

Tipo de artículo: Artículo original

# Relaciones interdisciplinarias entre la tecnología y la topografía: Sus aplicaciones en la ingeniería

## *Interdisciplinary relations between technology and topography: Its applications in engineering*

William Ausberto Merchán García <sup>1\*</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-6910-5885>

Joffre Daniel Pincay Menéndez <sup>2</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-4664-8983>

Bolívar Fabián Mendoza Marcelló <sup>3</sup> , <https://orcid.org/0000-0003-0812-2232>

Raquel Vera Velázquez <sup>4</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-5071-7523>

<sup>1</sup> Magíster en Finanzas y Comercio Internacional (MgFci), Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ing. Industrial de la Universidad Estatal de Guayaquil, Ing. Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Docente en la Universidad Estatal del Sur de Manabí Ecuador. Correo electrónico: [william.merchan@unesum.edu.ec](mailto:william.merchan@unesum.edu.ec)

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. Correo electrónico: [jofre.pincay@unesum.edu.ec](mailto:jofre.pincay@unesum.edu.ec)

<sup>3</sup> Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. Correo electrónico: [bolivar.mendoza@unesum.edu.ec](mailto:bolivar.mendoza@unesum.edu.ec)

<sup>4</sup> Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. Correo electrónico: [vera-raquel@unesum.edu.ec](mailto:vera-raquel@unesum.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [william.merchan@unesum.edu.ec](mailto:william.merchan@unesum.edu.ec)

### Resumen

En el presente artículo se realiza una revisión bibliográfica que tiene el objetivo de comparar el uso de los vehículos aéreos no tripulados y el software de diseño de proyectos constructivos con el equipo convencional usado en la topografía, en las ingenierías como por ejemplo la ingeniería civil, etc. La metodología empleada es de carácter descriptivo; y la estrategia empleada para la búsqueda eficaz de la información fue la declaración PRISMA. El resultado obtenido, una vez concluida la revisión bibliográfica es que la tecnología aplicada a la topografía en el campo de la ingeniería civil es más efectiva, pues ahorra tiempo y ofrece una visión más integral, con datos más precisos en las diferentes etapas del proceso constructivo. El enfoque interdisciplinario de la tecnología y la topografía generó una visión más elaborada y compleja de la ingeniería civil, por cuanto, trasciende la topografía clásica, para convertirse en una valiosa metodología a utilizar en cualquier proyecto de ingeniería.

**Palabras clave:** topografía, tecnología, ingeniería, ingeniería civil.

### Abstract

*In this article, a bibliographical review is carried out with the objective of comparing the use of unmanned aerial vehicles and construction project design software with the conventional equipment used in topography, in engineering such as civil engineering, ect. The methodology used is descriptive; and the strategy used for the effective search for information was the PRISMA statement. The result obtained, once the bibliographical review is concluded, is that the technology applied to topography in the field of civil engineering is more effective, since it saves time and offers a more comprehensive vision, with more precise data in the different stages of the construction process. . The interdisciplinary approach of technology and topography generated a more elaborate and complex vision of civil engineering, since it transcends classical topography, to become a valuable methodology to be used in any engineering project.*



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**  
(CC BY 4.0)

**Keywords:** *surveying, technology, engineering, civil engineering.*

**Recibido:** 21/11/2022  
**Aceptado:** 31/01/2022  
**En línea:** 02/02/2023

## Introducción

La topografía es la rama de la ciencia que tiene por objeto de estudio la descripción, a nivel físico, de la superficie terrestre. Mediante ella se realizan las mediciones necesarias para determinar la posición relativa de puntos sobre, en, o debajo de la superficie terrestre, así como para situar puntos en una posición concreta (Kraeuter et al., 2005).

La topografía es esencial en la ingeniería civil, a través de ella se realiza el levantamiento topográfico, el encaje y el replanteo de obras, las mediciones de terreno, cubicaciones de movimientos de tierra, etc. Se sustenta en la matemática, específicamente, en la trigonometría y en la geometría tanto plana como del espacio.

