

## PROGRAMA DE CURSO SIMULACIÓN GEOESTADÍSTICA

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería de Minas					
Nombre del curso	Simulación Geoestadística	Código	MI6041	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Geostatistical simulation</i>					
Horas semanales	Docencia	3,0	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5.5
Carácter del curso	Electivo  Obligatorio con opción para carrera de Ingeniería Civil de Minas V3.  Electivo para carrera de Ingeniería Civil de Minas V5.				X	
Requisitos	MI4240: Evaluación de Yacimientos					

### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes analicen críticamente el uso de los métodos utilizados en la industria para evaluar recursos y reservas mineras. Asimismo, aplican métodos de simulación para modelar yacimientos y caracterizar la variabilidad espacial de variables regionalizadas y procesan las simulaciones para cuantificar la incertidumbre espacial y facilitar la toma de decisiones.

El curso tributa a las siguientes competencias del perfil de egreso:

CE1: Analizar datos y elaborar modelos para la caracterización geominero-metalúrgica de materiales, recursos minerales y procesos.

### C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE2	RA1: Analiza críticamente el uso de los métodos utilizados en la industria para evaluar recursos y reservas mineras.
	RA2: Aplica métodos de simulación para modelar yacimientos y caracterizar la variabilidad espacial de variables regionalizadas.
	RA3: Procesa las simulaciones para cuantificar la incertidumbre espacial y facilitar la toma de decisiones.

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1	Modelos de incertidumbre	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1 Límites de métodos de kriging. 1.2 Modelos de incertidumbre global. 1.2.1 Soporte puntual. 1.2.2 Soporte de bloques. 1.2.3 Curvas de selectividad. 1.2.4 Efecto de información. 1.3 Modelos de incertidumbre local. 1.3.1 Principios. 1.3.2 Validación de modelos. 1.3.3 Kriging de indicadores. 1.3.4 Kriging multigaussiano. 1.3.5 Modelo Gaussiano discreto. 1.4 Modelos de incertidumbre espacial 1.4.1 Principios de simulación 1.4.2 Definiciones y nociones básicas 1.4.3 Tipos de simulación 1.4.4 Post-proceso de las Simulaciones. 1.5. Validación de las simulaciones		El/la estudiante:  1. Identifica las falencias de las técnicas tradicionales de interpolación para estimar los recursos en yacimientos mineros.  2. Aplica y compara, a través de casos de estudio, técnicas geoestadísticas para modelar la incertidumbre geológica y calcular los recursos recuperables en un yacimiento.	
Bibliografía de la unidad		[Chilès, cap. 6-7] [Goovaerts, cap. 2-7] [Journel, cap.1]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA2	Simulación de funciones aleatorias	7 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Algoritmos genéricos de simulación. 2.1.1. Variables aleatorias. 2.1.2. Integración de Monte-Carlo. 2.1.3. Simulación por iteraciones markovianas 2.1.4. Simulación multigaussiana. 2.1.5. Modelo multigaussiano. 2.1.6. Algoritmos de simulación. 2.1.7. Condicionamiento a datos.		El/la estudiante:  1. Aplica, a través de casos de estudio, métodos de simulación de variables continuas y categóricas para construir modelos numéricos de yacimientos.  2. Procesa las simulaciones para cuantificar la incertidumbre en los recursos mineros y en la extensión espacial de unidades geológicas.	

<p>2.1.8.Simulación multivariable. 2.1.9. Simulación con cambio de soporte 2.1.10. Ejemplos de aplicación 2.2.Simulación Gaussiana truncada y plurigaussiana. 2.2.1.Modelo Gaussiano truncado. 2.2.2.Modelo plurigaussiano. 2.2.3.Algoritmos de simulación. 2.2.4.Ejemplos de aplicación. 2.3. Otros métodos de simulación. 2.3.1.Procesos puntuales. 2.3.2.Modelos basados en objetos. 2.3.3.Simulación no paramétrica. 2.4. Ejemplos de aplicación.</p>	
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>[Armstrong] [Chilès, cap. 7] [Devroye, cap. 1-3] [Goovaerts, cap. 8] [Lantuéjoul, cap. 7-8, 11-16] [Leuangthong, cap. 2-4, 10]</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA3	Aplicaciones de las simulaciones	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Lecturas sobre tópicos específicos,tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Validación de algoritmos de simulación.</li> <li>- Combinación de incertidumbre en geología y leyes.</li> <li>- Predicción de variables continuas y categóricas</li> <li>- Categorización de recursos.</li> <li>- Determinación de mallas de perforación.</li> <li>- Cuantificación de error de muestreo.</li> <li>- Selectividad minera y cálculo de recursos recuperables.</li> <li>- Leyes equivalentes.</li> </ul> <p>3.2. Planificación minera.</p>	<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explica, a través de presentaciones asociadas a lecturas, distintas aplicaciones de las técnicas de simulación, para resolver problemas de evaluación de yacimientos, diseño y planificación minera.</li> <li>2. Analiza diferentes herramientas y metodologías geoestadísticas para modelar la incertidumbregeológica, a fin de identificar sus alcances, ventajas e inconvenientes.</li> </ol>		
<p>Bibliografía de la unidad</p>		<p>[Chilès, cap. 7] [Goovaerts, cap. 7-8] [Journel, cap.4-6] [Leuangthong, cap. 10]</p>	

### E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

La estrategia metodológica es activo-participativa, consistente en:

- Clases expositivas
- Clases auxiliares
- Lecturas
- Presentaciones orales

### F. Estrategias de evaluación:

Las instancias de evaluación serán:

- Dos controles (C1, C2)
- Actividades complementarias (AC) (presentaciones, tareas, lecturas)
- Un examen (EX)

La nota final del curso se calculará según la ponderación definida por los docentes.

### G. Recursos bibliográficos:

#### Bibliografía general:

- [1] [Armstrong]  
Armstrong M, Galli A, Beucher H, Le Loc'h G, Renard D, Doligez B, Eschard R, Geffroy F (2011). Plurigaussian Simulations in Geosciences. Springer, Berlin.
- [2] [Chilès]  
Chilès JP, Delfiner P (2012) Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty. Wiley, New York.
- [3] [Devroye]  
Devroye L (1986) Non-uniform Random Variate Generation. Springer-Verlag, New York.
- [4] [Goovaerts]  
Goovaerts P (1997) Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford University Press, New York.
- [5] [Journel]  
Journel AG, Kyriakidis PC (2004) Evaluation of Mineral Reserves: a Simulation Approach. Oxford University Press, New York.
- [6] [Lantuéjoul]  
Lantuéjoul C (2002) Geostatistical Simulation, Models and Algorithms. Springer, Berlin.
- [7] [Leuangthong]  
Leuangthong O, Khan KD, Deutsch CV (2008) Solved Problems in Geostatistics. Wiley, New York.

### H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	2012, semestre otoño
Elaborado por:	Xavier Emery
Validado por:	--
Revisado por:	Área de Desarrollo Docente (ADD)