



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Análisis curricular de la Ingeniería Topográfica en Colombia

Gonzalo Jiménez Cleves, Carlos Alberto Hurtado Bedoya, Julián Garzón Barrero

**Universidad del Quindío
Armenia, Colombia**

Resumen

La geomática ha surgido de la topografía. La evolución de las tecnologías de la información geográfica desde la década de los 80 ha provocado cambios significativos en el uso de la información topográfica para la gestión del territorio. El diseño de los planes de estudio considera fundamental que su estructura esté soportada por matemáticas, física, y computación. Este trabajo intenta esbozar los desafíos de esta nueva disciplina para el país, a través del análisis de los currículos de las universidades que producen profesionales en esta área, en la búsqueda de la unificación en la titulación y la conservación de una identidad autónoma tradicional en el país: La topografía y los nuevos retos de la geomática.

Palabras clave: topografía; geomática; sílabos; créditos

Abstract

Geomatics has emerged from topography. The evolution of geographic information technologies since the 1980s has caused significant changes in the use of topographic information for land management. The design of the study plans considers it essential that their structure be supported by mathematics, physics, and computing. This work tries to outline the challenges of this new discipline for the country, through the analysis of the curricula of the universities that produce professionals in this area, in the search for the unification in the degree and the conservation of a traditional autonomous identity in the country: Topography and the new challenges of geomatics

Keywords: topography; geomatics; syllables; academic credits; curricular design

1. Introducción

La evolución de los sistemas de administración territorial se consideran un gran desafío para la profesión topográfica. El enfoque de la topografía como profesión ha cambiado, por ello es necesario adaptarse a la revolución de la información espacial y, al mismo tiempo, mantener los servicios tradicionales. La universidad debe actuar como el principal facilitador en el proceso de formación y promoción de la identidad de la profesión del topógrafo. El perfil educativo debe cubrir las áreas de la ciencia de la medición, la administración territorial, así como integrar un amplio paradigma interdisciplinario en la gestión de la información geográfica (Enemark, 2002). En Colombia, los programas académicos que ofertan formación en topografía a nivel de ingeniería, han trascendido desde programas tecnológicos a un nivel de formación superior profesionalizante. Esto sugiere que su enfoque tecnológico de medición, cálculo y representación de la superficie topográfica bajo un sistema plano cartesiano local, se transforme hacia un enfoque científico, en la gestión de la información espacial; como disciplina central para combinar las áreas tradicionales de la ciencia de la medición y la gestión del territorio. El modelo curricular adoptado por las distintas universidades, presenta la posibilidad de que los estudiantes puedan orientar su futura actividad profesional por un amplio espectro de posibilidades, como diseño y administración de sistemas de información geográfica (SIG), la utilización de diversos sensores para analizar datos geoespaciales a través de diversas técnicas cartográficas, y gestión de sistemas catastrales. Sin embargo, parece que la topografía en sí misma, no tuviese evolución en la malla curricular y sus contenidos. No es la intención de este trabajo, modificar la malla curricular de los programas académicos para hacerla más parecida a la de otras universidades, sino conocer la evolución local de esta área común para todos. Este trabajo busca analizar la estructura curricular de los programas que ofertan ingeniería topográfica en Colombia, desde el enfoque de sus componentes de formación específica en topografía y geomática; a través de una revisión de los créditos académicos y los contenidos de los sílabos. El resultado del análisis desarrollado, encontró que la mayoría de los programas académicos, a pesar de su denominación, presentan más fortaleza en el área de la geomática que en la propia de la titulación; la topografía.

2. Materiales y metodología

Este estudio se realizó a través de la revisión de las mallas curriculares y sílabos de los programas académicos de Ingeniería Topográfica de las universidades Distrital, Valle, Quindío y las Unidades Tecnológicas de Santander. La información fue tomada de la página web de cada institución, y en algunos casos particulares, suministrada por docentes de estos programas.

