

**Análisis de los avances tecnológicos en equipos topográficos para la interventoría y
control de proyectos de urbanismo en Colombia**

Juan Sebastián Pico Mayorga y Jennifer Daniela Vásquez Vásquez

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de
la Construcción**

Director

David Gómez Contreras

Magíster en Ingeniería Civil

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción

2025

Dedicatoria

A Dios, por ser nuestra guía en cada paso del camino, por darnos fortaleza en los momentos difíciles y sabiduría para superar los desafíos. A nuestros padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sacrificios, que nos motivan cada día a seguir adelante y dar lo mejor de nosotros. A ellos dedicamos este logro, fruto de su ejemplo, su fe y su confianza en nuestras capacidades.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Santo Tomás, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y por el acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto.

A nuestros profesores, por su orientación, paciencia y compromiso en cada etapa del proceso, aportando sus conocimientos y experiencias para que este trabajo llegara a buen término.

A la empresa IDOMEN, por su invaluable apoyo y disposición al brindarnos los equipos topográficos necesarios y permitimos desarrollar el estudio de caso en la zona social del conjunto donde se encuentra ubicada su sede principal.

A todos los que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este proyecto, nuestro más profundo agradecimiento.

Contenido

Introducción	12
1.1 Planteamiento del problema	13
1.2 Justificación.....	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo general	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
2. Marco referencial	16
2.1 Marco teórico	16
2.2 Marco conceptual	17
2.2.1 Tecnología Topográfica.....	17
2.2.2 Interventoría.....	17
2.2.3 Urbanismo	18
2.2.4 Levantamiento Topográfico	18
2.2.5 Geoespacial.....	18
2.2.6 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	18
2.2.7 LiDAR	19
2.2.8 Fotogrametría	19
2.2.9 Drones.....	19
2.2.10 Modelado 3D	19
2.2.11 Control de Calidad.....	20
2.2.12 Catastro	20

2.2.13 Monitoreo de Proyectos.....	20
2.2.14 Planificación Urbana	20
2.2.15 Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	21
2.3 Marco legal.....	21
2.3.1 Ley 388 de 1997 - Ley de Ordenamiento Territorial.....	21
2.3.2 Decreto 148 de 2020 - Reglamentación para la Aplicación del Sistema de Información Catastral.	21
2.4 Marco antecedentes	22
2.4.1 Antecedentes nacionales.....	22
2.4.2 Antecedentes internacionales	24
3. Método	25
4. Resultados	26
4.1 Fase 1: Análisis de los equipos topográficos utilizados en la supervisión de proyectos de urbanismo en el Municipio de Barrancabermeja (Santander).	26
4.2 Estudio de caso – levantamiento topográfico en el conjunto residencial Puerto 65, ubicado en el Municipio de Barrancabermeja (Santander) utilizando estación total, equipo GNSS, scanner y drones.	30
4.2.1 Levantamiento con equipo GNSS (RTK) Trimble R8	30
4.2.2. Levantamiento con estación total TOPCON ES - 102	35
4.2.3 Levantamiento con escáner láser Leica BLK360	38
4.2.4 Levantamiento con dron DJI mini 4 pro.....	43

4.3 Análisis del impacto en costos y tiempos por la implementación de nuevas tecnologías topográficas en campo, demostrando su efectividad en la mejora de la calidad, reducción de tiempos y optimización de recursos	48
4.3.1 Costo comercial e inversión inicial	54
4.3.2 Rendimiento en campo (m ² por jornada):.....	54
4.3.3 Precisión de la información	55
4.3.4 Requerimientos logísticos:	55
4.3.5 Procesamiento y entrega de información:	56
5. Conclusiones	57
Referencias.....	61
Apéndices.....	66

Lista de tablas

Tabla 1. *Diferencias de áreas* 45

Tabla 2. *Análisis de los equipos*..... 49

Lista de figuras

Figura 1. Información tomada por el equipo GNSS	31
Figura 2. Nube de puntos RTK formato .txt	32
Figura 3. Registro fotográfico levantamiento en modo RTK	33
Figura 4. Localización con controladora	33
Figura 5. Equipos utilizados	34
Figura 6. Área levantamiento con RTK	35
Figura 7. Información tomada en campo	36
Figura 8. Levantamiento con estación total	37
Figura 9. Targets 283	37
Figura 10. Área levantamiento con estación total	38
Figura 11. Escáner láser leica BLK360	39
Figura 12. Targets con scanner	39
Figura 13. Nube de puntos	40
Figura 14. Localización targets	41
Figura 15. Ajuste nube de puntos	42
Figura 16. Exportación de archivos	42
Figura 17. Área levantamiento con Estación Scanner	43
Figura 18. Imagen satelital Dron	44
Figura 19. Plano con el área del GPS GNSS, estación total y escáner	45
Figura 20. Plano con aéreas e imagen satelital drone y estación	46
Figura 21. Punto no tomado	47

Figura 22. <i>Factura Estación Total ES-102. Tomado de empresa Idomen</i>	50
Figura 23. <i>Factura GPS GNSS Trimble R8. Tomado de empresa Idomen.....</i>	51
Figura 24. <i>Factura Escáner Láser BLK360. Tomado de empresa Idomen</i>	52
Figura 25. <i>Factura Drone DJI Mini 4. Tomado de empresa Idomen</i>	53
Figura 26. <i>Gráfica relación entre valor comercial y rendimientos equipos topográficos</i>	54
Figura 27. <i>Gráfica rendimiento de campo por tipo de equipos topográficos.....</i>	55
Figura 28. <i>Gráfica comparativa de precisión, logística y eficiencia.....</i>	56
Figura 29. <i>Tiempo de procesamiento por tipo de equipo</i>	56
Figura 30. <i>Gráfica entre complejidad logística y eficiencia global</i>	57

Resumen

La topografía es esencial para garantizar la precisión y calidad en la ejecución de obras urbanas. En los últimos años, han surgido tecnologías como drones con sensores fotogramétricos, estaciones totales, escáneres láser 3D y sistemas Gnss, que ofrecen mejoras en eficiencia, costos y tiempos. Este estudio incluye una encuesta sobre los avances de la tecnología en topografía y análisis de los equipos utilizados en el departamento de Santander en un estudio de caso en campo en el municipio de Barrancabermeja (Santander), donde se comparará el desempeño de distintas herramientas topográficas. Gracias a esto se puede evaluar su impacto en términos técnicos y económicos, y propone recomendaciones para su implementación. Esta monografía no solo aporta al conocimiento técnico del sector, sino que también fortalecerá las competencias de los futuros profesionales en la selección y uso adecuado de herramientas topográficas modernas, contribuyendo así al desarrollo urbano eficiente y sostenible de la región. El estudio demuestra el uso de tecnologías topográficas y confirma que la elección del equipo depende del entorno y los requerimientos del proyecto. La integración de estas tecnologías mejora la eficiencia y precisión de los levantamientos, resaltando la importancia de la capacitación profesional continua

Palabras clave: sensores fotogramétricos, estaciones totales, escáneres láser 3D y sistemas GNSS

Abstract

Topography is essential to ensuring accuracy and quality in the execution of urban projects. In recent years, technologies such as drones with photogrammetric sensors, total stations, 3D laser scanners, and GNSS systems have emerged, offering improvements in efficiency, costs, and timeliness. The study includes a survey on technological advances in surveying and analysis of the equipment used in the municipality and a field case study, comparing the performance of different topographic tools. Thanks to this is to evaluate their impact in technical and economic terms and propose recommendations for their implementation. This monograph will not only contribute to the technical knowledge of the sector but will also strengthen the skills of future professionals in the selection and appropriate use of modern topographic tools, thus contributing to the efficient and sustainable urban development of the region. The study demonstrates the high use of surveying technologies and confirms that equipment selection depends on the environment and project requirements. The integration of these technologies improves the efficiency and accuracy of surveys, highlighting the importance of ongoing professional development

Keywords: photogrammetric sensors, total stations, 3D laser scanners and GNSS systems

Introducción

El desarrollo de proyectos de urbanismo requiere un control técnico riguroso que garantice la correcta ejecución de las obras conforme a los diseños, normas y especificaciones establecidas. En este contexto, la interventoría topográfica desempeña un papel esencial, ya que permite supervisar y verificar con precisión cada una de las etapas constructivas, así como lo dice el ing. Julio Sánchez en su libro *Interventoría de proyectos* (2010) en el repositorio de la Universidad Nacional de Colombia. Sin embargo, el avance de la tecnología ha transformado significativamente las metodologías tradicionales de levantamiento y control, introduciendo herramientas innovadoras que aumentan la eficiencia, precisión y confiabilidad de los procesos de los levantamientos topográficos.

Durante el año 2025, se ha evidenciado una notable evolución en los equipos topográficos utilizados en el ámbito de la interventoría como lo nombran en la investigación *evolución tecnológica de los instrumentos topográficos* escrito por Victor Domínguez de la Universidad Autónoma de Chapingo. Instrumentos como las estaciones totales de alta precisión, los GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite), los escáneres láser 3D y los drones fotogramétricos han permitido capturar información detallada del entorno en tiempo real, optimizando el seguimiento y control de las obras. No obstante, a pesar de la disponibilidad de estas tecnologías, persisten interrogantes sobre su grado de implementación, efectividad y aprovechamiento dentro de los procesos de interventoría en la región.

Este trabajo de investigación tiene como propósito evaluar el nivel de conocimiento, comprensión y adaptación de las nuevas tecnologías topográficas en los procesos de control y supervisión de proyectos urbanísticos gracias a un estudio de caso realizado en el Municipio de

Barrancabermeja. Asimismo, busca analizar su impacto en la precisión, los costos y la eficiencia operativa, comparando los resultados obtenidos con los métodos convencionales de levantamiento y replanteo.

Análisis de los avances tecnológicos en equipos topográficos para la interventoría y control de proyectos de urbanismo en Colombia

1.1 Planteamiento del problema

La ejecución de proyectos de urbanismo requiere un control riguroso en todas sus etapas, siendo la interventoría topográfica un elemento clave para asegurar que las obras se desarrollen conforme a los diseños, normas y especificaciones establecidas. En este contexto, los avances tecnológicos en equipos topográficos representan una herramienta fundamental para mejorar la precisión, la eficiencia y la calidad del proceso de supervisión, algunos instrumentos topográficos han reemplazado los teodolitos convencionales.

Se plantea el problema de cuál de los cuatro equipos topográficos evaluados (drones de alta precisión, estaciones totales, escáneres láser 3D y sistemas GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite) es el más adecuado y bajo qué condiciones de uso ofrece un mejor desempeño en los procesos de interventoría y control de obra.

Por lo tanto, se hace necesario realizar un análisis comparativo de los equipos topográficos utilizados en la interventoría de proyectos urbanos, con el fin de identificar las tendencias tecnológicas, evaluar su impacto en la eficiencia del control de obra y proponer estrategias que fomenten su adopción adecuada en el ámbito regional. ¿En qué medida los avances tecnológicos en equipos topográficos tienen diferencia uno de otro en cuanto a precisión, costo y beneficio?

1.2 Justificación

En la actualidad, el desarrollo urbano exige procesos cada vez más precisos, eficientes y sostenibles, especialmente en lo que respecta a la supervisión y control técnico de las obras. La topografía, como una de las disciplinas esenciales en la interventoría de proyectos de urbanismo, ha sido impactada de manera significativa por la evolución tecnológica, ofreciendo herramientas cada vez más avanzadas que permiten optimizar los procesos de medición, control y seguimiento de las obras. (Ghilani & Wolf, 2020; Trimble, 2024).

Durante el año 2025, han surgido importantes innovaciones en equipos topográficos, como estación total ES-102, GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite) trimble R8, escáner láser BLK360 y dron DJI mini 4, que son equipos con una nueva tecnología que ayudan a desarrollar más rápido los levantamientos. Estos avances no solo mejoran la exactitud ya que permiten capturar información del entorno en tiempo real, facilitando la validación del avance de obra con modelos digitales de los datos recolectados, sino que también agilizan los tiempos de ejecución, reducen costos, reducen errores humanos y fortalecen la toma de decisiones técnicas. (Leica Geosystems, 2024; DJI, 2024). Sin embargo, en el contexto regional en el Municipio de Barrancabermeja (Santander) que es donde se va a realizar el estudio de caso, se desconoce en qué medida estos equipos están siendo adoptados y utilizados de forma efectiva en los procesos de interventoría y control de proyectos urbanísticos o no se encontró información sobre esto.

Este estudio es relevante porque permite identificar con que equipo topográfico es más viable utilizar dependiendo de la actividad en que se va a ejecutar y en qué caso se puede detectar limitaciones o errores en el uso de estas herramientas.

Desde el punto de vista académico, esta monografía busca fortalecer la capacidad técnica de los futuros especialistas en interventoría para seleccionar, usar y controlar estas herramientas en proyectos urbanísticos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el nivel de conocimiento, comprensión y adaptación de nuevas tecnologías como GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite), drones y escáneres láser en los procesos de interventoría en la topografía, así como su impacto en la precisión, eficiencia, costos y competitividad en el caso realizado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el grado de precisión, confiabilidad y aplicabilidad que ofrecen las nuevas tecnologías en los trabajos de levantamiento, control y replanteo topográfico
- Desarrollar un estudio de caso de un levantamiento topográfico en un sector determinado en el Municipio de Barrancabermeja (Santander), específicamente en el conjunto residencial Puerto 65 utilizando diferentes tipos de equipos topográficos, con el fin de observar su desempeño y determinar cuál ofrece mejores resultados para las labores de interventoría en proyectos de urbanismo.

- Generar un análisis del impacto de la implementación de los equipos topográficos en costos y tiempos que demuestre que los usos de estas nuevas herramientas mejoran la calidad y disminuyen tiempos y costos.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

El avance tecnológico en el campo de la topografía ha transformado de manera significativa la planificación, seguimiento y control de proyectos de urbanismo en el Municipio de Barrancabermeja (Santander). Tradicionalmente, se empleaban equipos manuales como niveles ópticos y teodolitos mecánicos, que, si bien ofrecían resultados aceptables, eran limitados en precisión, eficiencia y tiempo de ejecución.

En las últimas décadas, con la llegada de tecnologías como las estaciones totales electrónicas, sistemas GNSS de alta precisión y drones con sensores LIDAR se ha mejorado notablemente la capacidad de recolección y procesamiento de datos geoespaciales. Estos avances permiten a los profesionales topográficos realizar mediciones más exactas, modelados tridimensionales del terreno y monitoreo en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones en la interventoría técnica.

Según estudios de la Universidad de Zaragoza (2022), el uso de estaciones totales reduce en un 35% los tiempos de levantamiento en comparación con métodos convencionales, mientras que los drones permiten cubrir extensiones mayores en menor tiempo y con menor intervención humana. Por su parte, la tecnología GNSS ha contribuido a aumentar la precisión en replanteos y control de obras, minimizando los errores por desplazamiento.

La eficiencia técnica de los equipos topográficos debe evaluarse en conjunto con su impacto presupuestal. En muchos casos, la inversión inicial en equipos de alta gama se compensa con la reducción de errores y retrabajos en obra, como lo documentan investigaciones de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas (2020).

En el contexto colombiano, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) ha promovido el uso de nuevas tecnologías a través de normativas y estándares actualizados en cuanto a precisión, georreferenciación y control de calidad en proyectos como lo dice en la Resolución N. 471 de 2020 y el manual de procedimientos del IGAG del 2011.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Tecnología Topográfica

La tecnología topográfica hace referencia a las herramientas y técnicas utilizadas para estudiar, medir y representar la superficie terrestre, a fin de obtener datos precisos sobre el terreno en proyectos de urbanismo y construcción. Incluye dispositivos como estaciones totales, sistemas de posicionamiento global (GPS), y sistemas LiDAR (International Scholars Journals, 2023).

2.2.2 Interventoría

La interventoría en el ámbito de la construcción es el proceso mediante el cual se supervisa, controla y valida que los proyectos se lleven a cabo de acuerdo con las normas y especificaciones establecidas en los contratos y la planificación inicial. (UdeCataluña, 2018).

2.2.3 Urbanismo

El urbanismo se refiere al conjunto de prácticas y estudios dedicados al diseño, planificación, organización y desarrollo de espacios urbanos, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes (Issuu, 2017).

2.2.4 Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico es el proceso de recolectar datos sobre el terreno mediante mediciones, que luego se procesan y se representan en planos o mapas, esenciales para la planificación de proyectos urbanísticos (Igac, 2017).

2.2.5 Geoespacial

El término geoespacial hace referencia a los datos y sistemas que se relacionan con las coordenadas geográficas, que permiten la representación y análisis de la ubicación de objetos y fenómenos sobre la superficie terrestre (ResearchGate, 2023).

2.2.6 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El GPS es un sistema de navegación basado en satélites que permite determinar la posición exacta de un receptor en cualquier parte del mundo. En topografía, se utiliza para obtener datos precisos de ubicación en el levantamiento de terrenos (GEOTECH, 2023).

2.2.7 LiDAR

El LiDAR (Light Detection and Ranging) es una tecnología basada en el uso de láser para medir distancias a la superficie terrestre, generando modelos tridimensionales altamente precisos del terreno (SciELO, 2017).

2.2.8 Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica utilizada para obtener información sobre la forma, las dimensiones y las características de un objeto o terreno a partir de imágenes fotográficas. En la construcción urbana, se utiliza para crear mapas precisos y modelos 3D (ResearchGate, 2019).

2.2.9 Drones

Los drones, o vehículos aéreos no tripulados (VANT), son utilizados en la topografía para obtener imágenes aéreas de alta resolución, realizar levantamientos topográficos, y monitorear el progreso de las obras de urbanismo (Bid, 2015).

