	
14	Lunes	14-Nov	27	<b>Festivo</b>		
	Miércoles	16-Nov	28	Modelación cuencas urbanas - Modelación con SWMM	Ejercicio en clase y Tarea	
15	Lunes	21-Nov	29	<b>Tema 6 - Modelación de hidrosistemas naturales - Modelación lluvia escorrentía en cuencas naturales</b>	Lectura 8	
	Miércoles	23-Nov	30	Laboratorio computacional 5 - Modelos semidistribuidos TOPMODEL y HEC-HMS	Laboratorio 5	
16	Lunes	28-Nov	31	Laboratorio computacional 5 - Continuación	Lab 5 cont.	
	Miércoles	30-Nov	32	<b>Examen Parcial 2 (27%) Clases 18 - 31</b>	Examen 2	
17				<b>NO HABRÁ EXAMEN FINAL. Entrega de proyecto final y sustentaciones entre Noviembre 30 y Dic 12</b> Para programar la sustentación por favor solicitar cita al profesor después de entregar el informe de ingeniería del proyecto final del curso.		

**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 Sicua. Igualmente se insta a ver los videos previos a cada clase sugeridos en el programa semanal de actividades que estará disponible en Sicua con anterioridad.