Dicha rama de la ciencia se atomiza en planimetría y altimetría o hipsometría. La primera se encarga de analizar los métodos para representar a escala los detalles de un terreno sobre la superficie plana; es decir, excluye la altitud del relieve para lograr una representación en dirección horizontal. La segunda, por su parte, se encarga de la medición de la altura desde donde se logra la representación del relieve.

La topografía, al igual que todas las ramas de la ciencia, ha evolucionado. Si bien no lo ha hecho desde su objeto de estudio, sí mediante los métodos y medios que se emplean, a partir del desarrollo alcanzado la tecnología. La evolución tecnológica posibilita realizar mediciones muy precisas con menor coste y una optimización de los plazos. Entre las herramientas más utilizadas están el Láser Escáner 3D, Drones y el Modelado BIM 3D.

## Materiales y métodos

En este estudio se realizó una revisión documental de carácter descriptivo. Para ello, se emplearon fuentes primarias. Los datos obtenidos se recopilaron de artículos científicos publicados entre los años 2019 a 2022, lo que avala la actualidad del tema abordado. Como buscador se empleó Google Académico y, la estrategia empleada para la búsqueda eficaz de la información fue la declaración PRISMA (Urrútia & Bonfill, 2010).



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

En la revisión bibliográfica se cumplieron todas las fases propuestas por la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas de publicaciones (Figura 1) (Urrútia & Bonfill, 2010). En la fase 1 tuvo lugar la búsqueda de artículos que incluyeran las palabras topografía, tecnologías e ingeniería civil en el título, resumen, palabras clave o texto del manuscrito. Se utilizó el Google Académico como buscador.

En la fase 2 se eliminaron las publicaciones duplicadas y, en la fase 3, se descartaron artículos en idiomas diferente a español o inglés. Los parámetros de elegibilidad y de exclusión de artículos se decidieron en la fase 4.

#### Parámetros de elegibilidad

- Artículos que aludan la topografía en la ingeniería civil.
- Artículos que aborden la concepción avanzada de topografía en la ingeniería civil.
- Artículos que hayan sido publicados en los últimos cinco años.

#### Parámetros de exclusión

- Artículos que aludan la topografía en otras áreas que no sea en la ingeniería civil.
- Artículos o estudios que no evidencian sustentación científica.
- Artículos en otro idioma que no fuera español o inglés.