2.2.10 Modelado 3D

El modelado 3D es la técnica que permite crear representaciones tridimensionales de objetos o terrenos, utilizadas en el urbanismo para planificar y visualizar proyectos de manera más realista (Issuu, 2018).

2.2.11 Control de Calidad

El control de calidad en la construcción es un conjunto de procedimientos diseñados para asegurar que los materiales, la ejecución y los resultados de los proyectos de urbanismo cumplan con las especificaciones y normativas establecidas (Redalyc, 2014).

2.2.12 Catastro

El catastro es el registro y clasificación de la propiedad de tierras, que incluye información sobre las dimensiones, ubicación y características del terreno, esencial para la planificación urbana (Dorado, 2022).

2.2.13 Monitoreo de Proyectos

El monitoreo de proyectos consiste en realizar un seguimiento continuo de la ejecución de las obras, verificando que se cumplan los plazos, el presupuesto y las especificaciones técnicas (ResearchGate, 2022).

2.2.14 Planificación Urbana

La planificación urbana es el proceso de diseñar y organizar el uso del suelo y los recursos en áreas urbanas para mejorar la calidad de vida de los habitantes y promover un desarrollo sostenible (El colegio de México A.C, 2022).

2.2.15 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG son sistemas informáticos que permiten la recolección, almacenamiento, análisis y representación de datos geoespaciales. En urbanismo, estos sistemas son fundamentales para gestionar y analizar información territorial (Universidad de Murcia, s.f.).

2.3 Marco legal

2.3.1 Ley 388 de 1997 - Ley de Ordenamiento Territorial

Esta ley establece las bases para el ordenamiento del territorio en Colombia y tiene como objetivo garantizar el desarrollo armónico y equilibrado de los territorios. Regula la planificación y la gestión del suelo, abarcando aspectos que incluyen la infraestructura, el urbanismo, la vivienda y el ambiente, los cuales son cruciales para la planificación urbana y el uso de tecnologías topográficas como la Estación total, equipos GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite), escáner laser y drones en la intervención de proyectos urbanos.

Igualmente, reconoce el papel clave de la información topográfica en la planeación del territorio ya que la topografía permite identificar las características físicas del terreno como pendientes, elevaciones, cuerpos de agua etc. Exige mayor precisión y mejor planeación en los planes de ordenamiento territorial abriendo necesidades de utilizar tecnologías más modernas y confiables para realizar levantamientos topográficos.

2.3.2 Decreto 148 de 2020 - Reglamentación para la Aplicación del Sistema de Información Catastral.

El decreto 148 de 2020 establece las normativas para la implementación del Sistema de Información Catastral (SIC), el cual regula los procedimientos de actualización catastral y la aplicación de tecnologías con equipos de alta tecnología en la obtención y validación de datos territoriales. Este sistema es crucial para los procesos de planificación urbana, ya que provee la base para el diseño de proyectos urbanísticos, y está directamente relacionado con las tecnologías topográficas.

Este decreto promueve el uso de tecnologías modernas en levantamientos catastrales ya que impulsa al uso de drones, estaciones totales, GPS (Sistema de Posicionamiento Global) de alta precisión, al exigir mayor precisión y confiabilidad en los datos. Esta ley exige que la información sea digital, georreferenciada y compatible con otros sistemas, lo cual se logra más fácilmente con tecnologías avanzadas de topografía. Es importante recalcar que este decreto habla que el catastro ya no es solo para impuesto; ahora sirva para tomar decisiones sobre servicios públicos, infraestructura, legalización de barrios etc.

2.4 Marco antecedentes

2.4.1 Antecedentes nacionales

2.4.1.1 Arplan. (2023, octubre 2). "Revolucionando la topografía con drones en Bogotá". En este estudio se analizan las nuevas herramientas tecnológicas en el campo de la topografía en proyectos de urbanismo, como el uso de drones y el levantamiento de datos mediante sistemas GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y fotogrametría. Se concluye que la adopción

de estas tecnologías ha permitido mejorar la precisión en la intervención en proyectos de urbanismo en Colombia, reduciendo tiempos de trabajo y costos de ejecución (Arplan. 2023, octubre 2).

2.4.1.2 Instituto Nacional de Vías (INVIAS) (2022). “Informe de selección de nuevas tecnologías: 4ª y 5ª ruedas de innovación y sostenibilidad. Instituto Nacional de Vías”.

Describe las tecnologías innovadoras adoptadas en los proyectos viales del país, con énfasis en la sostenibilidad. Se destacan tecnologías aplicadas a la construcción y el mantenimiento de infraestructura vial, como el uso de sistemas inteligentes y materiales ecológicos. El informe subraya cómo estas herramientas contribuyen a la mejora de la eficiencia, seguridad y sostenibilidad en la red vial nacional. Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2022).

2.4.1.3 Informe de selección de nuevas tecnologías: 4ª y 5ª ruedas de innovación y sostenibilidad. Instituto Nacional de Vías.

Secretaría Distrital de Hábitat, (2020). "Monitoreo de la gestión del suelo - MGS".

El documento aborda el monitoreo y las correcciones necesarias en la gestión del suelo en Bogotá. Se enfoca en las herramientas y métodos para asegurar la correcta utilización del suelo urbano y rural, mejorando la planificación y gestión territorial. Además, subraya la importancia de la sostenibilidad y la adaptación de nuevas políticas urbanísticas que favorezcan el desarrollo ordenado de la ciudad (Secretaría Distrital de Hábitat, 2020).

2.4.2 Antecedentes internacionales

2.4.2.1 Survey2plan. (2024, september 20). " Innovations in Surveying: How Technology is Changing the Landscape ". El artículo trata de cómo las tecnologías emergentes, como la Realidad Virtual (VR) y la Inteligencia Artificial (IA), están transformando la topografía y la gestión de proyectos de construcción. Estas herramientas mejoran la precisión, reducen errores y optimizan el uso de datos para una ejecución más eficiente de proyectos. Además, destaca cómo la adopción de estas tecnologías está cambiando el panorama de la industria topográfica y de la ingeniería. (Survey2plan, 2024).

2.4.2.2 Prototech Solutions. (2023). "The Role of Topographic Survey in Modern Urban Planning". El artículo habla de cómo los levantamientos topográficos modernos son esenciales para la planificación urbana. Destaca el uso de tecnologías como drones y escáneres 3D para mejorar la precisión en la creación de mapas y la planificación de espacios urbanos sostenibles. La información topográfica permite diseñar entornos urbanos más resilientes, eficientes y adaptados a las necesidades de la población (Prototech Solutions, 2023).

2.4.2.3 Acca Software. (2023, september 29). " Geospatial technologies in construction". El artículo habla de cómo las tecnologías geoespaciales, como el (Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y los sistemas de información geográfica (SIG), están revolucionando la industria de la construcción. Estas tecnologías mejoran la precisión en la

planificación, gestión de recursos y monitoreo de proyectos, permitiendo una construcción más eficiente y sostenible. (Acca Software, 2023).

3. Método

Para alcanzar los objetivos propuestos, la metodología empleada se estructuró en tres fases, las cuales son:

Fase 1: se realizará un análisis de los equipos topográficos más utilizados en la supervisión de proyectos de urbanismo en el Municipio de Barrancabermeja (Santander) para identificar el grado de familiaridad, satisfacción y experiencia práctica de los profesionales con tecnologías como drones, GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite) y escáneres láser por medio de la investigación de cada uno de estos teniendo en cuenta datos de una entrevista (tipo Likert) realizada a topógrafos - supervisores de la región, en esta entrevista se tendrá en cuenta la revisión documental técnica y normativa de los levantamientos topográficos.

Fase 2: se desarrollara un estudio de caso sobre un levantamiento topográfico en un sector determinado del Municipio de Barrancabermeja (Santander), específicamente en el conjunto residencial Puerto 65 utilizando 4 equipos topográficos: estación total ES-102, GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite) trimble R8, escáner láser BLK360 y dron DJI mini 4 con el fin de comparar su desempeño, tiempo promedio requerido por cada equipo para realizar el levantamiento, errores detectados y determinar cuál ofrece mejores resultados de precisión de datos obtenidos para las labores de interventoría en proyectos de urbanismo.

Fase 3: con los resultados obtenidos de la fase anterior se generará un análisis al impacto de la implementación de los equipos topográficos en costos - beneficio y tiempos que demuestre que los usos de estas nuevas herramientas mejoran la calidad (medido en exactitud, claridad y utilidad de los planos entregados) y disminuyen tiempos y costos.

4. Resultados

4.1 Fase 1: Análisis de los equipos topográficos utilizados en la supervisión de proyectos de urbanismo en el Municipio de Barrancabermeja (Santander).

En los proyectos de urbanismo, la tendencia en la topografía se está inclinando hacia el uso de tecnologías más avanzadas, debido a su alta precisión y versatilidad. En el desarrollo de este objetivo, se realizará un análisis detallado de los equipos topográficos utilizados en la supervisión de proyectos de urbanismo en el Municipio de Barrancabermeja (Santander) para identificar el grado de familiaridad y experiencia práctica de los profesionales con tecnologías como drones, GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite) y escáneres láser. Para ello, se aplicó una entrevista estructurada tipo Likert dirigida a 91 personas entre ellas topógrafos – supervisores o interventores técnicos de la región, con el propósito de evaluar el nivel de actualización tecnológica, la eficiencia operativa, los costos asociados y el conocimiento normativo que poseen respecto al uso de dichos equipos. Esta información permitirá identificar cuáles tecnologías resultan más adecuadas y utilizadas para las labores de interventoría y control en obras urbanas dentro del contexto local. Algunas de las preguntas realizadas fueron:

- Nivel de escolaridad
- Ocupación o profesión

- Situación laboral actual
- Sector donde trabaja o trabajo
- ¿Conoce usted equipos como GPS GNSS, drones y escáner laser?
- ¿Conoce las aplicaciones para el sector de la topografía?
- ¿Conoce la calidad y precisión de los equipos en trabajos de topografía?
- ¿Alguna vez a operado estos equipos en trabajos de topografía?
- ¿El uso de drones, GPS GNSS o escáner láser se puede aplicar a levantamientos topográficos de precisión?
- ¿Los equipos como el escáner 3D slam (de mano) aplican para inspección topográfica?
- ¿Es confiable realizar seguimiento y control a obras de construcción con aplicaciones ofrecidas para teléfonos móviles?
- ¿Es mejor el uso de equipos convencionales para el control y seguimiento de obras de construcción?
- ¿Es necesario capacitar y certificar al personal técnico en el uso de nuevas tecnologías topográficas?
- ¿Desde la parte legal, la ley 388 de 1997 debería contemplar directamente el uso de estas tecnologías en contratos estatales?
- ¿El IGAC en su manual de levantamientos topográficos de precisión debería incluir equipos como Drones y escáner laser?
- ¿La información obtenida de los levantamientos con las nuevas tecnologías es competitiva con la topografía convencional?

- ¿Para realizar un control o seguimiento de obra, las nuevas tecnologías son competitivas o superan la topografía convencional?
- ¿Para realizar un replanteo de obra, las nuevas tecnologías son competitivas o superan la topografía convencional?
- ¿El uso de drones, GPS GNSS o escáner láser ha mejorado la precisión y rapidez de los levantamientos topográficos?

Las preguntas son establecidas por los estudiantes autores del proyecto. Adicionalmente, los datos obtenidos a partir de las entrevistas permitirán reconocer las tendencias actuales en la industria topográfica, así como los principales desafíos y avances que inciden en la precisión, calidad y eficiencia de los levantamientos realizados en el entorno urbano. Este análisis contribuirá a una mejor comprensión del estado actual de la tecnología topográfica en la región.

Nota: el formulario y las respuestas de esta entrevista se pueden ver en el apéndice A de este trabajo.

Los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada a 91 personas vinculadas al ámbito topográfico, con niveles de formación que van desde el bachillerato hasta el posgrado, y ocupaciones que incluyen técnicos, tecnólogos, ingenieros y auxiliares de topografía, evidencian un alto grado de conocimiento, uso y aceptación de las nuevas tecnologías aplicadas a la topografía, como drones, GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite) y escáneres láser.

Un 100% de los encuestados afirma conocer estas tecnologías, y más del 91% ha operado alguno de estos equipos en campo. Este dato refleja un avance significativo en la actualización tecnológica del sector. Además, la mayoría reconoce que estas herramientas ofrecen alta precisión

y aplicabilidad en levantamientos topográficos, así como ventajas competitivas en comparación con los métodos tradicionales.

En cuanto al uso específico, el 86% considera que estas tecnologías mejoran la precisión y rapidez en los procesos topográficos, y más del 87% está de acuerdo en que su implementación genera ahorros en tiempo y dinero, especialmente en levantamientos y replanteos topográficos. También se destaca que más del 80% considera que la adopción de estas tecnologías reduce costos operativos, al requerir menos personal y facilitar trabajos en trayectos largos.

Por otro lado, respecto a la necesidad de capacitar y certificar al personal técnico en el uso de estas tecnologías (más del 97% está de acuerdo), lo que indica un reconocimiento del reto formativo que supone debe existir. Asimismo, se observa una opinión generalizada sobre la necesidad de actualizar marcos normativos y manuales técnicos, como la Ley 388 de 1997 y el manual del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), para incluir oficialmente estos equipos en los procesos contractuales y técnicos del país.

Finalmente, la encuesta muestra que la mayoría de los participantes considera que las empresas del sector topográfico deberían invertir más en la adquisición de equipos modernos, lo cual refuerza la idea de que la transformación digital en la topografía es tanto necesaria como valorada por los profesionales del área.

4.2 Estudio de caso – levantamiento topográfico en el conjunto residencial Puerto 65, ubicado en el Municipio de Barrancabermeja (Santander) utilizando estación total, equipo GNSS, scanner y drone.

El levantamiento topográfico se llevó a cabo en el conjunto residencial Puerto 65, ubicado en la ciudad de Barrancabermeja, específicamente en la zona social del conjunto, más exactamente en el área destinada a juegos infantiles. Esta área fue seleccionada por ser un espacio abierto y representativo del entorno urbano que se desea analizar.

En este sector se emplearon diferentes equipos de medición topográfica con el fin de comparar su desempeño: equipo GNSS (RTK), estación total, escáner láser Leica BLK360 y drone DJI, todos referenciados a un sistema común de coordenadas para asegurar los mismos datos de amarre y su comparación precisa. El trabajo de campo fue el siguiente:

4.2.1 Levantamiento con equipo GNSS (RTK) Trimble R8

El procedimiento inició con el uso de un equipo GNSS de múltiple frecuencia en modo RTK, con el cual se realizó el levantamiento de los muros de los pasillos y otros elementos visibles en el área de estudio. Durante este levantamiento se establecieron dos puntos de referencia fijos, que fueron marcados físicamente en el terreno y utilizados como base común para todos los levantamientos posteriores.

Una vez finalizado el levantamiento con el GNSS trimble R8, y con las coordenadas amarradas a estos dos puntos base, se descarga de la información de datos crudos en Excel como lo muestra la siguiente figura número 1 que brinda la información de cada punto tomado en campo

como: número del punto, descripción del punto, norte, este, cota o altura, latitud, longitud, solución etc.

En esta información se puede observar que los puntos tienen una solución fija (FIXED), es decir, son soluciones confiables que a la vez es la condición ideal de alta precisión (centimétrica) que ocurre cuando el receptor resuelve ambigüedades en las señales satelitales, permitiendo un posicionamiento exacto y confiable. No hay puntos flotantes (FLOAT) que es una etapa intermedia, indeterminada y menos precisa (decimétrica), donde el receptor aún está calculando la solución fija o tiene interferencias, siendo un estado de espera para la precisión deseada.

Figura 1. Información tomada por el equipo GNSS

Sistema de encuestas ComNav: Ing. Jennifer Vásquez											
Datum: Magna Bogotá											
Modelo de Receptor: R8											
Firmware:											
Modo de trabajo: Tipo de enlace de datos: Radio interna											
Transferir datos de corrección: Ninguno											
Code	Name	N	E	Z	B	L	84H	RMS_x	RMS_y	RMS_h	Solution
REF	115	1273829,290	1026294,484	103,886	7,0420307	-73,5022208	103,886	0,068	0,068	0,077	fixed
REF	116	1273824,957	1026296,372	103,860	7,0420166	-73,5022147	103,860	0,079	0,079	0,102	fixed
MURO	117	1273822,258	1026294,560	103,954	7,0420078	-73,5022206	103,954	0,094	0,094	0,074	fixed
MURO	118	1273822,833	1026295,717	104,032	7,0420096	-73,5022168	104,032	0,097	0,097	0,079	fixed
MURO	119	1273823,650	1026296,888	104,011	7,0420123	-73,5022130	104,011	0,098	0,098	0,083	fixed
MURO	120	1273826,069	1026302,118	104,049	7,0420202	-73,5021960	104,049	0,104	0,104	0,091	fixed
MURO	121	1273827,124	1026301,627	104,090	7,0420236	-73,5021976	104,090	0,108	0,108	0,094	fixed
MURO	122	1273835,421	1026297,418	102,311	7,0420506	-73,5022113	102,311	0,079	0,079	0,095	fixed
MURO	123	1273836,368	1026297,035	102,448	7,0420537	-73,5022125	102,448	0,084	0,084	0,103	fixed
MURO	124	1273833,961	1026291,870	102,534	7,0420459	-73,5022294	102,534	0,090	0,090	0,113	fixed
MURO	125	1273833,446	1026290,530	102,556	7,0420442	-73,5022337	102,556	0,092	0,092	0,117	fixed
MURO	126	1273832,901	1026289,392	102,657	7,0420424	-73,5022374	102,657	0,094	0,094	0,063	fixed

Nota: con esta información podemos observar que todos los puntos dieron solución fija.

