



fau

CARRERA DE ARQUITECTURA
CARRERA DE DISEÑO
CARRERA DE GEOGRAFÍA
ESCUELA DE PREGRADO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Programa Curso
Primavera 2022

Carrera Geografía

Nombre del Curso ELECTIVO	Cupos
AUG70021-1 Percepción remota aplicada al estudio glaciológico	20

Profesor	MSc. Diego Soza Z.	Carácter	Electivo
Monitor(s)	-	Régimen	Semestral
Horario	Viernes 15:00 a 18:15	Créditos	3
Requisitos	Percepción remota	Nivel	V-VI-VII y VIII

Descripción general y enfoque (se sugiere un máximo de 22 líneas)

En un contexto de la sociedad de la información -donde el uso cotidiano de tecnologías y técnicas a nivel usuario se ha vuelto común y masivo- las tecnologías de la información geográfica (TIG's) y las disciplinas de la Geomática aplicada (que cumplen un rol articulador) se han vuelto indispensables para abordar problemas diversos en su complejidad y naturaleza. En Chile, salvo contadas excepciones entre las que se encuentra nuestra Universidad, no existen programas de formación en Pregrado que aborden de manera sistemática el acompañamiento para la creación de capital humano con conocimiento de Glaciología y Teledetección. La relación de esta disciplina con la Teledetección aplicada se restringe a cursos de ocurrencia intermitente, Diplomados y Magister mayormente dirigidos a estudiantes de Posgrado. Esta brecha debe ser atacada con aportes concretos que colaboren a la iniciación temprana en las técnicas y enfoques prácticos para el trabajo científico. Respecto de la elección de los contenidos considerados en esta propuesta, ésta guarda estrecha relación con temas tratados en cursos obligatorios del Catálogo FAU, aprendizajes provenientes desde las disciplinas concurrentes al estudio de la criósfera (Física, Cartografía, Fundamentos de Geografía Física, Aplicaciones en SIG, Percepción Remota, Geomorfología, Cambios globales en la criósfera) que deben ser profundizados. Al finalizar la tercera versión, el estudiante debe demostrar la comprensión de los fundamentos físicos de la teledetección, y el dominio de técnicas geomáticas aplicadas al estudio de la criósfera, particularmente al monitoreo de nieves y glaciares de los Andes secos y húmedos de Chile y Argentina (*dry and wet Andes*, -33°S a -37°S).

Requisitos del estudiante

A criterio de la Escuela de Geografía.



fau

CARRERA DE ARQUITECTURA
CARRERA DE DISEÑO
CARRERA DE GEOGRAFÍA
ESCUELA DE PREGRADO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Objetivos de la asignatura (general y específicos)

El objetivo general es:

1. vincular los fundamentos teóricos entregados en los cursos “Geología del Cuaternario”, “Introducción a la Glaciología” y “Percepción remota”, integrando enfoques, técnicas y sus aplicaciones prácticas de la teledetección al estudio glaciológico en alta montaña.

Entre los objetivos específicos se cuentan:

1. introducir al estudiante a las soluciones disponibles en el campo de la teledetección visible y multiespectral aplicables al estudio de la criósfera andina, con énfasis en la identificación y monitoreo multi-temporal de glaciares de los Andes secos y húmedos binacionales.
2. Relevar las claves para el diseño de un flujo de trabajo para el monitoreo de glaciares de montaña.
3. Acompañar la formulación de propuestas de investigación en entornos glaciares.

Contenidos

Tema	Semana	Clase	Fecha	Contenidos teóricos	Actividades prácticas
Introducción a la glaciología y el estudio de la criósfera	1	1	viernes, 12 de agosto	Presentación del Curso. ¿Qué es la criósfera? Definiciones operacionales de sus elementos y componentes. ¿Qué es la Glaciología? Criósfera y el Cambio Climático. ¿Cómo se estudian los glaciares? Clasificación y Taxonomía de glaciares según UNESCO.	Lectura de Programa, Contenidos y Actividades por sesión. Entrega de materiales (datos y software) y lecturas de bibliografía. Presentación individual del grupo-curso. Prueba de diagnóstico para evaluar conocimientos previos. Entrega de materiales para Tarea 1.
Introducción a la glaciología y el estudio de la criósfera	2	2	viernes, 19 de agosto	Estudios de glaciares en Chile. inventarios: globales, regionales, locales, históricos, y de referencia. El IPG de Chile. Fuentes de información recurrentes.	Retorno de "Tarea 1. Lecturas", presentaciones individuales.
Geodesia satelital y Cartografía digital	3	3	viernes, 26 de agosto	¿Qué es la Geodesia? Definición del Elipsoide y el problema de la curvatura terrestre. Parte 2. La Geodesia satelital (GS). Principios de la medición de la GS. Tipos de orbitas. Técnicas fundamentales de la Geodesia espacial. Constelaciones GNSS, segmentos y componentes GNSS. Pseudodistancia. Parte 3. Las condiciones para la observación y los Métodos de posicionamiento. Precisiones de posicionamiento. Instrumentos GNSS. Levantamiento RTK: flujo de trabajo y control de tareas. Parte 4. La Red Geodésica Nacional. Sismicidad y co-sismicidad. Red SIRGAS-CON. Usuarios de la Red en Chile: recursos disponibles. Documentos de consulta para el levantamiento topográfico. Parte 5. La medición GNSS en zonas extremas.	Revisión de un protocolo de medición de puntos de control fotogramétricos en alta montaña (RTK). Medición, y elaboración de ficha de vértices geodésicos. Entrega de materiales para Tarea 2.



