

Análisis de precisión métrica entre un Levantamiento Topográfico Tradicional y la topografía con la posproducción de la fotogrametría y Tecnología de Dron Aplicado al CENTRO CULTURAL DEPORTIVO RECREACIONAL MARIA TAMBORA - MUNICIPIO DE SAPUYES - DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

Jose Nicolas Arteaga Mendoza, Yuly Vanesa Guerrero Rosas y Leticia Marcela Mendoza Santacruz.

Trabajo investigativo para optar el título de Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción

Opción de grado: Diplomado de Piloto de Operaciones RPAS y Fotogrametría

Director

Robert Gutiérrez Ortiz

Magister en Dirección y Gestión de Proyectos, Especialista en Seguridad Industrial

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción

Cohorte XXIX

2026

Contenido

Introducción	10
1. Análisis de precisión métrica entre un Levantamiento Topográfico Tradicional y la topografía con la posproducción de la fotogrametría y Tecnología de Dron Aplicado al CENTRO CULTURAL DEPORTIVO RECREACIONAL MARIA TAMBORA - MUNICIPIO DE SAPUYES - DEPARTAMENTO DE NARIÑO.....	12
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Justificación.....	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
2. Marco referencial.....	16
2.1 Marco teórico	16
2.1.1 Fundamentos de la Topografía	16
2.1.2 Levantamiento Topográfico Tradicional	17
2.1.3 Topografía con Fotogrametría y Tecnología de Dron.....	18
2.1.4 Comparativa de Métodos y Precisión Métrica	19
2.2 Marco conceptual	21
2.2.1. Levantamiento Topográfico	21
2.2.2. Dron.....	21
2.2.3. Planimetría.....	22
2.2.4. Altimetría.....	23
2.2.5. Fotogrametría	23

2.2.6. Levantamiento Topográfico Tradicional	24
2.2.7. Levantamiento Topográfico con Drones	24
2.2.8. Autodesk AutoCAD	25
2.2.9. Pix4D Mapper	26
2.2.10. Autodesk ReCap Pro	26
2.2.11. ArcGIS.....	26
2.2.12. Global Mapper	26
2.2.12. Google Earth Pro	27
2.2.13. Concoord	27
2.3 Marco legal.....	28
2.3.1. Leyes y Normas Regulatorias.....	28
2.3.2. Antecedentes y Estado del Arte.....	31
3. Metodología	34
3.1 Fase I: Planificación y ejecución del vuelo con RPAS	35
3.2 Fase II: Recolección de información base.....	35
3.3 Fase III: Análisis y comparación de resultados.....	36
4. Resultados	37
4.1 Localización del proyecto	37
4.2 Procesamiento y análisis de datos	38
4.3 Análisis de precisión métrica del levantamiento con RPAS y con Estación total	46
4.3.1 Información predial obtenida en la secretaria de planeación del Municipio de Sapuyes, actualización IGAC 2024	46
4.3.2 Información obtenida del informe topográfico de 2024.....	48

4.3.3 Información obtenida del levantamiento con RPAS	49
4.3.4 Análisis de precisión métrica Información predial IGAC versus Topografía Tradicional	50
4.3.5 Análisis de precisión métrica Información Topografía tradicional versus Topografía con RPAS	51
5. Conclusiones	54
Referencias.....	56
Apéndices.....	59

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Información Ficha predial IGAC</i>	47
Tabla 2. <i>Información obtenida del informe topográfico tradicional de 2024</i>	48
Tabla 3. <i>Información obtenida del levantamiento con RPAS</i>	50
Tabla 4. <i>Análisis de precisión métrica Información predial IGAC versus Topografía con RPAS</i>	51
Tabla 5. <i>Análisis costo-beneficio de levantamiento topográfico tradicional vs levantamiento topográfico RPAS</i>	52
Tabla 6. <i>Recomendaciones técnicas</i>	55

Lista de figuras

Figura 1. <i>Localización del Predio.....</i>	37
Figura 2. <i>Procesamiento inicial en Software Pix4D.....</i>	38
Figura 3. <i>Procesamiento Nube de puntos y malla en Software Pix4D</i>	39
Figura 4. <i>Malla texturizada 3D en Software Pix4D, con puntos de control.....</i>	40
Figura 5. <i>Nube de puntos en Software Pix4D.....</i>	40
Figura 6. <i>Reporte con la información y características del proyecto en Software Pix4D</i>	41
Figura 7. <i>Resumen del proyecto en Software Pix4D</i>	41
Figura 8. <i>Edición de Nube de Puntos en Software ReCap Pro.....</i>	43
Figura 9. <i>Enlace de Nube de puntos y Ortomosaico en Software AutoCAD</i>	44
Figura 10. <i>Planimetría y dimensionamiento de elementos con ortomosaico en Software Autocad</i>	45
Figura 11. <i>Planimetría y dimensionamiento de elementos sin ortomosaico en Software Autocad</i>	45
Figura 12. <i>Información Ficha predial IGAC</i>	47
Figura 13. <i>Información obtenida del informe topográfico de 2024</i>	48
Figura 14. <i>Información obtenida del levantamiento con RPAS.....</i>	49

Lista de apéndices

APENDICE A <i>Plano de Manzana Catastral Cabecera Municipal Sapuyes, Nariño</i>	59
APENDICE B. <i>Certificado Catastral Predio centro cultural deportivo recreacional María Tambora - municipio de Sapuyes - departamento de Nariño</i>	60
APENDICE C. <i>Plano poligonal Topografía Tradicional</i>	61
APENDICE D. <i>Planos Levantamiento Topográfico con RPAS (Dron)</i>	62