La información recibida del equipo GnsS se puede descargar de igual manera en formato .txt como lo muestra la siguiente figura número 2 que detalla la información recibida de la siguiente manera, primero sale el número del punto, luego la coordenada norte y este, su cota o altura, por último, se puede ver la descripción del punto. Al descargar la información en este tipo de formatos no se puede visualizar si son puntos fijos, por esto es más confiable descargar primero los datos crudos para revisar si son puntos fijos o flotantes.

Figura 2. *Nube de puntos RTK formato .txt*

```
115,1273829.290,1026294.484,103.886,REF  
116,1273824.957,1026296.372,103.860,REF  
117,1273822.258,1026294.560,103.954,MURO  
118,1273822.833,1026295.717,104.032,MURO  
119,1273823.650,1026296.888,104.011,MURO  
120,1273826.069,1026302.118,104.049,MURO  
121,1273827.124,1026301.627,104.090,MURO  
122,1273835.421,1026297.418,102.311,MURO  
123,1273836.368,1026297.035,102.448,MURO  
124,1273833.961,1026291.870,102.534,MURO  
125,1273833.446,1026290.530,102.556,MURO  
126,1273832.901,1026289.392,102.657,MURO
```

En la figura número 3, 4, y 5 podemos ver el registro fotográfico de nuestro levantamiento realizado con GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite).

Figura 3. Registro fotográfico levantamiento en modo RTK



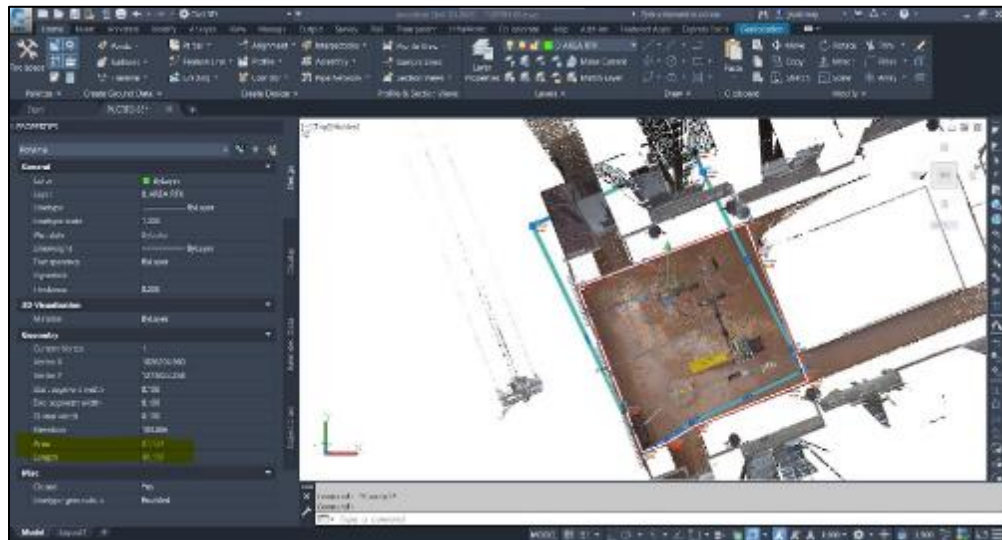
Figura 4. Localización con controladora



Figura 5. *Equipos utilizados*



Una vez finalizado el levantamiento topográfico en campo, la información recolectada fue importada al software Autodesk AutoCAD Civil 3D, donde se procedió a procesar y dibujar los puntos tomados. A partir de este proceso, se generó la figura número 6 dando la siguiente información con un área de 97.124 m².

Figura 6. Área levantamiento con RTK

4.2.2. Levantamiento con estación total TOPCON ES - 102

Posteriormente, se procedió a montar la estación total sobre uno de los puntos de referencia previamente establecidos durante el levantamiento con RTK. Desde esta posición, se realizó el amarre (dar línea) con el segundo punto de referencia, asegurando así que la estación trabajara en el mismo sistema de coordenadas.

Con la estación total se tomaron los mismos puntos de interés levantados con RTK, incluyendo los vértices de los muros de los pasillos, permitiendo así una primera comparación directa entre ambos equipos.

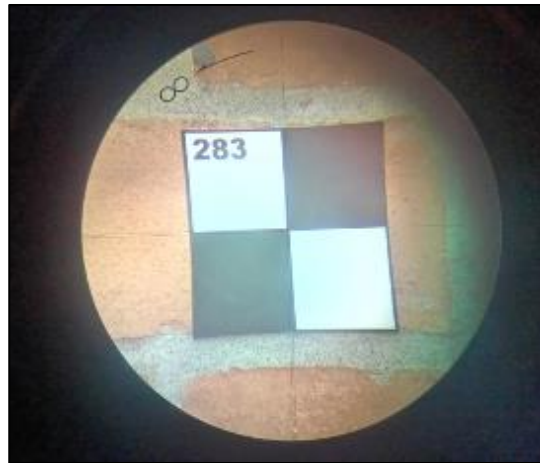
Adicionalmente, se realizó la localización de los “targets” o referencias físicas que serían utilizadas posteriormente en el levantamiento con el escáner láser Leica BLK360. Para este fin, se instalaron los targets 281, 282, 283 y 284 en posiciones verticales sobre los muros. Las coordenadas de estos targets fueron obtenidas directamente del levantamiento con estación total, garantizando así la correcta georreferenciación del escaneo láser.

A diferencia de los puntos base utilizados por el RTK, que se ubicaron en el suelo, los targets para el escáner se instalaron de forma vertical sobre las paredes recibiendo la siguiente información que está en la figura número 7.

Figura 7. *Información tomada en campo*

11	1002.596	2000.978	1000.752	M 40
12	1002.466	1995.272	1000.648	M 40
13	995.709	1994.55	1000.837	M 40
14	996.488	2002.113	1000.624	M 40
15	996.318	1997.195	999.706	M 40
16	993.624	1995.386	999.709	M 40
17	994.076	1996.581	999.713	M 40
18	994.832	1997.82	999.712	M 40
19	996.941	2003.188	999.708	M 40
20	998.185	2002.68	999.707	M 40
21	1003.141	2000.737	999.715	M 40
22	1004.372	2000.262	999.712	M 40
23	1001.847	1993.557	999.712	M 40
24	1001.383	1992.367	999.715	M 40

En la figura número 8 y 9 podemos ver el registro fotográfico de nuestro levantamiento realizado con Estación total.

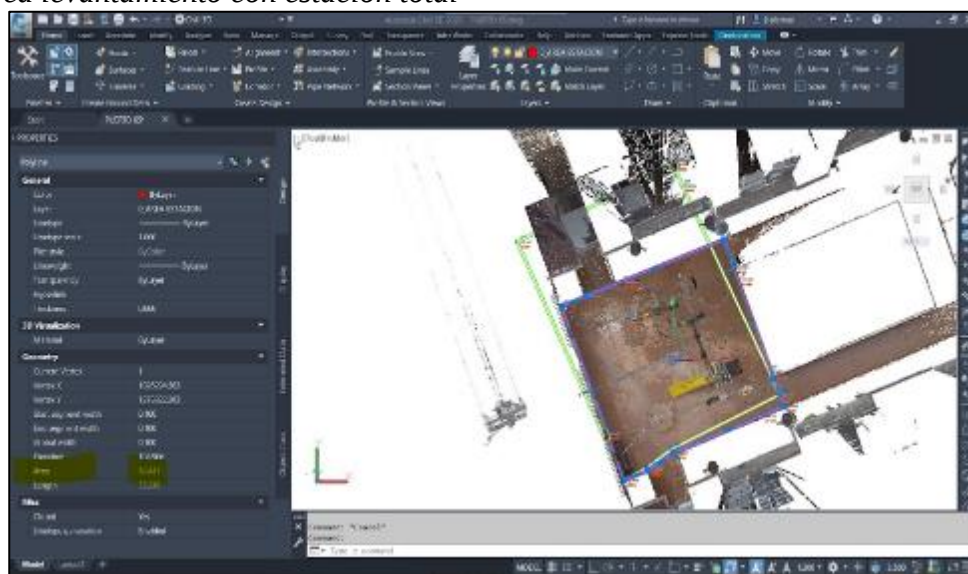
Figura 8. *Levantamiento con estación total***Figura 9.** *Targets 283*

Una vez finalizado el levantamiento topográfico en campo, realizado en el mismo sector previamente trabajado con el equipo GPS GNSS, y esta vez utilizando la estación total, la información recolectada fue importada al software Autodesk AutoCAD Civil 3D. En esta

plataforma se procedió a dibujar y organizar los puntos levantados, permitiendo la generación de un plano correspondiente del área de estudio.

Como resultado de este proceso, se obtuvo una representación planimétrica detallada, con una superficie total calculada de 68.309 m² como se puede ver en la figura número 10.

Figura 10. Área levantamiento con estación total



4.2.3 Levantamiento con escáner láser Leica BLK360

Con los targets ya posicionados, se procedió al levantamiento mediante el escáner láser Leica BLK360. Este equipo fue ubicado en diferentes posiciones frente a cada uno de los targets verticales (281, 282, 283 y 284). En cada posición se realizó la nivelación del escáner para asegurar una correcta captura de datos.

El escaneo se ejecutó teniendo como base las coordenadas obtenidas con la estación total, permitiendo así que el levantamiento con el escáner quedara amarrado al mismo sistema de

coordenadas empleado desde el inicio. En la figura número 11 y 12 podemos ver el registro fotográfico de nuestro levantamiento realizado con Escáner láser leica BLK360

Figura 11. *Escáner láser leica BLK360*



Figura 12. *Targets con scanner*

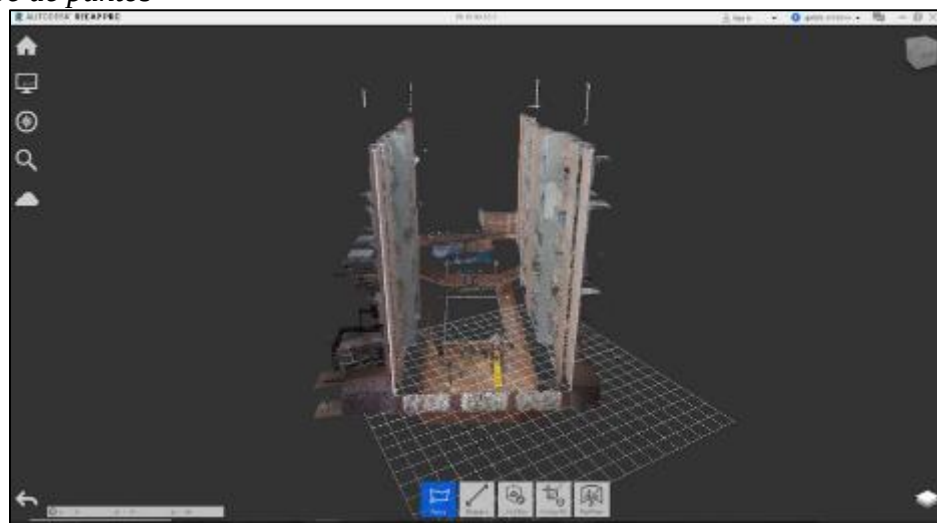


Una vez realizado el levantamiento topográfico con escáner láser 3D en campo, se procedió al procesamiento de los datos en oficina con el siguiente flujo de trabajo:

- Importación del proyecto en ReCap
- Identificación y georreferenciación de los targets
- Ajuste de la nube de puntos
- Depuración de la nube de puntos
- Exportación del archivo liviano (.RCS)
- Importación en civil 3D

1. Importación del proyecto en ReCap: se abre Autodesk ReCap y se carga el archivo de proyecto con extensión. RCP, previamente generado y registrado en el software Cyclone Register 360, con la nube de puntos obtenida en campo como se puede ver en la figura número 13:

Figura 13. *Nube de puntos*



2. Identificación y georreferenciación de los targets: se localizan los targets o dianas de referencia que fueron instalados durante el levantamiento. A cada uno se le asignan las coordenadas topográficas reales, obtenidas mediante el levantamiento con estación total, con el fin de vincular la nube de puntos al sistema de coordenadas del proyecto como se muestra en la figura número 14.

Figura 14. Localización targets

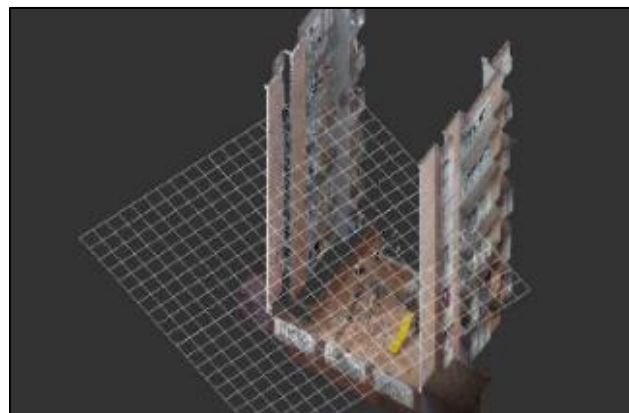


3. Ajuste de la nube de puntos: con las coordenadas ya asignadas a los targets, se realiza el ajuste espacial (registro) de toda la nube de puntos como se puede observar en la figura número 15 para que se realice la alineación de manera correcta al sistema de coordenadas UTM o local del proyecto. Este paso garantiza poder extraer información de cualquier detalle con precisión ya que todo el modelo se encuentra en coordenadas reales o del proyecto adicional se aprovecha la compatibilidad del modelo con otros levantamientos realizados mediante diferentes tecnologías (RTK, estación total, etc.) que se encuentren amarradas topográficamente al mismo sistema.

Figura 15. *Ajuste nube de puntos*

4. Depuración de la nube de puntos: se procede a depurar la nube de puntos, eliminando puntos innecesarios, ruido o elementos que no aporten información relevante al análisis (por ejemplo, vegetación, objetos móviles, estructuras temporales, etc.). Esto permite optimizar el tamaño del archivo final.

5. Exportación del archivo liviano (.RCS): una vez depurada y ajustada la nube de puntos, se realiza la exportación en formato como se ve en la figura número 16. RCS, el cual es compatible con Autodesk Civil 3D. Este formato más liviano facilita su manipulación y uso posterior en el modelado y análisis dentro del entorno BIM o CAD del proyecto.

Figura 16. *Exportación de archivos*

6. Importación en civil 3D: finalmente, el archivo .RCS se carga en Autodesk Civil 3D para su visualización, comparación con otros métodos de levantamiento y para integrarlo a los planos topográficos del proyecto. El área que da con el scanner es de 68.330 m² como se muestra en la figura número 17.

Figura 17. Área levantamiento con Estación Scanner



4.2.4 Levantamiento con dron DJI mini 4 pro

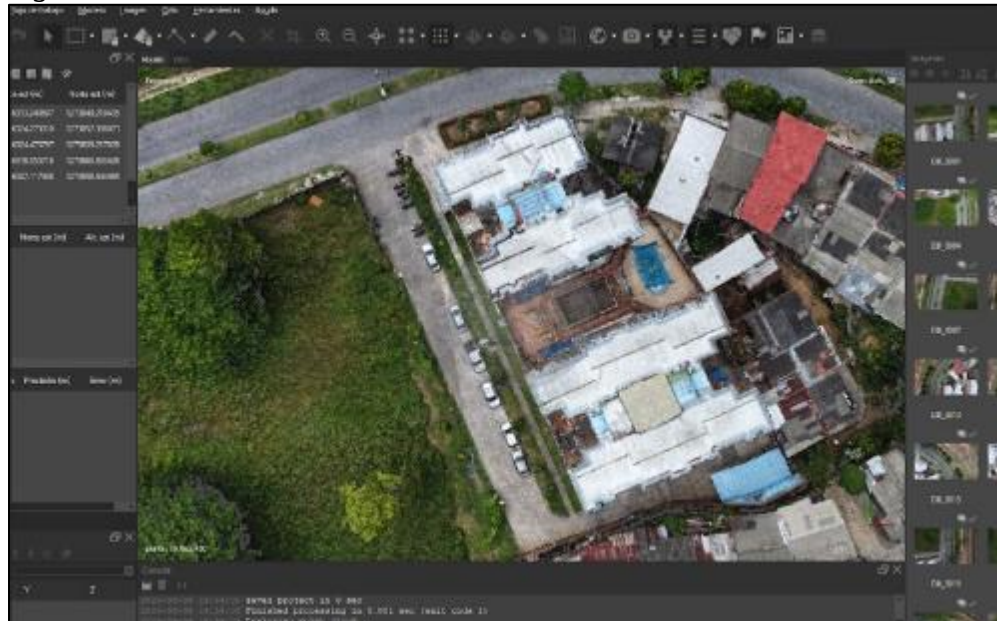
Finalmente, se realizó un vuelo fotogramétrico con un dron DJI, utilizando los mismos puntos de amarre establecidos en los levantamientos anteriores (RTK y estación total).

Sobre estos puntos base se ubicaron nuevamente dos targets adicionales con el fin de mejorar la visualización aérea, especialmente debido a las restricciones físicas del entorno (presencia de edificios que dificultaban el acercamiento del dron a ciertas zonas).

Las coordenadas de estos puntos se utilizaron para la optimización, georreferenciación y renderización de las fotografías aéreas capturadas durante el vuelo. El proceso de renderización se

puede observar en el apéndice número B de este proyecto y la imagen satelital se puede observar con la siguiente imagen.

Figura 18. *Imagen satelital Dron*



El presente estudio de caso permitió evaluar y comparar el desempeño de distintas tecnologías de levantamiento topográfico: GNSS de múltiple frecuencia en modo RTK, estación total, escáner láser 3D y dron, aplicadas a una misma área en el conjunto residencial Puerto 65, en Barrancabermeja. Todos los levantamientos se realizaron utilizando los mismos puntos de amarre, lo que garantizó una comparación directa y bajo las mismas condiciones de referencia.

