

Diploma de Postítulo

Geoestadística Aplicada a la Evaluación de Yacimientos

15.ª Versión

2020

Xavier Emery

Director Académico

Departamento Ingeniería de Minas

Universidad de Chile



Introducción

El Departamento Ingeniería de Minas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, ofrece a la comunidad minera el Diploma de Postítulo en **Evaluación Geoestadística de Yacimientos**.

El programa busca ofrecer de manera sistemática una visión acerca de las distintas etapas involucradas en el cálculo de recursos y reservas, incluyendo un análisis crítico del estado del arte en la materia y de las nuevas técnicas de modelamiento existentes, de modo de formar en los participantes una base de conocimiento de suficiente profundidad para poder aplicar las metodologías estudiadas y entender nuevas propuestas en el área.

Este programa está dirigido a geólogos, ingenieros de minas y otros profesionales involucrados en las distintas etapas de la evaluación de recursos geológicos y reservas mineras, que deseen profundizar sus conocimientos relacionados a temáticas de modelamiento de yacimientos, muestreo, geoestadística y su aplicación práctica al problema de evaluación de recursos y reservas, cuantificación de incertidumbre y categorización.

Objetivos

El objetivo del programa es entregar a los participantes las herramientas teóricas y prácticas avanzadas de evaluación de recursos geológicos y reservas mineras, incluyendo aspectos de modelos geológicos de yacimientos, teoría de muestreo y geoestadística aplicada a la evaluación de yacimientos.

Al finalizar el programa, los participantes serán capaces de desarrollar un proyecto de evaluación de yacimientos utilizando herramientas avanzadas y con una visión de todos los aspectos relevantes del proceso.

Organización del Programa

El Diploma de Postítulo en Evaluación Geoestadística de Yacimientos se divide en 6 cursos intensivos de una semana de duración cada uno:

1. Modelos Geológicos de Yacimientos
2. Geoestadística Aplicada a la Evaluación de Yacimientos
3. Simulación Geoestadística de Geología y Leyes
4. Muestreo y Control de Calidad para Evaluación de Yacimientos
5. Tópicos Especiales de Geoestadística
6. Categorización y Reporte de Recursos y Reservas

El programa contempla un total de 320 horas:

- Docencia directa total: 240 horas
- Trabajo personal total: 80 horas
- Cinco cursos intensivos de una semana de duración cada uno, en temas formativos y de actualización de conocimiento (40 horas por curso).
- Dedicación personal entre los módulos, donde se desarrolla un trabajo individual que debe materializarse en una entrega final en el último curso del Programa.

- Una sesión final de categorización y reporte de recursos y reservas, donde se realizan además las presentaciones finales del trabajo de término (unidad 6).
- Se requiere que los estudiantes tengan un manejo adecuado del idioma inglés de modo que puedan estudiar el material bibliográfico entregado como parte del contenido de este Diploma.
- A la docencia presencial se debe agregar el estudio personal de los estudiantes, en períodos de receso del programa, orientado a preparar cada curso.

Calendario 2020

MODULO	CURSO	FECHA
1	Modelos Geológicos de Yacimientos	01 al 05 de junio
	Geoestadística Aplicada a la Evaluación de Yacimientos	08 al 12 de junio
2	Muestreo y Control de Calidad para Evaluación de Yacimientos	17 al 21 de agosto
	Simulación Geoestadística de Geología y Leyes	24 al 28 de agosto
3	Tópicos Especiales de Geoestadística	02 al 06 noviembre
	Categorización y Reporte de Recursos y Reservas	09 al 13 noviembre

Evaluación

Cada uno de los cursos del programa se evaluará por separado mediante controles, lecturas, presentaciones, informes y/o examen.

- La nota mínima de aprobación es 4.0; escala de 1.0 a 7.0.
- Cada curso deberá contar con 85% de asistencia mínima.

Profesores del programa

PROFESORES	TÍTULO, GRADO	UNIVERSIDAD
Alejandro Cáceres	Geólogo, Magíster	Universidad de Chile
Xavier Emery	Ing. Matemático, PhD.	Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Francia
Antoni Magri	Ing. Agrónomo, PhD.	Cornell University, USA
Eduardo Magri	Ing. Civil de Minas, PhD.	University of the Witwatersrand, Sudáfrica
Nadia Mery	Ing. Civil de Minas, Magíster	Universidad de Chile
Mohammad Maleki	Ing. de Minas, PhD.	Universidad de Chile
Brian Townley	Geólogo, PhD.	Queen's University, Canadá

Requisitos de admisión y postulación

El proceso de postulación está abierto y finaliza el **13 de marzo, 2020**.