Se revisaron las mallas curriculares y se agruparon los espacios académicos específicos en dos áreas de formación: Topografía y Geomática. A fin de obtener un análisis comparativo entre los programas académicos de cada institución se contrastó el número de créditos académicos por semestre para medir el tiempo de las actividades del estudiante en función de sus competencias profesionales. También se realizó el análisis de los sílabos de los espacios académicos, evaluando la pertinencia de los contenidos y la relación entre créditos e intensidad horaria. Esto nos permitió establecer la pertinencia y profundidad temática; así como la actualización y vigencia de la bibliografía utilizada.



Finalmente, se establecieron algunas conclusiones y recomendaciones, como resultado final de este estudio, que servirán como soporte para futuros estudios y mejoras curriculares.

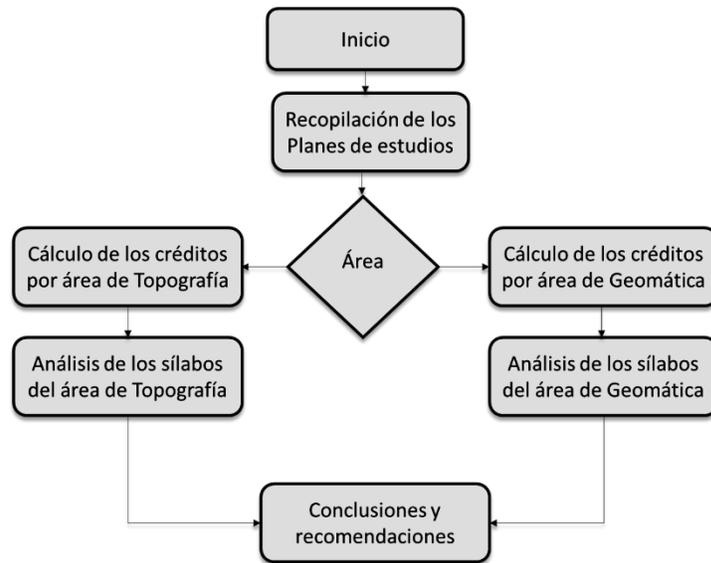


Fig. 1 Estructura metodológica

3. Resultados

3.1 Topografía

Los Topógrafos son profesionales cuya cualificación académica y conocimientos posteriores están capacitados para el asesoramiento sobre el manejo y uso del suelo y de la propiedad, en ámbito rural y urbano, desarrollado o subdesarrollado. Los topógrafos conocen la legislación que gobierna el suelo y la propiedad, así como los mercados que los gestionan, los servicios que los apoyan, las economías de construcción, manejo, mantenimiento, adquisición y disposición.

La práctica profesional del topógrafo comprende un amplio campo de actividades que pueden tener lugar sobre, encima o bajo la superficie del suelo o del mar, y que pueden ser llevadas a cabo en asociación con otros profesionales (FIG, 2020)

Para el análisis se tabularon datos correspondientes a los créditos académicos del área de topografía por institución educativa (Tabla 1) y los resultados se graficaron mediante un histograma (Fig. 1)

Semestre	UTS	VALLE	DISTRITAL	QUINDIO
I	10	2	3	2
II	10	0	3	0
III	4	9	0	4
IV	0	6	0	4
V	4	0	0	4
VI	0	3	0	6
VII	2	0	3	2
VIII	0	0	0	0
IX	4	0	0	0
X	0	0	0	4
TOTAL	34	20	9	26

