



a) Título y objetivo del curso:

Título: Sistema unificado de referencia vertical

Objetivo del curso: El objetivo del seminario es el de introducir los conceptos teóricos y prácticos relacionados con la definición, materialización y mantenimiento de un sistema de referencia vertical unificado. Este tema es actualmente abordado a nivel internacional por la IAG (International Association of Geodesy).

En febrero de 2015, durante la Asamblea General de la ONU (Organización de las Naciones Unidas), se aprueba la resolución A/RES/69/266 para promover la conformación del Marco de Referencia Geodésico Global para el desarrollo sostenible (GGRF, Global Geodetic Reference Frame), único e integral destinado a la representación espacio-temporal de la geometría, campo de gravedad y orientación terrestre. En particular, el seminario se centrará en los conceptos científicos para el desarrollo del International Height Reference System y el Global Absolute Gravity Reference System, de acuerdo a las resoluciones No. 1 y 2 de la IAG adoptadas en la Asamblea General de la IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) realizada en Praga en julio de 2015.

Seminario orientado a Geofísicos, Lic. en Astronomía, Ingenieros geofísicos geodestas Ingenieros agrimensores y egresados de carreras afines.

b) Programa analítico y bibliografía:

Carga horaria: sesenta (60) horas totales (teóricas y prácticas).

Unidad 1: Sistema de referencia vertical

Sistema de Referencia Vertical. Marco de Referencia Vertical. Datum vertical. Coordenada vertical. Sistema de alturas geométrico. Sistema de alturas físicas. Sistemas de alturas clásicos. Problemas de los sistemas de alturas existentes.

Unidad 3: Conceptos básicos de Campo de Gravedad terrestre

Campo de la gravedad terrestre. Desarrollo del potencial gravitacional en armónicos esféricos.

Determinación del geoide/cuasi geoide gravimétrico.

Anomalías de gravedad.

Variaciones temporales de la gravedad.

Misiones Satelitales de gravedad (CHAMP, GRACE, GOCE, GRACE-FO).

Unidad 4: Gravimetría para sistemas verticales

Descripción breve de la teoría de la gravedad.

Medición de la gravedad (mediciones absolutas y relativas). Gravímetros absolutos FG-5 y A-10. Gravímetros relativos terrestres (principio masa-resorte y gravímetros superconductores).

Sistemas gravimétricos de referencia.

Establecimiento de un sistema de referencia global de gravedades absolutas. Resolución No. 2 de la IAG en julio de 2015.



Redes gravimétricas. Medición, procesamiento, análisis y ajuste de las observaciones.
Ecuaciones de observación y fuentes de error.
Ejercicios: Cálculos con datos medidos (observados).

Unidad 5: Redes altimétricas

Nivelación geométrica. Sistemas de alturas físicas. Alturas ortométricas, normales y dinámicas. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de alturas físicas.
Cálculo de números geopotenciales. Compensación de redes verticales en términos de números geopotenciales. Vinculación entre sistemas nacionales.
Ejercicios: Cálculos con datos medidos (observados).

Unidad 6: Sistema de referencia vertical moderno

Marco de Referencia Geodésico Global para el desarrollo sostenible (GGRF, Global Geodetic Reference Frame).
International Height Reference System (IHRF). Resolución No.1 de la IAG en julio de 2015..
Tratamiento de la marea permanente en la determinación de alturas.
Realización del IHRF: International Height Reference Frame. IHRF (Marco de Referencia Internacional de Alturas).
Selección de posibles estaciones IHRF: Estación Observatorio Argentino Alemán de Geodesia (AGGO por sus siglas en inglés).