Los cupos son limitados y se ofrecen por estricto orden de inscripción y cumplimiento de requisitos.

Podrán postular al Diploma en Evaluación Geoestadística de Yacimientos, quienes cumplan con las siguientes formalidades:

- Estar en posesión del Grado de Licenciado en una disciplina afín al programa. Asimismo, podrán postular quienes posean un título profesional cuyo nivel, contenido y duración de estudios correspondan a una formación equivalente a la del grado de Licenciado en la Universidad de Chile. Éste deberá acreditarse mediante fotocopia notarial del certificado correspondiente.
- Enviar currículum vitae.
- Formulario de postulación.
- Carta patrocinio (financiamiento de empresas en Chile).

Cada postulación será resuelta por el Director Académico del Programa quien decidirá la aceptación o rechazo a su admisión, según los antecedentes presentados.

Las personas interesadas en realizar el Diploma en Evaluación Geoestadística de Yacimientos, deberán postular a la secretaría del programa, adjuntando la documentación requerida a: diploma@minas.uchile.cl

Horario

Lunes a viernes de 9:00 a 13:00 - 14:00 a 18:00 horas.

Lugar

Departamento Ingeniería de Minas – Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile - Beauchef 850, Santiago Centro.

Valor y forma de pago

El costo del programa es \$6.450.000 - US\$ 8.520* y la forma de pago dependerá si es financiado de manera personal o patrocinado por la empresa.

- Todo postulante al ser aceptado deberá pagar una inscripción** de \$500.000 (US\$ 750), antes del 13 de marzo, 2020.
- Alumnos patrocinados por empresas*** en Chile, deberán formalizar mediante O/C por módulo.
 - Módulo 1: \$ 2.500.000 - US\$ 3.250 (unidades 1 y 2)
 - Módulo 2: \$ 2.000.000 - US\$ 3.100 (unidades 3 y 4)
 - Módulo 3: \$ 1.450.000 - US\$ 1.420 (unidades 5 y 6)

Consideraciones:

- Alumnos particulares o extranjeros deberán formalizar el pago antes del inicio de cada módulo.
- El Diploma en Evaluación Geoestadística de Yacimiento deberá estar pagado en su totalidad antes del 09 de noviembre, 2020.
- *El valor del programa en dólares podrá variar dependiendo el tipo de cambio publicado por la U. de Chile y podrá ajustarse en el último módulo.
- **El valor de la inscripción es descontada del valor total del programa.
- En caso de retiro del Diploma, previo al inicio de clases, el valor de la inscripción no será reembolsada.
- ***válido para empresas en Chile. el programa no cuenta con franquicia SENCE.
- El Diploma en Evaluación Geoestadística de Yacimientos convida ramos del Magíster en Minería.

Nota: Existe la posibilidad, dependiendo el número de inscritos, que los módulos sean cursados por parte, es decir sólo 1 ó 2 cursos y el siguiente año completar los pendientes.

Certificado

A la aprobación de todos los requisitos del programa, el estudiante recibirá un Diploma de Postítulo en Evaluación Geoestadística de Yacimientos, emitido por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Contacto

Postítulo
Ingrid Thiele – Verónica Möller
diploma@minas.uchile.cl
Departamento Ingeniería de Minas
Universidad de Chile
Teléfono: (+56 2) 29784503

Observaciones

1. Los organizadores se reservan el derecho a cancelar el Diploma, si los inscritos no se ajustan a un número mínimo necesario y/o por motivos de fuerza mayor.
2. La confirmación definitiva del programa se comunicará el viernes 20 de abril, 2020.
3. Ante la eventualidad del retiro de algún docente, el Programa se compromete a encontrar un reemplazante adecuado.

