

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
DEPARTAMENTO DE IRRIGACIÓN

## MODELACIÓN EN CUENCAS

### I. DATOS GENERALES

Unidad Académica :	Departamento de Irrigación
Programa Educativo:	Ingeniero en Irrigación
Nivel Educativo:	Licenciatura
Disciplina:	Aprovechamientos Hidráulicos
Asignatura :	Modelación en Cuencas
Carácter:	Optativo
Tipo:	Teórico-Práctico
Prerrequisitos:	Hidrología Superficial, Hidráulica de los Sistemas de Conducción y Conservación de Suelos
Nombre del Profesor:	Dra. Laura Alicia Ibáñez Castillo
Ciclo escolar:	2012/2013
Año:	Séptimo
Semestre:	2do
Horas Teoría/Semana:	2.0
Horas Práctica/Semana:	1.0
Horas Totales por Viaje de Estudio:	0
Horas Totales del Curso:	48.0

### II. RESUMEN DIDACTICO

El curso de Modelación en Cuencas es de carácter teórico-práctico y es un curso de carácter integrador con materias ya cursadas previamente durante el plan de estudios en quinto y sexto año. Además, el curso tiene una relación vertical con las asignaturas de Hidráulica de los Sistemas de Conducción e Hidrología Superficial, en tanto en su relación horizontal es con Obras Hidráulicas. Asimismo tiene muchas aplicaciones a la realidad de nuestro Mexico; por ejemplo, nuestros problemas de deforestación, nos conducen a agravar los problemas de erosión hidrica y de inundaciones. Estos problemas de erosión e inundaciones serán modelados en este curso. Para dicha modelación no solamente se echara mano a software que nos apoya en este proceso (HEC-HMS, HEC-RAS, SWAT, ArcView) sino que tendremos que consultar bases de datos nacionales sobre datos históricos de clima, datos históricos hidrométricos y cartografía digital. El curso será enseñado apoyandose mucho en horas de práctica y trabajos extractase para buscar materiales para armar dichos modelos. Se busca que de preferencia, el alumno tenga la capacidad de trabajo independiente y analítico debido a que en el proceso de modelación se integran varios conceptos teóricos y varias bases de información que lo llevarán a cuestionarse desde la calidad de los datos alimentadores del modelo, habilidades de manejo de software especializado hasta su propia concepción teórica del problema con el algoritmo de solución. La evaluación se plantea a partir de exámenes y un proyecto.

### III. PRESENTACIÓN

El curso optativo Modelación en Cuencas constituye una herramienta importante para apoyar en el análisis del ciclo hidrológico dentro de la cuenca, así como para analizar el proceso de erosión que ocurre a consecuencia de la lluvia y por determinados usos y prácticas del suelo. El curso va de la mano con software que ayuda a cumplir tales objetivos; se capacita al alumno en el uso del software HEC-HMS, HEC-RAS y SWAT. Sin embargo el curso no es una mera clase de software, sino que previo a la capacitación del uso de software se revisan sus sustentos teóricos. Una base teórica importante y que constituye un prerrequisito son los cursos de Hidráulica de Canales, Hidrología Superficial y Conservación de Suelos. En este curso se engloba la importancia de los recursos agua, suelo y vegetación dentro de la cuenca, interrelacionándolos para encontrar una respuesta en la cuenca, la cual no siempre es positiva. Como parte de este recurso se realizarán aplicaciones concretas de dichos modelos a problemas reales de México.

### IV. OBJETIVOS

1. Modelar dentro de la cuenca la relación de los recursos naturales agua-suelo-vegetación para obtener un diagnóstico integral de la cuenca
2. Analizar el uso de la tecnología y software en el manejo de datos hidrométricos y de cartografía para fortalecer las herramientas que auxilian en el proceso de modelación en cuencas
3. Realizar aplicaciones de los modelos a problemas reales de cuencas de México para fortalecer los conocimientos teórico-práctico obtenidos.

