

# MAESTRÍA EN METALURGIA EXTRACTIVA

(Acreditación CONEAU Resol. N° 469/99: Categoría B)

## Curso de Posgrado MÉTODOS MATEMÁTICOS

### DOCENTES

**MSc. . Ing. Carlos CALVO**  
**MSc. Prof. Beatriz MORALES**  
**Dr. Ing. Carlos Héctor DELAHAYE**

Carlos CALVO es Ingeniero Electromecánico, egresado de la Universidad Nacional de San Juan en 1978. Obtuvo su Maestría en Matemática Aplicada e Informática en el Moscow Engineering Physics Institute. Es Profesor Titular de las cátedras “Análisis Matemáticos II”, “Matemática Aplicada” y “Métodos Numéricos”. Además, es investigador y docente en programas de posgrado de la U.N.S.J.

Beatriz del Carmen MORALES es Profesora Superior en Matemática, egresada de la Universidad Nacional de San Juan en 1980. Obtuvo su Maestría en Ingeniería de Sistemas de Control en el Instituto de Automática de la Universidad Nacional de San Juan. Es Profesora Asociada de las cátedras “Análisis Matemático II”, “Matemática Aplicada” y “Métodos Numéricos”. Además, es investigadora y docente en programas de posgrado de la UNSJ.

Carlos Héctor DELAHAYE es Ingeniero Civil, egresado de la Universidad Nacional de San Juan, Master en Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería y Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, por la Universidad Politécnica de Cataluña. Es Profesor Titular de las Cátedras “Computación” y “Geotecnia”. Su actividad principal en investigación comprende el estudio del comportamiento hidromecánico de presas, taludes y excavaciones, y barre-

ras de ingeniería para el almacenamiento subterráneo de residuos nucleares.

**TIPO: Obligatorio**, para los inscriptos en la Maestría en Metalurgia Extractiva. De **Perfeccionamiento**, para los no inscriptos en dicha Maestría.

### OBJETIVO GENERAL

Desarrollar capacidades sobre la metodología y utilización de los métodos numéricos para la solución de toda una variedad de problemas de Ingeniería de Minas.

### DESARROLLO DEL CURSO

El curso se ha organizado en dos módulos generales constituidos por varias unidades de aprendizaje.

### MODULO I: MÉTODOS NUMÉRICOS Y MATLAB

**Profesor responsable: MSc. Ing. Carlos CALVO**

**Docentes: MSc. Carlos CALVO**  
**MSc. Prof. Beatriz MORALES**

**Tema I: Introducción.** Errores: Concepto y clasificación. Propagación de errores. Técnicas de reducción de errores. Vectores, matrices y tensores. Esquemas de Almacenamiento Matricial. Matrices Llenas, Llenas Simétricas, en Banda y en Banda Simétricas. Introducción a MATLAB

**Tema II: Sistemas de ecuaciones lineales.** Introducción. Número de Condición. Sistema con Solución Inmediata. Sistemas de Matriz Diagonal y de Matriz Triangular Superior e Inferior. Métodos Directos. Métodos de Eliminación: Eliminación de Gauss y Eliminación de Gauss-Jordan. Métodos de Descomposición: LU, Descomposición de Cholesky, Sistema Tridiagonales y Sistemas en banda. Métodos

Iterativos. Método de Gauss-Seidel y Método de Jacobi. Resolución de problemas con MATLAB.

**Tema III: Sistema de ecuaciones no lineales.** Introducción. Métodos de aproximaciones sucesivas. Método de Newton-Raphson, estándar y modificado. Resolución de problemas con MATLAB.

**Tema IV: Interpolación y aproximación de funciones:** Introducción. Aproximación polinómica: Fórmulas de Lagrange y de Newton. Aproximación por Splines. Aproximación por mínimos cuadrados. Resolución de problemas con MATLAB.

**Tema V: Integración numérica** Introducción. Integración por trapecio y Simpson . Integración de Gauss. Resolución de problemas con MATLAB

**Tema VI: Ecuaciones diferenciales ordinarias:** Clasificación. Grado. Orden. Ecuaciones simples de primer orden con valores iniciales. Métodos de Euler y Runge-Kutta. Problemas con valores de frontera. Método de las Diferencias Finitas. Métodos de resolución. Métodos aproximados. Resolución de problemas con MATLAB.