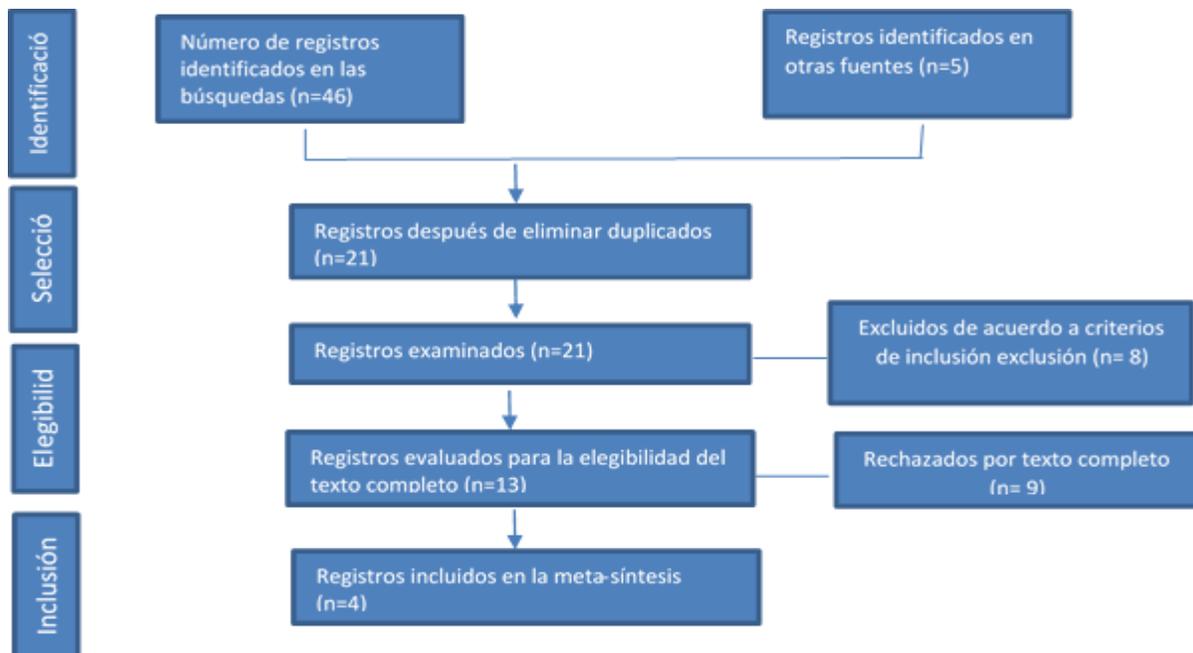


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.



## Resultados y discusión

Para la revisión bibliográfica se seleccionaron 4 investigaciones que abordan la topografía en la ingeniería civil. En ellos se compara las herramientas usadas en la topografía clásica con las empleadas en la topografía avanzada. En la topografía avanzada se utilizan software de diseño de proyectos constructivos como, por ejemplo, los softwares de SIG (Sistema de Información Geográfica) y BIM (Building Information Modeling). Se aplican, además, los vehículos aéreos no tripulados, como son los Drones. A continuación, se realiza un resumen de los estudios seleccionados (tabla 1)

**Tabla 1.** Resumen de los estudios seleccionados.

No.	Objetivo de la investigación	Propuesta	Resultados
1	Demostrar las ventajas del empleo de un entorno de realidad virtual como herramienta docente para la resolución de ejercicios didácticos sobre base real.	La inclusión coordinada de GIS y BIM, dos potentes herramientas de software que se presentan imprescindibles en el desarrollo profesional de proyectos de infraestructuras de ingeniería civil.	El fenómeno BIM no debe quedar limitado a unas pocas horas dentro de una asignatura generalista. Debe haber una respuesta institucional que garantice unos contenidos más extensos y específicos en esta materia, que potencie una formación BIM pública y de calidad, y claramente demandada por el sector profesional, maximizando así la empleabilidad del alumnado.
2	Comparar las mediciones obtenidas con cinta, estación total y Drone, para conocer la precisión con la cual el Drone alcanzó las medidas más cercanas a las reales del terreno a medir.	El empleo de los vehículos aéreos no tripulados es superior a un levantamiento topográfico, en cuanto al tiempo y al costo, además genera productos geoespaciales de gran precisión y contenido.	El método tradicional por cinta se lleva mucho tiempo y, además, es necesario la ayuda de al menos dos personas para realizar el levantamiento por cinta. El levantamiento con estación total requiere que la tecnología sea calibrada cada cierto tiempo y se necesita de al menos dos personas para su empleo. El levantamiento con el Drone lleva poco tiempo y solo se necesita una persona para manipularlo.
3	Comparar el uso de los vehículos aéreos no tripulados con el equipo convencional en tres categorías de la ingeniería civil (inspección visual de pavimentos, estudio preliminar	La implementación y aplicación de los vehículos aéreos no tripulados en las diferentes categorías de la ingeniería civil, haciendo énfasis en sus ventajas y	El empleo de vehículos aéreos no tripulados tiene mayores ventajas que el equipo convencional, en las tres categorías de la ingeniería civil.



	para proyectos de construcción de obras en ingeniería civil, y la mensura y Topografía).	desventajas.	
4	Comparar el Modelo Digital de Elevaciones obtenido por topografía clásica con instrumentación GNSS con el producto topográfico derivado de la información capturada mediante Sistemas Aéreos no Tripulados, en cuanto a la calidad posicional del Modelo Digital del Terreno.	Estudio de la viabilidad de los productos fotogramétricos obtenidos con Sistemas Aéreos no Tripulados, en el área de la ingeniería civil concretamente en la captura topográfica base para el diseño de una carretera.	Los modelos obtenidos a partir de los datos generados con UAS presentan mejores precisiones que los adquiridos por topografía clásica, especialmente si intervienen en el cálculo las líneas de roturas y se eliminan los puntos intermedios entre ellas, quedando la superficie únicamente definida por estos elementos lineales.