Anexo

Programa Académico

Diploma

Evaluación Geoestadística de Yacimientos



CURSO: Modelos Geológicos de Yacimientos

OBJETIVO

El objetivo del curso es dar a los participantes las herramientas necesarias para reconocer, clasificar e interpretar tipos y estilos de alteración y mineralización hidrotermal, paragénesis, ambientes de formación y condiciones termodinámicas. Esto permite tener una base crítica para entender lo que ve directamente en terreno, en superficie o sondaje, distinguir rápidamente condiciones de compatibilidad o incompatibilidad en fases minerales, entre otras.

CONTENIDOS

Introducción

- Conceptos y definiciones
- El negocio minero

Hidrotermalismo

- Fuente de fluidos hidrotermales
- Estilos de alteración y mineralización
- Procesos de alteración hidrotermal
- Estabilidad de sulfuros
- Transporte y precipitación de metales en fluidos hidrotermales

Modelos de Depósitos

- Modelos de depósitos-introducción
- Yacimientos de tipo pórfido cuprífero
- Yacimientos del tipo Skarn
- Yacimientos del tipo Epitermal
- Yacimientos del tipo estrato ligado de Cu
- Yacimientos del tipo óxido Fe-Cu-Au
- Yacimientos del tipo volcans exhalativos
- Yacimientos del tipo Mississippi Valley
- Yacimientos de origen sedimentario

Este curso incluye un apunte en español y se adjuntarán copias de publicaciones relevantes.

El apunte anexa un listado completo de referencias.

En las presentaciones se muestran ejemplos fotográficos de sitios y muestras, de tal forma de ilustrar los conceptos con casos reales. Además, se incorporará discusión y ejemplos de aplicación de conocimiento.



CURSO: Geoestadística Aplicada a la Evaluación de Yacimientos

OBJETIVOS

El objetivo del curso busca entregar a los participantes herramientas necesarias para profundizar los principales métodos geoestadísticos y sus aplicaciones a la industria minera, en especial, en lo que se refiere a la evaluación de los recursos minerales a partir de una toma de muestras. Los conceptos estarán ilustrados con aplicaciones prácticas a ejemplos reales.

Al finalizar la actividad, los participantes estarán en condiciones de manejar y analizar una base de datos regionalizados, modelar su comportamiento espacial y llevar a cabo la estimación de los recursos, tanto a nivel global como local.

CONTENIDOS

Conceptos Básicos de Evaluación de Yacimientos y Geoestadística

- Introducción
- Objetivos y aplicaciones de la geoestadística
- Nociones fundamentales
- Límites de la estadística clásica
- El modelo geoestadístico

Estudio Exploratorio de Datos Regionalizados

- Validaciones preliminares
- Herramientas exploratorias: univariadas, bivariadas, multivariadas, espaciales
- Representatividad de los datos; desagrupamiento
- Compósitos
- Definición de unidades geológicas; análisis de contacto

Análisis Variográfico

- El variograma experimental
- Definición y propiedades de un variograma teórico
- Modelos básicos de variograma y modelos anidados
- El efecto pepita
- Modelamiento de anisotropías
- Recomendaciones prácticas
- Validación cruzada

Estimación de Recursos

- Estimadores tradicionales
- Construcción del kriging
- Plan de kriging
- Propiedades del kriging
- Variantes del kriging; kriging de bloques
- Efecto del variograma en los resultados del kriging
- Elementos sobre categorización de recursos y reservas
- Elementos sobre simulación geoestadística.

CURSO: Muestreo y Control de Calidad para Evaluación de Yacimientos

OBJETIVOS

El objetivo del curso es entregar a los participantes los conceptos teóricos de muestreo y control de calidad y sus aplicaciones a las diversas etapas de proyectos mineros, específicamente en cuanto a la evaluación de los recursos y reservas.

La actividad cubrirá las herramientas típicamente utilizadas en el diseño y control de protocolos de toma y preparación de muestras, control y aseguramiento de calidad y cronoestadística. Los conceptos se verán en más detalle a través de aplicaciones prácticas que los participantes deberán desarrollar con datos reales.

Al finalizar el curso, los participantes estarán en condiciones de aplicar herramientas estadísticas para cuantificar y mejorar la calidad de la información proveniente de muestras para evaluación de yacimientos.

