**PROGRAMA DE CURSO**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Código | Nombre | | | |
| GF5013 | Métodos Inversos Aplicados a la Geofísica | | | |
| Nombre en Inglés | | | | |
| *Inverse Methods Applied to Geophysics* | | | | |
| Créditos | Horas de Cátedra | | Horas Docencia Auxiliar | Horas de trabajo personal |
| 6 | 3,0 | | 1,5 | 5,5 |
| Requisitos | | | Carácter del curso | |
| -MA2002 (Cálculo Avanzado y Aplicaciones)  -MA3403 (Probabilidades y Estadísticas) o MA3401 (Probabilidades)  -FI2003 (Métodos Experimentales)  -GF4001 (Sismología General)  Requisitos específicos:  -Programar en lenguajes de tipo scripting (Ej: MATLAB, PYTHON, etc). | | | Curso Electivo de Licenciatura en Geofísica y Magíster en Geofísica | |
| Competencias a las que tributa el curso | | | | |
| Competencias Específicas | | | | |
| CE3: | Caracterizar cuantitativamente y cualitativamente fenómenos y procesos geofísicos, para interpretar e inferir propiedades del Sistema Tierra. | | | |
| CE4: | Inferir las propiedades físicas del sistema en estudio, utilizando modelos simplificados e información cuantificable obtenida en el procesamiento de datos. | | | |
| CE5: | Procesar datos a fin de cuantificar las variables físicas involucradas en los fenómenos y procesos geofísicos. | | | |
| Competencias Genéricas | | | | |
| CG1: | Comunicación profesional y académica:  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. | | | |
| CG2: | Comunicación en Inglés:  Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés variados tipos de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia. | | | |
| 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. | | | |
| Propósito del curso | | | | |
| El curso GF5013, Métodos Inversos Aplicados a la Geofísica, tiene como propósito que el estudiante aplique métodos de optimización y Bayesianos a fin de resolver problemas inversos discretos, con el fin de utilizar observaciones experimentales para estimar parámetros de modelos matemáticos que representan fenómenos físicos. Para ello, el estudiante maneja conceptos básicos y alcances de la teoría de problemas inversos discretos lineales y no-lineales, así como metodologías de resolución optimales y Bayesianas.  En el curso se verán ejemplos de aplicación de las metodologías aprendidas, que incluyen desde modelos matemáticos simples hasta problemas físicos más complejos con énfasis en temáticas de las ciencias de la tierra. | | | | |
| Competencias a la que tributa  (CE-CG) | | Resultados de Aprendizaje | | |
| CE3–CG2 | | RA1: Maneja conceptos básicos y alcances de la teoría de problemas inversos discretos lineales y no-lineales, aplicables a problemas de estimación en ciencias de la tierra e ingeniería. | | |
| CE4–CG1–CG2–CG3–CG4 | | RA2: Aplica métodos de optimización y Bayesianos en la resolución de problemas inversos discretos, utilizando observaciones y mediciones de la superficie de la tierra, para estimar parámetros de modelos matemáticos que representan fenómenos físicos. | | |
| CE5–CG1–CG2–CG3–CG4 | | RA3: Resuelve problemas inversos discretos, usando métodos de optimización y Bayesianos con el fin de identificar y separar señales de interés presentes en mediciones geofísicas. | | |
| CG1–CG3–CG4 | | RA4: Elabora un reporte sobre la aplicación de un método inverso a un problema de las ciencias básicas o de la ingeniería y sus resultados, sujetos a incertidumbre, a fin de comprender los alcances de la teoría utilizada. | | |

|  |  |
| --- | --- |
| Metodología Docente | Evaluación General |
| La metodología del curso es activo participativa y contempla:  - Clases de cátedra expositivas  - Clases auxiliares  - Sesiones de Laboratorio  - Lectura y discusión de artículos científicos | El sistema de evaluación – tipos, cantidad y ponderación de evaluaciones – se determina y comunica a los alumnos el primer día de clases. Tipos de evaluación (al menos uno):   * Controles * Tareas (teóricas, numéricas y lectura de artículos científicos) * Presentación oral de tareas realizadas o de artículos científicos * Ejercicios * Examen |

