

 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA</b> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales República Argentina</p>	Programa de:  <h2 style="text-align: center;">HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA COMPUTACIONAL</h2>	
<p style="text-align: center;">ESPECIALIZACIÓN EN HIDRÁULICA</p>	Código: Plan: Carga Horaria: Semestre: Carácter: Bloque:	Puntos: Hs. Semanales: Año:
<p>Objetivos: Avanzar los conocimientos, a nivel de especialización, del estudiante en el área de la Hidrología e Hidráulica. Conocer las aplicaciones computacionales para el uso de los estudios hidrológicos e hidráulicos. Permitirle un manejo a nivel operacional de las herramientas computacionales del área. Construir modelos que permitan resolver los procesos del agua en la superficie con los enfoques teóricos y metodologías de cálculo que estiman las relaciones volumétricas entre precipitación y escurrimiento, distribución temporal y espacial, todo ello en diferentes circunstancias, conforme con las necesidades de proyectos de ingeniería de caracterización.</p>		
<p>Programa Sintético</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Introducción a la Hidrología Características de los modelos hidrológicos</i></li> <li>2. <i>Introducción a la Hidráulica</i></li> <li>3. <i>Flujo Gradualmente Variado. Trazado de Perfiles de Flujo. Ecuaciones básicas de transporte de Sedimentos Tipos de modelos.</i></li> <li>4. <i>Rotura de Presas. Celeridad de la Onda. Solución de las Ecuaciones de Saint Venant. Esquemas de solución</i></li> <li>5. <i>Programa HEC-1 y HEC-HMS</i></li> <li>6. <i>Programa HEC-RAS</i></li> <li>7. <i>Programa: Storm Water Management Model (SWMM/ EPASWMM)</i></li> <li>8. <i>Programa Qual2k (Modeling Framework for Simulationg River and Strem Water Quality)</i></li> </ol>		
Programa Analítico: de foja 2 a foja 4.		
Programa Combinado de Examen (si corresponde): de foja a foja .		
Bibliografía: foja 4.		
Correlativas Obligatorias: Correlativas Aconsejadas:		
Rige:		
Aprobado HCD, Res.: Fecha:		Modificado / Anulado / Sust. HCD Res.: Fecha:
El Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC) certifica que el programa está aprobado por el (los) número(s) y fecha(s) que anteceden. Córdoba, / / .		
Carece de validez sin la certificación de la Secretaría Académica.		



## PROGRAMA ANALÍTICO

### Unidad I – Introducción a la Hidrología . Características de los modelos hidrológicos

El concepto de cuenca hidrográfica. Precipitación. Tormentas de diseño. Evaporación y evapotranspiración. Intercepción. Infiltración. Estimación de la capacidad de infiltración. Generación de escurrimiento superficial. Discretización de la cuenca como procedimiento de abstracción matemática. Red de elementos hidráulicos, laderas, canales y tuberías. Relaciones entre lluvia y descarga. Introducción a los sistemas lineales. Propagación de crecidas. Identificación de métodos basados en soluciones simplificadas y completas de las ecuaciones. Modelos de eventos y modelos semicontínuos.

Generación de un modelo. Conceptos preliminares. Generación de redes de desagües.

Métodos basados en función del almacenamiento. Propagación en: Elementos de subcuenca (flujo sobre ladera). Elementos de canal (flujo en canales trapezoidales o parabólicos). Elementos de tubería (flujo en canales circulares). Estructuras de control (vertederos y orificios)

Condiciones de contorno y condiciones iniciales: Efectos de remanso bajo condiciones de marea. Flujo a presión o bajo carga. Flujo inverso. Flujo a través de dispositivos especiales como vertederos, orificios y bombas. Dispositivos de almacenamiento.

Estaciones de bombeo: Con cámara de almacenamiento (fuera de línea). Estación de bombeo en línea.

Creación de un nuevo proyecto. Configuraciones por defecto. Datos de calibración. Tipos de objetos.

