

Guía docente de la asignatura

Gravimetría y GeomagnetismoFecha última actualización: 26/07/2021
Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 26/07/2021**Máster**

Máster Universitario en Geofísica y Meteorología

MÓDULO

Módulo de Geofísica

RAMA

Ciencias

CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO

Escuela Internacional de Posgrado

Semestre

Primero

Créditos

5

Tipo

Optativa

Tipo de enseñanza

Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Comprensión de textos en inglés científico. Conocimientos fundamentales de Física y Matemáticas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

Figura de la Tierra, gravedad, campo gravitatorio, medidas absolutas y relativas. Campo magnético terrestre. Anomalías. Propiedades magnéticas de la Materia. Paleomagnetismo.

COMPETENCIAS**COMPETENCIAS BÁSICAS**

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o



limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Realizar experimentos de forma independiente y describir, analizar y evaluar críticamente los datos obtenidos.
- CG02 - Identificar los elementos esenciales de un proceso o una situación compleja, y a partir de ellos construir un modelo simplificado y realizar estimaciones sobre su evolución futura.
- CG03 - Idear la forma de comprobar la validez de un modelo e introducir las modificaciones necesarias cuando se observen discrepancias entre las predicciones del modelo y las observaciones.
- CG06 - Elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas o argumentos motivados, de redactar planes, proyectos de trabajo o artículos científicos o de formular hipótesis razonables.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Identificar y caracterizar las propiedades de los diferentes subsistemas geofísicos.
- CE02 - Conocer y valorar las aportaciones de los diferentes métodos geofísicos al conocimiento de la Tierra.
- CE03 - Analizar los distintos procesos geofísicos y sus diferentes escalas espacio-temporales, junto con las teorías y leyes que los rigen y los modelos que tratan de explicar las observaciones.
- CE06 - Conocer la instrumentación básica usada en la obtención de datos geofísicos y recoger, interpretar y representar datos referentes a la Geofísica usando las técnicas adecuadas de campo y laboratorio.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Mostrar interés por la calidad y la excelencia en la realización de diferentes tareas.
- CT03 - Tener un compromiso ético y social en la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- CT04 - Ser capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios para alcanzar objetivos comunes desde campos expertos diferenciados.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá:

- El campo y el potencial gravitatorio y geomagnético.



- La forma de la Tierra y el concepto de altitud
- Las anomalías gravitatorias y magnéticas
- La Isostasia y sus modelos
- El Paleomagnetismo y su relación con la Geodinámica
- Los fundamentos de la prospección gravimétrica y magnética y sus aplicaciones.

El alumno será capaz de:

- Analizar las anomalías gravimétricas de cuerpos enterrados
- Realizar correcciones gravimétricas
- Interpretar la cartografía gravimétrica
- Analizar las anomalías de cuerpos magnéticos enterrados
- Interpretar la geometría del campo magnético de un dipolo centrado
- Determinar las coordenadas geomagnéticas
- Interpretar la cartografía magnética

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

GEOMAGNETISMO

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

Capítulo 2. CONCEPTOS DE ELECTROMAGNETISMO: Imanes. Propiedades. Cargas eléctricas. Corrientes eléctricas. Campo magnético. Líneas de campo. Origen de los campos magnéticos. Fuerzas entre corrientes eléctricas. Inducción magnética. Solenoides. Campo magnético de un dipolo. Susceptibilidad y permeabilidad magnéticas. Unidades magnéticas.

Capítulo 3. PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE LOS MATERIALES: Diamagnetismo. Paramagnetismo. Ferromagnetismo. Antiferromagnetismo. Ferrimagnetismo.

Capítulo 4. MAGNETISMO DE LAS ROCAS: Propiedades magnéticas de las rocas.

Capítulo 5. MAGNETIZACIÓN REMANENTE EN ROCAS: Magnetización remanente primaria. Magnetización remanente térmica o termorremanente. Magnetización remanente detrítica. Magnetización remanente secundaria. Magnetización remanente química. Magnetización remanente isotérmica. Magnetización remanente viscosa.

Capítulo 6. CONCEPTOS DE GEOMAGNETISMO: Declinación e inclinación magnéticas. Elementos del Campo magnético terrestre. Coordenadas geomagnéticas.



Capítulo 7. CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE: Campos magnéticos interno y externo. Campo magnético de un dipolo. Geodinamo. Magnetosfera. Ionosfera. Auroras. Mapas magnéticos. IGRF.