Tabla. 1 Comparativo de créditos académicos en el área de topografía

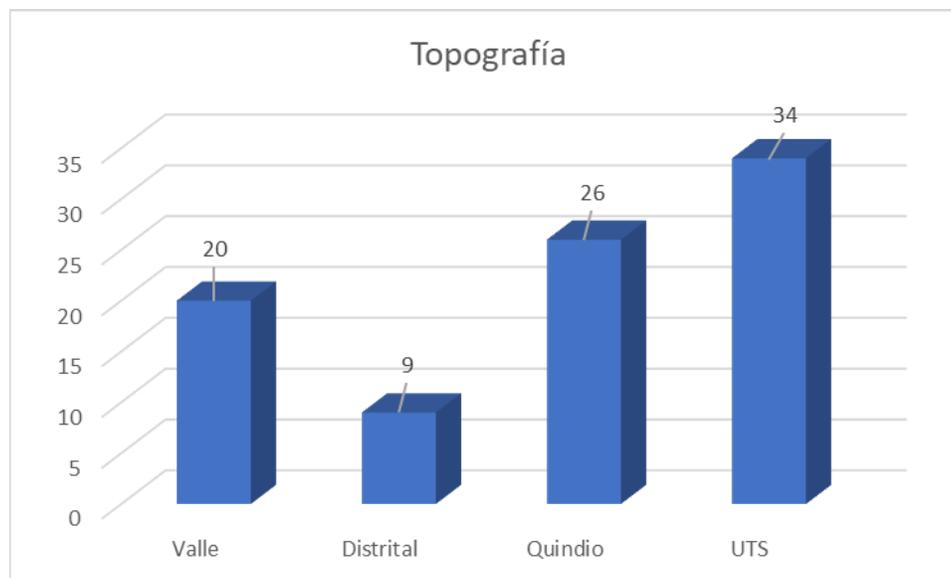


Fig. 2 Total de créditos académicos en el área de topografía

En función de la cantidad de créditos de esta área, podemos observar que existe una gran diferencia entre la universidad distrital y las otras tres instituciones de educación superior. En varias instituciones, los espacios del área se encuentran en los primeros semestres; con lo que se puede observar que no hay un aporte importante de la ciencia básica a estos espacios. En algunas instituciones, aún conservan los nombres de espacios académicos correspondientes a los programas tecnológicos anteriores, lo que no permiten mostrar su evolución. En una de las instituciones educativas, se encuentran espacios académicos con muchos contenidos programáticos (20) para un escaso número de créditos (3). En muy pocos programas, aparecen espacios académicos de un nivel científico, propios de una ingeniería. En la gran mayoría de las instituciones, los contenidos se mantienen en un nivel tecnológico. En varios espacios académicos los sílabos, que aparecen en las páginas web de las instituciones, la bibliografía utilizada corresponde a periodos de más de 10 años.

3.2 Geomática

Geomática es el término científico moderno que hace referencia a un conjunto de ciencias en las cuales se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica; también llamada información espacial o geoespacial.

La Geomática engloba en la actualidad a muchas áreas que originalmente se encuentran separadas como la geodesia, topografía, fotogrametría, cartografía, geografía, teledetección, catastro, sistemas de posicionamiento global, ordenamiento territorial y sistemas de información geográfica; sin lugar a dudas podemos agruparlos como integrantes de una sola disciplina denominada Geomática y por lo tanto son geomáticos quienes ejecutan o ejercen las distintas especialidades involucradas. (Universidad de Oviedo, 2018)

Semestre	UTS	VALLE	DISTRITAL	QUINDIO
I	0	0	0	0
II	0	0	0	0
III	4	0	3	0
IV	0	2	3	0
V	8	6	3	0
VI	10	9	4	4
VII	0	12	3	6
VIII	0	12	6	8
IX	8	0	0	8
X	4	0	0	6
TOTAL	34	41	22	32