Durante el desarrollo del trabajo se definieron dos puntos base comunes, utilizados por los cuatro métodos. Además, se seleccionaron puntos claves como vértices de muros y “targets” visibles en campo, lo cual facilitó la georreferenciación entre los equipos y aseguró una alineación precisa de los datos.

Se evidenció una diferencia significativa en el área medida por el equipo GNSS respecto a los datos obtenidos con estación total, drone y escáner láser. Mientras estos tres últimos arrojaron resultados similares el levantamiento con GNSS reportó un área de 97.124 m², generando una diferencia cercana a los 29 m². A continuación, presentaremos una tabla con las diferentes áreas:

Tabla 1. *Diferencias de áreas*

Cuadro de áreas	
Equipo	Área
Escáner	68.330 m ²
Estación total	68.309 m ²
GNSS	97.124 m ²
Dron	66.700 m ²

En la siguiente figura 19 y 20 podemos ver el plano realizado con las áreas arrojadas en los diferentes levantamientos topográficos.

Figura 19. *Plano con el área del GPS GNSS, estación total y escáner*

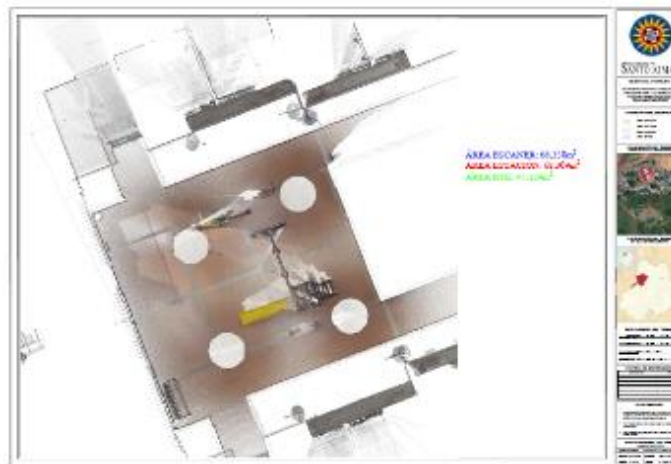


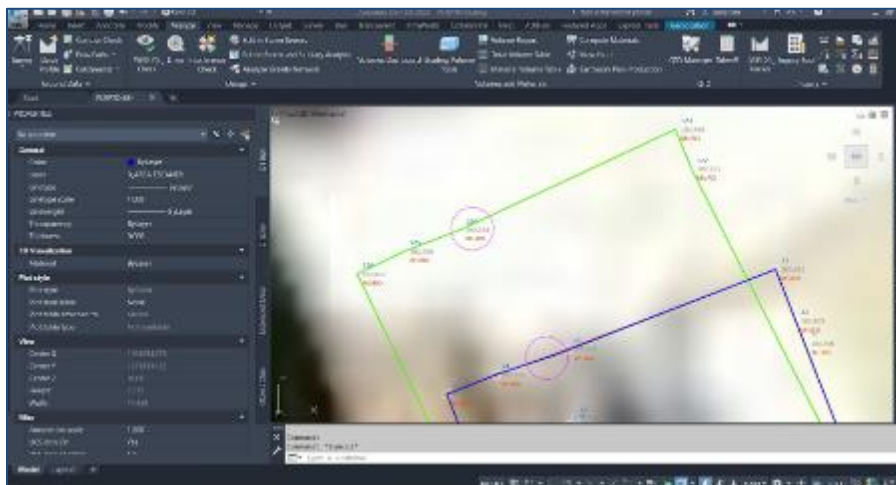
Figura 20. Plano con aéreas e imagen satelital drone y estación



Este margen de error entre el GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite) y los demás equipos topográficos es considerable dada el área de estudio, y refleja las limitaciones del equipo en entornos urbanos con obstrucciones como edificios o transformadores eléctricos, que interfieren con la recepción de señales satelitales.

Aunque los puntos tomados presentaron solución fija, se comprobó que esta condición no garantiza necesariamente la precisión de los datos cuando hay interferencias. Este tipo de tecnología es más adecuada para áreas abiertas y despejadas, donde no existan obstáculos físicos que limiten la visibilidad satelital.

Adicionalmente, se identificaron errores humanos durante el proceso del levantamiento, como la omisión del punto 124 en el registro con estación total como se ve en la figura 21. Aunque en este caso particular no generó un impacto significativo en la superficie calculada ya que es una recta, este tipo de omisiones podría afectar seriamente la precisión del levantamiento en sectores más complejos o con geometrías irregulares.

Figura 21. *Punto no tomado*

Este estudio demuestra la importancia de seleccionar adecuadamente la tecnología de levantamiento según las condiciones del entorno, el nivel de precisión requerido y el propósito del proyecto. Para este proyecto específicamente se aprecia que la mejor opción es la estación total ya que ofrece una excelente precisión con bajo costo de adquisición o alquiler (valor que depende del costo del equipo) y el personal requerido es un operador y un auxiliar. El usar un equipo GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite) no es tan viable ya que el entorno cuenta con unos obstáculos que interfieren con la señal de los satélites generando errores en la información final, pero se puede tener en cuenta para espacios abiertos ya que su costo de adquisición o alquiler es accesible y es una actividad que se podría realizar con un operador si el sitio es seguro, de no ser seguro se empleará un auxiliar para vigilancia de la base. El escáner láser es una opción magnífica ya que muestra todo el entorno al generar un modelo totalmente georreferenciado con una precisión excelente, modelo que se podría usar con otros fines, aunque el valor del trabajo se incrementa por el valor del equipo o alquiler, los equipos adicionales (estación total) para amarre y el equipo de computo para procesar la información

obtenida. El dron es una opción buena que se realiza de manera rápida y de bajo costo, pero se debe tener en cuenta que hay una variación de un 1,63m² aproximadamente con el resultado final comparado con los datos obtenidos con la estación y el escáner láser. Teniendo en cuenta este análisis se finiquita que la mejor opción en este caso es realizar el trabajo con la estación total.

Para labores de interventoría urbana, en pequeñas áreas donde la exactitud es crítica, los métodos con estación total y escáner láser ofrecen resultados más confiables en áreas urbanas densas, mientras que el GNSS debe ser reservado para lugares abiertos y sin obstrucciones.

4.3 Análisis del impacto en costos y tiempos por la implementación de nuevas tecnologías topográficas en campo, demostrando su efectividad en la mejora de la calidad, reducción de tiempos y optimización de recursos

En esta fase del proyecto se realizará un análisis detallado del impacto que tiene la implementación de tecnologías topográficas modernas en los costos operativos, los tiempos de ejecución y la calidad de los resultados obtenidos en campo. Para ello, se consideraron los cuatro equipos utilizados en la fase anterior del estudio: el escáner láser leica BLK360, el receptor GNSS trimble R8, la estación total ES-102 y el dron DJI Mini 4 Pro.

Con el fin de realizar una evaluación objetiva, la empresa Ingeniería para la disposición óptima de los materiales y energía de la naturaleza limitada (Idomen) con NIT 900050017-3 nos proporcionó los valores comerciales reales de los equipos a través de facturas de sus proveedores. A partir de esta información, se establecieron comparaciones directas en términos de inversión inicial, tiempo de levantamiento en campo, precisión de los datos recolectados y facilidad de procesamiento posterior.

Este análisis permite concluir de manera fundamentada qué tecnologías ofrecen una mejor relación costo-beneficio para su implementación en labores de interventoría y control en proyectos de urbanismo, considerando no solo los costos directos, sino también la eficiencia operativa y la calidad de la información generada.

Los datos presentados en la siguiente tabla fueron obtenidos directamente por el equipo que realizó este trabajo durante el desarrollo del segundo objetivo específico, a partir de los levantamientos topográficos realizados con los cuatro equipos seleccionados.

Los valores de rendimiento y precisión se determinaron con base en la experiencia de campo y el registro de resultados obtenidos en cada levantamiento, mientras que los valores comerciales fueron tomados de las facturas de adquisición y uso de los equipos topográficos. Estos valores fueron mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 2. *Análisis de los equipos*

Equipo	Fecha de compra	Valor comercial	Logística de campo	Personal de campo	Rendimiento m2	Logística de oficina	Personal de oficina	Entrega de información
Estación total	20/01/2014	18.000.000	4 artículos	1 operador + 2 auxiliares	40 m2	1 cm	Computador básico	1 persona
Gps Gnss	31/08/2018	67.385.000	5 artículos	1 operador + 2 auxiliar	70 m2	2 cm	Computador básico	1 persona
Escáner laser	16/07/2019	95.850.000	2 artículos	1 operador	120 m2	0.3 mm	Computador avanzado	1 persona
Drone 4 pro	03/09/2024	5.375.000	6 artículos	1 operador	300 m2	15 – 20 cm	Computador avanzado	1 persona

Nota: elaboración propia a partir de los levantamientos topográficos realizados y facturas de los equipos empleados durante el desarrollo del segundo objetivo específico.

En las figuras 22, 23, 24 y 25 podemos ver las facturas de los equipos topográficos de la empresa IDOMEN utilizados en los levantamientos realizados en este proyecto y a su vez esta información se usó para realizar el análisis de los equipos costo – beneficios nombrados en la tabla número 2.

Figura 22. Factura Estación Total ES-102. Tomado de empresa Idomen

SEÑOR(ES)		FECHA	FECHA VENCE	FACTURA DE VENTA No.	
INGENIERIA PARA LA DISPOSICION OPTIMA DE LOS MATERIALES		20.01.2014	19.02.2014	FV1643	
TV 39 41 36 SUR IN 4 AP 202		MT o C.C.	ORDEN DE COMPRA	FORMA DE PAGO	
7243838	Cod. Vendedor	908050017 -3		CREDITO	
Bogotá d.c. - Bogotá	GTC (GTC)				
CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	UNITARIO	I.V.A.	VALOR TOTAL
001001140	ES-102P/SLBG ESTACION TOTAL MARCA TOPCON REF ES-102P/SLBG TOPCON. Serials: GX0075	1	\$18,000,000	16	\$18,000,000
003001143	TRIPODE EN ALUMINIO PENTAX PENTAX	1	\$0	16	\$0
003001456	PRISMA CON ESTUCHE MARCA PENTAX PENTAX	2	\$0	16	\$0
003001452	5.2 M BASTON TOPOGRAFICO MARCA PENTAX 5.2 M PENTAX	2	\$0	16	\$0
FAVOR CONSIGNAR EN EL BANCO DE BOGOTA CUENTA N° 399018606 A NOMBRE GEOSYSTEM INGENIERIA SAS					
Observaciones:				SUB - TOTAL	\$18,000,000
Nota: Por medio de la siguiente factura de venta, Título valor creditivo al comprador devolva haber recibido real y materialmente las mercancías descritas en este libro-valor y se obliga a pagar al precio en moneda colombiana de curso legal y en la forma pactada por 1231 de julio 17 de 2008 art. 621 código comercio				I.V.A	\$2,880,000
				TOTAL	\$20,880,000
VENTE MILLONES OCHOCIENTOS OCHENTA MIL PESOS CON CERO CENTAVOS MCTE. *****					
				ACEPTADA	
FACTURACION POR COMPUTADOR RES. DIAN 200001861747 DE 2010136 AUTORIZADA PVT001 AL PV4005 Este factura se considera aceptada si no hace reclamación, devolviendo la factura o mediante recibo escrito, dentro de los 15 días siguientes a su aceptación según ley 1221 de 2008.					
				Impreso Por Geosystem Ltda Pag. 1	

Figura 23. Factura GPS GNSS Trimble R8. Tomado de empresa Idomen



DATUM INGENIERIA S.A.S
NIT : 830136779-4

FACTURA DE VENTA No.DATQ 12649

FACTURA IMPRESA POR COMPUTADOR SEGUN AUTORIZACION NUMERACION DE FACTURACION HABILITACION DIAN No. 18020800001 DE 1/6/2018
RANGO DEL DATQ 12421 AL DATQ 20808 VIGENTE POR 24 MESES

Señor(es) INGENIERIA PARA LA DISPOSICION OPTIMA DE LOS MATERIALES Y ENERGIAS DE LA NATURALEZA LIMITADA

NIT 900050017-3

Dirección

Teléfono (7) 6121021

Contacto

Fecha: 31/08/2018

Fecha de Vencimiento : 30/09/2018

Referencia:

Condiciones de pago: 30 DIAS

Vendedor: Ruth Noley Asprilla Tamayo

NO SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES
REGIMEN COMUN
ACTIVIDAD ECONOMICA PRIMARIA 4111 ACTIVIDAD SECUNDARIA 7111

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Sistema Trimble Geodesico y Topografico modelo R8s, en post proceso y tiempo real con capacidad de recibir GPS y GLONASS, Garantia de de un (1) año para el equipo y tres (3) meses para accesorios,	1	59.098.214	59.098.214

Comentarios:

Incluye:

- (1) Receptor R8s Base
- (1) Receptor R8s Móvil
- (1) Colector TSC3
- (1) Licencia Trimble Business Center Intermediate
- (1) Bastón de fibra
- (1) Tripode
- (1) Base nivelante
- (1) Batería de larga duración Basado en Ofertas de ventas 766. Basado en P

LEY 1234 ART2. DESPUÉS DE 10 DÍAS CALENDARIO SE CONSIDERA ACEPTADA LA FACTURA Y NO PROCEDERÁ SU DEVOLUCION

SON: Sesenta y siete millones trescientos ochenta y cuatro mil ochenta y cinco Pesos Colombianos con Cincuenta y ocho Centavos

NOTA : Por favor consignar en : Bancolombia, Cuenta Corriente No. 040-171435-41 o Banco de Occidente Cuenta Corriente No. 268072630, Banco de Bogotá Cuenta Corriente No. 000746665 a Nombre de Datum Ingenieria S.A.S.

IMPORTANTE: Esta factura se presta para todos sus efectos a la letra de Cambio. Artículo 079 del C del C. Si esta factura es cancelada en el plazo estipulado causará intereses de mora al porcentaje máximo autorizado por la ley, según artículo 864 Código del Comercio

Subtotal \$ 56.625.282

IVA \$ 10.758.803,58

Total \$ 67.384.085,58

Firma Autorizada

DATUM INGENIERIA S.A.S. 830.136.779-4

Certificamos haber recibido los trabajos a entera satisfacción y aceptamos este stub.

FIRMA Y SELLO DEL CLIENTE

Figura 24. Factura Escáner Láser BLK360. Tomado de empresa Idomen

		1305- INGENIERIA PARA LA DISPOSICION OPTIMA DE LOS MATERIALES Y ENERGIAS DE LA NATURALEZA IDOMEN					
ACRE COLOMBIA SAS Calle 101B # 45A – 23 BOGOTA D.C. Tl:3000252 NIT 900931389-9 ACTIVIDAD ECONOMICA PRINCIPAL 4741 TARIFA 11.0		CR 24 A 19 SUR 03 BL 3 EN AP 403 11001 BOGOTA CUNDINAMARCA NIT: 900050017-3					
FACTURA DE VENTA							
N° Factura	N° Fra Fiscal	Fecha Factura	Cliente				
FV1439		16/07/2019	00482				
Página: 1							
Artículo	Descripción Artículo	Unidades	Precio	%Dto	Precio Neto	Importes	
	ALBARAN VENTA n° 104282 DE 12/07/2019						
650000	BLK360 LASER ESCANER N° de Serie: 3503085	1.00				66,686,857.03	
650555	BOLSA DE TRANSPORTE BLK360	1.00				675,160.20	
772606	GB212 BATERIA DE ION LITHO, 7.4V2.6AH	3.00				1,654,142.49	
852413	GRL312 CARGADOR PRO	1.00				630,146.52	
733272	GEY102-1 AC/DC-ADAPTER FOR GXL USA	1.00				56,137.83	
843217	RECAP PRO FOR MOBILE 12 M SUBSCRIPTION	1.00				3,750,896.00	
757938	TRI 100. TRIPODE PROFESIONAL LEICA	1.00				366,182.23	
853638	TRIPODE PARA BLK360	1.00				1,125,287.00	
853639	QUICK ADAPTER 1/4" EASY AND SAFE OPERATION TRIPOD GAD62	1.00				375,689.00	
853640	MISSION BAG BLK360	1.00				525,124.60	
IPAD10	IPAD PRO 10.5 WIFI 256GB N° de Serie: DLXNDPYK06L	1.00				5,300,000.00	
		13.00				80,545,000.00	
Importe	Transporte	IL Imponible	%IVA	IVA	%Egv	Equival.	Total Factura
80,545,000.00		80,545,000.00	19.00	15,303,550.00			95,848,550.00
Forma Pago: BANCO DE OCCIDENTE 283-62825-5 Cuenta Corriente			Observaciones GARANTIA DE 1 AÑO, CAPACITACION EN OPERACION DEL INSTRUMENTO, SOPORTE POR INGENIEROS EXPERTOS DURANTE 1 AÑO.				
Fecha Vencimiento	Importe						
16/07/2019	95,848,550.00						

Figura 25. Factura Drone DJI Mini 4. Tomado de empresa Idomen



FALABELLA DE COLOMBIA S A
 NIT 900 017 447-8
 Parque Industrial Polierodreco vía Siberia Km. 1.5 / Lote 20-1
 Teléfono:
 Iva Régimen Común ICA Actividad Económica CIIU 4719
 Grandes Contribuyentes Resolución 012636 14 Dic 2018
 AUTORRETENEDORES: Resolución Dian 008547 del 13-ago-2009
 Régimen Emisor: Responsable del impuesto sobre las ventas - IVA

