



Universidad Nacional de Salta

**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
E-mail: [unsaing@unsa.edu.ar](mailto:unsaing@unsa.edu.ar)

Salta, 29 de Octubre de 2009

844/09

Expte. N° 14.358/09

VISTO:

Las actuaciones por las cuales el Ing. Francisco Javier Ramos Vernieri solicita autorización para el dictado del Curso de Postgrado arancelado **Dinámica del Transporte de Sedimentos en Ríos Aluviales**; a cargo del Dr. Ing. Pedro Abel Basile, Profesor de la Universidad Nacional de Rosario; y

CONSIDERANDO:

Que el curso tiene una duración total de sesenta (60) horas y se desarrollará durante la segunda quincena de Marzo de 2010;

Que adjunto se detalla fines y objetivos, programa del curso, distribución horaria, metodología, sistema de evaluación, conocimientos previos necesarios, profesionales a los que está dirigido el curso, bibliografía, cupo, y propuesta de arancel, detallando que lo recaudado en concepto de inscripción, será utilizado para gastos del curso y para el instituto de Ingeniería Civil y Medio Ambiente de Salta-ICMASa;

Que la escuela de Ingeniería Civil recomienda hacer lugar a lo solicitado, teniendo en cuenta la importancia para el área de hidráulica y de acuerdo a las recomendaciones realizadas en el proceso de acreditación de la carrera;

Que la Escuela de Postgrado de la Facultad aconseja autorizar el dictado del citado curso de postgrado;

Que la Comisión de Hacienda ha analizado el arancel propuesto y recomienda su aprobación;

POR ELLO y en uso de las atribuciones que le son propias,

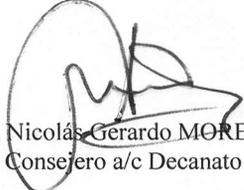
EL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
(En su XIV sesión ordinaria del 30 de Septiembre de 2009)

RESUELVE

ARTÍCULO 1º.- Autorizar el dictado del Curso de Postgrado arancelado denominado **DINÁMICA DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN RÍOS ALUVIALES**, que se identificará con el ordinal Ordinal N° 18/09, a cargo del Dr. Ing. Pedro Abel BASILE el cual se llevará a cabo durante la segunda quincena de Marzo de 2010 con el programa organizativo que se encuentra adjunto en **ANEXO I** de la presente resolución.

ARTÍCULO 2º.- Hágase saber, comuníquese a Secretaría de Facultad, Escuela de Postgrado, al Ing. Francisco Javier RAMOS VERNIERI y por su intermedio al Dr. Ing. Pedro Abel BASILE, difúndase en cartelera, página web de la Facultad y siga por la Dirección Administrativa Académica al Departamento Docencia para su toma de razón y demás efectos.  
SIA/aam

  
Dra. MARIA ALEJANDRA BERTUZZI  
SECRETARIA  
FACULTAD DE INGENIERIA

  
Ing. Nicolás Gerardo MORENO  
Consejero a/c Decanato



1) Nombre del Curso de Postgrado:

**DINÁMICA DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN RÍOS ALUVIALES**

2) Fines y objetivos que desea alcanzar:

Brindar los fundamentos de la hidráulica fluvial con énfasis en la evaluación de procesos de erosión, transporte y deposición de sedimentos en ríos aluviales.

3) Programa del curso:

**Unidad 1. El sistema fluvial.** Descripción de sistemas fluviales. Zonificación del sistema fluvial. Procesos de erosión/sedimentación por acción del flujo hídrico. Concepto de equilibrio hidromorfológico de ríos aluviales. Tipología y formas de los cauces. Ríos meándricos. Ríos trenzados. Ríos anastomosados. Predictores de patrón morfológico de ríos aluviales. Análisis y estudios de hidráulica fluvial. Comportamiento hidro-morfológico de ríos aluviales a distintas escalas espaciales y temporales.

**Unidad 2. Revisión de conceptos hidráulicos.** Ecuaciones de Navier-Stokes (3D). Modelos para flujos turbulentos derivados de Navier-Stokes. Ecuaciones de Reynolds: modelo hidrodinámico tridimensional 3D. Modelo hidrodinámico bidimensional en horizontal 2DH. Modelo hidrodinámico unidimensional 1D. Ecuaciones de Saint Venant para flujo impermanente gradualmente variado 1D. Propagación de crecidas en ríos aluviales. Modelos de tránsito hidrodinámico derivados de Saint Venant. Flujo turbulento permanente gradualmente variado 1D. Flujo turbulento permanente y uniforme 1D. Distribución de velocidades en la vertical. Distribución de velocidades en contornos hidráulicamente lisos y rugosos. Número de Reynolds del contorno. Régimen de transición. Velocidad media en la vertical. Coeficientes de resistencia al flujo para turbulencia completamente desarrollada. Características de la turbulencia. Distribución vertical de difusión turbulenta de momentum. Difusión de magnitudes escalares por acción de la turbulencia.