fau

CARRERA DE ARQUITECTURA
CARRERA DE DISEÑO
CARRERA DE GEOGRAFÍA
ESCUELA DE PREGRADO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

				Protocolos, procedimientos, experiencias.	
La referencia vertical y horizontal de las mediciones en Chile	4	4	viernes, 2 de septiembre	Parte 1. El problema físico de la componente vertical. El Geoid: modelos, definición y usos. Tipos de alturas y la relación entre ellas. La ondulación geoidal. Parte 2. Mediciones y Marco Geodésico para Chile, Sistemas de Coordenadas, transformación, conversión. El Datum vertical.	Revisión de un flujo de trabajo para la Transformación de Coordenadas. Extracción de la ondulación geoidal, determinación de alturas.
El dato de elevación.	5	5	viernes, 9 de septiembre	Superficies continuas y discontinuas. Modelo de elevación digital MED /DEM. Modelos de terreno y superficie. DTM/DSM. Métodos de interpolación. Superficies: pendientes, azimut, orientación, curvatura, sombreado relieve. Indicadores morfométricos.	Demostración. Uso de Rstudio para la descarga, visualización y tratamiento de datos de elevación.
Principios físicos de la teledetección. Óptica y precisiones en la teledetección pasiva	6	6	viernes, 23 de septiembre	La Energía Electromagnética (EEM). Rangos del EEM. Magnitudes radiométricas: Radiancia, Emisividad, Transmisividad, Reflectancia. Reflectividad. La imagen digital. Tipos de resoluciones. GSD, tamaño de pixel, escala, IFOV-FOV. Componentes de la Exactitud y Precisión. Estándares de la precisión; Normas chilenas (19155) y normas de referencia (ASPRS).	Entrega de materiales para Tarea 3. Determinación de rangos espectrales para productos y sus bandas en plataformas con instrumentos multispectrales. Ecuaciones principales para indicadores de calidad
El dato satelital	7	7	viernes, 30 de septiembre	Componentes de un Sistema de Observación Terrestre (SOT). Misiones satelitales, plataformas y sensores pasivos multi/hiper espectral funcionales al estudio de la criosfera. Misiones satelitales y sensores activos: Radar SAR-InSAR, LiDAR. Aerofotogrametría análoga y digital. Fuentes de acceso libre a datos de imágenes digitales	Reconstrucción de la metadatos de un set de imágenes para el estudio multi-temporal. Inspección de repositorios de búsqueda, orden y descarga de imágenes. Inspección de repositorios de búsqueda, orden y descarga de imágenes.
El tratamiento del dato satelital	8	8	viernes, 7 de octubre	¿cuando y para qué corregir los datos ópticos?. Tipos de correcciones: atmosféricas, radiométricas, geométricas. Modelos de transferencia radiativa (TRM). Remoción de nubes, vapor de agua, aerosoles. Atenuación de ruido y bandeo, relleno de líneas perdidas. Oclusión e iluminación. Filtros y realces radiométricos. Ajuste de coordenadas, reproyección.	Entrega de materiales para Tarea 4. Flujos de trabajo automatizados de pre-procesamiento de imágenes ópticas: ajustes (geométricos, radiométricos y atmosféricos) usando paquetes de RStudio
Otros datos remotos	9	9	viernes, 14 de octubre	Plataformas de captura aerotransportada: UAV-VANT. Componentes del sistema UAS. Tipos de aeronaves. Normativa nacional aplicable (DAN91 y DAN151). Elementos y factores para la Planificación del vuelo aerogramétrico en alta montaña. Revisión de experiencias exitosas	Planificación de un levantamiento fotogramétrico (genérico) UAS-VANT en zona limítrofe



fau

CARRERA DE ARQUITECTURA
CARRERA DE DISEÑO
CARRERA DE GEOGRAFÍA
ESCUELA DE PREGRADO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