FACTURA ELECTRÓNICA DE VENTA

Nº V30526150



INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Razón Social : IDOMEN LTDA NIT : 902 050 017-3 Dirección : CIR 37 NO 67 78 Teléfono : 2024-09-03 CUIE : 3b8a5b29ead93ac382e17e4fc58d0c30b6b6d536903b6ee39c45e170dcaCbb70bcf1eb4ee4703e7f2ec08c39e6ca2 Observación : Entrega : Forma de Pago : CONTADO Plazo :	Fecha de Expedición : 03/09/2024 Fecha de Vencimiento : Fecha Validación : 03/09/2024 17:28:00 Fecha y Hora Entrega : Nro OIC : 2567375624 Tipo de Moneda : COP Correo : proyectos@idomen.com.co Fecha de Compra : 03/09/2024 Tipo de cambio : Nro. Interno :
--	--

Documento	Referencia	Folio	Fecha	Razón	Referencia
CANT.	UNID.	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE IMPUESTO-ITEM	PRECIO VTA. UNITARIO	DEBE/HAVER
1	1	Combo Drone Dji Mini 4 Pro	19.0	4.504.118,00	4.504.118,00
1	1	Despacho	19.0	12.521,00	12.521,00

SON: Cinco millones trescientos setenta y cuatro mil ochocientos con 00/100 PESOS

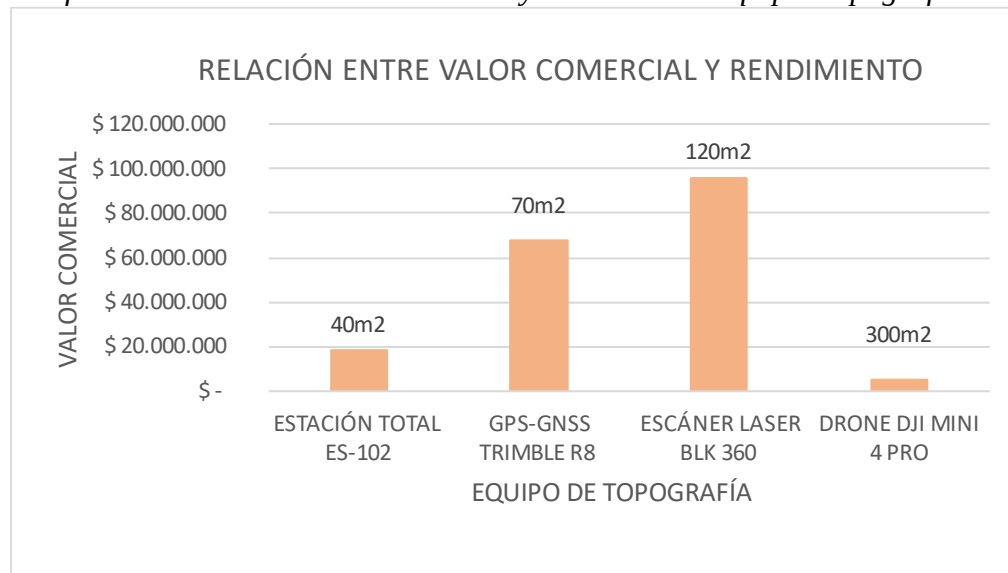
SUB-TOTAL	\$	4.516.639,00
IVA	\$	858.161,00
TOTAL A PAGAR	\$	5.374.800,00

Del análisis comparativo entre los equipos topográficos utilizados en el estudio estación total ES-102, Gps GNSS Trimble R8, escáner láser BLK360 y dron DJI mini 4 Pro se destacan varias conclusiones claves respecto a su impacto en costos, tiempos y calidad de la información generada:

4.3.1 Costo comercial e inversión inicial

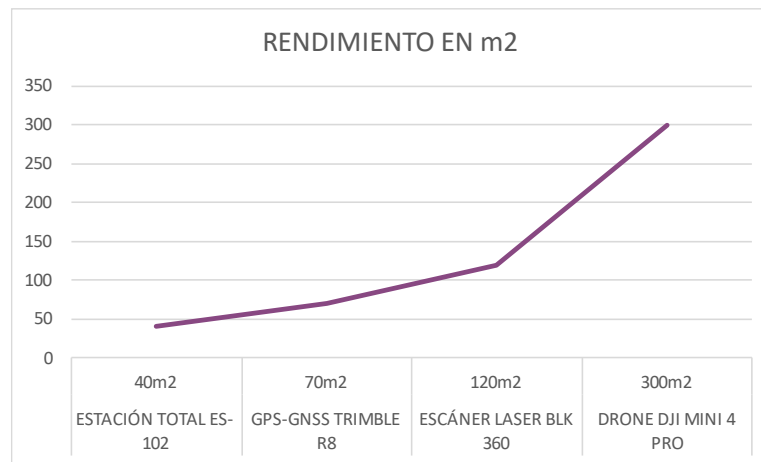
- El equipo más económico es el dron DJI mini 4 Pro (\$5.375.000), mientras que el escáner láser BLK360 representa la mayor inversión (\$95.850.000).
- La estación total, a pesar de ser uno de los equipos más antiguos (2014), tiene un costo bajo y sigue siendo funcional en levantamientos convencionales.

Figura 26. Gráfica relación entre valor comercial y rendimientos equipos topográficos



4.3.2 Rendimiento en campo (m² por jornada):

- El dron tiene el mayor rendimiento (300 m²), seguido del escáner láser (120 m²), el GNSS RTK (70 m²) y, por último, la estación total (40 m²).
- Esta diferencia muestra cómo las nuevas tecnologías permiten cubrir mayores áreas en menor tiempo.

Figura 27. Gráfica rendimiento de campo por tipo de equipos topográficos

4.3.3 Precisión de la información

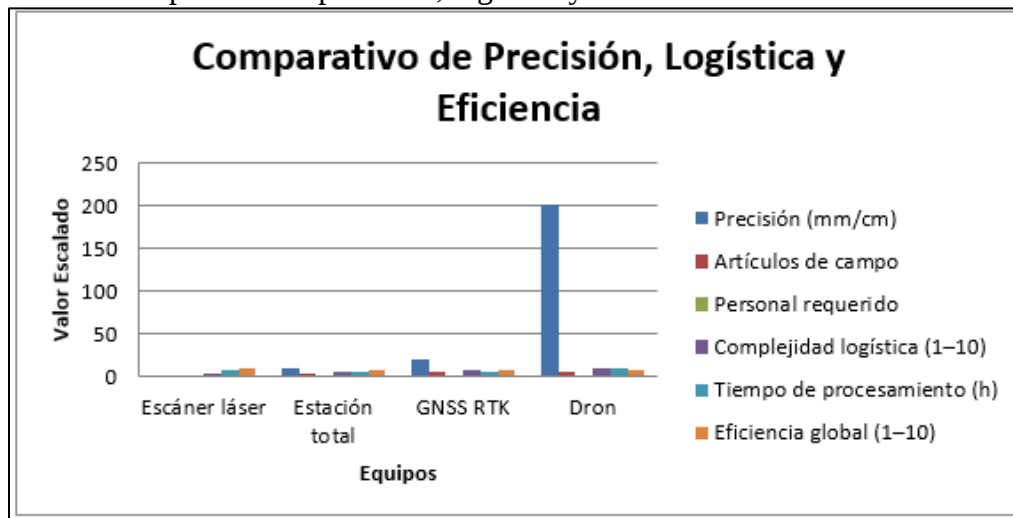
- El escáner láser ofrece la mejor precisión (0.3 mm), ideal para proyectos que requieren detalle tridimensional fino.
- Le sigue la estación total (1 cm), luego el GNSS RTK (2 cm) y, finalmente, el dron, que tiene una precisión variable (15–20 cm) y depende del tipo de procesamiento.

4.3.4 Requerimientos logísticos:

- En campo, el escáner láser es el equipo más compacto (solo 2 artículos y 1 operador), lo cual mejora la eficiencia operativa.
- El dron, pese a su alta productividad, requiere la logística más compleja (6 artículos).
- La estación total y el GNSS requieren más personal y artículos, lo que puede aumentar los tiempos de montaje y operación en áreas mayores.

La siguiente gráfica muestra una comparación de precisión, logística y eficiencia.

Figura 28. Gráfica comparativa de precisión, logística y eficiencia

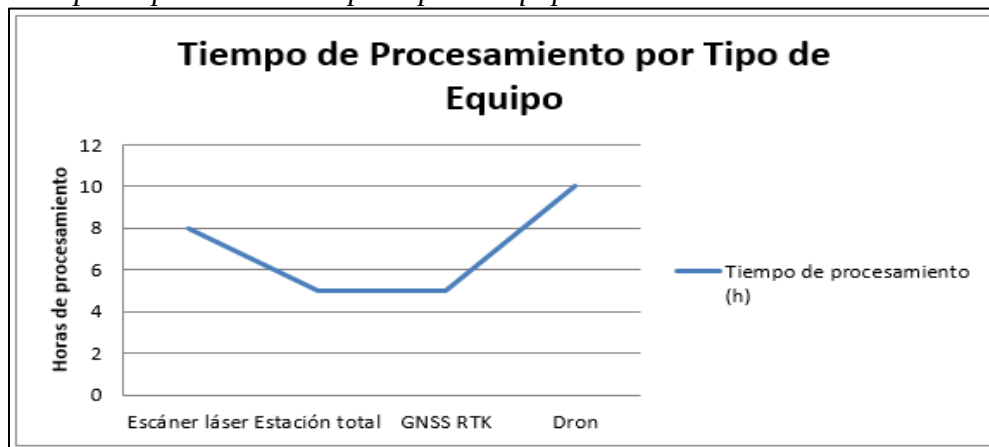


4.3.5 Procesamiento y entrega de información:

- El dron y el escáner requieren procesos de descarga y empalme, lo que implica más tiempo en oficina, pero permiten una mayor visual del espacio.
- La estación total y el GNSS permiten una descarga única, lo que simplifica el procesamiento, aunque con menor volumen de datos.

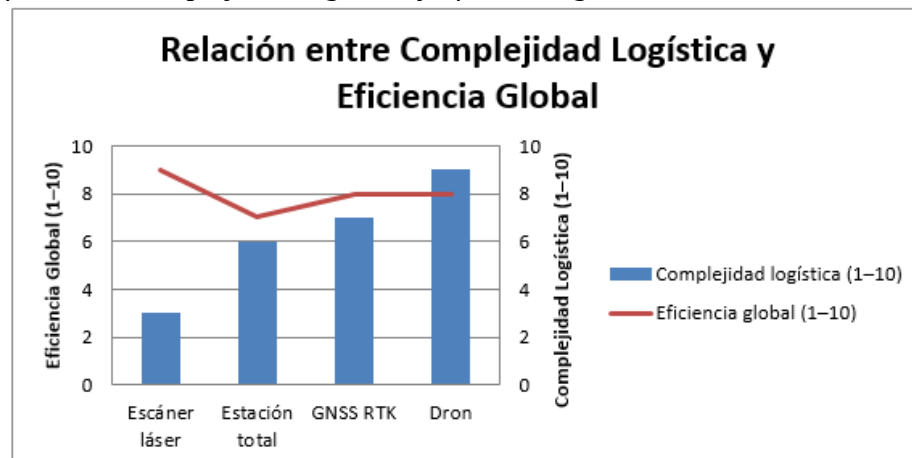
La siguiente gráfica muestra el tiempo de procesamiento por tipo de equipo:

Figura 28. Tiempo de procesamiento por tipo de equipo



Se puede decir que el escáner láser BLK360: ofrece la mayor precisión y buen rendimiento, aunque con alto costo inicial y mayor procesamiento en oficina. El dron DJI mini 4 Pro: Tiene el mayor rendimiento y menor costo, pero menor precisión, por lo que es útil como herramienta complementaria. El GNSS trimble R8: Equilibrado en rendimiento y logística, pero no en entornos urbanos con estructuras al rededor. Y la estación total ES-102: A pesar de su antigüedad y menor rendimiento, sigue siendo precisa, económica y confiable para trabajos convencionales pequeños en obra. La siguiente gráfica muestra la relación entre complejidad logística y eficiencia global

Figura 29. Gráfica entre complejidad logística y eficiencia global



Conclusiones

Los drones y los GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite), son los equipos con mayor demanda entre los usados para el estudio, lo que refleja un nivel de apropiación tecnológica considerable. En cuanto a la percepción sobre su aplicabilidad, se consideró que estas tecnologías son adecuadas para levantamientos topográficos de precisión.

Frente al impacto operativo, hay una aceptación masiva, ya que estas herramientas cuentan con la precisión y aumentan la rapidez de los levantamientos, también se reconoce que su implementación reduce costos y tiempos de ejecución en etapas iniciales del trabajo topográfico. No obstante, es necesario capacitar y certificar al personal técnico para optimizar su uso, se espera que en un futuro cercano las empresas del sector puedan invertir más en equipos modernos y capaciten a sus colaboradores.

Estos resultados reflejan una tendencia sólida hacia la digitalización y automatización de la topografía en el contexto local. La adopción tecnológica es creciente, pero su aprovechamiento pleno dependerá de políticas de actualización profesional y renovación de equipos en el corto y mediano plazo junto con la educación que se le pueda dar a cada profesional.

En cuanto al grado de precisión de los equipos topográficos, el GPS GNSS presenta precisiones buenas en espacios sin obstrucciones, lo que lo hace adecuado para control en espacios abiertos y levantamientos extensos.

La estación total es el equipo más recomendable para labores de replanteo y control de obras civiles.

Los drones, mediante fotogrametría, alcanzan excelentes precisiones cuando se emplean puntos de control terrestre, lo que los hace eficientes para levantamientos rápidos de grandes áreas.

El escáner láser destaca por su alta precisión milimétrica, siendo ideal para levantamientos detallados y modelado tridimensional, aunque con costos elevados.

Todo lo anterior concluye que no existe un único equipo superior, sino que la elección correcta depende del tipo de trabajo, siendo la combinación de tecnologías la estrategia más eficiente y precisa en la práctica topográfica actual.

El estudio de caso desarrollado en el conjunto residencial Puerto 65, ubicado en Barrancabermeja, permitió cumplir satisfactoriamente con el objetivo planteado: comparar el desempeño de diferentes tecnologías de levantamiento topográfico como con estación total, escáner láser, GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite), y drones para determinar su aplicabilidad en labores de interventoría dentro de proyectos de urbanismo.

A través de una metodología basada en el uso de puntos de amarre comunes y el levantamiento de una misma área con cada equipo, se obtuvieron resultados comparables que evidenciaron las ventajas y limitaciones de cada tecnología. Se identificó que tanto la estación total, drone y el escáner láser ofrecieron mayor precisión y confiabilidad en entornos urbanos con estructura alrededor, al presentar resultados consistentes y coherentes entre sí. Por el contrario, el equipo GNSS, aunque eficiente en áreas abiertas, mostró una diferencia significativa en la superficie levantada, probablemente debido a interferencias por edificaciones cercanas o equipos eléctricos.

Se concluye que la selección del método de levantamiento topográfico debe fundamentarse en el análisis de las condiciones físicas del entorno y en los niveles de precisión exigidos por cada

proyecto. En el caso de labores de interventoría en entornos urbanos, donde se requiere un alto grado de fidelidad geométrica y control dimensional, la estación total y el escáner láser se consolidan como las herramientas más apropiadas.

A partir del análisis técnico y práctico realizado con los cuatro equipos topográficos: escáner láser BLK360, GNSS Trimble R8, estación total ES-102 y dron DJI Mini 4 Pro se puede concluir que la elección del equipo ideal depende directamente del tipo de levantamiento, las condiciones del entorno y los objetivos específicos del proyecto.

El escáner láser destaca por su altísima precisión y nivel de detalle, siendo ideal para levantamientos urbanos complejos o proyectos que requieran modelado 3D, aunque implica una alta inversión y procesamiento posterior en oficina. Reduce los tiempos de captura en un 40 %

El dron ofrece gran cobertura aérea de hasta 10 ha por vuelo con un bajo costo y con logística sencilla, siendo muy útil para generar modelos visuales generales en grandes áreas, aunque su precisión es limitada para trabajos de alta exactitud.

El GPS GNSS (Sistema de Posicionamiento Global – Sistema de Navegación por Satélite) presenta buen rendimiento y facilidad de uso, pero es recomendable solo en espacios abiertos sin interferencias, como fincas o zonas rurales extensas. Tiene una eficiencia reducida en entornos con construcciones cercanas de un 30 % de obstrucción satelital.

La estación total, pese a ser el equipo más económico y de menor rendimiento, se mantiene como la herramienta más confiable para levantamientos pequeños y labores de control de obra, especialmente en entornos urbanos.