**Unidad 3. Propiedades de los sedimentos.** Propiedades individuales y grupales. Tamaño. Definiciones de diámetro como índice de tamaño. Clasificación de sedimentos por su tamaño. Escala de Udden/Wentworth. Escala sedimentológica. Determinación de tamaños. Análisis granulométricos. Tamizado. Sedimentación. Representación de análisis granulométricos. Parámetros estadísticos de las distribuciones granulométricas. Distribuciones granulométricas en ríos con lechos de arena. Distribuciones en ríos con lechos de sedimentos fuertemente no-uniformes o heterogéneos (distribuciones granulométricas extendidas). Forma: Factor de forma, índice de planidad, índice de grosor, índice de largura, redondez. Densidad. Velocidad de caída. Porosidad. Densidad global in situ Angulo de reposo.

**Unidad 4. Movimiento incipiente de sedimentos.** Tensión de corte crítica sobre un fondo de sedimentos incoherentes uniformes. Iniciación del transporte de fondo. 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. Corrección de la tensión de corte crítica para sedimentos no uniformes. Funciones de protección-exposición para sedimentos no uniformes. Efecto de la sumergencia relativa. Influencia de la pendiente de fondo. Sedimentos cohesivos consolidados y no consolidados.

**Unidad 5. Mecanismos de transporte, formas de fondo y rugosidad aluvial.** Mecanismo 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. Formas de fondo. Criterios de clasificación de formas de fondo: Simons, Garde & Albertson, Van Rijn. Rugosidad aluvial. Resistencia al flujo en ríos aluviales con lechos de sedimentos arenosos

..//



con formas de fondo tipo dunas. Métodos de participación de tensiones de corte: Einstein & Barbarossa, Engelund, White-Paris & Bettes, Van Rijn. 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 de fondo.

**Unidad 6. Transporte de sedimentos del lecho.** Transporte de fondo. Ecuación de Meyer-Peter & Müller (MP&M). Ecuación de MP&M modificada para sedimentos no uniformes. Ecuación de Ashida & Michiue (A&M). Ecuación de A&M modificada para sedimentos no uniformes. Ecuaciones 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 transporte de sedimentos suspensión. Transporte total. Ecuación de Engelund & 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. Concepto de longitud de adaptación. Fórmula de Armanini & Di Silvio.

**Unidad 7. Proceso de erosión/ sedimentación del lecho.** Ecuación de continuidad para sedimentos uniformes. Ecuaciones de balance sólido unidimensional y bidimensional de sedimentos uniformes: modelos 1D-SU y 2D-SU. Balance sólido unidimensional para sedimentos uniformes y transporte en suspensión en desequilibrio: modelo 1D-SU –TSD. Ecuación de continuidad para sedimentos no uniformes. Balance sólido unidimensional para sedimentos no uniformes y transporte suspensión en desequilibrio: modelo 1D-SNU-TSD. Balance sólido bidimensional para sedimentos no uniformes. Configuración final del perfil longitudinal del lecho en condiciones de flujo permanente gradualmente variado. Cálculo de procesos de erosión (sedimentación) en contracciones (expansiones) largas. Cálculo de la configuración final del perfil longitudinal del lecho. Cálculo de la profundidad del equilibrio final de erosión/sedimentación con ecuaciones simplificadas. Procesos de erosión local. Erosión general y por contracción. Métodos semiempíricos para condición de equilibrio final. Erosión en pilas de puentes. Conceptualización del proceso de erosión local en pilas. Erosión local en agua clara y en lecho vivo. Influencia de la no uniformidad granulométrica en la erosión de pilas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Material Didáctico Elaborado por el Profesor**

Basile, P.A. (2006). Transporte de Sedimentos en Ríos Aluviales. Departamento de Hidráulica. Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. UNR. 170 páginas.

### **Bibliografía Básica**

- Chang, H.H (1988). Fluvial Processes in River Engineering. Wiley-Interscience, 432 pages, ISBN 0-471-63139-6.
- Garde, R.J., Raju, K.G.R. (1985). Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems. (2<sup>nd</sup> edition) Wiley Eastern Ltd, 618 pages, ISBN 0-85226-306-6.
- Graf, W.H. (1971). Hydraulics of Sediment Transport. McGraw-Hill, 513 pages, ISBN 07-023900-2.
- Knighton, D. (1998). Fluvial Forms and Processes: A New Perspective. Arnold, UK, 383 pages, ISBN 0-340-66313-8 OR 0-470-25556-0.
- Julien, P.Y. (2002). River Mechanics. Cambridge University Press, 375 pages, ISBN 0521562848.
- Julien, P.Y. (1995). Erosion and Sedimentation. Cambridge University Press, 280 pages, ISBN 0521442370.
- Thorne, C.R, Hey, R.D. Newson, M.D. eds. (1997). Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. John Wiley and Sons, England, 376 pages, ISBN 0-471-96968-0.
- Yalin, M.S. (1977). Mechanics of Sediment Transport. (2nd edition) Pergamon Press, Oxford, 298 pages, ISBN 0080211623.