### V. CONTENIDOS

#### *CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN (3 hrs.)*

Objetivo: Identificar los aspectos teóricos del curso al revisar el estado del arte del software que se utilizará como apoyo y analizar la disponibilidad de las bases de datos nacionales a fin de dar una visión general del curso.

- 1.1. Modelos
- 1.2. Modelación en Cuencas
- 1.3. Software especializado en modelación de cuencas
- 1.4. Software de apoyo a la modelación en cuencas
- 1.5. Tecnología de Apoyo para la modelación en Cuencas
- 1.6. Bases de Datos Históricas para la Modelación en Cuencas
- 1.7. Cartografía INEGI
- 1.8. El grado de desarrollo de la modelación en Cuencas en el Mundo y en México

## ***CAPÍTULO II. EL PROCESO LLUVIA ESCURRIMIENTO (5.0 h)***

Objetivo: Analizar el proceso lluvia-escorrimento como proceso iniciador del problema de inundaciones y pérdida de suelo a fin de construir la primer base que permita modelar dicho fenómeno.

- 2.1. Lluvia
- 2.2. Medición de la Lluvia
- 2.3. Pluviómetros y Estimación de Volúmenes de Escurrimento
- 2.4. Pluviografos, Estación Automatizada y Radar
- 2.5. El proceso lluvia-escorrimento durante una tormenta
  - 2.5.1. Teoría del Hidrograma Unitario
  - 2.5.2. Modelo de la Onda CInemática
  - 2.5.3. El método del SCS aplicado a Hidrograma Unitario
- 2.6. Estimación de Volúmenes de escurrimento a partir de aforos y a partir de datos de pluviómetros
- 2.7. Estimación de Avenidas Máximas
  - 2.7.1. Probabilidad en Hidrología
  - 2.7.2. Estimación de Avenidas a partir de aforos
  - 2.7.3. Estimación de Avenidas a partir de la teoría del hidrograma unitario

## ***CAPÍTULO III. MODELACIÓN DEL FLUJO DE AGUA EN RÌOS CON HEC-RAS (8.0 h)***

Objetivo: Modelar el flujo permanente y no permanente variado en canales naturales a fin de comprender el proceso de inundaciones en el cauce

- 3.1. Definiciones de tipos de flujo: permanente y no permanente
- 3.2. Determinación de Características Hidráulicas de las secciones transversales de los ríos
- 3.3. Flujo Permanente Variado en un río
- 3.4. Flujo No Permanente Variado en un río
- 3.5. Secciones de Control en un Río
- 3.6. Determinación de números de Manning para el cauce y las márgenes del río
- 3.7. El software HEC-RAS
- 3.8. Simulación del Flujo Permanente Variado en un río con software especializado
- 3.9. Simulación del Flujo No Permanente Variado en un río con software especializado
- 3.10. Representación de estructuras hidráulicas en un río a través del software especializado (puentes, alcantarillas, bordos de protección, espigones, etc.,)
- 3.11. Calibración del Modelo del Río

## ***CAPÍTULO IV. MODELACIÓN DEL PROCESO LLUVIA-ESCURRIMIENTO BAJO LA TEORÍA DEL HIDROGRAMA UNITARIO CON EL SOFTWARE HEC-HMS (8.0 h)***

Objetivo: Modelar el movimiento agua-escorrimento en la cuenca tanto en laderas como en cauces para apoyar en el entendimiento del problema de inundaciones y el agua como fuerza influyente en la pérdida de suelo.