Bibliografía:

- Antokoletz, Ezequiel Darío. Red gravimétrica de primer orden de la República Argentina. 2017. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas.
- Antokoletz, E. D., Wziontek, H., & Tocho, C. (2017). First six months of Superconducting Gravimetry in Argentina. DOI: 10.1007/1345_2017_13.
- Drewes, H. (2016). Programa GRAVDATA.
- Drewes, H. (2016). Programa GRAVNETG: Compensación de redes gravimétricas.
- Drewes, H. (1978). Experiences with least squares collocation as applied to interpolation of geodetic and geophysical quantities.
- Drewes H.: Precise Gravimetric Networks and Recent Gravity Changes in Western Venezuela. DGK B 251, 1980.
- Drewes H., W. Torge, R.H. Röder, C. Badell, D. Bravo, O. Chourio: Absolute and relative gravimetric survey of national and geodynamic networks in Venezuela. J. of South American Earth Sciences (4) 273-286, 1991.
- Falk, R., Ja. Mueller, N. Lux, H. Wilmes, H. Wziontek: Precise gravimetric surveys with the field absolute gravimeter A-10. Springer, IAG Symposia, Vol. 136, 373-279, doi:10.1007/978-3-642-20338-1_33, 2012.
- Forsberg, R. (1981). Programa GRADJ.
- Forsberg, R. (1981). Establishment of a LaCoste & Romberg Gravity Network in Greenland. Bulletin de Bureau Gravimetrique International, 46, 168-179.
- IAG, Description of the Global Geodetic Reference Frame, International Association of Geodesy, 2016. [Online]. Disponible en: <http://www.iagaig.org>.
- Ilde, J. L. Sánchez, R. Barzaghi, H. Drewes., C. Foerste, T. Gruber, G. Liebsch, U. Marti, R. Pail, S. Sideris, "Definition and Proposed Realization of the International Height



- Reference System (IHRs)", *Surveys in Geophysics*, 2017, vol. 38, doi: 10.1007/s10712-017-9409-3.
- Morelli, C., C. Gantar, T. Honkasalo, R.K. McConnell, J.G. Tanner, B. Szabo, U. Uotila, C.T. Whalen: *The International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN71)*. IUGG-IAG Publ. Spec. 4, Paris, 1974.
- Oja, T. (2008). New solution for the Estonian gravity network GV-EST95. Paper presented at the 7th International Conference "Environmental Engineering" Selected Papers.
- Sánchez, L. (2016). Programa NUMGEOPOT: Cálculo de números geopotenciales. Taller SIRGAS en Sistemas Verticales de Referencia, Quito, Ecuador. Noviembre 21 - 25, 2016.
- Sánchez, L., Drewes, H. (2016). Programa COMPNGP: Compensación de redes verticales en términos de números geopotenciales.
- Torge, W.: *Geodesy*. De Gruyter Berlin, 1991.
- Torge, W.: *Gravimetry*. De Gruyter Berlin, 1989.
- Torge, W., L. Timmen, R.H. Roeder, M. Schnuell: The IFE absolute gravity program "South America" 1988-1991. *Dt. Geod. Komm., Muenchen, Reihe B, Nr. 299*, 1994.
- Wenzel, H.-G.: The nanogalsoftware: Earth tide data processing package: ETERNA 3.3. *Marees Terr. Bull. d'Inf., Bruxelles, No. (124) 9425-9439*, 1996.
- Wilmes, H., A. Boer, B. Richter, M. Harnisch, G. Harnisch, H. Hase, G. Engelhard: A new data series observed with the remote superconducting gravimeter GWR R038 at the geodetic fundamental station TIGO in Concepcion (Chile). *J. Geodynamics (41) 5-13*, 2006.
- Wilmes H., Vitushkin L., Pálinkáš V., Falk R., Wziontek H., Bonvalot S. (2016) Towards the Definition and Realization of a Global Absolute Gravity Reference System. In: Freymueller J.T., Sánchez L. (eds) *International Symposium on Earth and Environmental Sciences for Future Generations*. International Association of Geodesy Symposia, vol 147. Springer, Cham.

c) Período en el que se dicta:

Segundo semestre.

d) Plantel docente:

Docente Responsable: Dra. Claudia Tocho (FCAG-CIC).

Docente Colaborador: Geof. Ezequiel Darío Antokoletz (CONICET).

e) Mecanismo explícito de evaluación:

De Aprobación: presentaciones orales y entrega de trabajos prácticos. La aprobación del seminario implica la participación activa de los estudiantes.

De Asistencia: con el 80% de presentismo a las clases.

f) Curriculum Vitae: