

## PROGRAMA DE CURSO

### MÉTODOS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

#### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Geofísica (DGF)					
Nombre del curso	Métodos de exploración geofísica	Código	GF4006	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Exploration Methods in Geophysics</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	GF4001: Sismología					

#### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes manejen conceptos básicos de los métodos geofísicos actualmente empleados en la exploración del subsuelo, como métodos gravimétrico, magnético, sísmico y eléctrico comúnmente usados en temas tales como prospección minera o petrolera, estudio de suelos, prospección de aguas y estudio de estructuras geológicas a escala regional. El y la estudiante se familiarizan con el procesamiento e interpretación de los datos obtenidos, en base a modelos físico – matemáticos de las variables físicas en juego.

Además, el y la estudiante logran familiarizarse con el instrumental geofísico y la aplicación en terreno de cada uno de los métodos tratados en clase. En este curso se realizará al menos una salida de terreno.

La metodología del curso es activa. Se promueve una mayor responsabilidad y autorregulación de los y las estudiantes acerca de las materias trabajadas. El o la docente, por su parte, actúa como mediador de todo este proceso, promoviendo la discusión y reflexión sobre lo tratado en clases.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Ejecutar trabajos de campo planificados, utilizando equipamiento geofísico avanzado, como parte del proceso de exploración de recursos naturales y caracterización geofísica del suelo.

CE4: Inferir las propiedades físicas del sistema en estudio, utilizando modelos simplificados e información cuantificable obtenida en el procesamiento de datos.

CE6: Interpretar datos geofísicos y las variables físicas asociadas, en el contexto de un modelo de acuerdo al método científico.

CG1: Comunicación académica y profesional:

Leer de manera comprensiva, analítica y crítica en español. Asimismo, expresar de forma eficaz, clara, precisa e informada sus ideas, opiniones e indagaciones, adecuándose a

diversas situaciones comunicativas académicas y profesionales, tanto en lo oral como en lo escrito.

**CG3: Compromiso ético**

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

**CG4: Trabajo en equipo**

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

**CG5: Sustentabilidad**

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

**C. Resultados de aprendizaje:**

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Opera instrumental geofísico (gravímetro, magnetómetro, sistema de prospección sísmica, sistema eléctrico, entre otros), considerando los procedimientos de medición en terreno, su aplicabilidad y limitaciones, a fin de obtener datos para la exploración geofísica del subsuelo.
CE4	RA2: Utiliza modelos simplificados de estimaciones terrestres, ajustando los datos obtenidos, para inferir propiedades físicas del subsuelo.
CE6	RA3: Procesa e interpreta datos geofísicos obtenidos en terreno, utilizando técnicas propias de los métodos gravimétrico, magnético, sísmico y eléctrico, entre otros, a fin de inferir información sobre la estructura y las diversas propiedades físicas del subsuelo.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA4: Elabora un informe, preciso e informado, sobre las mediciones obtenidas en terreno, considerando en su escrito las metodologías utilizadas, las variables geofísicas medidas y sus resultados.
CG3, CG4	RA5: Trabaja con sus pares, en un clima de respeto y tolerancia, en condiciones que podrían dificultar la convivencia y las tareas diarias, a fin de cumplir con su trabajo de manera responsable y obtener mediciones fidedignas sin manipular los datos recogidos.

CG5	RA6: Toma datos en terreno, tratando de minimizar los impactos ambientales en cuanto al uso de vehículos, herramientas de medición en general, a fin de resguardar el medio natural en el que ejecuta su trabajo.
-----	---