Resumen

El presente trabajo de grado tiene como objetivo realizar un análisis comparativo de la precisión métrica entre un levantamiento topográfico tradicional y una metodología moderna basada en fotogrametría y tecnología de drones, aplicado específicamente al Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora, ubicado en el municipio de Sapuyes, en el departamento de Nariño. Para ello, se llevó a cabo una evaluación cuantitativa de las diferencias entre ambos métodos en cuanto a exactitud posicional, eficiencia operativa y resolución de detalle. El levantamiento tradicional se realizó con instrumentos como estación total y nivel óptico, mientras que el levantamiento fotogramétrico se ejecutó mediante un dron equipado con cámara de alta resolución, aplicando procesamiento digital con software especializado en fotogrametría. A través de la comparación de ambos métodos, el trabajo evalúa la efectividad de la fotogrametría y los drones como herramientas de levantamiento topográfico frente a las técnicas tradicionales, con el fin de determinar su precisión, eficiencia y aplicabilidad en proyectos de levantamiento y análisis geoespacial en la región.

Palabras clave: Precisión métrica, Levantamiento topográfico, Fotogrametría, Tecnología de drones

Abstract

This undergraduate thesis aims to conduct a comparative analysis of metric precision between a traditional topographic survey and a modern methodology based on photogrammetry and drone technology, specifically applied to the Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora, located in the municipality of Sapuyes, in the department of Nariño. A quantitative evaluation was carried out to assess the differences between both methods in terms of positional accuracy, operational efficiency, and detail resolution. The traditional survey was conducted using instruments such as a total station and optical level, while the photogrammetric survey was performed using a drone equipped with a high-resolution camera, along with digital processing through specialized photogrammetry software. Through the comparison of both approaches, this research evaluates the effectiveness of photogrammetry and drones as tools for topographic surveying in contrast to traditional techniques, in order to determine their precision, efficiency, and applicability in geospatial analysis and surveying projects within the region.

Keywords: Metric precision, Topographic survey, Photogrammetry, Drone technology.

Introducción

La topografía es una disciplina esencial en la ingeniería civil y las ciencias geoespaciales, encargada de describir con precisión las características físicas del terreno mediante la medición de distancias, ángulos y elevaciones. Esta información constituye la base para el diseño, ejecución y control de proyectos de infraestructura, siendo indispensable para la planificación urbana, la gestión del territorio y la toma de decisiones en contextos técnicos y legales. A través de los levantamientos topográficos, se generan productos como planos, modelos tridimensionales, perfiles de elevación y curvas de nivel, que permiten visualizar la morfología del terreno y localizar elementos existentes con un alto grado de precisión.

Tradicionalmente, estos levantamientos se han realizado con instrumentos como la estación total, el nivel óptico o el GPS diferencial, tecnologías que han demostrado una alta fiabilidad métrica, con precisiones centimétricas o incluso milimétricas. Sin embargo, estos métodos presentan limitaciones en cuanto a tiempo de ejecución, necesidad de personal especializado y dificultades operativas en terrenos de difícil acceso. En este contexto, la incorporación de nuevas tecnologías ha permitido la aparición de metodologías modernas como la fotogrametría aérea mediante drones. Esta técnica consiste en capturar imágenes georreferenciadas de alta resolución, las cuales son procesadas mediante software especializado para generar productos geoespaciales como nubes de puntos y modelos digitales de elevación.

La fotogrametría con drones ofrece ventajas significativas en términos de eficiencia operativa, mayor cobertura en menor tiempo, reducción de riesgos para el personal, y una densidad de datos notablemente superior, lo que la convierte en una alternativa atractiva para proyectos topográficos a gran escala. No obstante, su precisión depende de diversos factores, como la calidad de la cámara, las condiciones de vuelo, la presencia de puntos de control terrestre y el uso de

tecnologías de posicionamiento satelital. A pesar de su creciente uso, aún existe incertidumbre en cuanto a qué tan comparable es esta precisión frente a la obtenida con los métodos tradicionales, especialmente en escenarios reales con condiciones variables.

En este contexto, se plantea la necesidad de evaluar empíricamente el desempeño de ambas metodologías en un entorno real. El presente trabajo tiene como finalidad realizar un análisis comparativo de la precisión métrica entre un levantamiento topográfico tradicional y uno realizado mediante fotogrametría con dron, aplicados al Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora, ubicado en el municipio de Sapuyes, departamento de Nariño. La investigación contempla, además, una valoración de la eficiencia operativa y el nivel de detalle alcanzado por cada método, así como la estimación del porcentaje de error en los perímetros obtenidos.

La importancia de este estudio radica en su potencial para contribuir al avance técnico de los procesos topográficos en contextos rurales como el de Sapuyes, al ofrecer criterios objetivos para la selección de tecnologías según las necesidades del proyecto. Asimismo, se espera que los resultados sirvan como referencia para ingenieros, planificadores y entidades públicas, promoviendo el uso eficiente de los recursos disponibles, optimizando la ejecución de obras y fortaleciendo la toma de decisiones informadas en el desarrollo territorial.