Referencias

- Sanchez, H. (2010). *Interventoría de proyectos y obras*. Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/items/d88c853a-2dcc-46f6-b8f4-c0559f9472fa>
- Domínguez-Abnal, V. A., & Hernández-Saucedo, F. R. (s. f.). *Evolución tecnológica de los instrumentos topográficos = Technological evolution of topographical instruments*. Academia.edu.
https://www.academia.edu/39826808/Evoluci%C3%B3n_tecnol%C3%B3gica_de_los_instrumentos_topogr%C3%A1ficos_Technological_evolution_of_topographical_instruments
- Acca Software. (2023, september 29.). *Geospatial technologies in construction*. Acca Software.
<https://biblus.accasoftware.com/en/geospatial-technologies-in-construction/>
- Álvarez Ayala, M. A., & Ariza Rolong, A. M. (2020). *Estructuración de un plan de negocios para la creación de la empresa de servicios topográficos Ácrux Ingeniería Topográfica S.A.S.* (Trabajo de grado modalidad de emprendimiento, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Bogotá, Colombia.
<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/84d690ea-7329-4cea-85f9-f65aef641784/content>
- Arplan. (2023, octubre 2). *Revolucionando la topografía con drones en Bogotá*. Arplan.
<https://arplan.com.co/revolucionando-la-topografia-con-drones-en-bogota/>
- Bid. (2015, august 28). *El uso de drones en la gestión urbanas*. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/drones/>
- Congreso de la República de Colombia. (1997). *Ley 388 de 1997: Ley de Ordenamiento Territorial*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>

- Constructivo. (2024, 17 de diciembre). *Topografía en la construcción: Tecnología, tendencias y aplicaciones clave*. <https://constructivo.com/noticia/topografia-en-la-construccion-tecnologia-tendencias-y-aplicaciones-clave-1733260744>
- DJI. (2024). DJI Mini 4 Pro – *Specifications & Features*. DJI. <https://www.dji.com/mini-4-pro/specs>
- Dorado. (2022). *El catastro multipropósito: Reflexiones alrededor de su potencialidad y aplicación*. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/20.500.14471/26087/catastroMultiproposito.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- El colegio de México A.C. (2022, enero - abril). *Planes de desarrollo urbano: instrumentos de legitimación en la expansión urbana de Ciudad de Juárez, Chihuahua*. <https://www.redalyc.org/journal/312/31270567003/31270567003.pdf>
- Escuela Militar de Ingenieros. (2017, mayo 11). *Tecnología en Levantamientos Topográficos e Información Geográfica* [Programa académico]. Centro de Educación Militar. <https://cemil.edu.co/tecnologia-en-levantamientos-topograficos-e-informacion-geografica-2/>
- García Pérez, L. (2022). *Estudio de levantamientos topográficos aplicados al urbanismo en Barrancabermeja* (Trabajo de fin de grado, Universidad de Zaragoza). Zaragoza, España. <https://zaguan.unizar.es/record/155847/files/TAZ-TFG-2022-438.pdf?version=1>
- García, A., & Martínez, J. (2005). *El proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior: Una reflexión sobre el papel del docente en el aula*. *Revista de la Facultad de Ingeniería*,

24(2), 61-72. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372005000200003

Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2020). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics* (16th ed.).

https://www.researchgate.net/publication/352440810_Elementary_Surveying_An_Introduction_to_Geomatics

Igac. (2017). *Análisis Geográficos – Memorias técnicas Semana Geomática*.
https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/revista_analisis_geograficos_n54_compressed.pdf

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (s. f.). *Levantamientos topográficos de precisión 0* [Documento técnico]. IGAC.

https://www.igac.gov.co/sites/default/files/listadomaestro/p30200-04-11v3_levantamientos_topograficos_de_precision_0.pdf

International Scholars Journals. (2023). *Geospatial technologies in modern regional planning*.
<https://www.internationalscholarsjournals.com/articles/geospatial-technologies-in-modern-regional-planning.pdf>

Issuu. (2017). *Urbanismo moderno en América Latina*.
https://issuu.com/dearq/docs/dearq_12_urbanismo_moderno_en_am__r

Issuu. (2018, november). *Revista urbano* V.21, N 38.
https://issuu.com/revista_urbano/docs/ru_n_38_final_corregido03-09-19

Leica Geosystems. (2024). *Leica BLK360 – Imaging Laser Scanner*. Leica Geosystems AG.
<https://leica-geosystems.com>

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2020). *Decreto 148 de 2020: Reglamentación para la Aplicación del Sistema de Información Catastral.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=105952>

ProtoTech Solutions. (2023). *The role of topographic survey in modern urban planning.* ProtoTech Solutions. [https://prototechsolutions.com/blog/the-role-of-topographic-survey-in-modern-urban-](https://prototechsolutions.com/blog/the-role-of-topographic-survey-in-modern-urban-planning/#:~:text=In%20modern%20urban%20planning%2C%20the,resilient%2C%20and%20efficient%20urban%20environments.)

[planning/#:~:text=In%20modern%20urban%20planning%2C%20the,resilient%2C%20and%20efficient%20urban%20environments.](https://prototechsolutions.com/blog/the-role-of-topographic-survey-in-modern-urban-planning/#:~:text=In%20modern%20urban%20planning%2C%20the,resilient%2C%20and%20efficient%20urban%20environments.)

Redalyc. (2014). *Instrumentos de gestión de proyectos urbanos del siglo XXI Avances y contradicciones del desarrollo urbano en Buenos Aires.*

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74830875015>

ResearchGate. (2022, november). *Supervisión y Control de Proyectos.* https://www.researchgate.net/publication/365801663_Supervision_y_Control_de_Proyectos.

ResearchGateL. (2023, february 2). [https://www.researchgate.net/publication/368146253_ANALISIS_TERRITORIAL_Y_E](https://www.researchgate.net/publication/368146253_ANALISIS_TERRITORIAL_Y_EL_USO_DE_TECNOLOGIAS_GEOESPACIALES)

[L_USO_DE_TECNOLOGIAS_GEOESPACIALES](https://www.researchgate.net/publication/368146253_ANALISIS_TERRITORIAL_Y_EL_USO_DE_TECNOLOGIAS_GEOESPACIALES) GEOTECH. (2023, junio 20). GPS en Colombia. <https://geotech.com.co/gps-colombia/>

SciELO. (2017, ene/feb). La tecnología LiDAR, herramienta útil para el estudio de la biodiversidad. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322017000100004

ResearchGat. (2015, february). *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas*

a la Ingeniería Civil.

https://www.researchgate.net/publication/272090105_Introduccion_a_la_Fotogrametria_y_Cartografia_aplicadas_a_la_Ingenieria_Civil

Secretaría Distrital de Habitat. (2020). *Monitoreo de la gestión del suelo: Correcciones*. Secretaría Distrital de Habitat. <https://www.habitatbogota.gov.co/sites/default/files/documents/2020-12/Monitoreo%20gesti%C3%B3n%20del%20suelo-correcciones.pdf>

Survey2Plan. (2024, september 20). *Innovations in surveying: How technology is changing the landscape*. Survey2Plan. [https://survey2plan.com/innovations-in-surveying-how-technology-is-changing-the-landscape/#:~:text=For%20example%3B%20Virtual%20Reality%20\(VR,data%20and%20executing%20projects%20accordingly](https://survey2plan.com/innovations-in-surveying-how-technology-is-changing-the-landscape/#:~:text=For%20example%3B%20Virtual%20Reality%20(VR,data%20and%20executing%20projects%20accordingly).

Trimble. (2024). *Trimble R8s GNSS System – Product Overview*. Trimble Inc. <https://geospatial.trimble.com>

UdeCataluña. (2018). Los desafíos y oportunidades de la estructuración e interventoría de obras y proyectos en el contexto actual. <https://www.ucatalunya.edu.co/blog/los-desafios-y-oportunidades-de-la-estructuracion-e-interventoria-de-obras-y-proyectos-en-el-contexto-actual>

Universidad de Costa Rica. (2013, 16 de julio). *Nuevas tecnologías son aliadas de la topografía*. Oficina de Divulgación e Información. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2013/7/16/nuevas-tecnologias-son-aliadas-de-la-topografia.html>

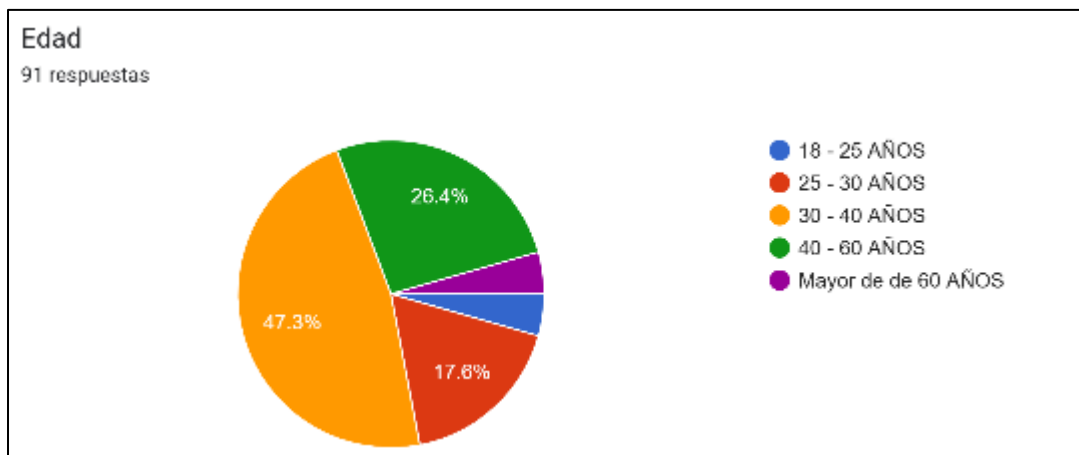
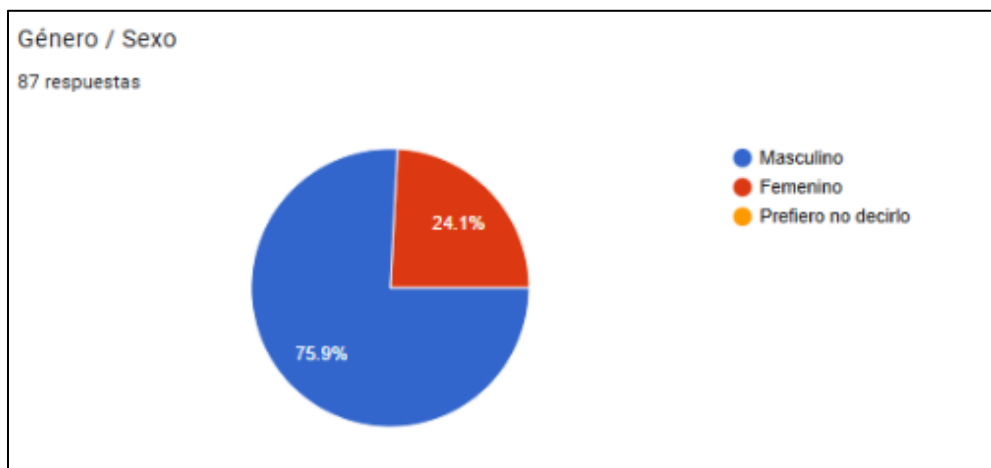
Universidad de Murcia. (s.f.). *Sistemas de Información Geográfica*. <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

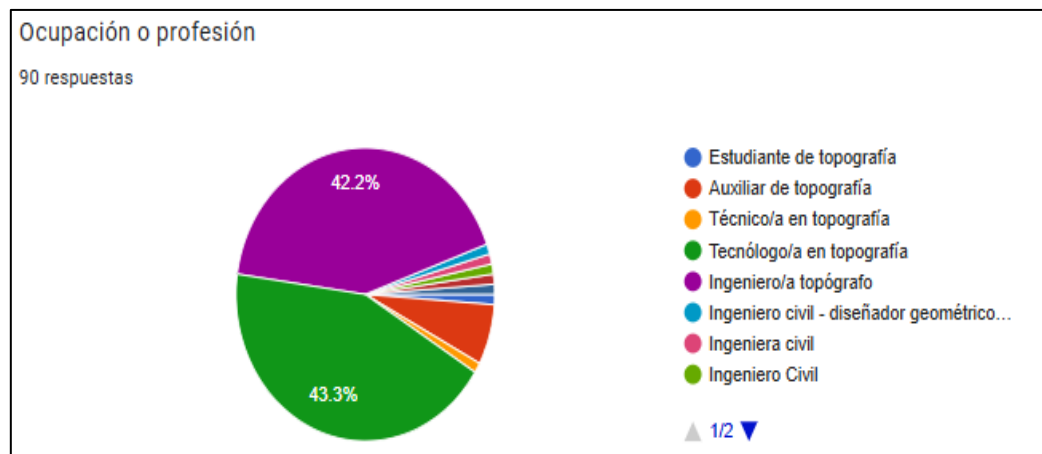
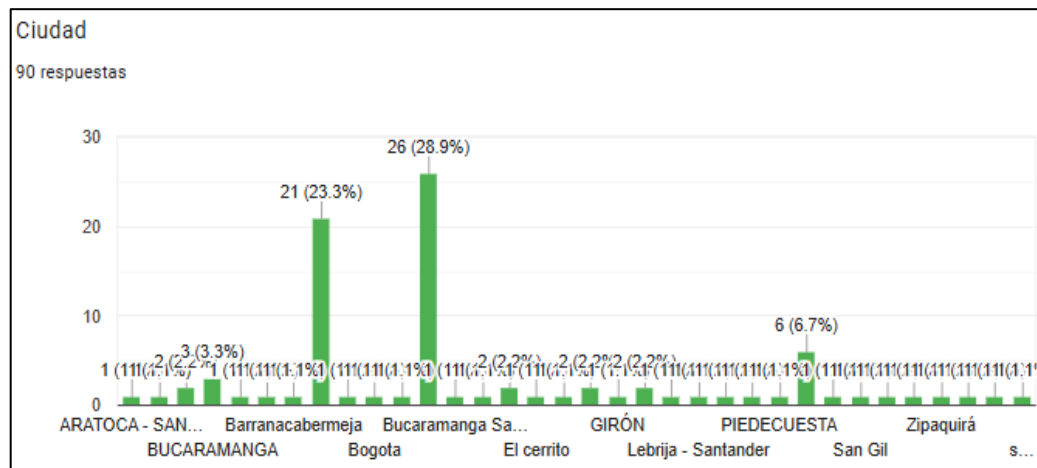
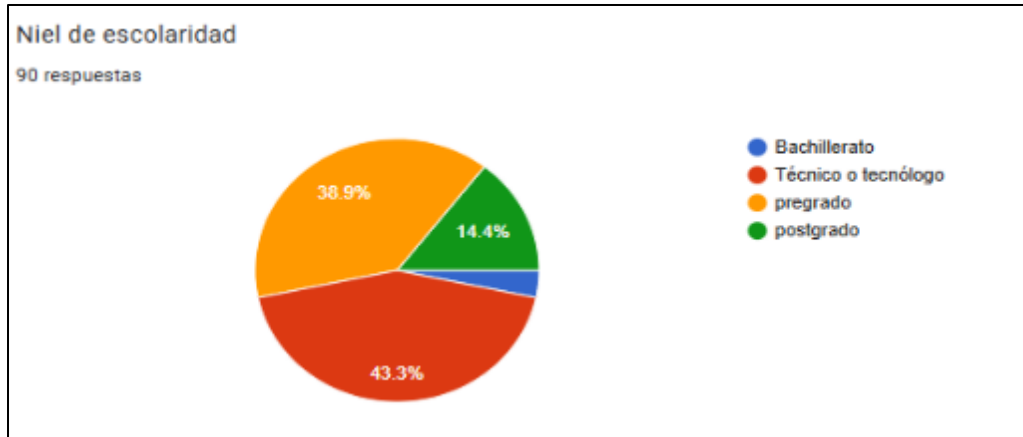
Apéndices

Apéndice A. *formulario de preguntas de la encuesta realizada para el desarrollo del primer objetivo específico.*



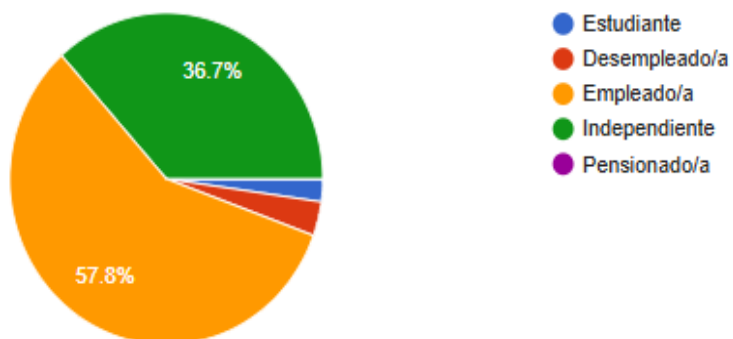
AUTORIZACIÓN,
MANEJO Y TRATAMIE





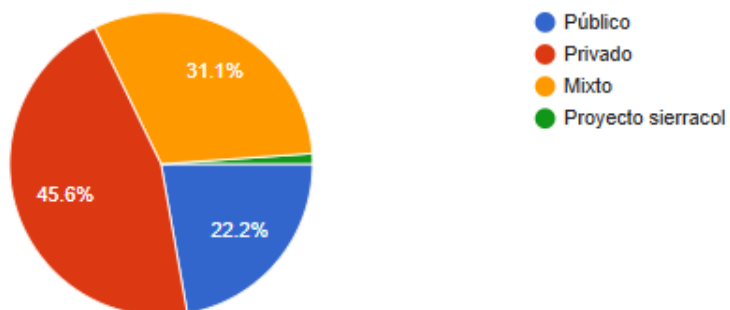
Situación laboral actual

90 respuestas

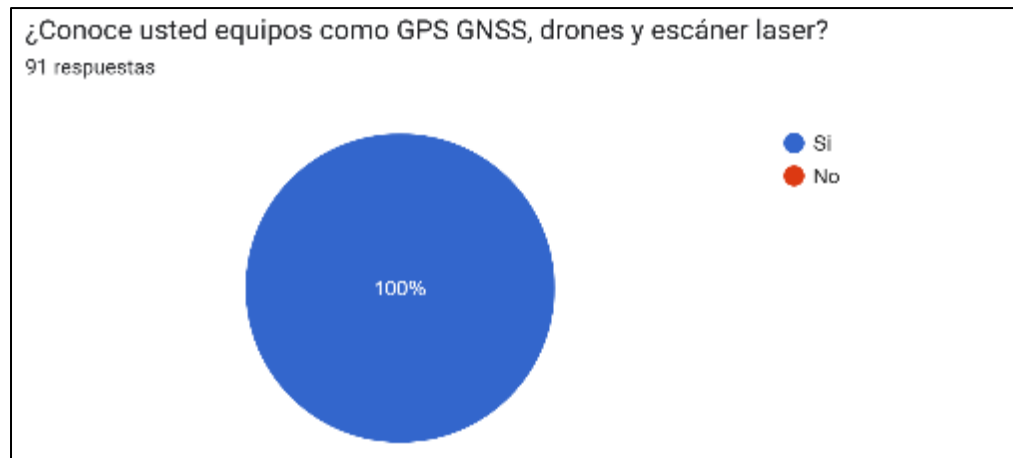
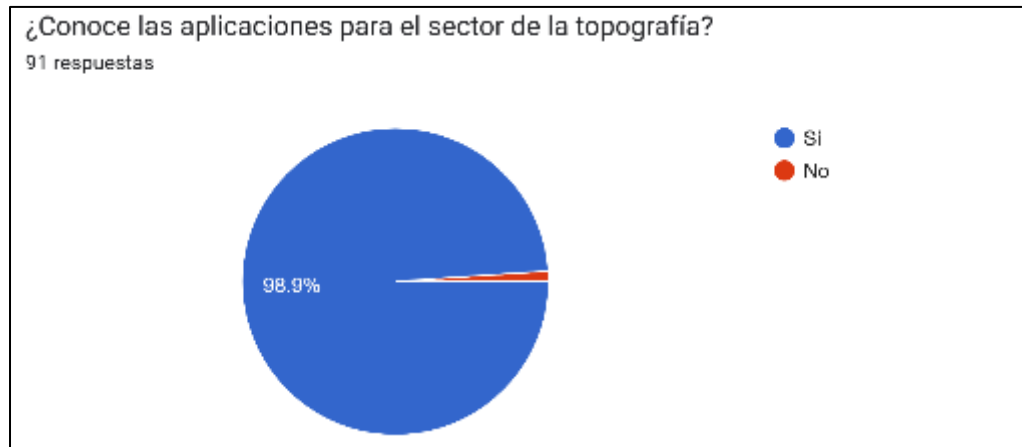