Tabla. 2 Comparativo de créditos académicos en el área de Geomática

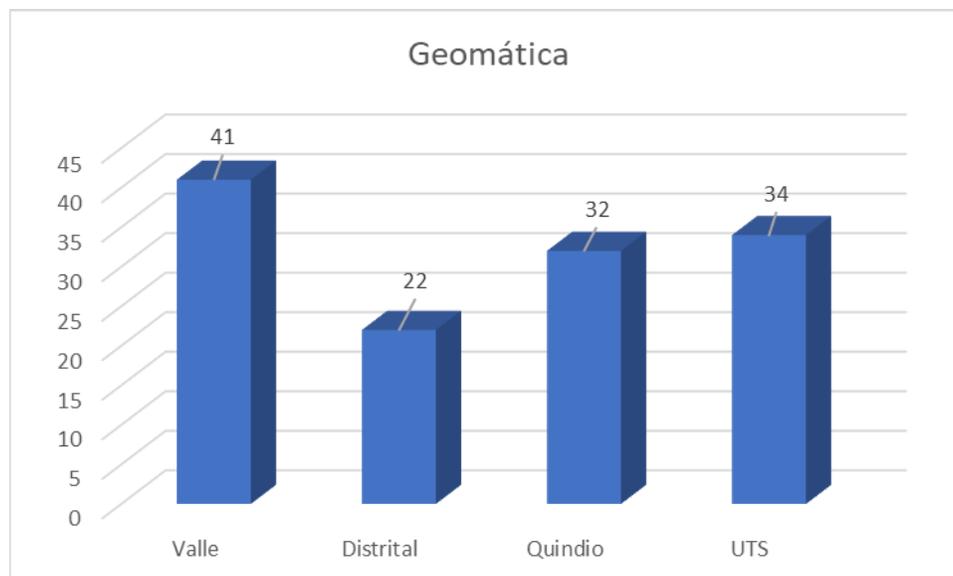


Fig. 3 Total de créditos académicos en el área de geomática

En función de la cantidad de créditos de esta área, podemos observar que no existe una gran diferencia entre las cuatro instituciones de educación superior. Aunque la mayoría de las instituciones comparten muchos elementos del área, algunas de ellas, por su fortaleza, profundizan más en los contenidos de varios espacios académicos; estableciendo un factor diferenciador entre ellas. En algunas instituciones fusionan dos espacios académicos, generando unos contenidos de poca profundidad académico-científica. En la mayoría de los programas, aparecen espacios académicos de un nivel científico, propios de una ingeniería. Aunque en la mayoría de espacios académicos, en los sílabos que aparecen en las páginas web de las instituciones, la bibliografía utilizada es pertinente; ésta se puede fortalecer con más artículos científicos de los últimos 5 años.

4. Conclusiones y recomendaciones

El análisis comparativo permitió identificar elementos diferenciadores que cada estructura curricular tiene frente a los otros. En términos de las áreas de conocimiento específico debería existir uniformidad de criterios de las estructuras curriculares, a fin de que los graduados puedan contar con una formación integral que les permita generar transformaciones sostenibles en los territorios y asumir sus retos laborales. En relación con las materias básicas de topografía como planimetría y altimetría, no solo conserva el nombre que se tenía desde los programas de tecnología, sino que en la gran mayoría mantienen sus conceptos IID y ID de manera independiente, cuando la realidad de la topografía hoy día es considerada IIID. La ubicación de algunas materias de topografía en los primeros semestres, no permiten hacer uso de la ciencia básica, lo que conlleva a no desarrollar contenidos de un nivel superior.

Puede observarse en las mallas curriculares, que siendo programas de ingeniería topográfica no se desarrollan contenidos suficientes en topografía, dándole mayor prioridad a espacios académicos complementarios, que, aunque importantes, no son fundamentales para el objeto de estudio.

En el área geomática, se puede observar que la mayoría de los programas están más estructurados en contenidos, actualidad y créditos académicos.

Sería de suma importancia un trabajo entre las cuatro instituciones para definir contenidos mínimos, lo que permitiría mayor movilidad académica y la posibilidad a acceder a nivel de posgrado con una fundamentación más estandarizada.