- 3.1. Delimitación de la Cuenca y Subcuencas
- 3.2. Histogramas

- 3.3. Tormentas Sintéticas
- 3.4. Revisión de Conceptos en Arc View
- 3.5. El Software HEC-HMS y GEO-HMS
- 3.6. El Software Arc-SWAT
- 3.7. Automatización de Procesos de Caracterización de la Cuenca con HEC-HMS y con ARC-SWAT
- 3.8. Determinación del número de curva (CN) del Soil Conservation Service
- 3.9. Cálculo de los tiempos de concentración en subcuencas y cuenca
- 3.10. El hidrograma unitario sintético del SCS
- 3.11. Cálculo de Pérdidas con el método del SCS
- 3.12. Creación del Modelo Lluvia-escorrimento con HEC-HMS
- 3.13. El Tránsito de Avenidas en HEC-HMS
- 3.14. Calibración del Modelo Lluvia-Escorrimento

### ***CAPÍTULO V. MODELACIÓN DEL PROCESO DE PÉRDIDA DE SUELO EN LA CUENCA CON EL SOFTWARE SWAT (8.0 h)***

Objetivo: Modelar la erosión hídrica bajo la ecuación universal de pérdida de suelo para finalmente estimar la tasa de pérdida de suelo.

- 3.1. Delimitación de la Cuenca y Subcuencas
- 3.2. Delimitación de Unidades Hidrológicas
- 3.3. Información histórica pluviométrica en la cuenca
- 3.4. Balance Hidrológico
- 3.5. Determinación de volúmenes escurridos diarios, mensuales y anuales con el método del SCS
- 3.6. Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (MUSLE)
- 3.7. Determinación del número de curva (CN) del Soil Conservation Service en SWAT
- 3.8. Creación del Modelo MUSLE con SWAT
- 3.9. Análisis de otras tecnologías agrícolas utilizadas en la cuenca con SWAT
- 3.10. Calibración del Modelo Lluvia-Escorrimento-Erosión en SWAT

## **VI. PRÁCTICAS (16.0 hs)**

1. Bases de Datos ERIC III, BANDAS y Servicio Meteorológico Nacional(1 hora).  
Objetivo: Revisar las bases de datos nacionales para evaluar su disponibilidad por regiones del país
2. Cartografía INEGI (1 hora)  
Objetivo: Revisar la disponibilidad de cartografía nacional de INEGI para evaluar su disponibilidad y costos
3. Creación de Modelos Digitales de Elevación a partir de vectoriales en ARC-VIEW (1 hora)  
Objetivo: Crear modelos digitales de elevación en Arc-View para utilizar estas en cualquier software como una principal entrada al modelar en cuencas.
4. Delimitación de cuenca con ARC-SWAT(1 hora)  
Objetivo: Delimitar la cuenca con el software SWAT a partir del Modelo Digital de Elevación para modelar la erosión dentro de la cuenca
5. Delimitación de cuenca con GEO-HMS (1 hora)

Objetivo: Delimitar la cuenca con el software GEO-HMS a partir del Modelo Digital de Elevación para modelar el proceso lluvia-escurrimiento

6. Introducción al HEC-RAS (1 hora)

Objetivo: Revisar la información disponible para generar las condiciones de alimentación al programa HEC-RAS

7. Simulación de Flujo Permanente Variado en HEC-RAS (1 hora)

Objetivo: Calcular el perfil de agua del río bajo flujo permanente variado para determinar la extensión de la inundaciones

8. Determinación de números de curva para el método del SCS (1 hora)

Objetivo. Evaluar la textura y uso de suelo para generar un coeficiente que permita realizar cálculos de escurrimientos y pérdida de suelo.

9. Cálculo del tiempo de concentración (1 hora)

Objetivo. Calcular el tiempo que tarda el agua en moverse en la cuenca para alimentar el modelo lluvia-escurrimiento

10. Introducción al HEC-HMS (1 hora)

Objetivo: Revisar la información disponible para crear las condiciones de alimentación al programa HEC-HMS

11. Simulación del Proceso Lluvia-Escurrimiento en HEC-HMS (2 horas)

Objetivo: Modelar el proceso lluvia-escurrimiento con el software HEC-HMS para determinar la respuesta de la cuenca a varias tormentas y a sus propias características.

12. Introducción al SWAT (1 hora)

Objetivo: Revisar la información disponible para generar las condiciones de alimentar al programa SWAT

13. Simulación del Proceso Lluvia-Escurrimiento-Erosión en SWAT (2 horas)

Objetivo: Modelar el proceso lluvia-escurrimiento con el software SWAT para estimar la pérdida de suelo en la cuenca.