### Unidad II – Introducción a la Hidráulica

Ecuaciones básicas del flujo unidimensional en canales. Ecuaciones de gobierno. Hipótesis básicas. Ecuación diferencial de conservación de masa. Ecuación diferencial de cantidad de movimiento. Ecuación diferencial de la energía mecánica. Ecuaciones de gobierno para tipos específicos de flujo: flujo permanente y uniforme, flujo permanente gradualmente variado, flujo permanente espacialmente variado, flujo permanente rápidamente variado, flujo impermanente y uniforme, flujo impermanente gradualmente variado. Flujo crítico. Introducción. Propiedades del flujo crítico: secciones rectangulares y no rectangulares. Aplicaciones del flujo crítico. Flujo uniforme. Resistencia al flujo. Ecuaciones de Manning – otras fórmulas de resistencia. Cálculo de la profundidad normal. La sección hidráulicamente óptima. Flujo uniforme en canales de sección compuesta: método del n equivalente. Ecuaciones. Distribución lateral de velocidades en flujo uniforme. El Método del Canal Dividido (DCM). Algoritmo de resolución. El Método de la Distribución Lateral (LDM). Ecuación diferencial. Soluciones numérica y analítica. Flujo gradualmente variado. Ecuaciones de gobierno. Clasificación de los perfiles de flujo. Análisis de los perfiles de flujo. Trazado de perfiles de flujo. Caudal evacuado por un reservorio. Perfiles de flujo en canales de sección compuesta.

### Unidad III - Flujo Gradualmente Variado. Trazado de Perfiles de Flujo. Ecuaciones básicas de transporte de Sedimentos

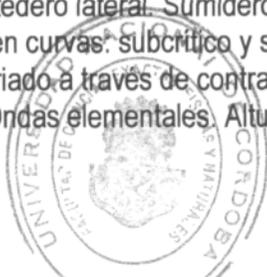
Cálculo del flujo gradualmente variado. El método del paso directo. El método del paso estándar. Los métodos de Euler, Euler mejorado, Euler modificado y Runge-Kutta de 4º orden. El método predictor – corrector. Solución

Solución simultánea del flujo gradualmente variado. Ecuaciones de gobierno. Canales en serie. Redes de canales. Algoritmo de resolución. Flujo rápidamente variado. Aplicación de las leyes de conservación. Resalto hidráulico. Relación entre tirantes conjugados. Longitud del resalto. Ubicación del resalto. Transiciones en canales en flujo subcrítico y flujo supercrítico. Resalto hidráulico oblicuo. Vertederos de pared delgada y gruesa. Flujo espacialmente variado. Descarga lateral. Ecuaciones de gobierno. Soluciones analíticas.

Perfiles de flujo espacialmente variado. Vertedero lateral. Sumidero de fondo. Aporte lateral. Solución analítica. Casos particulares de flujo. Flujo en curvas: subcrítico y supercrítico. Flujo a través de alcantarillas.

Ecuaciones de gasto. Flujo rápidamente variado a través de contracciones en puentes. Método de cálculo.

Flujo impermanente rápidamente variado. Ondas elementales. Altura y celeridad de una onda gravitatoria.



Ecuación de continuidad y de momentum. Propagación de ondas en un escalón de fondo. Encuentro de dos ondas. Introducción a la mecánica del transporte de sedimentos. Procesos de transporte de sedimentos. Procesos de degradación y agregación en cursos fluviales. Erosión local y generalizada.

#### **Unidad IV – Rotura de Presas. Celeridad de la Onda. Solución de las Ecuaciones de Saint Venant. Esquemas de solución**

Ruptura de una presa. Flujos pulsantes. Flujo impermanente gradualmente variado. Ecuaciones constitutivas: ecuaciones de Saint-Venant. Modelos de onda cinemática, difusiva, dinámica. Condiciones iniciales y de borde. Distribución no hidrostática de presiones: ecuaciones de Boussinesq. Formas diferenciales de las ecuaciones de conservación de masa y cantidad de movimiento. Formas integrales. Modelo de onda cinemática. Celeridad de la onda cinemática. Solución analítica para la onda cinemática. Solución numérica de la onda cinemática. Esquema lineal. Esquema no lineal. Solución de las ecuaciones de Saint-Venant por el método de las características: el método de las características. Condiciones iniciales y de borde. El método de los intervalos especificados. Solución de las ecuaciones de Saint-Venant por el método de las diferencias finitas. Esquemas explícitos en diferencias finitas: esquema elemental, esquema de Lax, esquema de McCormack. Esquemas implícitos en diferencias finitas.

#### **Unidad V – HEC-1/HEC-HMS**

HEC-1. Simulación de los procesos de precipitación – escorrentía – tránsito. Capacidades: Precipitación, permite describir un evento observado, Modelos de pérdidas, Modelos de escurrimiento directo, Modelos de tránsitos hidrológicos, Modelos de confluencias y bifurcaciones de corrientes.