El dato visible y SAR, y la interacción con los elementos de la criosfera	10	10	viernes, 21 de octubre	Propiedades electromagnéticas en el visible de los elementos de la criósfera. La intensidad y retrodispersion en la criosfera. Respuesta espectral del visible para la clasificación superficial y albedo de superficies (nieve, neviza, hielo, roca, detrito).	Interacción con plataformas web y recursos en línea para datos e información de la criosfera. Extracción de firmas espectrales por tipos de superficies, usando imágenes MS-VNIR de L8, S2, PlanetLab, RapidEye.
Teledetección visible y aplicaciones al estudio glaciológico.	11	11	viernes, 28 de octubre	Metodologías supervisadas y no supervisadas de clasificación de superficies. Identificación e inventario de glaciares descubiertos y cubiertos. El uso de límites (threshold) de índices normalizados (NDSI, NDGI, NDWI, y sus variaciones), ratios (VIS/NIR). Detección de cambios temporales. Identificación de tipos de nieve, profundidad y equivalente en agua.	Estimación de variaciones frontales y areales de un glaciar descubierto usando imágenes multiespectrales de las misiones Terra-ASTER VNIR/SWIR, Landsat 1-8, Sentinel 2. Presentación de la Tarea 5 Proyecto final.
Teledetección visible y aplicaciones al estudio glaciológico.	12	12	viernes, 4 de noviembre	Definición del Balance de masa: método geodésico y método glaciológico. Aplicaciones estacionales en nieve, y anuales en hielo. Cálculo y análisis de BMG: estimación de anómalos, rangos, zonificación, actualización. Interpretación glaciológica de los resultados.	Balance de masa nivológico. Balance de masa puntual. Cambios de altura. Aplicación de un flujo de trabajo semi-automatizado e interpretación de resultados de BMG de una serie de datos bianual de un glaciar descubierto. Estimación de errores e incertidumbres. Análisis sistemático
Teledetección visible y aplicaciones al estudio glaciológico.	13	13	viernes, 11 de noviembre	Otras aplicaciones: cálculo de velocidades superficiales con par óptico y Cross-Tracking. Estimación de espesores y profundidad de hielo. Derivación de Topografía sub-glacial y escorrentía interna. Glaciología de campo y sensores: espectrómetro y librerías espectrales.	Pares para co-registro; ajuste de la distorsión ref/espejo; estimación de desplazamientos; cálculo de velocidades; interpolaciones y ecuaciones inversas. Entrega de materiales para Tarea 5.
Aplicaciones al estudio glaciológico.	14	14	viernes, 25 de noviembre	Inicio Tarea 5. Proyecto final: línea de base glaciológica con Teledetección. El proyecto considera para un glaciar de montaña: 1) el inventario multianual de contornos y superficies; 2) la estimación de velocidades superficiales, 3) el cálculo del Balance de masa geodésico con DEM óptico, SAR, LiDAR	1) Conformación de grupos de trabajo por objetivo. 2) Revisión de datos. 3) Diseño de la investigación. Área de estudio, materiales y métodos, resultados esperados. 4) Descarga de datos. 5) orden de datos, 6) pre-procesamiento de datos por set y objetivos.
Aplicaciones al estudio glaciológico.	15	15	viernes, 2 de diciembre	Continuación de Tarea 5.	Procesamiento de datos. Redacción de resumen de artículo científico. Diseño preliminar poster
Aplicaciones al estudio glaciológico.	16	16	viernes, 9 de diciembre	Cierre de Tarea 5	Procesamiento de datos. Revisión de resumen y poster.
Aplicaciones al estudio glaciológico.	17	17	viernes, 16 de diciembre	Finalización Tarea 5. Entrega de resumen y exposición poster.	Inicio Terreno

Estrategias de enseñanza-aprendizaje (metodología)