CONTENIDOS

- Introducción
- Definiciones
- Tipos de errores
- Equipos de toma y preparación de muestras
- Error fundamental
- Método paramétrico
- Tests de heterogeneidad
- Nomogramas
- Muestreo de distribución granulométrica
- Error de agrupamiento y segregación
- Error de delimitación
- Error de extracción
- Error de preparación
- Error de análisis: Test de Ingamells
- Diseño de estaciones/torres de muestreo
- Introducción al QA/QC
- Tratamiento de resultados para duplicados
- Visita a terreno
 - Preparación mecánica
 - Análisis químico
 - Tests de heterogeneidad
 - Elaboración de estándares
- Tratamiento de resultados para estándares
- Principios de la Cronoestadística
- Tipos especiales de muestreo
- Auditorías
- Códigos y buenas prácticas
- Impacto económico del muestreo en evaluación de yacimientos

CURSO: Simulación Geoestadística de Geología y Leyes

OBJETIVOS

El objetivo del curso es entregar a los participantes la teoría y práctica de la simulación geoestadística, para aplicaciones en minería.

La actividad cubrirá las herramientas típicamente utilizadas en el desarrollo de una evaluación de recursos geológicos o reservas mineras, de manera de poder incorporar la incertidumbre en la definición de los tipos de roca y de las leyes. En conjunto pondrán en práctica los conceptos en detalle, a través de casos de estudio y aplicaciones prácticas desarrolladas por los participantes con datos reales.

Al finalizar el curso, los participantes estarán en condiciones de aplicar herramientas de simulación geoestadística, para la evaluación de recursos y reservas, considerando la incertidumbre geológica.

CONTENIDOS

Modelamiento de Incertidumbre Geológica

- Introducción
- Repasos de técnicas de análisis variográfico y predicción espacial
- Modelamiento de incertidumbre global
- Modelamiento de incertidumbre local
- Modelamiento de incertidumbre espacial
- Ejemplo del modelo multi-Gaussiano
- Validación de los modelos de incertidumbre

Modelos y Algoritmos de Simulación Geoestadística

- Simulación de variables aleatorias
- Simulación multi-Gaussiana para variables continuas (leyes)
- Simulación plurigaussiana para variables categóricas (tipos de roca)
- Simulación no paramétrica
- Post-proceso de las simulaciones

Aplicaciones y Casos de Estudio



CURSO: Tópicos Especiales de Geoestadística

OBJETIVOS

El objetivo del curso es entregar a los participantes los conocimientos y aplicaciones para profundizar los principales métodos geoestadísticos y sus aplicaciones a la industria minera, en especial en lo que se refiere a la evaluación de los recursos minerales a partir de una toma de muestras. Los conceptos estarán ilustrados con aplicaciones prácticas a ejemplos reales.

Al finalizar el curso, los participantes conocerán métodos para el cálculo de recursos y reservas recuperables, manejo de conjuntos de datos multivariados y aplicaciones avanzadas de herramientas geoestadísticas.

CONTENIDOS

Geoestadística Multivariable

- Introducción
- Análisis de datos multivariados
- Variogramas directos y cruzados
- Cokriging
- Cosimulación
- Aplicaciones

Casos de Estudio

- Exposición de casos de estudio en modelamiento geoestadístico, evaluación de recursos geológicos y cuantificación de incertidumbre geológica
- Desarrollo personal de un caso de estudio.



CURSO: Categorización y Reporte de Recursos y Reservas

OBJETIVOS

El objetivo del curso es entregar a los participantes es conocer los códigos, conceptos básicos y metodologías prácticas para categorizar y reportar recursos geológicos y reservas mineras.

Esta unidad considera también las presentaciones de parte de los alumnos de sus trabajos finales (miércoles los alumnos trabajarán solo preparando sus presentaciones finales de Estudio de Caso. Jueves y/o viernes, los alumnos harán sus presentaciones finales de su desarrollo de trabajo personal).

CONTENIDOS

- Introducción
- Códigos internacionales de reporte de recursos y reservas
- Principios de categorización y caso de estudio
- Auditorías
- Metodologías de categorización
 - Metodología basada en error relativo de kriging para categorización
 - Metodología basada en simulación para categorización
 - Criterios geométricos en clasificación de recursos
- Lectura de códigos internacionales y artículos técnicos
- Presentaciones finales de trabajos individuales