1. Análisis de precisión métrica entre un Levantamiento Topográfico Tradicional y la topografía con la posproducción de la fotogrametría y Tecnología de Dron Aplicado al CENTRO CULTURAL DEPORTIVO RECREACIONAL MARIA TAMBORA - MUNICIPIO DE SAPUYES - DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

1.1 Planteamiento del problema

En el ámbito de la ingeniería civil y la planificación territorial, el levantamiento topográfico constituye una herramienta fundamental para el diseño y ejecución de proyectos de infraestructura. Tradicionalmente, estas mediciones han sido realizadas mediante equipos como la estación total, el nivel óptico o el GPS diferencial, los cuales ofrecen alta precisión, pero también implican mayores tiempos de ejecución, costos logísticos y dificultades operativas, especialmente en zonas rurales de difícil acceso. En contraste, la evolución de la tecnología ha permitido el desarrollo de metodologías modernas basadas en fotogrametría, la implementación de drones sumado al uso de softwares como Pix4D y ArcGIS, que prometen reducir tiempos, costos y riesgos, al tiempo que ofrecen representaciones detalladas del terreno mediante modelos digitales de elevación.

Sin embargo, a pesar de su creciente adopción, en contextos locales como el municipio de Sapuyes, en el departamento de Nariño, aún persisten interrogantes en torno a la precisión métrica real que pueden ofrecer estas nuevas tecnologías frente a los métodos topográficos tradicionales. En particular, no existe suficiente documentación técnica que permita validar, en condiciones reales de terreno, qué tan confiables son los datos obtenidos mediante drones para su aplicación en obras civiles y procesos de planificación territorial. Esto representa una limitación significativa, especialmente en regiones donde la disponibilidad de recursos técnicos y humanos es escasa, y donde una decisión errónea sobre la metodología podría comprometer la calidad de los proyectos.

Por tanto, esta investigación busca aportar al conocimiento técnico mediante la evaluación comparativa de la precisión métrica entre ambos métodos, aplicados específicamente al levantamiento del Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora. El propósito es determinar no solo si la tecnología de dron puede igualar o superar en precisión a la topografía tradicional, sino también identificar las condiciones bajo las cuales su uso resulta más eficiente o recomendable. Así, se pretende establecer nuevos procedimientos de aplicación local que no han sido contemplados previamente, proponiendo criterios técnicos que puedan orientar futuras decisiones en proyectos similares. Desde este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la diferencia en términos de precisión métrica, eficiencia operativa y resolución de detalle entre un levantamiento topográfico tradicional y uno realizado mediante fotogrametría con tecnología de dron, aplicado al Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora en el municipio de Sapuyes, Nariño?

1.2 Justificación

La presente investigación se fundamenta en la necesidad de analizar comparativamente dos metodologías de levantamiento topográfico: la tradicional y la basada en fotogrametría con drones, en el contexto específico del Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora, en el municipio de Sapuyes, Nariño. Esta comparación cobra relevancia no solo desde el punto de vista técnico, sino también por su pertinencia regional, dado que en zonas rurales y de difícil acceso como Sapuyes, los recursos humanos, logísticos y financieros para ejecutar levantamientos convencionales suelen ser limitados.

Desde una perspectiva conceptual, el estudio contribuye a fortalecer el conocimiento sobre la precisión y aplicabilidad de tecnologías emergentes en el campo de la topografía. A pesar del auge de los drones y su creciente utilización en distintas disciplinas, existen vacíos sobre la

fiabilidad métrica de los datos obtenidos mediante fotogrametría aérea, especialmente cuando se aplican en contextos con condiciones geográficas complejas. Así, el valor científico-técnico de este trabajo radica en generar evidencia empírica que permita validar o refutar la equivalencia de estas metodologías frente a los estándares tradicionales.

Este trabajo representa una herramienta pedagógica para ingenieros civiles, topógrafos, planificadores territoriales y demás profesionales afines, ya que permite comprender las ventajas, limitaciones y criterios de selección entre diferentes técnicas topográficas.

Desde el punto de vista económico y social, el uso eficiente de drones en levantamientos topográficos podría significar una reducción significativa de costos y tiempos, lo que se traduce en una optimización de los recursos en municipios con presupuestos limitados. Además, la adopción de estas tecnologías puede generar oportunidades laborales y de capacitación en nuevas competencias digitales para jóvenes profesionales de la región.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de la precisión métrica entre un levantamiento topográfico tradicional y un levantamiento topográfico realizado mediante fotogrametría con tecnología de dron, aplicado al Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora, en el municipio de Sapuyes, Nariño.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar la información y documentación existente acerca del levantamiento topográfico del área de estudio realizado mediante métodos tradicionales utilizando estación total y nivel óptico.

Ejecutar un levantamiento fotogramétrico con el uso de dron y software especializado en procesamiento de imágenes.

Analizar y comparar cuantitativamente los resultados obtenidos con ambas metodologías, considerando variables como precisión métrica, eficiencia operativa y resolución de detalle.

Determinar las ventajas y limitaciones de cada técnica en función de su aplicabilidad en contextos rurales o semiurbanos similares.

Proponer recomendaciones técnicas para la selección del método topográfico más adecuado según las características del terreno y los objetivos del proyecto.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

2.1.1 Fundamentos de la Topografía

La topografía es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones absolutas o relativas de puntos sobre la superficie terrestre, así como de representar gráficamente una porción del terreno en un plano. Esta disciplina estudia los métodos y procedimientos necesarios para realizar mediciones en el terreno y para llevar a cabo su representación gráfica precisa. Además, cumple un rol esencial en el replanteo de obras de ingeniería, en trabajos de deslinde y división de tierras, en catastros rurales y urbanos, e incluso en la determinación de límites entre estados o naciones (Alcántara García, s.f.).