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA3, RA5, RA6	Método Gravimétrico	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Forma de la Tierra y Gravedad Normal. 1.2. Instrumentación: principio de funcionamiento de gravímetros, medidas relativas y absolutas de gravedad, deriva instrumental. 1.3. Reducción de datos: Correcciones de aire libre, Bouguer, topográfica, por latitud, mareas terrestres, corrección de Eötvös en gravimetría aérea y marina, estimación y eliminación de tendencia regional. 1.4. Modelación e Interpretación: Cálculo analítico del efecto gravitatorio de cuerpos simples (esfera, cilindro, dique, falla, etc.), utilizando integración directa y Ley de Gauss. Algoritmos numéricos para el cálculo de efecto gravitatorio de cuerpos de forma arbitraria en 2 (dos) dimensiones, modelaje interactivo de datos reducidos para determinación de formas y contrastes de densidad de las fuentes de la anomalía gravimétrica. 1.5. Densidades de diferentes tipos de rocas, variaciones por cambios de presión y temperatura, efecto de la porosidad, correlación de resultados con geología.		El/la estudiante: 1. Utiliza instrumental geofísico (gravímetro), aplicando procedimientos de medición en terreno. 2. Identifica en la práctica la aplicabilidad y limitaciones del método gravimétrico, mediante el procesamiento de datos. 3. Modela los datos procesados, ajustando dichos datos en base a un modelo físico. 4. Cumple, según el rol asignado, las tareas y actividades comprometidas con su equipo, considerando formalidades de la entrega y organización del trabajo. 5. Argumenta sobre sus decisiones y el resultado de sus acciones, de manera razonada y razonable. 6. Planifica y presenta sus trabajos, basándose en sus capacidades, sin incurrir en plagio, copia, suplantación de identidad.	
Bibliografía de la unidad		(1) capítulos 1 y 6. (2) capítulos 1,2,3,7 y 9. (3) capítulos 1,12,13 y 14. (4) capítulo 2. (5) capítulo 2.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2	Método Magnético	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Introducción: Principios y unidades de medición. Diferentes tipos de magnetómetros, magnetómetros de campo total, principios de operación, procedimiento de trabajo en terreno. Magnetización inducida y remanente de rocas. Susceptibilidad magnética y razón de Koenigsberger.</p> <p>2.2. Reducción de datos: obtención de anomalía residual, descuento de campo magnético de referencia. Anomalía de campo total.</p> <p>2.3. Modelación e Interpretación: Cálculo analítico de efectos magnéticos de cuerpos magnetizados con geometrías simples (dique, falla, etc..), relación de Poisson. Modelaje numérico de cuerpos de forma arbitraria en 2 dimensiones.</p> <p>2.4. Modelaje interactivo de datos reducidos para determinación de formas, magnetización y susceptibilidades magnéticas de las fuentes de la anomalía.</p> <p>2.5. Correlación de resultados con geología.</p>		<p>El/ la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Utiliza instrumental geofísico (magnetómetro) y los procedimientos de medición en terreno.</li> <li>2. Identifica en la práctica la aplicabilidad y limitaciones del método magnético, mediante el procesamiento de datos.</li> <li>3. Reduce datos, obteniendo la anomalía residual y de campo total, descuento de campo magnético de referencia.</li> <li>4. Modela los datos procesados, ajustando dichos datos en base a un modelo físico.</li> <li>5. Realiza cálculos analíticos de efectos magnéticos de cuerpos magnetizados con geometrías simples.</li> <li>6. Modela numéricamente cuerpos de forma arbitraria en 2 dimensiones.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) capítulos 1 y 7.</li> <li>(2) capítulos 5, 8 y 9.</li> <li>(3) capítulos 1,15, 16 y 17.</li> <li>(4) capítulos 3.</li> <li>(5) capítulos 3.</li> </ol>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA2, RA4	Método Sísmico	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Introducción: Parámetros elásticos de las rocas, parámetros de Lamé, módulos de Young <math>\gamma</math>, Poisson. Ecuación de ondas, ondas P y S y sus velocidades de propagación. Variación de éstas con presión, temperatura y porosidad. Relaciones entre densidad y velocidad, coeficientes de atenuación.</p> <p>3.2. Teoría de rayos, frentes de onda, divergencia geométrica. Reflexión y refracción de ondas, ley de Snell, curvas camino-tiempo.</p> <p>3.3. Instrumentación: Tipos de fuente sísmica y geófonos comúnmente usados en sísmica terrestre y marina, adquisición de datos digitales, aliasing.</p> <p>3.4. Refracción: Cálculo de curvas camino tiempo para modelos de capas homogéneas planas e inclinadas, inversión de datos camino-tiempo para la obtención de estructura de velocidades en profundidad por el método de tiempos de intercepción – pendientes <math>\frac{dt}{dx}</math>).</p> <p>3.5. Reflexión: Aproximación hiperbólica a curvas camino-tiempo usada en sísmica de reflexión. Adquisición de datos de reflexión terrestres y marinos, reagrupamiento de datos en Punto Medio Común (CMP), corrección normal, “stacking” y producción de perfil de reflexión, elementos de migración sísmica, interpretación básica.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplica el método sísmico en la exploración geofísica del subsuelo, considerando las bases físicas fundamentales que rigen dicha exploración.</li> <li>2. Usa instrumental geofísico (sistema de prospección sísmica), considerando los procedimientos de medición en terreno.</li> <li>3. Procesa datos de terreno e identifica en la práctica la aplicabilidad y limitaciones del método sísmico.</li> <li>4. Modela los datos procesados, ajustando dichos datos en base a un modelo físico.</li> <li>5. Produce reportes de forma clara y concisa sobre el procesamiento de datos en terreno y el uso del método sísmico.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>(1) capítulos 1,2,3,4 y 5.  (3) 1 al 11.  (4) capítulos 11, 12 y 13.  (5) capítulo 4.</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Método eléctrico	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1. Propiedades eléctricas de las rocas: resistividad, polarización, constantes dieléctricas, dependencia de las propiedades eléctricas con la litología y las variables de estado.</p> <p>4.2. Teoría básica: Inyección de corriente por electrodo en la superficie de un semi-espacio homogéneo. Metodologías en corriente continua, sondajes eléctricos verticales. Tipos de arreglos de electrodos: Schlumberger, Wenner, dipolo-dipolo. Factor geométrico y resistividad aparente.</p> <p>4.3. Instrumentación: Descripción de los distintos sistemas de medición, fuentes de poder, preparación de los puntos de medición (resistencias de contacto, inyección de corriente).</p> <p>4.4. Reducción e Interpretación de datos: Representación de la información, modelación directa e inversa mediante modelos unidimensionales de capas planas homogéneas. Interpretación de resultados en base a perfiles de resistividad eléctrica versus profundidad.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifica las bases físicas fundamentales que rigen la exploración geofísica del subsuelo mediante el método eléctrico.</li> <li>2. Utiliza el instrumental geofísico (sistema eléctrico) y los procedimientos de medición en terreno.</li> <li>3. Determina la aplicabilidad y limitaciones del método eléctrico, mediante el procesamiento de datos.</li> <li>4. Modela los datos procesados, ajustando dichos datos en base a un modelo físico.</li> <li>5. Determina los alcances, impactos y responsabilidades éticas, tanto personales y colectivas, derivados de la toma de decisiones sobre alguna situación o hecho, en diversos contextos de la formación científica y de la ingeniería.</li> <li>6. Redacta un informe de terreno preciso e informado, integrando las variables físicas de cada método, con sus ventajas y limitaciones, para caracterizar una zona de estudio.</li> <li>7. Produce, de manera clara, precisa y eficaz, exposiciones orales con apoyo de recursos verbales y no verbales (audiovisuales, entre otros).</li> <li>8. Cumple, según el rol asignado, las tareas y actividades comprometidas con su equipo, considerando formalidades de la entrega y organización del trabajo.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>(1) capítulo 8 y 9.  (3) capítulo 18.  (4) capítulos 5, 6, 7 y 8.  (5) capítulos 5, 6, 7, 8 y 9.</p>	