Una de las recomendaciones en el campo de profundización del conocimiento y la investigación, es la construcción del estado del conocimiento alrededor de las nuevas tendencias en área de la topografía; las cuales nos ha llevado a identificar las siguientes cuatro líneas como las de mayor interés: *modelación de superficies terrestres, diseño de mediciones, metrología topográfica y, optimización de movimientos de tierra.*

La modelación de superficies terrestres ha sido el objeto de estudio de la topografía. Sus enfoques de modelado matemático no han sido ampliamente adoptados en la mayoría de los softwares SIG, debido a que no se implementan fácilmente (Guth, y otros, 2021). De manera tradicional se ha empleado TIN como modelo de interpolación lineal por excelencia en la representación



topográfica. Sin embargo, las condiciones de una superficie natural están lejos de presentar comportamientos lineales, más bien, se asocian a formas complejas y en ocasiones caóticas. En este sentido, la modelación geoestadística bajo los algoritmos Kriging, presenta una amplia gama de interpoladores que buscan ajustar la superficie a un polinomio que modela la tendencia general, a través de parámetros como elipsoides de búsqueda y criterios de muestreo (Alcaras, Amoroso, & Parente, 2022). La utilización de los algoritmos Kriging exige el cumplimiento de supuestos que no se pueden obviar: la normalidad de datos, su estacionariedad y la no tendencia de sus residuos. Pero, ¿qué hacer si los datos no cumplen estas condiciones?

Por otro lado, la **necesidad de cumplir con la tolerancia** de los elementos constructivos que se desean implantar en obras, conlleva a diseñar mediciones en función de las características del instrumental disponible y la configuración geométrica de la red, permitiendo la combinación de métodos para lograr la acotación del error. Conceptos tradicionales como el grado de precisión y el error de cierre, han sido relevados por la precisión posicional relativa (PPR), que representa la incertidumbre de la medición por la influencia de los errores aleatorios, entre un par de puntos del mismo levantamiento, con nivel de confianza de 95%. Esto se puede lograr, a través de los resultados de ajustes de observaciones por mínimos cuadrados, mínimamente restringidos y correctamente ponderados, que producen elipses, desde donde se analizan las contribuciones de diferentes fuentes de error, que involucran las limitaciones ópticas y mecánicas del instrumental, así como, las condiciones de rigurosidad geométrica de la red. Los modelos de medición angular realizados con técnicas de repetición o reiteración han sido superados con los avances tecnológicos del instrumental, lo mismo sucede con los conceptos de error de cierre y grados de precisión de polígonos como red de apoyo.

La **medición de la productividad real del movimiento de tierras** (MT) es una gran preocupación para los administradores de proyectos de ingeniería. Las diferencias entre el diseño y productos finalizados causan retrasos en el proyecto y sobrecostos debido a la naturaleza lenta del re-trabajo del MT. Tradicionalmente esta productividad, ha dependido de antiguas tablas de rendimiento con curvas, que indican condiciones para suelos muy diferentes a los nuestros. Esto tiene un efecto de alta ponderación sobre el rendimiento de la maquinaria y los volúmenes obtenidos. Adicionalmente, en nuestro medio se acude a la experiencia empírica de los operadores. La literatura contemporánea indica que los modelos de cálculo de rendimiento, se analizan con metodologías combinadas de GPS, lógica difusa y redes neuronales, para definir la variabilidad de incertidumbre que existe en la duración de actividades de MT, optimizando modelos de carga, desplazamiento, descarga y retorno (Shan, Li , Hwang, & Chua, 2021).

Dada la naturaleza de nuestro objeto de estudio, es fundamental que la estructura curricular de los programas académicos que ofertan ingeniería topográfica en Colombia, sea consistente con su denominación y presente temáticas en las áreas específicas de topografía que van más allá de planimetría y altimetría, que producen conceptos disgregados de dos y tres dimensiones respectivamente. Esta división de conceptos topográficos, debería ser revaluada y unificada bajo conceptos de un esquema de medición tridimensional, que le permita al estudiante acoplar las técnicas de medición a su espacio real. Es importante proponer enfoques de profundización en la modelación



superficial topográfica, explorando técnicas de interpolación de aprendizaje automático como Máquinas de Vector Soporte (*Support Vector Machines, SVM*), o redes neuronales, así como técnicas de modelación de errores de predicción y de muestreo de datos.