La incorporación de vehículos aéreos no tripulados (UAS) como alternativa a los levantamientos topográficos clásicos ha experimentado en estos últimos años un gran avance en todos los ámbitos de la ingeniería, dado que permiten una rápida y eficaz generación de diferentes productos fotogramétricos (nube de puntos, modelo digital del terreno, ortofotos), a la vez que favorecen una reducción de los costes (Pérez et al., 2022).

Los UAS más desarrollados están provistos con receptores GNSS, auxiliados por Unidades de Navegación Inercial (IMU) y cámaras no métricas. El uso conjunto de estos instrumentos con el software de bajo coste basados en algoritmos *Structure for Motion* (SfM) y en *Multi-View Stereo* (MVS), hacen cada vez más competitiva a la fotogrametría UAS frente a los tradicionales levantamientos topográficos sobre pequeñas y medianas superficies. Su empleo en la cuantificación de cambios topográficos y en el monitoreo topográfico de líneas de costas y dunas se ha incrementado sustancialmente.

En la topografía clásica, durante la redacción y ejecución de cualquier proyecto de ingeniería civil, para extraer la información necesaria, se usaba como herramientas básicas los mapas topográficos, Modelo Digital de Elevaciones (MDE), nube de puntos, Modelo Digital del Terreno (MDT), ortofotos, etc. Estos datos eran recopilados a partir de levantamientos topográficos tradicionales (GNSS, estación total, etc.), fotogrametría aérea, cartografía, etc. Actualmente, es más efectiva la combinación de UAS y fotogrametría en la captura de estos datos (Pena-Villasenin et al., 2020).

Después de contrastar la información geoespacial capturada por diferentes metodologías y evaluar las precisiones obtenidas, con el fin de poder validar o no la metodología de trabajo con UAS. Pérez, Rito y (Pérez et al., 2022)



Afirman que los modelos obtenidos a partir de los datos generados con UAS presentan mejores precisiones que los adquiridos por topografía clásica, especialmente si intervienen en el cálculo las líneas de roturas y se eliminan los puntos intermedios entre ellas, quedando la superficie únicamente definida por estos elementos lineales.

Desde esta misma perspectiva, la investigación desarrollada por (Romero González, 2020) versa sobre la aplicación de los UAS. Se propone la implementación y aplicación de los vehículos aéreos no tripulados en tres categorías de la ingeniería civil: Inspección Visual de Pavimentos, Estudio Preliminar para Proyectos de Construcción de Obras en Ingeniería Civil, y la Mensura y Topografía de un parque recreativo, un vertedero, y la comparación de los resultados obtenidos empleando equipo convencional vs. Drone en un predio de terreno.

Los UAS se basan en sensores remotos instalados sobre este tipo de vehículos que permiten adquirir imágenes de manera rápida, asequible y eficaz, con el fin de generar datos tridimensionales de alta resolución. Por cuanto, amplía el campo de visualización al incorporar rango del espectro electromagnético más allá del óptico-visible (por ejemplo, multiespectral, hiperespectral, infrarrojo, pancromático, radar). De igual manera, mejora la calidad, cantidad, y resolución espacial y temporal de los datos (Romero González, 2020).

Este estudio provee la representación gráfica de la configuración de la superficie del terreno, mediante curvas de nivel. Incluye, además, la localización de todos los caminos, cuerpos de agua, líneas hidráulicas, canales, estructuras y utilidades. Tiene como objetivo mostrar las características del terreno e información útil para la representación de una realidad 3D (x,y,z) en un plano 2D (x,y) y así definir espacios.