En el ámbito de la ingeniería, cualquier tipo de proyecto, desde una carretera o una línea eléctrica hasta un sistema de riego, requiere una interpretación precisa y confiable del terreno. Esta representación topográfica sirve de base para que los equipos técnicos puedan proyectar las obras, realizar cálculos y estimaciones de costos, así como evaluar la viabilidad del proyecto. La topografía aplicada a estos fines se desarrolla en dos fases principales: primero, el levantamiento topográfico, que comprende la toma sistemática de mediciones de la zona de interés con el fin de elaborar un plano topográfico detallado; y segundo, el replanteo, que implica trasladar al terreno las características del proyecto previamente diseñadas sobre los planos. Esta fase es indispensable para el desarrollo físico de las obras planificadas.

La responsabilidad de los trabajos topográficos recae tanto en entidades estatales como en empresas privadas, ya que cada nuevo proyecto suele demandar planos a gran escala y con alto nivel de detalle. Estos planos pueden ser elaborados por el mismo ente ejecutor si cuenta con los

recursos humanos y técnicos necesarios, o bien por firmas especializadas en topografía (García Martín et al., 1996).

El desarrollo de la topografía ha estado históricamente ligado al avance de la tecnología y a las exigencias cada vez mayores de precisión y eficiencia en los proyectos de ingeniería. Tradicionalmente, los levantamientos topográficos se han efectuado mediante instrumentos óptico y mecánicos que, aunque precisos, requieren tiempos prolongados de ejecución y una logística más compleja. Sin embargo, en las últimas décadas, la incorporación de nuevas tecnologías como la fotogrametría digital y el uso de drones ha generado transformaciones significativas en la forma de recolectar, procesar y representar la información geoespacial. En este contexto, resulta pertinente analizar y comparar tanto las metodologías convencionales como las emergentes, para comprender sus alcances, limitaciones y aplicaciones en escenarios reales.

2.1.2 Levantamiento Topográfico Tradicional

El levantamiento topográfico tradicional ha constituido durante siglos el pilar fundamental para la obtención de datos espaciales precisos en cartografía, planificación territorial y desarrollo de obras de ingeniería. Este enfoque se basa en el uso de instrumentos como niveles, teodolitos, estaciones totales y cintas métricas para medir de forma directa distancias, ángulos y elevaciones en el terreno. Las principales técnicas incluyen el nivel diferencial, la triangulación, la trilateración y las mediciones con teodolito, las cuales permiten construir mapas detallados y modelos tridimensionales con altos niveles de precisión métrica.

El nivel diferencial es utilizado para establecer diferencias de elevación entre puntos, tomando como base un punto de referencia desde el cual se miden distancias verticales. Por su parte, la estación total combina un teodolito electrónico con un distanciómetro, permitiendo registrar ángulos horizontales y verticales, así como distancias lineales, lo que resulta útil para

elaborar planos topográficos complejos. En cuanto a la triangulación y trilateración, se trata de métodos que emplean la medición de ángulos y distancias, respectivamente, desde puntos conocidos para calcular las posiciones de puntos desconocidos. Finalmente, los teodolitos permiten una medición angular precisa, especialmente útil en levantamientos de gran extensión o en condiciones donde se requieren altos estándares de exactitud.

A pesar de sus fortalezas en cuanto a precisión, estos métodos presentan limitaciones significativas. Son procesos manuales, intensivos en tiempo y en mano de obra, que requieren condiciones favorables del terreno y visibilidad entre puntos, además de la disponibilidad de personal capacitado y equipos pesados. Estas características hacen que el levantamiento tradicional, aunque confiable, sea menos eficiente en comparación con tecnologías más recientes como la fotogrametría asistida por drones (Ok, 2025).

2.1.3 Topografía con Fotogrametría y Tecnología de Dron

En los últimos años, la aplicación de vehículos aéreos controlados remotamente (RPAS, por sus siglas en inglés), comúnmente conocidos como drones, ha revolucionado los métodos de levantamiento topográfico mediante la incorporación de técnicas de fotogrametría digital. Esta tecnología permite la recolección masiva y precisa de datos espaciales a partir de imágenes aéreas capturadas durante vuelos programados sobre el área de estudio, las cuales son posteriormente procesadas para generar productos geoespaciales de alta calidad, como modelos digitales de terreno, ortomosaicos, curvas de nivel y nubes de puntos densas.

Una de las principales ventajas del uso de drones en topografía es la significativa reducción de tiempo y costos en comparación con los métodos tradicionales. Según Del Río-Santana et al. (2019), esta tecnología puede llegar a disminuir los costos hasta en un 70 %, generando además productos de gran resolución y fidelidad. Adicionalmente, mejora la seguridad de los trabajadores,

ya que elimina la necesidad de acceder físicamente a zonas de difícil o peligrosa topografía, como acantilados, áreas boscosas densas o terrenos inestables.

El proceso fotogramétrico consiste en capturar imágenes con traslapes longitudinales y transversales desde una altura y velocidad constantes, lo que permite la reconstrucción tridimensional del terreno mediante el análisis geométrico de puntos comunes entre múltiples fotografías. Esta metodología proporciona una mayor densidad de datos, logrando representar el terreno con mayor detalle y realismo, incluyendo información visual en color que facilita la interpretación de características físicas del entorno.