### Bibliografía Complementaria

- Chien, N., Wan, Zhaohui (1999) Mechanics of Sediment Transport. ASCE Press, Virginia, 913 pages, ISBN 0-7844-0400-3.
- Graf, W.H. (1998). Fluvial Hydraulics: Flow and Transport Processes in Channels of Simple Geometry. In collaboration with M.S. Altinakar, John Wiley and Sons, England, 681 pages.
- Gregory, K.J. ed. (1977). River Channel Changes. John Wiley and Sons, 448, pages, ISBN 0-471-99524-X.
- Hey, R.D. Bathurst; J.C. Thorne, C.R eds (1982). Gravel-Bed Rivers: Fluvial Processes, Engineering and Management. John Wiley and Sons, 875 pages, ISBN 0-471-10139-7.
- Jansen, P.Ph. L. van Bendegom, J. van den Berg M. de Vries & A. Zanen (1979). Principles of River Engineering; The Non-Tidal Alluvial River. Pitman, London (1979), ISBN 0-273-01139-1; Delft University Press (1994), ISBN 90-407-1280-8.
- Leopold, L.B., Colman, M.G., Miller, J.P. (1964). Fluvial Processes in Geomorphology. Freeman, San Francisco, 522 pages.
- Mangelsdorf, J., Scheurmann, K., Weiss, F. H. (1990). River Morphology: a Guide for Geoscientists and Engineers. Springer-Verlag, Germany, ISBN 3-540-51108-3.
- Raudkivi, A.J.(1998). Loose Boundary Hydraulics. Balkema, The Hetherlands, 512 pages, ISBN 90-5410-447-3.
- Rijn,L.C. van (1993). Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas. Aqua Publications, Amsterdam, ISBN 90-800356-2-9.
- Schumm, S.A (1977). The Fluvial System John Wiley and Sons, 338, pages, ISBN 0-471-01901-1.

### **Distribución Horaria:**

- Clases Teoría: Treinta (30) horas  
Clases Prácticas: Treinta (30) horas

**Cantidad Total de Horas:** Sesenta (60) horas

**Cupo Máximo:** Veinticinco (25) participantes

### **Metodología:**

La metodología de enseñanza a utilizar, serán clases de exposición teórica donde se enseñarán los conceptos, métodos, teoremas y leyes a aplicar. Se desarrollarán también clases teórico-prácticas en aula de computación donde se resolverán problemas tipo y se unirán con los conceptos teóricos. Las clases prácticas requieren del uso de computadoras en un aula equipada para tal fin. Los recursos didácticos a utilizar son:

- Equipos de proyección: Cañón, PC y pantalla
- Equipos de computación: Aula de computación.

### **Sistema de evaluación:**

Se deberá participar como mínimo de un 100% de las actividades programadas. Se extenderá **Certificado de aprobación** a quienes cumplan con los requisitos de participación, con la presentación y defensa de un trabajo integrador final que aúne los conceptos aprendidos y permita la aplicación de los mismos a un problema real y la presentación del 100% de los trabajos prácticos.

**Constancia de Asistencia** (acorde al Art. 11 de Res. N° 640-CS-08) – Reglamento de Cursos de Postgrado:

“Los asistentes al curso que no hayan aprobado a rendido la evaluación podrán solicitar una constancia...”.

Se extenderá **dicha constancia** a quienes cumplan con una participación mínima del 100%.

**Lugar y fecha de Realización:** Se realizará en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta durante la segunda quincena de Marzo de 2010.



Avda. Bolivia 5150 – 4400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 – FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
E-mail: [unsaing@unsa.edu.ar](mailto:unsaing@unsa.edu.ar)

ANEXO I  
Res. 844-HCD-09  
Expte.Nº 14.358/09

- 4) **Conocimientos previos necesarios:** Para una adecuada comprensión de los contenidos del curso se requiere tener por sabidos ciertos conceptos básicos que se desarrollarán en materias de grado tales como Mecánica de Fluidos, Hidráulica General, Hidrología, Geología y Geotecnia.
- 5) **Destinatarios:** Ingenieros Civiles, Ingenieros Hidráulicos, Geólogos, Ingenieros en Recursos Hídricos, Licenciados en Hidrología y profesionales interesados en el estudio de procesos fluviales.
- 6) **Carrera de postgrado a los que está dirigido el curso de Postgrado:**  
Carrera de Doctorado en Ingeniería
- 7) **Alumnos avanzados de carreras de grado:**  
No se aceptan alumnos avanzados debido a los contenidos
- 8) **Director responsable del curso:**  
-Dr. Ing. Civil Pedro Abel BASILE – Universidad Nacional de Rosario

**Coordinador:**

-Ing. Francisco Javier RAMOS VERNIERI

- 9) **Detalle analítico de erogaciones:** El dinero recaudado en concepto de inscripción será utilizado para gastos del curso y para el ICMASa.

**Aranceles:**

Docentes de la Facultad de Ingeniería de la UNSa .....	S / C
Alumnos del Doctorado de esta Facultad.....	S / C
Docentes de otras Facultades de la UNSa .....	\$ 300
Otros Profesionales.....	\$ 600