El curso es presencial y con énfasis en la práctica intencionada desde el aprender-haciendo, buscando la asimilación de los contenidos teóricos del curso entregados en 17 sesiones. El tiempo en laboratorio se divide en dos bloques: 1) el primero para la presentación de los contenidos teóricos, 2) el segundo, para el trabajo práctico. Se propone a los estudiantes -dado el escaso tiempo disponible- prolonguen el tiempo de formación, investigando por cuenta propia tanto en la web como en la bibliografía



fau

CARRERA DE ARQUITECTURA
CARRERA DE DISEÑO
CARRERA DE GEOGRAFÍA
ESCUELA DE PREGRADO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

básica y complementaria. El trabajo en laboratorio está pensado para el análisis de datos raster y vectores con software libre (QGis, ESA SnapToolbox, LasTools, R en RStudio), y menormente software de pago (Arcgis 10x o ArcGIS Pro 2x, Envi 5x, Catalyst, Pix4D, DJI Flight Plan GroundStation). Durante el curso, los estudiantes desarrollarán y aplicarán flujos de trabajo con datos, donde se integre la eficiencia para generar un producto, la claridad en la aplicación de conceptos ligados al procesamiento de imágenes digitales y percepción remota óptica. La configuración ideal y no excluyente de los materiales requeridos son: a) Hardware, un (1) Ordenador portátil por cada estudiante, de las siguientes características: Procesador Intel I3 o superior, Quadcore de 2,6 GHz como mínimo. 8 GB o superior de Ram disponible, 512 GB de espacio en disco duro, 1 GB de RAM (mínimo) en Tarjeta de Video. Pantalla de 15" con 24 bits de profundidad (o superior). Debe tener Sistema Operativo Win7 x64 o superior (de preferencia Win10). Software a utilizar: Office 2010 o superior. QGis 3.x. ArcGIS 10.x en su versión ArcInfo, Esa Snap Toolbox, Rstudio, entre otros. El software libre, de código abierto, o gratuito, se entrega al inicio del curso.

Sistema de evaluación

El curso sólo considera evaluaciones prácticas repartidas en cinco (5) tareas individuales, a saber: "Tarea 1 lecturas científicas para la formación"; "Tarea 2 relación de alturas y transformación de coordenadas"; "Tarea 3 firmas espectrales y análisis de superficies en entornos glaciares"; "Tarea 4 procesamiento de vuelo fotogramétrico análogo"; "Tarea 5: Aplicaciones SAR y MS para una línea de base glaciar". Para resolver la tarea 1 el estudiante dispone de 7 días; para las tareas 2,3 y 4 se contabilizarán 14 días, y para la tarea 5 el plazo aumenta a 21 días. Las instrucciones para las actividades de cada tarea se entregan en sendos documentos digitales, y son leídas para su correcta comprensión. Cuando sea necesario, se contemplará una sesión de demostración. Las tareas prácticas contemplan en total 12 horas de trabajo presencial en laboratorio, y 60 de trabajo no presencial. La ponderación de las tareas es de 20, 15, 20, 15 y 30% de la nota final del curso, respectivamente. Todas las evaluaciones van de nota 1.0 a 7.0, y cuando aplique son aproximadas al entero decimal superior. El estudiante que no entregue las evaluaciones tendrá la calificación mínima (nota 1.0), nota que puede ser mejorada si cumple con la entrega, pero de cualquier manera la falta será penalizada en la nota final. La calificación de cada tarea (nota final) se acompaña de la respectiva rúbrica de evaluación, y un informe individual. Las justificaciones a inasistencias máximas y/o incumplimientos están definidas por el Protocolo de Docencia y el Reglamento de la Escuela de Geografía. La nota mínima de aprobación del curso es 4.0.

Actividad de Terreno

Dependiendo del cumplimiento del Programa, es posible un terreno al glaciar Pirámide ubicado en la cuenca del Río Yeso, comuna de San José de Maipo, para



fau

CARRERA DE ARQUITECTURA
CARRERA DE DISEÑO
CARRERA DE GEOGRAFÍA
ESCUELA DE PREGRADO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

ejecutar un vuelo aero-fotogramétrico con UAV+GNSS. Salida Viernes 16, retorno Domingo 18 de diciembre.

Materiales

Lecturas (*)

(*) cuando su acceso sea libre y se permita la reproducción del registro, se entrega al inicio del Curso. Además, se ofrece al inicio del curso un listado de Bibliografía complementaria.

Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. A., Arendt, A. A., Bauder, A., Braithwaite, R. J., Jansson, P., Kaser, G., Möller, M., Nicholson, L., y Zemp M.: Glossary of Glacier Mass Balance and Related Terms, IHP-VII Technical Documents in Hydrology No. 86, IACS Contribution No. 2, UNESCO-IHP, Paris, 124 pp., 2011.

DGA (Dirección general de aguas): Resolución N°1.851 de 2009, Establece información relativa al Inventario público de glaciares de la DGA, 17 de julio de 2009.

DGA Dirección general de aguas: S.I.T. N°205 Estrategia nacional de glaciares, fundamentos, informe elaborado por CECS Centro de estudios científicos para MOP Ministerio de Obras Públicas, Santiago, Chile, 290pp., 2009.

