



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
República Argentina

Programa de:

Hidráulica Fluvial y Transporte de Sedimentos

Código:

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
MENCION EN RECURSOS HÍDRICOS

Plan:
Carga Horaria:
Semestre:
Carácter: *Obligatoria*
Bloque:

Puntos:
Hs. Semanales:
Año:

Objetivos: Formar al alumno en el funcionamiento de los ríos y la similitud y diferencia de estos con los canales que transportan agua a lámina libre. Capacitar al alumno para permitirle intervenir sobre los ríos para su adecuación al aprovechamiento de los recursos o la reducción de los riesgos de daños.

Programa Sintético:

1. Ecuaciones básicas del flujo unidimensional en canales. Flujo crítico. Flujo uniforme. Flujo gradualmente variado.
2. Flujo rápidamente variado y Flujo espacialmente variado.
3. Casos particulares de flujo. Hidráulica de puentes.
4. Flujo impermanente rápidamente variado e impermanente gradualmente variado.
5. Hidráulica fluvial. Acorazamiento.
6. Encauzamientos: concepción y proyecto. Cálculo. Materiales y métodos.
7. Modelos en ingeniería fluvial.
8. Propiedades de los sedimentos. Inicio del movimiento.
9. Formas de fondo. Rugosidad efectiva.
10. Carga en suspensión. Carga total. Carga de fondo.
11. Geomorfología fluvial.
12. Erosión en estructuras fluviales.
13. Modelos matemáticos de transporte de sedimentos.

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 – Ecuaciones Básicas del Flujo Unidimensional en Canales. Flujo Crítico. Flujo Uniforme. Flujo Gradualmente variado.

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. Distribución de presiones en el flujo curvilíneo. Propiedades del flujo crítico: secciones rectangulares y no rectangulares. Aplicaciones del flujo crítico. Cálculo de la profundidad crítica en canales de sección simple y compuesta. Flujo uniforme. Resistencia al flujo. Ecuaciones de resistencia: ecuación de Chézy – ecuación de Manning – otras fórmulas de resistencia. Cálculo de la profundidad normal. La sección hidráulicamente óptima. Flujo uniforme en canales de sección compuesta. 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. 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 simultánea del flujo gradualmente variado. Ecuaciones de gobierno. Canales en serie. Redes de canales. Algoritmo de resolución.

Unidad II– Flujo Rápidamente Variado y Flujo Espacialmente Variado

Flujo rápidamente variado. Introducción. 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. Introducción. Descarga lateral. Ecuaciones de gobierno. Soluciones analíticas. Perfiles de flujo espacialmente variado. Vertedero lateral. Sumidero de fondo. Aporte lateral. Solución analítica.

Unidad III – Casos particulares de flujo. Hidráulica de puentes.

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. Hidráulica de puentes. Problemas hidráulicos de los puentes. Emplazamiento de un puente. Alineación del puente. Dimensionamiento del vano: altura libre. Economía y efectos del ancho libre. Llanuras de inundación. Obras de encauzamiento. Puentes sobre cauces intermitentes. Estudio de las erosiones. Erosión local en pilas. Erosión local en estribos. Protección de pilas. Otras acciones hidráulicas.

Unidad IV – Flujo impermanente rápidamente variado e impermanente gradualmente variado

Flujo impermanente rápidamente variado. Introducción. 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. 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: esquema de Preissman, esquema de Beam y Warming.

Unidad V - Hidráulica fluvial. Acorazamiento.

Introducción. Acorazamiento. Problemas hidráulicos de los puentes. Emplazamiento de un puente. Alineación del puente. Dimensionamiento del vano: altura libre. Economía y efectos del ancho libre. Llanuras de inundación. Obras de encauzamiento. Puentes sobre cauces intermitentes. Estudio de las erosiones. Erosión local en pilas. Erosión local en estribos. Protección de pilas. Otras acciones hidráulicas.

Unidad VI - Encauzamientos: concepción y proyecto. Cálculo. Materiales y métodos.

Encauzamientos: concepción y proyecto. Introducción. Objetivos de un encauzamiento. Efectos de un encauzamiento. Condicionantes de un cauce estable. Modificación de la sinuosidad. Trazado de un encauzamiento. Caudal de proyecto. Análisis de riesgo en planicies de inundación. Encauzamiento de un río trezado. Uso de espigones. Defensa de márgenes. Comportamiento de cauces estrechados. Encauzamiento de ríos de montaña. Corrección de la pendiente. Desembocaduras. Impacto ambiental de los encauzamientos. Encauzamientos urbanos. Cálculo. Distribución de tensiones en la sección. Distribución de velocidades en la sección. Tensiones críticas y sección no erosionable. Secciones anchas y secciones en curva. Conceptos de teoría del régimen. Aplicación de la teoría del régimen. Cálculo del caudal ecológico. Cálculo de la capacidad. Resistencia al flujo en un fondo granular. Influencia del transporte sólido en el tirante. Estimación de la erosión potencial. Criterio de erosión. Erosión general transitoria. Erosión general a largo plazo. Erosión en curvas. Combinación de erosiones. Erosión local en caídas, espigones y confluencias. Erosión y sedimentación. Cálculo del volumen total de transporte sólido. Modelos matemáticos.