Para el procesamiento de los datos capturados, existen herramientas especializadas como Pix4D y Pix4Dmapper Mesh, que permiten generar ortomosaicos, modelos en 3D, mallas texturizadas y videos de recorridos virtuales por las superficies levantadas. Estos productos no solo aportan valor técnico a los estudios topográficos, sino que también facilitan la visualización y comunicación de los resultados ante diferentes públicos, incluyendo tomadores de decisiones, entidades públicas y comunidades beneficiarias. (Del Río-Santana et al., 2019).

La topografía con drones y fotogrametría representa un avance significativo en términos de eficiencia, seguridad y detalle de la información recolectada, posicionándose como una alternativa moderna y eficaz frente a los métodos convencionales de levantamiento topográfico.

2.1.4 Comparativa de Métodos y Precisión Métrica

La precisión métrica es un parámetro esencial en la evaluación de métodos topográficos, ya que define el nivel de fidelidad con el que se representa el terreno real en los productos geoespaciales obtenidos. Comparar los métodos tradicionales de levantamiento topográfico con aquellos basados en fotogrametría y tecnología de dron requiere considerar variables como el

margen de error, la densidad de datos, la resolución espacial, el tiempo de ejecución, la accesibilidad del terreno y los costos operativos.

Los métodos tradicionales, como la nivelación diferencial, el uso de estación total y las mediciones con teodolito, ofrecen una alta precisión puntual, especialmente en levantamientos detallados de áreas pequeñas o en aplicaciones que requieren exactitud milimétrica, como el diseño estructural o los controles de obra. Sin embargo, esta precisión está condicionada por el trabajo manual en campo, el acceso físico al área, el trazado de líneas de visión claras entre puntos y la estabilidad de las condiciones atmosféricas durante la toma de datos. Además, estos métodos generan información en puntos discretos, lo cual limita la representación continua y densa del terreno.

Por su parte, la topografía con drones y fotogrametría digital permite obtener modelos de alta resolución y cobertura total, con densidades de puntos significativamente superiores, lo que mejora la capacidad de análisis y visualización espacial. Aunque los errores métricos pueden ser ligeramente mayores que en algunos métodos tradicionales, especialmente si no se realiza un adecuado control de calidad con puntos de apoyo terrestre (GCPs), los avances en calibración de cámaras, algoritmos de reconstrucción 3D y procesamiento fotogramétrico han reducido considerablemente la brecha de precisión. En estudios comparativos, los márgenes de error en modelos generados por drones pueden mantenerse dentro de rangos aceptables para ingeniería civil, planificación territorial y obras viales, con errores medios que oscilan entre ± 2 y ± 10 cm dependiendo de la metodología empleada, la altitud de vuelo, el tipo de sensor y el procesamiento aplicado (Ok, 2025; Del Río-Santana et al., 2019).

Un aspecto destacado es que, si bien la precisión puntual de los métodos tradicionales puede superar a la de los drones, la precisión global o superficial de estos últimos suele ser más útil en proyectos que demandan una visión integral del terreno, como el diseño urbano, el trazado de vías o la evaluación de zonas rurales amplias. Además, los modelos digitales obtenidos con drones permiten realizar análisis post-procesados, como cálculos volumétricos, simulaciones hídricas o visualizaciones en 3D, que no son directamente posibles con métodos convencionales sin un proceso de digitalización adicional.

La elección del método topográfico debe basarse en una evaluación contextual de los requerimientos del proyecto, considerando tanto la precisión métrica esperada como los factores de eficiencia, seguridad y cobertura. En este sentido, la integración de ambas metodologías puede ser una estrategia complementaria que combine lo mejor de ambos mundos: la precisión puntual del trabajo manual con la riqueza de datos y eficiencia del levantamiento fotogramétrico aéreo.

2.2 Marco conceptual

2.2.1. Levantamiento Topográfico

Un levantamiento topográfico se define como el estudio de un conjunto de factores y geociencias que buscan georreferenciar y graficar la forma del planeta Tierra en planimetría y altimetría. Esto incluye la representación de sus modificaciones para plasmarse en escalas grandes, permitiendo obtener su ubicación, áreas, distancias y pendientes, entre otros datos (IGAC, 2017).

2.2.2. Dron

Un dron, también conocido por acrónimos como UAS (Unmanned Aircraft System), UAV (Unmanned Aerial Vehicle), o el más preciso RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), es

fundamentalmente una aeronave no tripulada, operada a distancia sin necesidad de personal a bordo (IDC APD Drones, s.f.).

Estos equipos han evolucionado enormemente y hoy ofrecen una gran versatilidad, adaptándose a diversas funciones y sectores. Su valor reside en la capacidad de ejecutar tareas que, de otro modo, serían complicadas, peligrosas o demasiado costosas con métodos convencionales. Los drones se utilizan en aplicaciones militares, para capturar imágenes y videos aéreos, en la agricultura de precisión para el monitoreo de cultivos, para la inspección de infraestructuras críticas, en la logística de entrega de paquetes e incluso en la producción cinematográfica y televisiva. (IDC APD Drones, s.f.).

2.2.3. Planimetría

La planimetría en topografía se refiere a la parte del estudio que se enfoca en determinar la ubicación horizontal de los puntos de un terreno, es decir, sus coordenadas en un plano de proyección (X, Y). Los instrumentos y métodos topográficos planimétricos son aquellos diseñados específicamente para realizar las mediciones necesarias que permiten obtener una representación bidimensional del terreno, sin considerar las alturas (García Martín et al., 1996).