## E. Estrategias de enseñanza – aprendizaje:

La metodología del curso es activa. Se promueve una mayor responsabilidad y autorregulación de los y las estudiantes acerca de las materias trabajadas y de las actividades académicas con las que deben cumplir.

El curso considera las siguientes estrategias de enseñanza:

- **Clase expositiva.**
- **Resolución de problemas.**
- **Salidas a terreno:** el curso contempla al menos una salida obligatoria a terreno por un total de al menos 3 días. El trabajo en terreno se concentrará en una localidad que será estudiada utilizando los diferentes métodos.

El docente, por su parte, actúa como mediador de todo este proceso, promoviendo la discusión y reflexión sobre lo tratado en clases.

## F. Estrategias de evaluación:

El curso considera distintas instancias de evaluación:

- Controles.
- Tareas.
- Informe de terreno.
- Examen final.

Al inicio del semestre, se informará sobre las evaluaciones del curso, considerando tipos, cantidad y ponderaciones correspondientes.

## G. Recursos bibliográficos:

### **Bibliografía obligatoria**

- (1) KEAREY, P., M. BROOKS, and I. HILL, (2002). *An Introduction to Geophysical Exploration*, 3<sup>rd</sup> Edition, Blackwell Publishing.

### **Bibliografía complementaria:**

- (2) BLAKELY, R. J. (1996). *Potential Theory In Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press.
- (3) DOBRIN, M., and H. SAVIT (1988). *Introduction to Geophysical Prospecting*. 4th Edition, McGraw Hill.
- (4) MILSOM, J. (2003). *Field Geophysics*. 3<sup>rd</sup> Edition, Wiley, 2003.
- (5) TELFORD, W.M., Geldart, L.P, Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics*, 2nd Edition, Cambridge University Press.

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

Vigencia desde:	Otoño, 2021
Elaborado por:	Emilio Vera, Daniel Díaz
Validado por:	CTD de Geofísica
Revisado por:	Área de Gestión Curricular