Gareth, W.: Remote sensing of snow and ice. Cambridge University, England. CRC Press, Taylor & Francis. USA. 324 pp., 2006.

Janke, J.R, Bellisario, A.C. y Ferrando, F.A.: Classification of debris-covered glaciers and rock glaciers in the Andes of central Chile, *Geom.*, 241, 98-121, 2015.

Jedlička, K.: Accuracy of surface models acquired from different sources -important information for geomorphological research, *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 9 (1): 17-28, 2009.

Kargel, J.S., Leonard, G.J., Bishop, M.P., Käab, A., y Raup, B.H (Eds.): Global Land Ice Measurements from Space, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 876pp., 2014.

Knight, P.G.: Glacier science and environmental change. Blackwell publishing, UK. 568pp., 2006.

Rau F., Mauz. F., Vogt, S., Shing, S., y Raup, B.: Illustrated GLIMS Glacier Classification Manual v.1. Glacier Classification Guidance for the GLIMS Glacier Inventory. GLIMS Regional Center 'Antarctic Peninsula', 2005.



fau

CARRERA DE ARQUITECTURA
CARRERA DE DISEÑO
CARRERA DE GEOGRAFÍA
ESCUELA DE PREGRADO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Soza, D., y Cassasa, G.: Estimación preliminar del área glaciada en la cuenca del río Maipo mediante sensores remotos multiespectrales y el Inventario nacional de glaciares. Presentación en Semana de la Geomática, Bogotá, Colombia, 2017.

Soza, D. y Falaschi, D., 2020. Validation of digital elevation models in the Central Andes of Chile. Revista Geográfica de Chile Terra Australis [en línea], vol. 56, pp. 22-40. DOI

<https://doi.org/10.23854/https://doi.org/10.23854/07199562.2020561.Soza21>.

Disponible en: <https://www.revistaterraaustralis.cl/index.php/rgch/article/view/71/22>.

Soza, D. y Apey, A. 2021. Análisis estadístico semi-automatizado de datos LiDAR para la estimación de anomalías y errores en el cálculo del balance de masa geodésico (GMB). Presentación de Reunión Anual Sochicri, marzo 2021, Concepción.

Singh, V.P., Singh, P., y Haritashya, U.K. (Eds.): Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers, Encyclopedia of Earth Sciences Series, 1300pp., Springer, 2011.

Tedesco, M. (Ed.): Remote sensing of the Cryosphere, New York, USA, Wiley-Blackwell (Cryosphere Science Series), P. Knight, series editor, Universidad de Keele, Nueva York, USA, 430p., 2015.

Thenkabail, P.S.: Remotely sensed data characterization, classification, and accuracies, USA, Remote sensing handbook series Volume I-III, USGS, CRC Press, Taylor & Francis, 2249 pp., 2015.

Wigmore, O., y Mark, B.G.: Monitoring tropical debris covered glacier dynamics from high resolution unmanned aerial vehicle photogrammetry, Cordillera Blanca, Peru, The Cryosphere, 11, 2463-2480, 2017.

Recursos web:

DGA Dirección general de aguas: Inventario público de glaciares, disponible en: <https://www.ide.cl/index.php/medio-ambiente/item/1665-glaciares>, 2022

DGA Dirección general de aguas: Inventario público de glaciares, disponible en: <http://www.dga.cl/productosyservicios/mapas/Paginas/default.aspx#cuatro/>, 2011.

IANIGLIA Inventario Nacional de Glaciares, disponible en: <http://www.glaciaresargentinos.gob.ar/>

Department of Science and Technology (DST) Government of India, Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC). Indo-Swiss Capacity Building Programme on Himalayan Glaciology, Glaciology Curriculum, disponible en: <http://glaciology.in/>



fau

CARRERA DE ARQUITECTURA
CARRERA DE DISEÑO
CARRERA DE GEOGRAFÍA
ESCUELA DE PREGRADO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

PhD. Martin P. Lüthi página personal de la Universidad de Zürich, disponible en: <http://www.geo.uzh.ch/~mluethi/>

WMO Global Cryosphere Watch, disponible en: <http://globalcryospherewatch.org/>

IGS World glacier monitoring service, disponible en: <https://wgms.ch/>

GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space, disponible en: <http://www.glims.org/>

IANIGLIA-CONICET Observatorio Regional de la Nieve, disponible en: <http://estaciones.ianigla.mendoza-conicet.gob.ar/nieve/>

CR2, IANIGLIA-Conicet Observatorio de Nieve de los Andes de Argentina y Chile, disponible en: <https://www.observatorioandino.com/>

PVI.

Fin del documento.

M.Sc. Diego Soza Zamora.

Agosto de 2022.