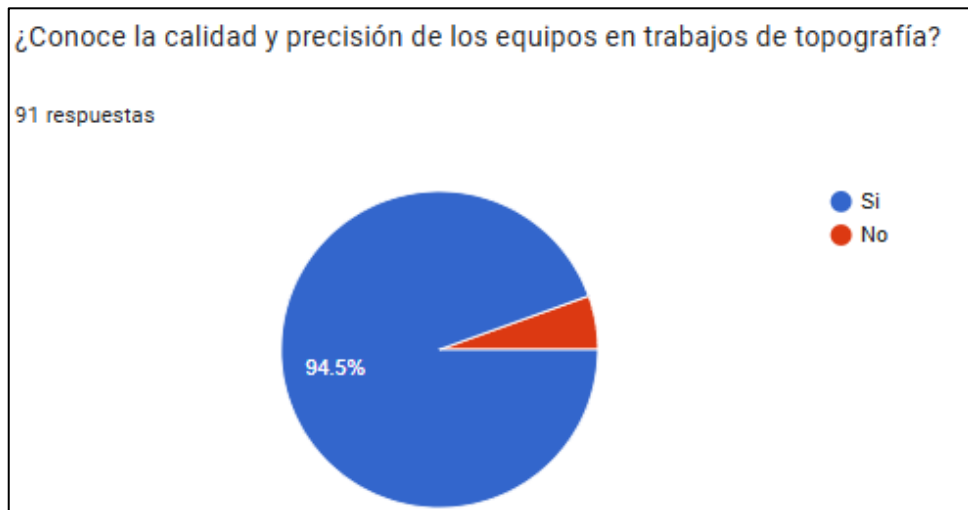
Sector dónde trabaja o trabajó

90 respuestas

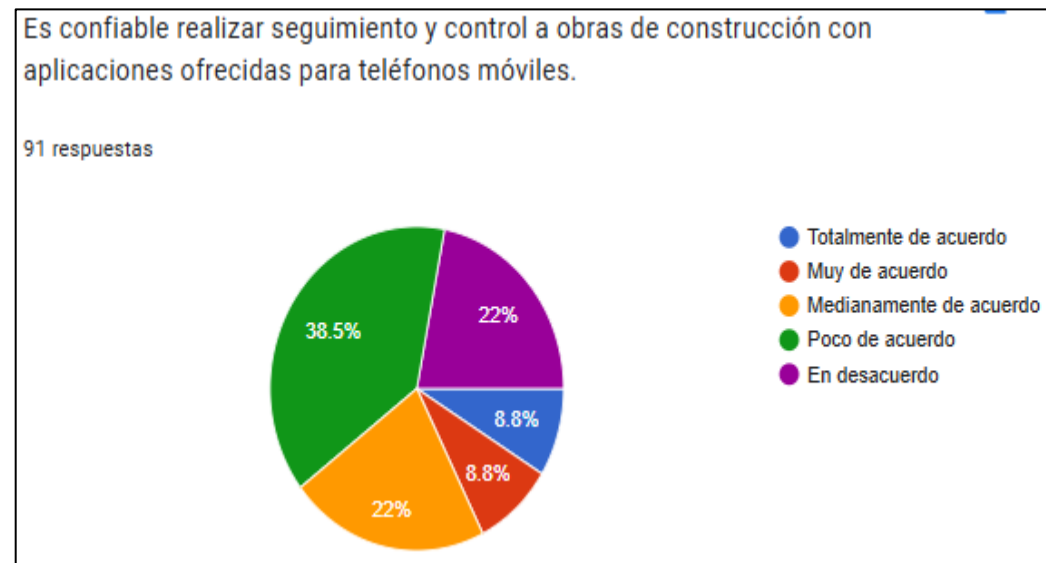
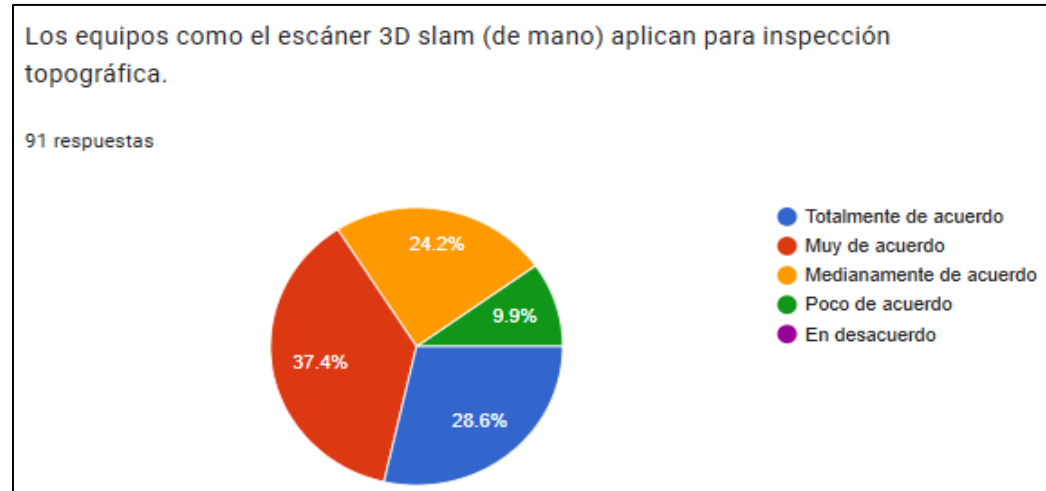


Aplicación de nuevas tecnologías en topografía



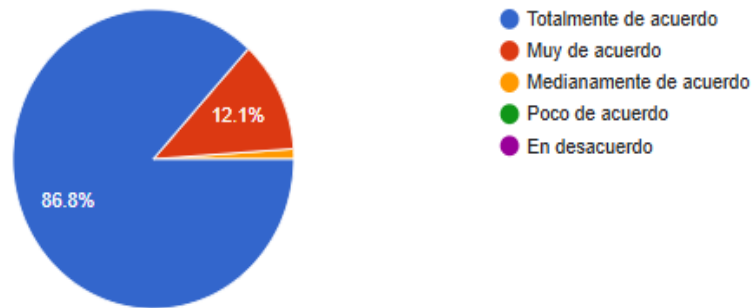


Comparativo de equipos parte técnica y uso



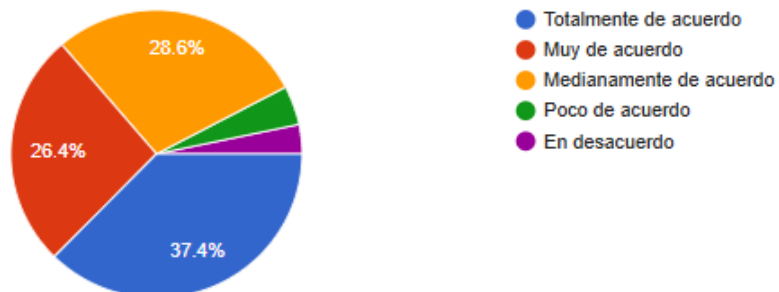
Es necesario capacitar y certificar al personal técnico en el uso de nuevas tecnologías topográficas.

91 respuestas



Es mejor el uso de equipos convencionales para el control y seguimiento de obras de construcción.

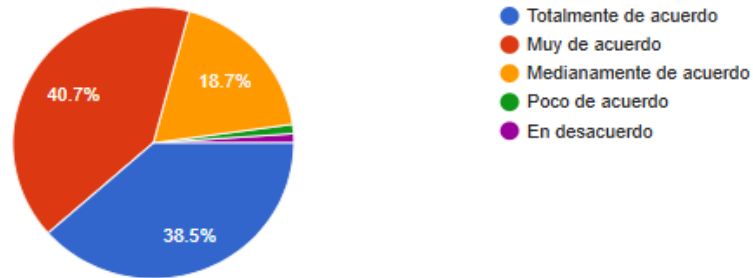
91 respuestas



Comparativo de equipos en desempeño y calidad

La información obtenida de los levantamientos con las nuevas tecnologías es competitiva con la topografía convencional.

91 respuestas



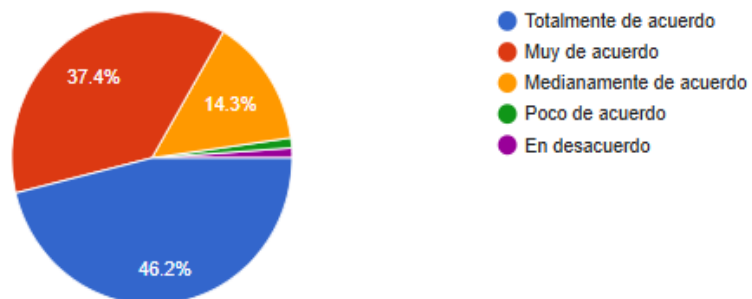
El IGAC en su manual de levantamientos topográficos de precisión debería incluir equipos como Drones y Escáner láser.

91 respuestas



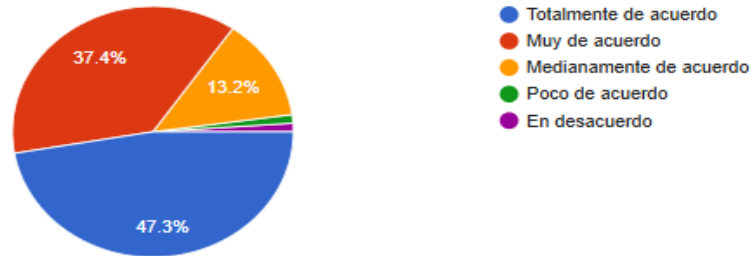
Desde la parte legal, la ley 388 de 1997 debería contemplar directamente el uso de estas tecnologías en contratos estatales.

91 respuestas



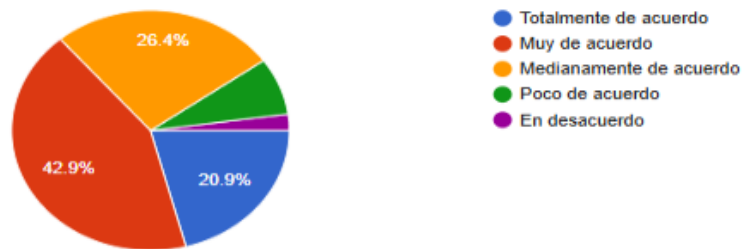
El uso de drones, GPS GNSS o escáner láser ha mejorado la precisión y rapidez de los levantamientos topográficos.

91 respuestas



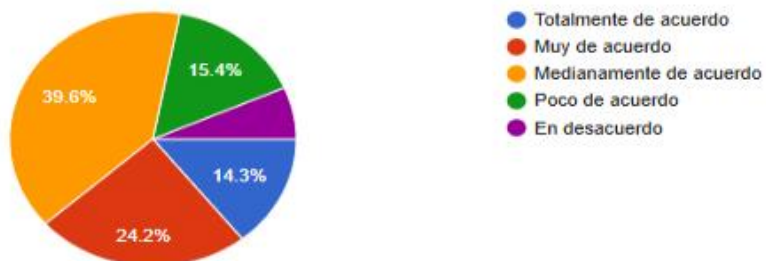
Para realizar un control o seguimiento de obra, las nuevas tecnologías son competitivas ó superan la topografía convencional.

91 respuestas

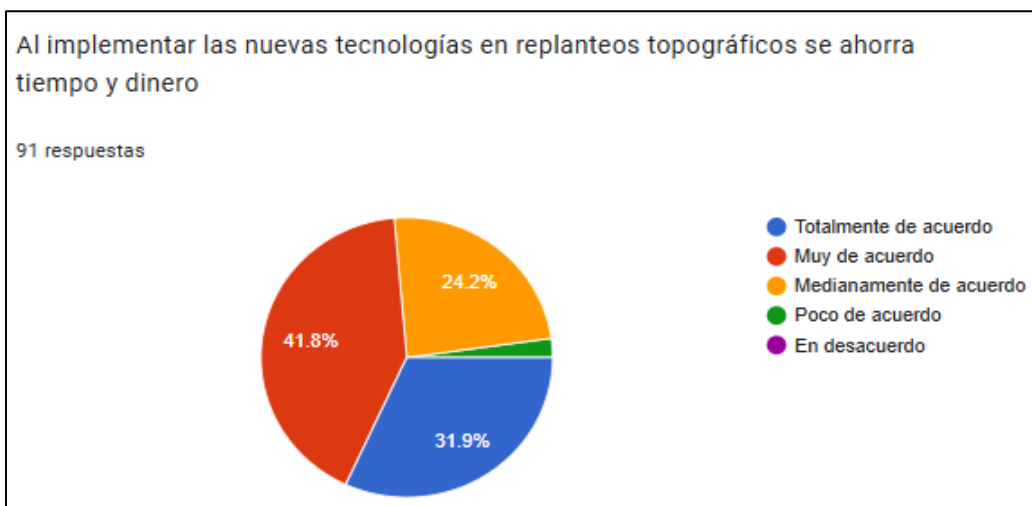


Para realizar un replanteo de obra, las nuevas tecnologías son competitivas ó superan la topografía convencional.

91 respuestas

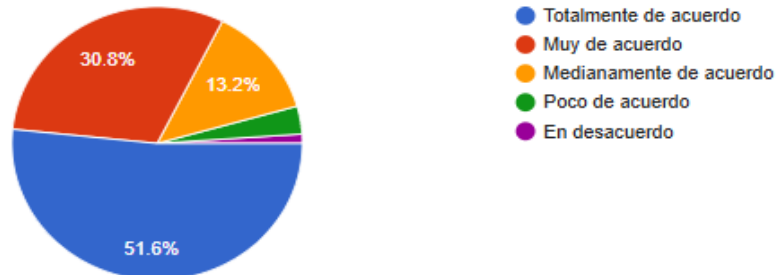


Comparativo de equipos en rendimiento y costos



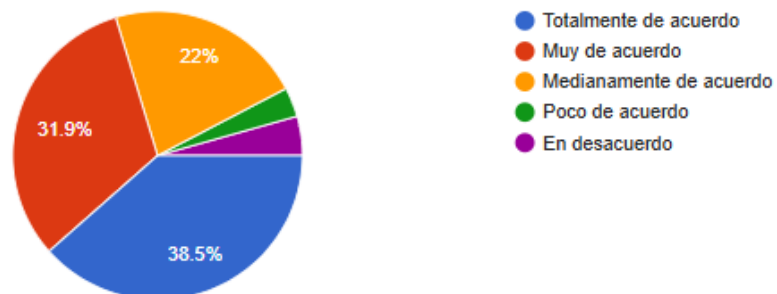
Si realizamos trabajos que impliquen traslados en trayectos largos, los trabajos con nuevas tecnologías disminuyen los costos

91 respuestas



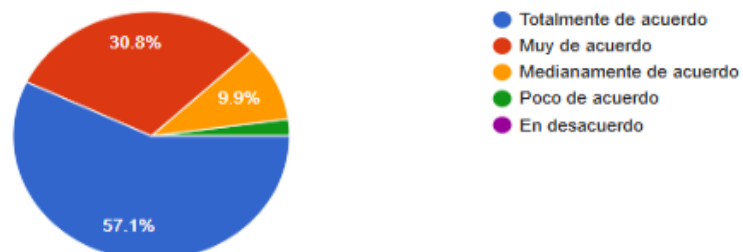
Los trabajos con nuevas tecnologías disminuyen los costos al necesitar menos colaboradores

91 respuestas



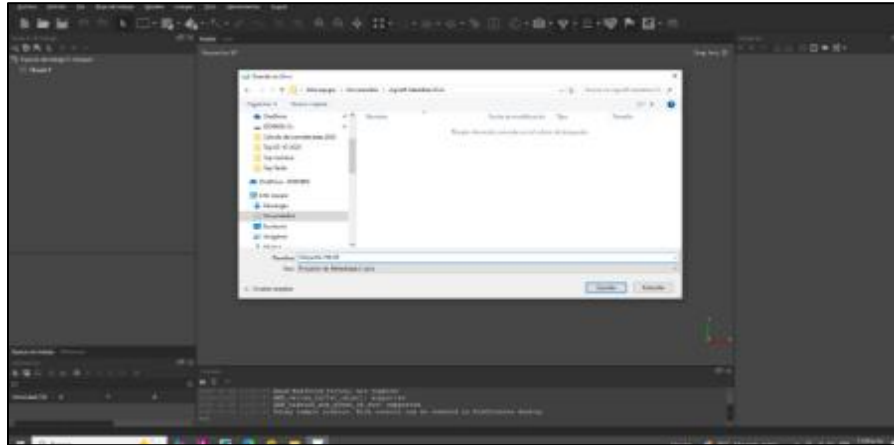
Las empresas que desarrollan proyectos topográficos deberían invertir más en equipos modernos.