**Unidades Temáticas**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número | RA al que tributa | Nombre de la Unidad | Duración en Semanas |
| 1 | RA1 | Métodos inversos | 1 |
| Contenidos | | Indicador de logro | Referencias a la Bibliografía |
| * 1. Formulación y clasificación de problemas de estimación de parámetros y métodos Inversos.   2. El problema inverso lineal.   3. Ejemplos de problemas inversos.   4. Discretización de problemas inversos.   5. Dificultades en la resolución de problemas inversos. | | El estudiante:  1. Categoriza diferentes tipos de problemas inversos.  2. Identifica las características generales de las soluciones de problemas inversos.  3. Formula problemas inversos lineales discretizados.  4. Reconoce problemas inversos más comunes en geociencias. | (1): Cap. 1  (2): Cap. 1, 2, 12, 13  (3): Cap. 1, 6, 7 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número | RA al que tributa | Nombre de la Unidad | Duración en Semanas |
| 2 | RA2, RA3, RA4 | Problemas Inversos Lineales | 6 |
| Contenidos | | Indicador de logro | Referencias a la Bibliografía |
| * 1. Estimación por mínimos cuadrados.   2. Aspectos estadísticos de mínimos cuadrados.   3. Problemas lineales con rango deficiente y mal condicionados.   4. Métodos de regularización de problemas inversos lineales.   5. Errores y resolución de los parámetros estimados y de la predicción de los modelos.   6. Consideraciones numéricas en la resolución de problemas inversos lineales.   7. Estimación robusta de parámetros: mínimos valores absolutos.   8. Ejemplos de problemas inversos lineales en ciencias de la tierra e ingeniería. | | El estudiante:   1. Plantea problemas inversos lineales discretos, identificando los alcances y limitaciones de estos. 2. Calcula resultados de problemas lineales de inversión por los métodos de mínimos cuadrados y de mínimos valores absolutos, interpretando sus resultados. 3. Reconoce problemas inversos lineales más comunes en geofísica. 4. Planifica y presenta sus trabajos, basándose en sus capacidades, sin incurrir en plagio, copia, suplantación de identidad. (Dimensión honestidad de competencia de compromiso). 5. Plantea de manera clara, precisa y constructiva, su posición acerca de un tema o del cumplimiento de una tarea (Dimensión comunicación: de trabajo en equipo). 6. Cumple obligaciones y acuerdos, respetando los compromisos adquiridos, en sus actividades académicas (Dimensión responsabilidad de competencia de ética). 7. Redacta, de manera clara y fundamentada, informes breves sobre el análisis de un problema geofísico de métodos inversos, a partir de diferentes ejemplos (Dimensión escritura, competencia de comunicación profesional y académica, licenciatura). 8. Determina la idea central y propósito de un texto en inglés donde se utilizan cláusulas de contraste, gerundios e infinitivos, condicionales e hipotéticos (Dimensión habilidad de leer de la competencia genérica de inglés). | (1): Cap. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8  (2): Cap. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13  (4): Cap. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7  (3): Cap. 3, 4, 6 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número | RA al que tributa | Nombre de la Unidad | Duración en Semanas |
| 3 | RA2, RA3, RA4 | Introducción a Problemas Inversos no lineales | 2 |
| Contenidos | | Indicador de logro | Referencias a la Bibliografía |
| * 1. Estimación de parámetros de modelos no lineales.   2. El problema de mínimos cuadrados no lineales.   3. Regularización del problema de mínimos cuadrados no lineales.   4. Métodos numéricos para la resolución de problemas inversos no lineales.   5. Ejemplos de problemas de inversión no lineal en ciencias de la tierra e ingeniería. | | El estudiante:   1. Formula problemas inversos no lineales. 2. Categoriza y aplica diferentes técnicas de optimización para la resolución de problemas inversos no lineales. 3. Reconoce diferentes problemas inversos no lineales en geofísica. 4. Planifica y presenta sus trabajos, basándose en sus capacidades, sin incurrir en plagio, copia, suplantación de identidad (Dimensión honestidad de competencia de ética). 