Este aspecto de la topografía es crucial porque proporciona la base para la elaboración de planos detallados donde se representan elementos como límites de propiedades, edificaciones, redes de infraestructura (carreteras, tuberías, cables), vegetación y cuerpos de agua, tal como se verían desde una vista aérea. Aunque la planimetría no incluye la información de elevación, es indispensable para el diseño de plantas arquitectónicas, urbanísticas y de ingeniería, así como para la gestión catastral y la planificación territorial, ya que establece la distribución espacial de todos los elementos en el terreno.

2.2.4. Altimetría

La altimetría es la rama de la topografía que se ocupa de la dimensión vertical, es decir, del eje Z, para determinar las alturas o elevaciones de los distintos puntos del terreno. Para lograr esto, se emplean instrumentos y métodos topográficos altimétricos específicos que permiten medir y registrar estas diferencias de nivel. (García Martín et al., 1996)

Tradicionalmente, la información altimétrica se complementa en los planos planimétricos mediante el uso de curvas de nivel. Estas curvas son un sistema convencional que representa las intersecciones de la superficie del terreno con una serie de planos horizontales imaginarios, paralelos y equidistantes. La equidistancia se refiere a la distancia vertical constante entre dos de estos planos consecutivos, y su valor se elige según la escala del mapa y el detalle requerido. Las curvas de nivel permiten visualizar la forma tridimensional del terreno en un plano bidimensional: cuantas más juntas están las curvas, más pronunciada es la pendiente; y cuanto más separadas, más suave es el terreno. Esta representación es esencial para el diseño de infraestructuras que requieren control de pendientes, como carreteras, canales y sistemas de drenaje, así como para el cálculo de volúmenes de tierra y la planificación de obras de ingeniería civil.

2.2.5. Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica que permite determinar las dimensiones y la posición espacial de objetos a partir de imágenes fotográficas. Este proceso se logra midiendo y analizando la intersección de dos o más fotografías que capturan el mismo punto desde diferentes ángulos (Del Río-Santana et al., 2019). A través de la fotogrametría, es posible generar modelos digitales de terreno (MDT), que son representaciones tridimensionales del relieve. Estos modelos son extremadamente útiles en diversas aplicaciones, como el diseño de vías, donde proporcionan una

base precisa para la planificación de rutas, la determinación de pendientes y el cálculo de volúmenes de tierra.

2.2.6. Levantamiento Topográfico Tradicional

Los métodos tradicionales de levantamiento topográfico han sido durante mucho tiempo el estándar para la cartografía y la obtención de datos espaciales. Estos incluyen técnicas consolidadas como la nivelación diferencial, los levantamientos con estación total y las mediciones con teodolito. Estos procedimientos implican un trabajo de campo manual donde los topógrafos utilizan instrumentos para medir distancias, ángulos y elevaciones con alta precisión (Ok, 2025).

A pesar de su reconocida exactitud, los métodos tradicionales presentan ciertas limitaciones. Su ejecución suele ser lenta y laboriosa, demandando una cantidad considerable de personal y tiempo, especialmente en proyectos de gran envergadura. Además, pueden verse restringidos por las características del terreno y los desafíos de accesibilidad, lo que los hace menos eficientes en comparación con las tecnologías emergentes (Ok, 2025). La recolección de datos punto por punto también limita la densidad de información que se puede obtener, lo que contrasta con la vasta cantidad de datos que proveen las técnicas modernas en menor tiempo.

2.2.7. Levantamiento Topográfico con Drones

El levantamiento topográfico con drones implica la utilización de un vehículo aéreo no tripulado (UAV o dron) equipado con sensores orientados hacia abajo, como cámaras RGB o multiespectrales, o sensores, para la captura de datos aéreos. Durante un levantamiento fotogramétrico con una cámara RGB, se toman múltiples fotografías del terreno desde distintas perspectivas, y cada imagen se referencia con coordenadas geográficas precisas (Wingtra, s.f.). Posteriormente, un software especializado en fotogrametría procesa estos datos para generar productos geoespaciales clave, tales como ortomosaicos georreferenciados, modelos de elevación

y modelos 3D detallados del área de interés. Estos mapas de alta precisión son invaluable para extraer información crítica como distancias exactas y mediciones volumétricas.

A diferencia de las aeronaves tripuladas o las imágenes satelitales, los drones tienen la capacidad de volar a altitudes considerablemente más bajas. Esta ventaja permite una generación de datos de alta resolución y gran precisión de manera mucho más rápida y económica. Además, los levantamientos con drones son menos dependientes de condiciones atmosféricas adversas, como la cobertura de nubes, lo que los convierte en una herramienta flexible y eficiente para proyectos topográficos (Wingtra, s.f.).

2.2.8. Autodesk AutoCAD

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora (CAD) ampliamente utilizado para crear, diseñar y modelar con precisión tanto en 2D como en 3D. Permite trabajar con sólidos, superficies y objetos de malla, además de incluir potentes herramientas de documentación (Autodesk, s.f.). El programa ofrece funciones para automatizar tareas repetitivas, mejorando significativamente la productividad; entre ellas, se destacan la comparación de dibujos, el conteo de objetos, la adición automática de elementos y la creación de tablas.