Unidad VII - Modelos en ingeniería fluvial.

Introducción. Utilidad. Análisis de semejanza. Modelos distorsionados y no distorsionados. Escalas de semejanza. Modelos fluviales con material distorsionado. Modelos de erosión local. Modelos matemáticos: introducción. Modelos HEC-RAS y HEC-6. Ejemplos de aplicación.

Unidad VIII - Propiedades de los sedimentos. Inicio del movimiento.

Introducción a la mecánica del transporte de sedimentos. Propiedades de los sedimentos. Tamaño. Determinación de tamaños. Representación de análisis granulométricos. Parámetros estadísticos de las distribuciones granulométricas. Forma. Densidad. Velocidad de caída. Porosidad. Densidad global in situ. Angulo de reposo. Movimiento incipiente de sedimentos. Tensión de corte crítica sobre un fondo de sedimentos incoherentes uniformes. Curva de Shields. Velocidad media crítica. Efecto de distintos factores sobre la tensión de corte crítica dada por Shields. Efecto del criterio utilizado para definir el movimiento incipiente. Efecto de la no-uniformidad o heterogeneidad granulométrica. Influencia de la pendiente de fondo. Sedimentos cohesivos consolidados y no consolidados. Mecanismos de transporte. División del transporte según la modalidad del movimiento del sedimento. Iniciación del transporte en suspensión. División del transporte según el origen del sedimento transportado.

Unidad IX - Formas de fondo. Rugosidad efectiva.

Formas de fondo. Criterios de clasificación de formas de fondo. Rugosidad aluvial. Resistencia al flujo en ríos aluviales con lechos de sedimentos arenosos con formas de fondo tipo dunas. Métodos de partición de tensiones de corte. Resistencia al flujo en ríos aluviales con lechos de sedimentos gruesos fuertemente

heterogéneos. Ecuaciones empíricas para evaluar la resistencia al flujo en fondo plano. Resistencia al flujo asociada a micro-formas de fondo. Resistencia al flujo asociada a macro-formas

Unidad X - Carga en suspensión. Carga total. Carga de fondo.

Transporte de fondo. Ecuación de Meyer-Peter y Müller (MP&M). Ecuación de MP&M modificada para sedimentos no uniformes. Ecuación de Ashida y Michiue (A&M). Ecuación de A&M modificada para sedimentos no uniformes. Ecuación de Van Rijn para transporte de fondo. Transporte en suspensión. Perfil de distribución de concentración de sedimentos en la vertical. Ecuación de Van Rijn para suspensión. Transporte total. Ecuación de Engelund y Hansen (E&H). Ecuación de E&H modificada para sedimentos no uniformes. Ecuación de Ackers y White (A&W). Ecuación de A&W modificada para sedimentos no uniformes. Transporte en suspensión en condiciones de desequilibrio. Longitud de adaptación.

Unidad XI - Geomorfología fluvial.

Introducción. Clasificación básica de los ríos. Hidrología fluvial. Morfología fluvial: formas en planta. Geometría hidráulica de un río. Caudal dominante. Papel morfológico de la vegetación. Características de los torrentes. Morfología de llanuras de inundación. Deltas y estuarios. Equilibrio del fondo. Leyes de Fargue. Descripción del ecosistema fluvial.

Unidad XII - Erosión en estructuras fluviales.

Ecuación de continuidad para sedimentos uniformes. Ecuaciones de balance sólido unidimensional y bidimensional de sedimentos uniformes. Balance sólido unidimensional para sedimentos uniformes y transporte en suspensión en desequilibrio. Ecuación de continuidad para sedimentos no uniformes. Balance sólido unidimensional para sedimentos no uniformes y transporte suspensión en desequilibrio. Balance sólido bidimensional para sedimentos no uniformes. Configuración final del perfil longitudinal del lecho en condiciones de flujo permanente gradualmente variado. Evaluación de procesos de erosión (sedimentación) en contracciones (expansiones) largas. Procesos de erosión localizada.

Unidad XIII - Modelos matemáticos de transporte de sedimentos.

Métodos para evaluar la distribución de concentraciones. Fórmula de Rouse. Método de Lane y Kalinske. Método de Einstein y Chein. Método de Hunt. Método de Velikanov. Método de Ippen. Métodos para evaluar el transporte de fondo, separando el arrastre en la capa de fondo g_b y el transporte de fondo en suspensión. Método de Einstein. Método de Engelund y Fredsoe. Método de Pacheco – Ceballos.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre Pe, J. (1980). *Hidráulica de sedimentos*. Universidad de los Andes, Venezuela.

Chaudhry, M. H. (1993). *Open-Channel Flow*. Prentice Hall, New Jersey.

Chow, Ven Te. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. McGraw-Hill, Santa Fe de Bogotá.

HEC-RAS. (2008). *Manual del usuario*. Hydrologic Engineering Centers River Analysis System. US Army Corps. USA

Martín Vide, J. P. (2003). *Ingeniería de Ríos*. Alfaomega, México.

Maza Alvarez, J. A., García Flores, M. (1996). *Manual de Ingeniería de Ríos*. Instituto de Ingeniería UNAM, México.