Capítulo 8. MAGNETÓMETROS, VARIÓMETROS Y GRADIÓMETROS: Definición. Tipos. Efecto Zeeman.

Capítulo 9. ANOMALÍAS MAGNÉTICAS: Magnetización de una roca. Reducción de datos magnéticos.

Capítulo 10. PALEOMAGNETISMO: Inversiones magnéticas.. Inversiones y Deriva continental. Papel del manto en las inversiones magnéticas. Polos magnéticos. Polo magnético virtual. Deriva polar aparente. Arqueomagnetismo.

GRAVIMETRÍA

Capítulo 1. LA GRAVEDAD: Qué es la gravedad. Unidades. Ley de la gravitación universal de Newton. Generalización a un medio continuo. Concepto de campo gravitatorio. Potencial de la gravedad. Gravedad producida por cuerpos geométricos sencillos. Densidades de las rocas.

Capítulo 2. EL CAMPO GRAVITATORIO TERRESTRE: Campo gravitatorio en una Tierra esférica. Fuerzas derivadas de la rotación. Efectos en el campo gravitatorio. Potencial de la gravedad en términos de armónicos. Aproximación de primer orden del potencial. Fórmulas de la gravedad normal. Elipsoides de referencia. Aproximaciones de orden superior. La figura de la Tierra y el Geode.

Capítulo 3. MEDIDAS DE LA GRAVEDAD: Medidas absolutas y relativas. Tipos de gravímetros. Métodos pendulares, de caída libre, de muelle, electromagnéticos. Medidas en campo. Calibrado. Deriva de los gravímetros. Correcciones instrumentales. Estaciones de registro continuo. Medidas de la gravedad sobre móviles. Medidas de la gravedad mediante satélites artificiales.

Capítulo 4. REDUCCIONES GRAVIMÉTRICAS: Diferencias entre elipsoide, geode y superficie real. Concepto de altitud. Corrección de aire libre. Anomalía de aire libre. Corrección de Bouguer. Corrección topográfica. Anomalía de Bouguer. Análisis de las mareas. Efectos de las mareas en la Tierra sólida. Determinación de la forma del geode.

Capítulo 5. ISOSTASIA: Anomalías isostáticas. Correcciones isostáticas de Pratt y Airy. Compensación regional. Movimientos verticales tectónicos y postglaciares. Anomalías gravimétricas en zonas tectónicas activas.

Capítulo 6. ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS Y ESTRUCTURA TERRESTRE: Interpretación de anomalías gravitatorias. No unicidad del método inverso. Longitud de onda y separación de anomalías. Origen de las anomalías gravimétricas. Anomalías gravitatorias significativas. Correlación entre anomalías gravimétricas y estructura cortical.

PRÁCTICO

PROBLEMAS PRÁCTICOS: En la mayoría de los temas el profesor planteará una serie de problemas prácticos para realizar individualmente en casa y posteriormente, en la siguiente clase, los alumnos discutirán los resultados alcanzados por cada uno de ellos.

Dos ejemplos prácticos son:

Practica INTERMAGNET: los alumnos accederán a magnetogramas reales registrados en



distintos observatorios geomagnéticos, que están accesibles por internet a través de la base de datos INTERMAGNET. Una vez descargados los ficheros correspondientes, los alumnos los leerán utilizando MATLAB y se procederá a realizar una serie de cálculos básicos.

Práctica de anomalías magnéticas y expansión del fondo oceánico, con información aportada por el profesor para su procesamiento y posterior interpretación. Durante el transcurso de la asignatura los estudiantes elegirán un trabajo de investigación publicado en alguna revista especializada, entre los ofertados por los profesores. Posteriormente serán expuestos en clase para ser debatidos entre todos los alumnos y el profesor.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO: Adquisición y tratamiento de datos de los satélites GOCE y GRACE con el software instalado en el aula de informática del Instituto Andaluz de Geofísica (Campus de Cartuja), para la obtención de los distintos Geoides y mapas de anomalías de la gravedad.

PRÁCTICAS DE CAMPO: Se realizarán prácticas de campo de la parte de Magnética con la instrumentación necesaria y en lugares cercanos a la capital de Granada, usualmente en el Campus de Cartuja.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

FOWLER, C.M.R. (2005). "The Solid Earth". Segunda edición. Cambridge University Press.

TELFORD W.M. et al. (2001) "Applied Geophysics" Cambridge University Press.