**Tema VII: Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.** Clasificación de las Ecuaciones de la Física Matemática. Ecuaciones tipo Hiperbólico. Ecuación de Ondas. Ecuaciones tipo Elíptico. Ecuación de Laplace. Ecuaciones tipo Parabólico. Ecuación de la Difusión. Métodos de resolución. Analíticos y Diferencias finitas. Introducción al Método de los Elementos Finitos. Resolución de problemas con MATLAB.

**Tema VIII: Programación lineal.** Método gráfico simple. Resolución de problemas en computadora

### MODULO II: ELEMENTOS FINITOS EN METALURGIA EXTRACTIVA

**Profesor Dr. Ing. Carlos Héctor DELAHAYE**

**Tema I: Aspectos teóricos de un modelo Termo-Hidro-Mecánico.** Introducción. Tensiones y deformaciones en 3 dimensiones. Descripción del medio poroso. Modelos simplificados. Definición de propiedades. Ecuaciones de gobierno. Ecuaciones de balance, ecuaciones constitutivas y restricciones de equilibrio. Condiciones de contorno. Aproximación numérica. Tratamiento de los términos de almacenamiento, deformación volumétrica y ecuaciones de equilibrio mecánico.

**Tema II: Descripción de un programa de cálculo Hidro-Mecánico.** Introducción. Problemas físicos considerados. Características principales del programa de cálculo. Definición de los datos de entrada y representación gráfica de los resultados.

**Tema III: Aplicación a la solución de problemas en minería.** Flujo a través de un medio poroso indeformable. Filtración a través de pilas de lixiviación y diques de colas.

#### **TRABAJOS PRÁCTICOS**

Se realizarán trabajos prácticos correspondientes a cada uno de los temas.

#### **MÉTODO DE EVALUACIÓN**

En cada Módulo se realizarán evaluaciones parciales y un examen final. El curso se aprobará con una calificación final mayor o igual a siete (7) puntos en la escala 0 – 10.

#### **CARGA HORARIA**

**Módulo I:** Total horas: 56 horas presenciales.

**Módulo II:** Total horas: 20 horas presenciales.

#### **PERÍODO DE DICTADO**

**Módulo I: 56 horas presenciales**

**Fecha: 08-03-10 al 12-03-10** (lunes a viernes, de 09 a 13 hrs., y de 17 a 20 hrs.). **15-03-10 al 17-03-10** (lunes a miércoles, de 09 a 13 hrs y de 17 a 20 hrs.)

**Modulo II: 20 horas presenciales**

**Fecha: 18-03-10 al 19-03-10** (jueves y viernes, de 09 a 13 hrs y de 17 a 20 hrs.). **20-03-10** (sábado, de 08 a 14 hrs.)

**LUGAR:** Aula de Posgrado del Nucleamiento Ingeniería de Minas

#### **DESTINATARIOS**

Alumnos de Maestría, Profesionales, Docentes e Investigadores relacionados con la temática.

#### **MATRICULA**

Alumnos de la Maestría, cubiertos por el arancel anual del programa de Posgrado.

\$100 para Docentes e Investigadores de la UNSJ, no inscripto en la Maestría.

\$ 200 para Docentes e Investigadores de otras Universidades Nacionales no inscriptos en la Maestría.

\$ 500 para Profesionales no inscriptos en la Maestría.

#### **CUPO**

Máximo, 15 participantes por orden de inscripción.

#### **INSCRIPCIÓN**

Desde el 02 y hasta el 06 de marzo de 2010.

Departamento de Estudios de Posgrado. F.I. - UNSJ

Av. Libertador 1109 (o). 5400. San Juan

Tel: 54 264 4211700 - Int. 291,

e-mail: delahaye@unsj.edu.ar

#### **INFORMACIÓN GENERAL**

##### **Secretaría de Posgrado.**

Nucleamiento de Ingeniería de Minas.

Av. Libertador 1109 (o). 5400. San Juan.

Tel: 54 264 4220556, 421170 Int. 376

Tel/fax: 54 264 4220556

e-mail: delahaye@unsj.edu.ar

e-mail: dobertero@unsj.edu.ar

**Universidad Nacional de San Juan  
Facultad de Ingeniería**

**NUCLEAMIENTO DE INGENIERÍA DE MINAS**

**Maestría en  
Metalurgia Extractiva**

**Curso de Posgrado**

**MÉTODOS MATEMÁTICOS**



**MSc. Ing. Carlos CALVO**

**MSc. Prof. Beatriz MORALES**

**Dr. Ing. Carlos Héctor DELAHAYE**

**Departamento Ingeniería de Minas  
Instituto de Investigaciones Mineras**

**2010**