La **metrología topográfica** como ciencia de la medición, es el soporte indiscutible para el de diseño de mediciones, que van desde los procesos de verificación del instrumental, calibración, trazabilidad y definición de incertidumbres, hasta la estandarización de procesos válidos y confiables para garantizar la calidad posicional de puntos que definen vértices de redes de alta precisión y sus vectores de medición derivados. En este sentido, la academia debería incorporar en su estructura curricular, espacios académicos que permitan tratar la ciencia de la medición bajo un enfoque de aplicación al instrumental y diseño de especificaciones topográficas.

Desde el enfoque de los MT, se hace necesario mejorar los procedimientos de su planificación, mediante la utilización simultánea de nubes de puntos basadas en vehículos aéreos no tripulados, con integración con tecnología '*Building Information Modeling*' (BIM), así como definir nuevas métricas de productividad y su implementación en proyectos de construcción (Kim, Lee, Seo, Lee, & Choi, 2021)

Lo descrito en los párrafos anteriores guía la discusión alrededor de la actualización y profundidad de las temáticas específicas de la topografía, y la pertinencia de la formación en nuestros claustros universitarios frente a la tendencia global.

5. Referencias

Artículos de revistas

- Alcaras, E., Amoroso, P. P., & Parente, C. (2022). The Influence of Interpolated Point Location and Density on 3D Bathymetric Models Generated by Kriging Method An Application on the Giglio Island Seabed (Italy). *Geosciences*, 2-23.
- Kim, J., Lee, S., Seo, J., Lee, D.-E., & Choi, H. (2021). The Integration of Earthwork Design Review and Planning Using UAV-Based Point Cloud and BIM. *Applied Sciences*, 1-14.
- Enemark, S. (2002). Innovation in Surveying Education. *Global J. of Engng. Educ.*, 153-160.
- Guth, P. L., Van Niekerk, A., Grohmann, C. H., Muller, J.-P., Hawker, L., Florinsky, I., . . . Strobl, P. (2021). Digital Elevation Models: Terminology and Definitions. *remote sensing*, 1-19.
- Shan, M., Li, Y.-S., Hwang, B.-G., & Chua, J.-E. (2021). Productivity Metrics and Its Implementations in Construction Projects: A Case Study of Singapore. *Sustainability*, 1-19.

Fuentes electrónicas

- FIG. (02 de 10 de 2020). About FIG. Obtenido de <https://www.fig.net/about/general/language/leaflet-spanish.asp>
- Universidad de Oviedo. (9 de 04 de 2018). Aplicaciones Geomáticas. Obtenido de <https://aplicacionesgeomaticas.wordpress.com/about/>



Sobre los autores

- **Gonzalo Jiménez Cleves:** Topógrafo, Esp. en computación para la docencia, Máster en ingeniería de sistemas. Líder del grupo de investigación Geoide G 62, Docente de planta Universidad del Quindío. Profesor titular. gjcleves@uniquindio.edu.co
- **Carlos Alberto Hurtado Bedoya:** Topógrafo, Esp. en sistemas de información topográfica, Máster en ciencias de la organización, Docente de planta Universidad del Quindío. Profesor asociado. cahurtado@uniquindio.edu.co
- **Julián Garzón Barrero:** Tecnólogo en Topografía. Ingeniero de Sistemas. Especialista en Geomática, Magister en SIG. Docente de planta Universidad del Quindío. Profesor asistente Universidad del Quindío. juliangarzonb@uniquindio.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