REYNOLDS J.M. (2002) "An Introduction to applied and environmental Geophysics" John Wiley & Sons

SMITH D.G. (1989). "The Cambridge Encyclopedia of Earth sciences". Cambridge University Press.

UDIAS, A y MEZCUA, J. (1997). "Fundamentos de Geofísica". Ed. Alhambra. Madrid

LOWRIE W. (1997). "Fundamentals of Geophysics" Cambridge University Press

KEAREY P, BROOKS M & HILL I. (2002) "An Introduction to Geophysical Exploration" Blackwell Science

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

GRAVIMETRÍA

The crustal structure of El Hierro (Canary Islands) from 3-D gravity inversion. F.G. Montesinos, J. Arnos, M. Benavent, R. Vieira. Journal of Volcanology and Geothermal Research 150 (2006) 283–29. doi:10.1016/j.jvolgeores.2005.07.018

The high-resolution gravimetric geoid of Iberia: IGG2005. V. Corchete, M. Chourak and D. Khattach. Geophys. J. Int. (2005) 162, 676–684. doi: 10.1111/j.1365-246X.2005.02690.x



Lithospheric Density Structure of Andaman Subduction Zone from Joint Modelling of Gravity and Geoid data. R. Yadav & V. M. Tiwari. Indian Journal of Geo Marine Sciences Vol. 47 (05), May 2018, pp. 931-936

https://www.researchgate.net/publication/325256785_Lithospheric_Density_Structure_of_A_andaman

Subduction Zone from Joint Modelling of Gravity and Geoid data

Analysis of gravimetric anomalies in Furnas caldera (São Miguel, Azores). F.G.Montesinos, R. Vieira. Journal of Volcanology and Geothermal Research. Volume 92, Issues 1-2, September 1999, Pages 67-81. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(99\)00068-2](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(99)00068-2)

Gravimetric anomalies of the Guadix-Baza basin (Betic Cordillera, Spain). Carlos Sanz de Galdeano, J. Delgado, Jesús Galindo-Zaldívar, C. Marín-Lechado, P. Alfaro, Francisco Juan García-Tortosa, A. C. López-Garrido and Alejandro J. Gil. October 2007. Boletín Geológico y Minero 118(4):763-774.

https://www.researchgate.net/publication/287780507_Gravimetric_anomalies_of_the_Guadix-Baza_basin_Betic_Cordillera_Spain

A model of oceanic development by ridge jumping: Opening of the Scotia Sea. Andrés Maldonado, Fernando Bohoyo, Jesús Galindo-Zaldívar, F^o. Javier Hernández-Molina, Francisco J. Lobo, Emanuele Lodolo, Yasmina M. Martos, Lara F. Pérez, Anatoly A. Schreider, Luis Somoza, 2014. Global and Planetary Change. Volume 123, Part B, December 2014, Pages 152-173. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092181811400126X>

Regional and residual anomaly separation in microgravity maps for cave detection: The case study of Gruta de las Maravillas (SW Spain). F. J. Martínez-Moreno, J. Galindo-Zaldívar, A. Pedrera, T. Teixidó, J. A. Peña, L. González-Castillo, 2015. Journal of Applied Geophysics. Volume 114, March 2015, Pages 1-11.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926985115000087>

Initial stages of oceanic spreading in the Bransfield Rift from magnetic and gravity data analysis. Manuel Catalán, Jesús Galindo-Zaldívar, José Martín Davila, Yasmina M. Martos, Andrés Maldonado, Luiz Gambôa, Anatoly A. Schreider. Tectonophysics. Volume 585, 11 February 2013, Pages 102-112. Recent advances in antarctic geomagnetism and lithosphere studies.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004019511200592>

Interpretation of gravimetric and magnetic anomalies in the Cameros Basin (North Spain): combination of deep and shallow sources. Pedro del Río, Antonio Casas, Juan J. Villalaín, Tania Mochales, Ruth Soto and Belén Oliva-Urcia. Stud. Geophys. Geod., 57 (2013).

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11200-012-0369-2>

Deep crustal structure of the area of intersection between the Shackleton Fracture Zone and the West Scotia Ridge (Drake Passage, Antarctica). Jesús Galindo-Zaldívar, Antonio Jabaloy, Andrés Maldonado, José Miguel Martínez-Martínez, Carlos Sanz de Galdeano, Luis Somoza, Emma Surinach. Tectonophysics. Volume 320, Issue 2, 15 May 2000, Pages 123-139.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040195100000512>

Snow- and ice-height change in Antarctica from satellite gravimetry and altimetry data. A. Mémin, T. Flament, F. Rémy, M. Llube. Earth and Planetary Science Letters. Volume 404, 15 October 2014, Pages 344-353.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012821X14005068>

Regional gravity anomaly map and crustal model of the Central-Southern Apennines (Italy).