91 respuestas

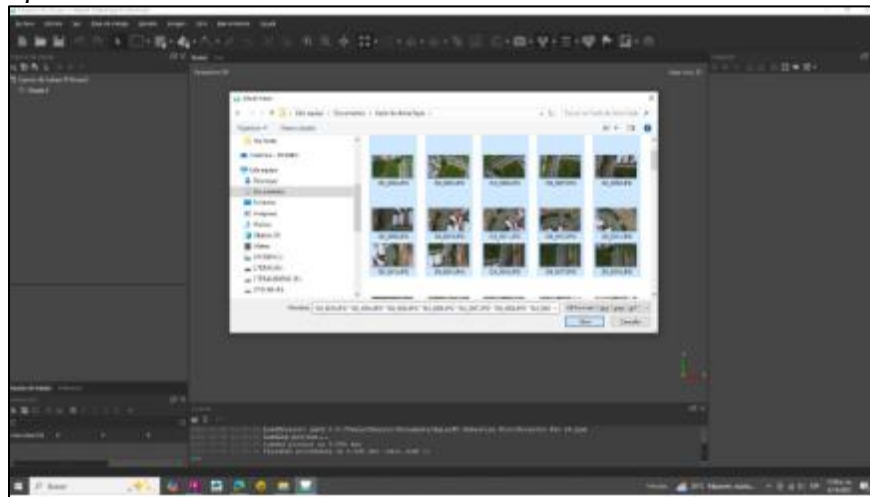


Apéndice B. Proceso de renderización del vuelo con drone:

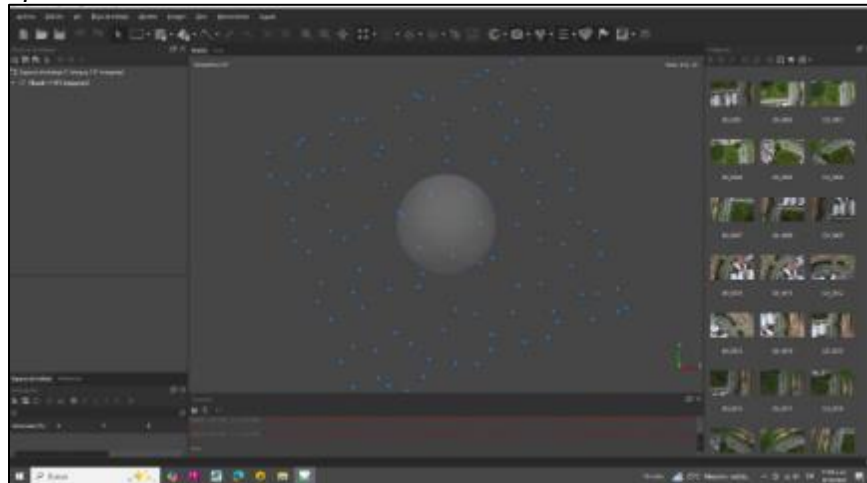
Guardado del proyecto



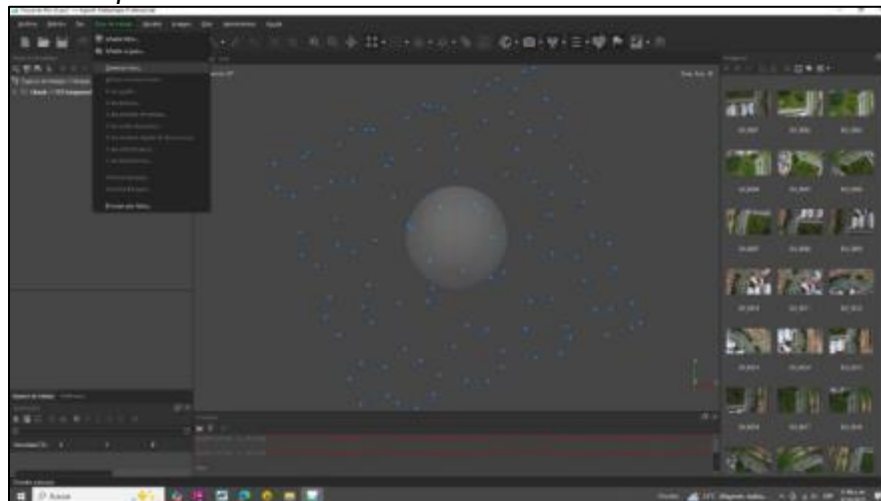
Insertar fotografías aéreas



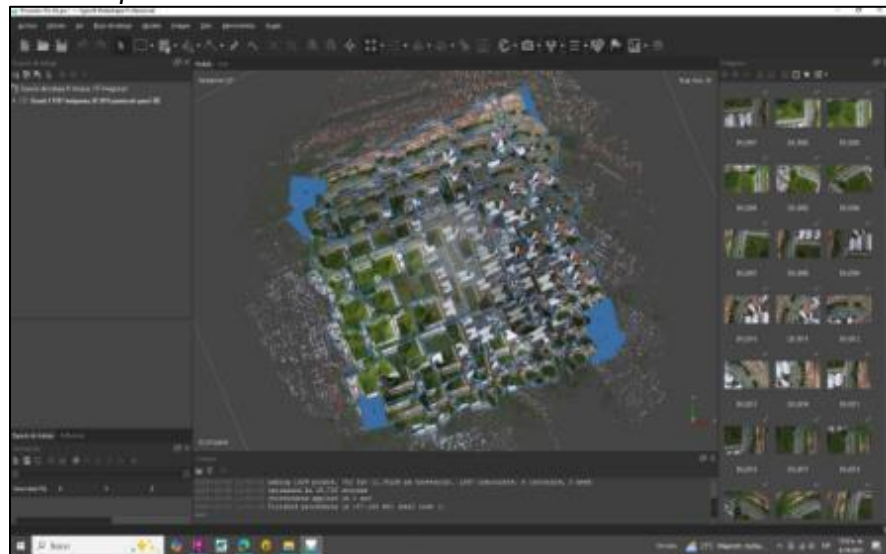
Insertar fotografías aéreas



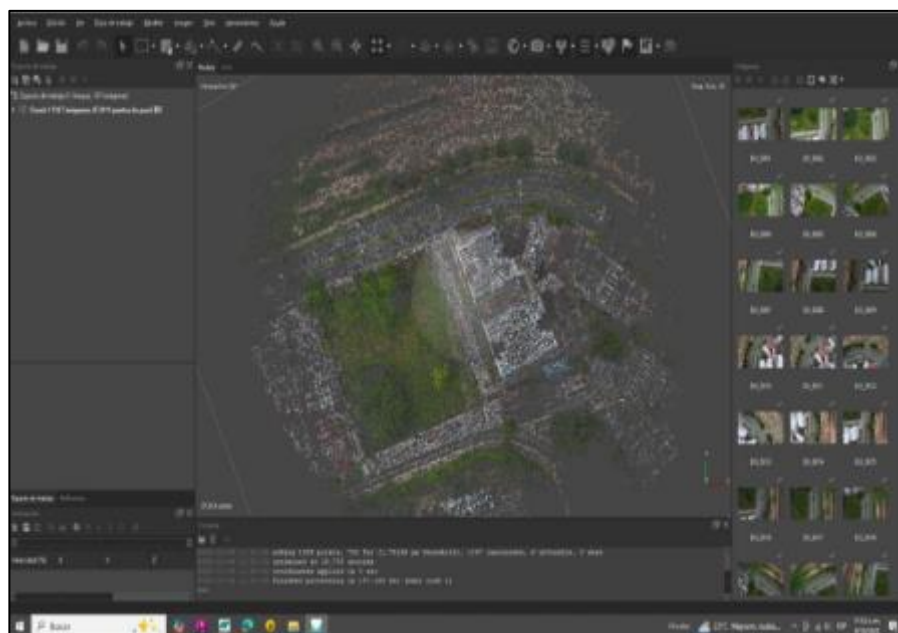
Orientación inicial de fotos



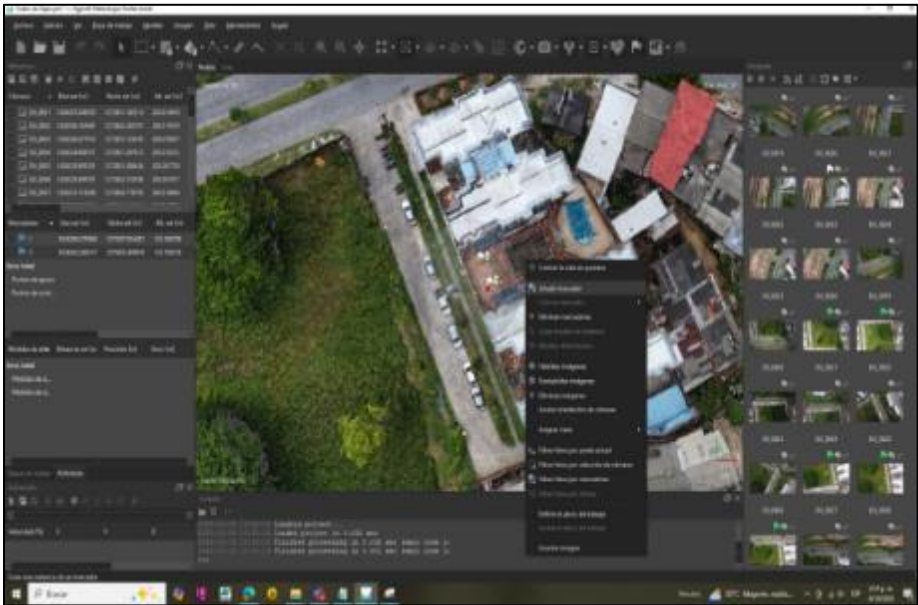
Orientación inicial de fotos



Orientación de fotos terminada



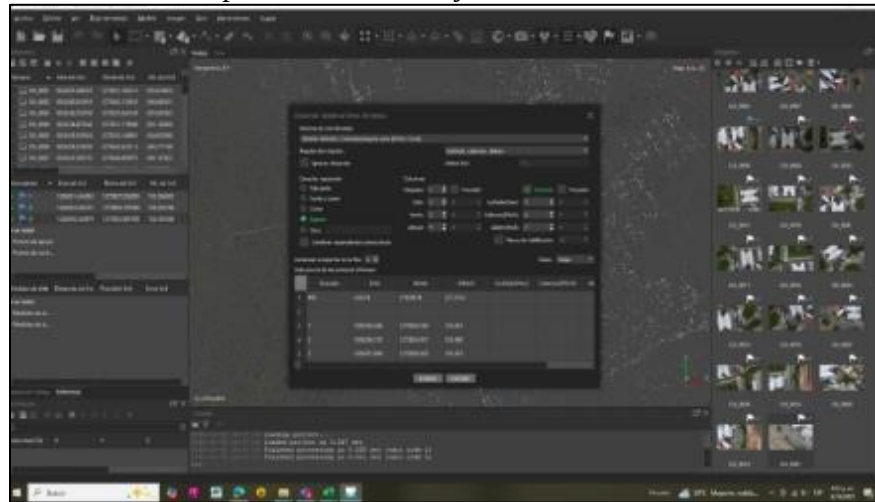
Adición de marcadores



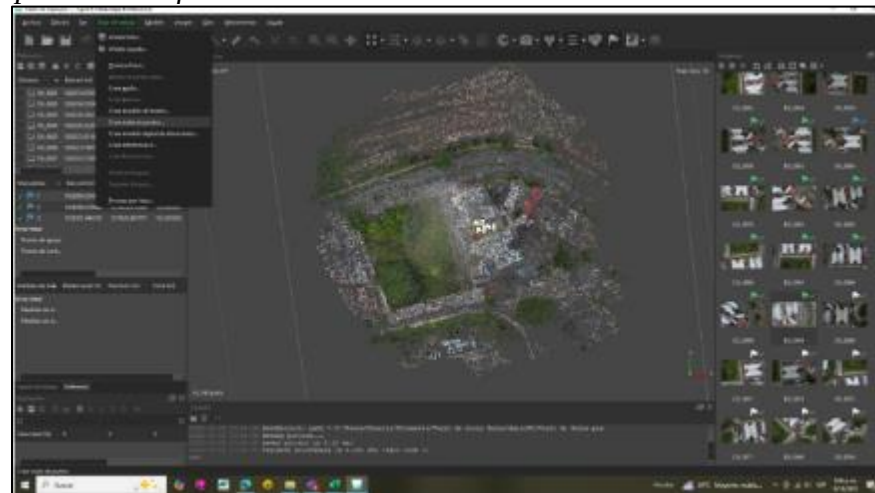
Error inicial sin optimización de coordenadas

Marcadores	Este est (m)	Norte est (m)	Alt. est (m)	Precisión (m)	Error (m)	Proy
✓ 1	1026291.454292	1273837.258203	110.384021	0.005000	10.734170	27
✓ 2	1026294.446101	1273830.197068	108.026746	0.005000	6.966325	23
✓ 3	1026298.536879	1273835.869108	126.455386	0.005000	0.486102	25
Error total						
Puntos de apoyo					7.393429	
Puntos de cont...						

Asignación de coordenadas de puntos de control y sistema de coordenadas



Crear nube de puntos densificada



Generación de ortomosaico

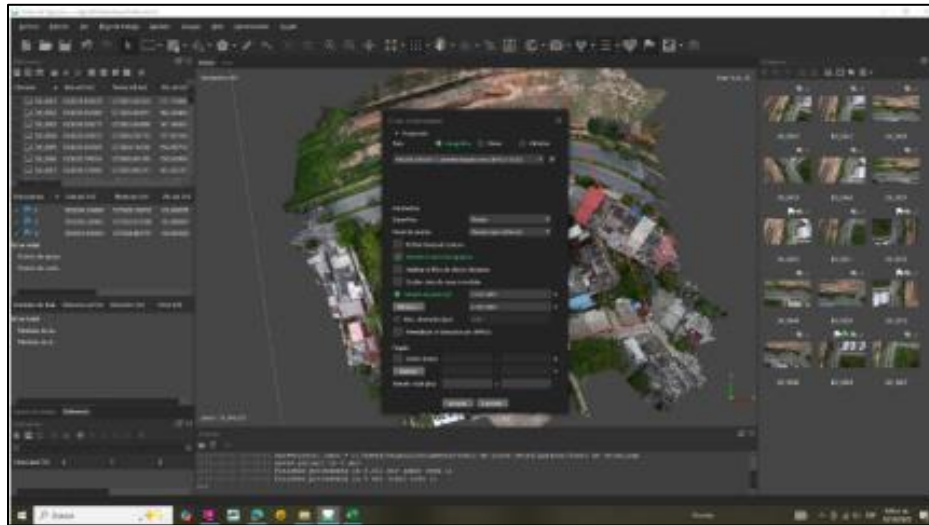
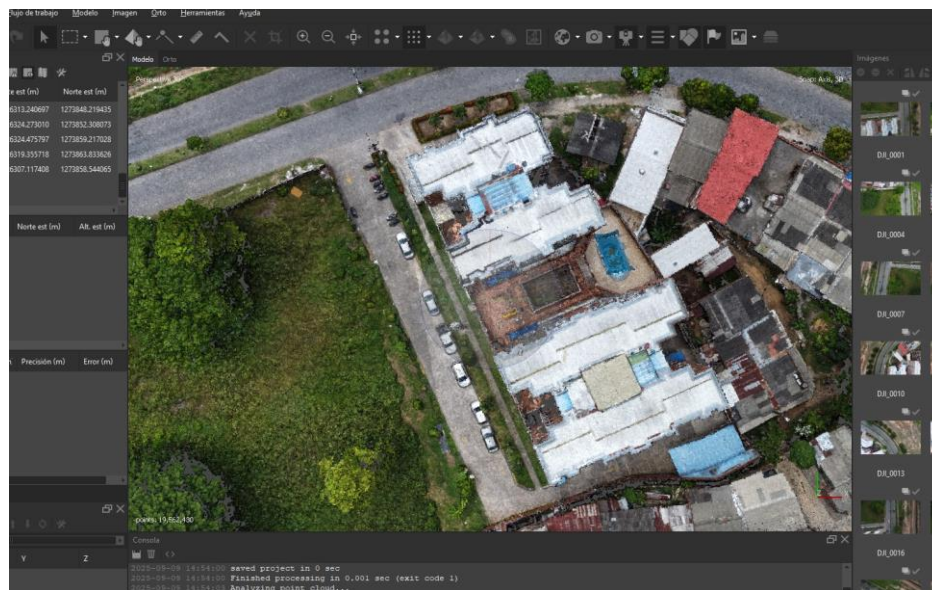


Imagen final



Apéndice C. *Planos finales con áreas dadas por los diferentes equipos topográficos:*