## VII. METODOLOGIA

El curso será enseñado en el salón de clases y en el laboratorio de cómputo. Los aspectos teóricos serán cubiertos en el salón de clases apoyándose en explicaciones en pizarrón y en presentaciones de diapositivas por parte del profesor. Más tarde en el laboratorio de cómputo realizarán aplicaciones con software especializado y bases de datos nacionales; en esta fase el profesor irá mostrando su trabajo proyectado en cañón y cada estudiante seguirá a su profesor con el mismo problema y en su propia computadora. En el trabajo extractase el alumno tendrá que buscar sus propios datos para realizar un proyecto final.

## VIII. EVALUACIÓN

1 Exámen Teórico-Práctico-----	40%
2 proyectos -----	60%

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, M. F.J. 2001. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Ed. Limusa. 303 p.
- Bedient P.B. , W.C. Huber, and Vieux. 2012. Hydrology and Floodplain Analysis. 4th. ed. Prentice-Hall. (en especial el Capítulo 5).
- Campos Aranda, D.F. 1998. Procesos del Ciclo Hidrológico. 3ra. Reimpr. Univ. Aut. De San Luis Potosí.
- CENAPRED. 2011. Metodología para la Elaboración de Mapas por Riesgo de Inundaciones en zonas urbanas. 73 p.
- CENAPRED. 2013. Fascículo de Inundaciones, Ver. Electrónica. 57 p.
- Chaudhry, M.H. 1993. Open Channels Hydraulic. McGraw-Hill
- Chow, V.T. , 1964. Open Channels. McGraw Hill Co. First Edition.
- Hernández Jaime y D. Montaner. 2008. Manual ArcGIS 9.2. Tutoriales. Universidad de Chile. <http://www.gep.uchile.cl/Publicaciones/Libro- Tutorial de ArcGis 9.2.pdf>
- Loague Keith. 2010. Rainfall-Runoff Modelling. Benchmark papers in Hydrology. Ed. International Association of Hydrology Sciences (IAHS). 506 p.
- McCuen Richard H. 2005. Hydrologic Analysis and Design. Ed. Prentice-Hall.
- Singh, V.P. and, D.K. Frevert. 2006. Watershed Models. Ed. CRC Taylor & Francis. 653 p.
- U.S. Agricultural Research Service. 2012. Soil and Water Assessment Tool, SWAT. User's Manual.
- U.S. Agricultural Research Service. 2001. Soil and Water Assessment Tool. SWAT Theoretical Documentation. 506 p.
- U.S. Agricultural Research Service. 2013. SWAT for ArcGis 10.1. Users Guide.
- U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2010. HEC-HMS., Hydrologic Modeling System. User's Manual. Ed. Hydrologic Engineering Center. 318 p.
- U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2000. HEC-HMS., Hydrologic Modeling System. Reference Manual. Ed. Hydrologic Engineering Center. 157 p.
- U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2013. HEC-GEO-HMS. For ArcGIS 10.1. Hydrologic Modeling System. User's Manual. Ed. Hydrologic Engineering Center.
- U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2010. HEC-RAS., River Analysis System. Reference Manual. Ed. Hydrologic Engineering Center. 417 p.

U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2010. HEC-RAS.,  
River Analysis System. User's Manual. Ed. Hydrologic Engineering Center. 790 p.

U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2013. HEC-GEO-RAS  
para ArcGIS 10.1. River Analysis System. User's Manual. Ed. Hydrologic Engineering  
Center.

INTERNET (para bajar software de distribución gratuita)

- Cuerpo de Ingenieros de la armada de los Estados Unidos (HEC-GeoHEC-HMS y HEC-  
RAS)  
[/www.hec.usace.army.mil/](http://www.hec.usace.army.mil/)

SWAT: [swat.tamu.edu](http://swat.tamu.edu)