Como conclusión dichos autores mencionan que la obtención de los datos de campo por métodos convencionales representa, en ocasiones, un reto y la exposición a situaciones de riesgos: topografía accidentada, acceso, tránsito vehicular, personal especializado y el tiempo requerido para completar las tareas. No obstante, el empleo de la tecnología UAVs representa una alternativa viable que reduce los costos, redundando en beneficio y minimiza la exposición a accidentes.

Por su parte, (Del Río-Santana et al., 2019) realizaron un levantamiento topográfico con fotogrametría con Drones, específicamente con el Drone Phantom 4 pro y el software Pix4D. Las mediciones obtenidas con la fotogrametría a partir del Drone fueron comparadas con los métodos tradicionales para conocer la precisión con la cual el Drone alcanza las medidas más cercanas a las reales del terreno a medir.



Los estudios fotogramétricos a partir de drones son superiores. Entre las ventajas de su uso en topografía están que reducen los riesgos de trabajo, debido a que analizan más terreno en menos tiempo y con mayor fiabilidad, además de reducir los costes asociados al uso de aviones tripulados. Con ellos se obtienen nubes de puntos 3D de alta densidad en color real y ortoimágenes de gran resolución para la elaboración de planos, sobre todo, en zonas inaccesibles o en grandes superficies.

Su uso optimiza el cálculo de volúmenes de tierra, realiza estudios de límites catastrales y calcula las dimensiones de alturas. También posibilitan el monitoreo periódico de zonas de interés y el control de avance de proyectos. Cuidan el medio ambiente, pues no emite CO2 a la atmosfera.

(Martínez-Ibáñez et al., 2021) Realizan una investigación en la cual proponen una combinación entre SIG y BIM, a través de un entorno de realidad virtual, como innovación docente incorporada a las prácticas realizadas en la asignatura Ingeniería Civil.

La hipótesis que defienden es que el flujo de trabajo BIM puede optimizarse mediante un análisis preliminar utilizando herramientas SIG. Así, mediante SIG puede estudiarse diferentes alternativas para el corredor de la futura traza de la carretera, como la geología, usos y ocupación del terreno, pendientes, aspectos ambientales, los que pueden ser tratados con anterioridad desde un SIG con el objetivo de facilitar un diseño de trazado óptimo que minimice costes económicos y ambientales.

Esta propuesta es interesante, pues el SIG no es una herramienta de diseño de carreteras, por lo cual la utilizan para ajustar y cuantificar las características constructivas del proyecto como es el volumen del movimiento de tierras, o para garantizar el cumplimiento de los parámetros geométricos normativos y de seguridad vial. De igual forma, el uso de herramientas BIM permite al alumno refinar el trabajo realizado en SIG, incorporando así criterios de trazado geométrico de carreteras, y de optimización de movimientos de tierras. Todo ello conduce al alumno a dar un importante paso adelante en su formación profesional, pues acerca su propuesta hasta una realidad constructiva más cercana a los diseños que realmente se desarrollan en el sector.



## Conclusiones

La topografía es la rama de la ciencia que permite verificar el estado en que se encuentran los elementos del terreno como son relieve, vegetación, hidrografía, vías de comunicación, puntos poblados, redes geodésicas, entre otros. El conocimiento del terreno es un factor imprescindible antes de comenzar la ejecución de obras de ingeniería civil.

El enfoque interdisciplinario de la tecnología y la topografía generó una visión más elaborada y compleja de la ingeniería civil, por cuanto, trasciende la topografía clásica, para convertirse en una valiosa metodología a utilizar en cualquier proyecto de ingeniería.

## Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

## Contribución de los autores

1. Conceptualización: William Ausberto Merchán García, Joffre Daniel Pincay Menéndez, Bolívar Fabián Mendoza Marcillo, Raquel Vera Velázquez.
2. Curación de datos: Bolívar Fabián Mendoza Marcillo, Raquel Vera Velázquez.
3. Análisis formal: William Ausberto Merchán García, Joffre Daniel Pincay Menéndez.
4. Investigación: William Ausberto Merchán García, Joffre Daniel Pincay Menéndez.
5. Metodología: William Ausberto Merchán García, Joffre Daniel Pincay Menéndez.
6. Software: Bolívar Fabián Mendoza Marcillo, Raquel Vera Velázquez.
7. Supervisión: Bolívar Fabián Mendoza Marcillo, Raquel Vera Velázquez.
8. Validación: Bolívar Fabián Mendoza Marcillo, Raquel Vera Velázquez.
9. Visualización: Bolívar Fabián Mendoza Marcillo, Raquel Vera Velázquez.
10. Redacción – borrador original: William Ausberto Merchán García, Joffre Daniel Pincay Menéndez, Bolívar Fabián Mendoza Marcillo, Raquel Vera Velázquez.
11. Redacción – revisión y edición: William Ausberto Merchán García, Joffre Daniel Pincay Menéndez, Bolívar Fabián Mendoza Marcillo, Raquel Vera Velázquez.



## Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa.

## Referencias

- Del Río-Santana, O., Espinoza-Fraire, T., Sáenz-Esqueda, A., & Córtes-Martínez, F. (2019). Levantamientos topográficos con drones. *Revista Ciencia, 1*. <http://revistacid.itslerdo.edu.mx/coninci2019/CID012.pdf>
- Krauter, J. N., Buckner, S., & Powell, E. N. (2005). A note ON a spawner—recruit relationship for a heavily exploited bivalve: the case OF Northern QUAHOGS (hard clams), MERCENARIA MERCENARIA IN great South Bay New York. *Journal of Shellfish Research, 24*(4), 1043-1052. [https://bioone.org/journals/journal-of-shellfish-research/volume-24/issue-4/0730-8000\\_2005\\_24\\_1043\\_ANOASR\\_2.0.CO\\_2/A-NOTE-ON-A-SPAWNERRECRUIT-RELATIONSHIP-FOR-A-HEAVILY-EXPLOITED/10.2983/0730-8000\(2005\)24\[1043:ANOASR\]2.0.CO;2.short](https://bioone.org/journals/journal-of-shellfish-research/volume-24/issue-4/0730-8000_2005_24_1043_ANOASR_2.0.CO_2/A-NOTE-ON-A-SPAWNERRECRUIT-RELATIONSHIP-FOR-A-HEAVILY-EXPLOITED/10.2983/0730-8000(2005)24[1043:ANOASR]2.0.CO;2.short)
- Martínez-Ibáñez, V., Cantarino, I., Aranda Domingo, J. Á., & Camacho Torregrosa, F. J. (2021). Nuevas tecnologías para la ingeniería civil en un entorno de realidad virtual: aplicación didáctica integrada de SIG y BIM. IN-RED 2020: VI Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red,
- Pena-Villasenin, S., Gil-Docampo, M., & Ortiz-Sanz, J. (2020). Desktop vs cloud computing software for 3D measurement of building façades: The monastery of San Martín Pinario. *Measurement, 149*, 106984. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224119308504>
- Pérez, J. A., Gonçalves, G. R., & Galván, J. M. (2022). Análisis comparativo del levantamiento del terreno mediante UAS y topografía clásica en proyectos de trazado de carreteras. *Informes de la Construcción, 74*(565), e431-e431. <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/6122/7583>
- Romero González, V. M. (2020). Aplicación de los Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs) en la Ingeniería Civil. *Civil Engineering*; [http://prepository.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.12475/1027/Articulo%20Final\\_%20V%C3%ADctor%20Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://prepository.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.12475/1027/Articulo%20Final_%20V%C3%ADctor%20Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina clínica*, 135(11), 507-511.  
<https://revistas.um.es/eglobal/article/download/251571/242631/>