Componentes de escurrimiento: Modelos que computan volumen de escurrimiento. Modelos de pérdidas. Green y Ampt. Modelos de escorrentía directa (flujo sobre ladera). Hidrograma unitario. Hidrograma unitario sintético de Clark. Hidrograma unitario sintético de Snyder. Hidrograma unitario sintético SCS. Onda Cinemática. Modelos de flujo base. Reservorio lineal. Modelos de flujo en canales. Onda cinemática. Puls modificado. Muskingum-Cunge. Muskingum, R y D. Confluencia. Bifurcación. Flujo sobre coronamiento de una presa (Overtopping). Rotura de presas, brechas (Dam- break). Análisis de multiflujos-multiplanos que permiten la simulación de varias relaciones de un flujo de diseño para diferentes planes de una red de escurrimiento en una única corrida computacional. Análisis económicos de cada alternativa de los flujos múltiples y multiplanos. Opciones de optimización del sistema de control de crecidas

HEC-HMS. Capacidades. Interfase gráfica. Diferencias con HEC-1. Modelos de escorrentía distribuidos para datos de precipitación distribuida proveniente de radares, Modelos simplificados para modelar humedad del suelo continua para simulación para largos periodos sobre cuencas (SMA). Análisis de Resultados. Visualización de resultados.

#### **Unidad VI – HEC-RAS**

Canales en serie. Redes de canales. Algoritmo de resolución. Elementos. Confluencias. Alcantarillas. Puentes. Análisis de multiflujos-multiplanos que permiten la simulación de varias relaciones de un flujo de diseño para diferentes planes de una red de escurrimiento en una única corrida computacional. Análisis económicos de cada alternativa de los flujos múltiples y multiplanos. Opciones de optimización del sistema de control de crecidas. Valoración de erosión. Aplicación para flujos variables. Opciones de calidad del efluente.

#### **Unidad VII – SWMM - EPASWMM**

Descripción. Bloque Ejecutivo. Bloques de Servicio (Statistics, Graph, Combine, Rain, Temp). Bloques computacionales (Runoff, Transport, Extran, Storage/Treatment). Funciones. Ingreso de Datos en SWMM. Operación del Programa. Errores de Ingreso. Interface entre bloques. Rutina de gráficos



Bloque Runof: Conceptos preliminares. Descripción del bloque. Operación del programa. Ingreso de datos. Datos meteorológicos. Datos cuantitativos de superficie. Discretización de la cuenca. Conducciones. Datos cualitativos de superficie. Procesos de Calidad

Bloque Transport: Conceptos preliminares. Métodos para el tránsito de polutogramas. Descripción del bloque. Descripción del tránsito de caudales. Descripción del tránsito de contaminantes. Operación del programa. Ingreso de datos. Datos cuantitativos de superficie. Datos referentes a las conducciones. Almacenamiento interno. Modelo de Infiltración.

Resultados: Polutogramas. Personalización de tablas y gráficos. Análisis de problemas de surgencia. Evaluación de la capacidad de redes. Niveles de inundabilidad. Análisis en tiempo real

### **Unidad VIII – Programa Qual2k (Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality)**

Conceptos de balance de flujo y masas, características hidráulicas de los ríos, tiempos de residencia, longitud de la dispersión, balance de calor, fenómenos de transporte de contaminantes: advección, dispersión, reacciones de oxidación-reducción. Uso del Modelo computacional QUAL2K. Conceptualización del modelo, reacciones fundamentales, variables, calibración del modelo, aplicación a casos concretos de contaminación con carga orgánica.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

- Custodio, R., Llamas. Hidrología Subterránea. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 1976.
- Chow, V. T. *Hidráulica de los canales abiertos*. Editorial Diana. 1982.
- Chow, V.T. Maidment, D.R. y Mays, L.W. *Hidrología Aplicada*. Mc. Graw Hill. 1994.
- Delleur, J.W. *Advanced Hydrology*. School of Civil Engineering. Purdue University. U.S.A. 1993.
- French, R. *Hidráulica de los canales abiertos*. Mc. Graw Hill. 1988.
- Linsley, Kohler y Paulus. *Hidrología para ingenieros*. Mc. Graw Hill. 2da Edición. 1986.
- Reyna, S y otros. *Manual de Hidrología Urbana*. 2007.
- U.S. Army Corps of Engineers *Manual. HEC-1 Simulación de Eventos Hidrológicos*. Hydrologic Engineering Center, USA. 1985 – 1997.
- U.S. Environmental Protection Agency. *Manual. SWMM. Storm Water Management Model*. USA. 2003.
- U.S. Army Corps of Engineers. *Manual. HEC-1 Simulación de Eventos Hidrológicos*. Hydrologic Engineering Center, USA. 1997.
- U.S. Army Corps of Engineers. *HEC – HMS de Simulación de Eventos Hidrológicos*. Hydrologic Engineering Center. USA. 2008



*(Handwritten signature)*