Además de sus capacidades generales, AutoCAD cuenta con siete conjuntos de herramientas especializadas para distintas industrias, como el diseño eléctrico, el diseño de plantas, la arquitectura, el diseño mecánico, la cartografía 3D, la incorporación de imágenes escaneadas y la conversión de imágenes ráster. Su versatilidad permite a los usuarios crear, editar y anotar dibujos no solo desde computadoras de escritorio, sino también a través de plataformas web y dispositivos móviles (Autodesk, s.f.).

2.2.9. Pix4D Mapper

Pix4Dmapper es un software líder en el procesamiento de imágenes capturadas por drones y dispositivos móviles. Este programa emplea algoritmos de última generación y avanzadas técnicas de procesamiento fotogramétrico para generar productos de muy alta precisión, como nubes de puntos densas, modelos digitales de superficie y ortomosaicos detallados, todos ellos esenciales en el campo de la fotogrametría (UAV Latam, s.f.).

2.2.10. Autodesk ReCap Pro

es un software diseñado para que ingenieros y diseñadores puedan crear modelos digitales muy detallados de elementos del mundo real. Con ReCap Pro, es posible transformar objetos y entornos físicos en activos digitales tridimensionales a partir de fotografías o escaneos láser (Autodesk, s.f.).

2.2.11. ArcGIS

ArcGIS, desarrollada por Esri, es la plataforma líder en sistemas de información geográfica (SIG), ofreciendo una solución geoespacial integral para profesionales y organizaciones (Esri, s.f.). Esta tecnología permite integrar y conectar diversos tipos de datos dentro de un contexto geográfico, proporcionando capacidades avanzadas para la creación, gestión, análisis, mapeo y compartición de información. Utilizar ArcGIS brinda a las organizaciones una ventaja distintiva en la toma de decisiones, al facilitar una comprensión profunda de sus datos a través de una perspectiva geográfica.

2.2.12. Global Mapper

Global Mapper es una aplicación de sistema de información geográfica (SIG) que destaca por su capacidad integral en el procesamiento de datos espaciales. Esta herramienta proporciona una amplia gama de soluciones de software y ofrece compatibilidad con numerosos formatos

utilizados en los campos de CAD, SIG e ingeniería (Geoil Energy, s.f.). Algunas de sus características son el procesamiento de datos eficiente, la generación de cartografía precisa y una gestión optimizada de la información espacial. Su versatilidad lo convierte en una solución para profesionales que requieren análisis y manejo de datos geoespaciales.

2.2.12. Google Earth Pro

Google Earth Pro es una aplicación de escritorio avanzada y gratuita que permite a usuarios con necesidades de funciones más complejas explorar el mundo a través de imágenes satelitales de alta resolución, terrenos y edificios en 3D (Google, s.f.a). Esta versión ofrece capacidades adicionales como la importación y exportación de datos GIS (Sistemas de Información Geográfica), la posibilidad de retroceder en el tiempo con imágenes históricas, medir áreas, radios y circunferencias en el terreno, e imprimir capturas de pantalla de alta resolución. También facilita la creación de películas sin conexión para compartir, lo que la convierte en una herramienta versátil para análisis geoespacial, planificación y visualización para profesionales de diversas disciplinas (Google, s.f.b).

2.2.13. Concoord

es un programa informático diseñado para la conversión y transformación de coordenadas geográficas, siendo de gran utilidad para quienes necesitan convertir datos del antiguo sistema de referencia "Internacional Bogotá" al actual sistema oficial en Colombia, MAGNA-SIRGAS, establecido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (EAB Sigue, s.f.).

Desarrollado completamente en JAVA y bajo la licencia pública general GPL de la Free Software Foundation, CONCOORD permite a los usuarios no solo utilizarlo sino también estudiar y modificar su código fuente. Esto fomenta la colaboración y la mejora continua de la herramienta

por parte de la comunidad, convirtiéndola en una solución flexible y adaptable para las necesidades de transformación de coordenadas en el ámbito de la topografía y la geoinformación en Colombia.

2.3 Marco legal

2.3.1. Leyes y Normas Regulatorias

El marco legal que regula los levantamientos topográficos en Colombia es clave para garantizar la precisión de los datos, la seguridad en su ejecución y el cumplimiento de estándares técnicos. Estas disposiciones aplican tanto a los métodos tradicionales, como los que emplean estaciones totales o niveles, como a las tecnologías más recientes que utilizan Sistemas de Aeronaves Pilotadas de Forma Remota (RPAS) y fotogrametría digital. Para el levantamiento topográfico convencional, existen normas técnicas específicas del sector de la ingeniería civil y la construcción. En cuanto al uso de RPAS, la regulación está a cargo de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC), a través del Reglamento Aeronáutico de Colombia (RAC), el cual establece los requisitos técnicos, operativos y de seguridad para la operación de estos sistemas en el espacio aéreo colombiano. Este marco busca asegurar que el uso de RPAS se realice de forma segura, controlada y conforme a la normativa vigente. Las leyes y normas regulatorias más importantes son:

El Reglamento Aeronáutico de Colombia (RAC) 91: titulado Reglas Generales de Vuelo y de Operación, establece las disposiciones fundamentales para la operación segura de todas las aeronaves en el espacio aéreo colombiano, incluyendo los Sistemas de Aeronaves Pilotadas de Forma Remota (RPAS). Este reglamento fue adoptado mediante la Resolución N.º 01594 del 7 de junio de 2018 y publicado en el Diario Oficial N.º 50.625 del 15 de junio de 2018.