M.M. Tiberti, L. Orlando, D. Di Bucci, M. Bernabini, M. Parotto. Journal of Geodynamics 40 (2005) 73–91. http://www.earth-prints.org/bitstream/2122/611/1/Tiberti_etal.pdf

Gravimetric determination of an intrusive complex under the Island of Faial (Azores): some methodological improvements. Antonio G. Camacho, J. Carlos Nunes, Esther Ortiz, Zilda França and Ricardo Vieira. Geophysical Journal International. Volume 171, Issue 1, Pp. 478–494, 2007. <https://gji.oxfordjournals.org/content/171/1/478.full>

Gravimetric Study of Geological Structures of Teboursouk Area, Northern Tunisia. A. Ayed-Khaled, T. Zouaghi, M. Ghanmi and F. Zargouni, International Journal of Geosciences, Vol. 3 No. 4, 2012, pp. 675–682. doi: 10.4236/ijg.2012.34068. <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=22461>

Modelling of crustal anomalies of Lanzarote (Canary Islands) in light of gravity data. A. G. Camacho, F. G. Montesinos, R. Vieira and J. Arnosó. Oxford Journals Science & Mathematics Geophysical Journal International Volume 147, Issue 2 Pp. 403–414. 2001. <http://gji.oxfordjournals.org/content/147/2/403.full>

GEOMAGNETISMO

Anderson, P.C., Rich, F.J. Rich, Stanislav Borisov, 2018. Mapping the South Atlantic Anomaly continuously over 27 years. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 177, 237–246

Bullard, E.C., 1949. The magnetic field within the earth. The Royal Society, Vol 197.

Hulot, G., Finlay, C.C., Constable, C.G., Olsen, N., Manda, M., 2010. The Magnetic Field of Planet Earth Space Sci Rev (2010) 152: 159–222 DOI 10.1007/s11214-010-9644-0

Jackson, A., Jonkers, A.R., Walker, M. 2000. Four centuries of geomagnetic secular variation from historical records. Phil. Trans R. Soc. Lond. A. 358, 957–990

Murphy, J.B., Dostal J. 2011. Secular variations in magmatism and tectonic implications, Lithos 123

Roberts, A., 2008. Geomagnetic excursions: Knowns and unknowns. Geophysical Research Letters, Vol. 35, doi:10.1029/2008GL034719.

Sanchez Almeida J., Martínez González M. 2011. The Magnetic Fields of the Quiet Sun Astronomical Society of the Pacific . ASP Conference Series, Vol. 437

St-Louis, B.J., Sauter, E.A., Trigg, D.F., and Coles, R.L., INTERMAGNET Technical Reference Manual, Version 4, 1999.

Torta M. Variaciones geomagnéticas de origen ionosférico en días de calma. 2000. Física de la Tierra, 12, 205–222

ENLACES RECOMENDADOS

<http://www.obsebre.es/ca/>

<http://www.iugg.org/IAGA/>



<http://www.gfz-potsdam.de/en/section/earths-magnetic-field/infrastructure/magnete/>

<http://www.wdc.bgs.ac.uk/catalog/master.html>

<http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/index.html>

http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/GOCE/Satellite

<http://www.csr.utexas.edu/grace/>

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Sesiones de discusión y debate
- MD04 Prácticas de laboratorio o clínicas
- MD05 Seminarios
- MD06 Ejercicios de simulación
- MD07 Análisis de fuentes y documentos
- MD09 Realización de trabajos individuales

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

- Pruebas, ejercicios y problemas, resueltos en clase o individualmente a lo largo del curso: 10-20%
- Valoración final de informes, trabajos, proyectos, etc. (individual o en grupo): 10-20%
- Presentaciones orales: 35-40%
- Memorias: 10-10%
- Aportaciones del alumno en sesiones de discusión y actitud del alumno en las diferentes actividades desarrolladas: 5-10%

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

- Pruebas escritas 100%



EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas. Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

- Pruebas escritas 100%

INFORMACIÓN ADICIONAL

Al principio del curso, se llevarán a cabo reuniones de coordinación según establece el Sistema de la Garantía de la Calidad.