5. Plantea de manera clara, precisa y constructiva, su posición acerca de un tema o del cumplimiento de una tarea(Dimensión comunicación de competencia de trabajo en equipo). 6. Considera las capacidades y aptitudes de los miembros del equipo, al asignar roles y distribuir tareas, logrando la cooperación de los integrantes para el cumplimiento del objetivo (Dimensión liderazgo de la competencia de trabajo en equipo). 7. Cumple obligaciones y acuerdos, respetando los compromisos adquiridos, en sus actividades académicas (Dimensión responsabilidad de competencia de ética). 8. Redacta, de manera clara y fundamentada, informes breves sobre el análisis de un problema geofísico de métodos inversos, a partir de diferentes ejemplos (Dimensión escritura competencia de comunicación profesional y académica, licenciatura). | (1): Cap. 9, 10  (2): Cap. 9, 11, 12, 13  (4): Cap. 5, 6, 7  (3): Cap. 2.5, 3, 5, 6 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número | RA al que tributa | Nombre de la Unidad | Duración en Semanas |
| 4 | RA2, RA3, RA4 | Métodos Bayesianos para resolver problemas inversos | 6 |
| Contenidos | | Indicador de logro | Referencias a la Bibliografía |
| * 1. El enfoque de Popper-Bayes.   2. Parámetros de Jeffreys.   3. Funciones de densidad de probabilidad y de probabilidad volumétrica.   4. Probabilidades condicionales, marginales, y relaciones entre parámetros.   5. Algoritmos de muestreo de funciones de densidad de probabilidad.   6. Modelos, observaciones y el problema de simulación directa.   7. Formulación Bayesiana del problema inverso (Enfoque Popper-Bayes).   8. Métodos de Monte Carlo.   9. Conexión entre la formulación Bayesiana y de optimización del problema inverso.   10. Ejemplos aplicados al ámbito de las ciencias de la tierra e ingeniería. | | El estudiante:   1. Plantea problemas inversos, utilizando el enfoque Bayesiano. 2. Utiliza nociones básicas de probabilidad y de medida para modelar diferentes parámetros que definen el modelo físico. 3. Aplica métodos de Monte Carlo para la resolución de problemas inversos, a fin de estimar, caracterizar y calificar soluciones del problema inverso no regularizado. 4. Planifica y presenta sus trabajos, basándose en sus capacidades, sin incurrir en plagio, copia, suplantación de identidad (Dimensión honestidad de competencia de ética). 5. Plantea de manera clara, precisa y constructiva, su posición acerca de un tema o del cumplimiento de una tarea (Dimensión comunicación de competencia de trabajo en equipo). 6. Considera las capacidades y aptitudes de los miembros del equipo, al asignar roles y distribuir tareas, logrando la cooperación de los integrantes para el cumplimiento del objetivo (Dimensión liderazgo de la competencia de trabajo en equipo). 7. Cumple obligaciones y acuerdos, respetando los compromisos adquiridos, en sus actividades académicas (Dimensión responsabilidad de competencia de ética). 8. Redacta, de manera clara y fundamentada, informes breves sobre el análisis de un problema de métodos inversos, en el ámbito de las ciencias de la tierra e ingeniería, a partir de diferentes ejemplos (Dimensión escritura competencia de comunicación profesional y académica, licenciatura). | (1): Cap. 11  (3): Cap. 1, 2, 5, 6, 7 |

|  |
| --- |
| Bibliografía General |
| Bibliografía obligatoria:   1. Richard C. Aster, Brian Borchers and Clifford H. Thurber. “Parameter Estimation and Inverse Problems - Second Edition”. Academic Press – Elsevier (2013). (Obligatorio). 2. William Menke. “Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory – Third Edition”. Academic Press – Elsevier (2012). (Obligatorio). 3. Albert Tarantola. “Inverse Problem Theory and Methods for Model Parameter Estimation”. (Obligatorio).   Bibliografía complementaria   1. Hansen, P. C. (1998), *Rank-Deficient and Discrete Ill-Posed Problems: Numerical Aspects of Linear Inversion*, SIAM, Philadelphia. (Sugerido) |

|  |  |
| --- | --- |
| Vigencia desde: | Primavera 2018 |
| Elaborado por: | Francisco Hernán Ortega Culaciati |
| Validado por | CTD de Geofísica |
| Revisado por: | AGC |