El RAC 91 abarca diversos aspectos esenciales para la operación de aeronaves, tales como: requisitos de vuelo y operación, mantenimiento y aeronavegabilidad, registros y documentación y operaciones especiales. (Aerocivil, 2018)

El Reglamento Aeronáutico de Colombia (RAC) 100: titulado Operación de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS), establece las disposiciones específicas para la operación segura de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas de Forma Remota (RPAS) en el espacio aéreo colombiano. Este reglamento fue adoptado por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil) y está diseñado para complementar las disposiciones generales del RAC 91, enfocándose en las particularidades de las operaciones con aeronaves no tripuladas.

El RAC 100 abarca diversos aspectos esenciales para la operación de RPAS, tales como: registro de UAS y equipos tecnológicos asociados, certificación de explotadores UAS, certificación de idoneidad de pilotos UAS. requisitos operacionales, restricciones de operación y seguridad operacional. (Aerocivil, 2018)

Norma NTC 6271 Información Geográfica y Estudios Topográficos: Esta norma técnica colombiana establece los requisitos mínimos y las directrices para la producción, gestión y presentación de la información geográfica y los estudios topográficos en el país. Su objetivo es asegurar la uniformidad, calidad y compatibilidad de los datos geográficos, fundamentales para proyectos de ingeniería, planificación territorial y desarrollo de infraestructura. La NTC 6271 aborda aspectos clave como los sistemas de referencia geodésicos, la precisión posicional de los levantamientos, la representación cartográfica y la documentación de metadatos, garantizando que la información obtenida sea confiable y útil para diversas aplicaciones (ICONTEC, 2018).

ley 70 de 1979: Esta ley estableció el régimen legal para el ejercicio de la profesión de Topógrafo en Colombia. Su promulgación fue un paso fundamental para formalizar y regular las

actividades relacionadas con la topografía, definiendo las funciones, responsabilidades y el ámbito de acción de los profesionales del área. La Ley 70 buscó garantizar que los levantamientos topográficos y demás trabajos asociados fueran ejecutados por personal calificado, asegurando así la calidad y la validez legal de la información geográfica producida en el país (Congreso de la República de Colombia, 1979).

Ley 842 de 2003: Esta ley, posterior a la Ley 70 de 1979, modifica el Código Disciplinario Único para los Ingenieros y otras profesiones afines, entre las que se incluye la topografía. La Ley 842 de 2003 actualiza y fortalece el marco normativo sobre la ética profesional, los deberes y derechos de los ingenieros y topógrafos, y las sanciones aplicables en caso de faltas disciplinarias. Su objetivo es asegurar un ejercicio profesional responsable, transparente y acorde con los más altos estándares técnicos y éticos, lo cual impacta directamente en la calidad y fiabilidad de los levantamientos topográficos y proyectos de ingeniería en general (Congreso de la República de Colombia, 2003).

Resolución IGAC 068 de 2005: Estableció las especificaciones técnicas para los levantamientos topográficos y la cartografía básica oficial en Colombia. Fue fundamental para estandarizar procesos y productos, asegurando la uniformidad y calidad de la información geográfica. Esta resolución incluyó la adopción del sistema de referencia geodésico MAGNA-SIRGAS como estándar nacional, lo que mejoró la compatibilidad y precisión de los datos (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005).

Resolución IGAC 715 de 2018: Actualizó y reemplazó la Resolución 068 de 2005. Esta nueva normativa incorpora avances tecnológicos y directrices internacionales, manteniendo la cartografía oficial del país a la vanguardia. La Resolución 715 de 2018 reafirma los estándares de precisión y formatos de entrega, adaptándose a las capacidades actuales de captura de datos,

incluyendo las provenientes de tecnologías como los drones (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2018).

Resolución IGAC 388 de 2020: Establece los lineamientos técnicos para los levantamientos catastrales con enfoque multipropósito en Colombia. Esta normativa es crucial para la actualización del catastro, ya que integra la información física, jurídica y económica de los predios. Su fin es garantizar la uniformidad y calidad de los levantamientos catastrales, apoyando la gestión territorial y el desarrollo socioeconómico del país (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2020).

2.3.2. Antecedentes y Estado del Arte

La evolución de las técnicas topográficas ha sido un campo de estudio constante, impulsado por la búsqueda de mayor precisión, eficiencia y seguridad en la captura de datos del terreno. En este contexto, la comparación entre los métodos de levantamiento topográfico tradicional y la fotogrametría con tecnología de drones se ha convertido en un área de investigación recurrente y de gran relevancia.

Numerosos estudios han explorado las ventajas y limitaciones de ambas metodologías. Investigaciones previas destacan que los métodos tradicionales, aunque reconocidos por su capacidad de alcanzar una precisión milimétrica en puntos discretos, son procesos que demandan una inversión considerable de tiempo, mano de obra y recursos, especialmente en proyectos de gran escala. Además, la accesibilidad al terreno y las condiciones ambientales pueden limitar su eficiencia (Ok, 2025). Estos trabajos suelen enfatizar la fiabilidad inherente de las mediciones directas y el control preciso que ofrecen instrumentos como la estación total.

Por otro lado, la literatura científica ha documentado extensivamente la emergencia de los drones como herramientas transformadoras en la topografía. La fotogrametría con drones es

elogiada por su alta eficiencia operativa, su capacidad para cubrir grandes extensiones en menor tiempo y la reducción de riesgos para el personal al evitar el trabajo en zonas peligrosas. Estudios como el de Del Río-Santana et al. (2019) demuestran cómo los drones permiten una densidad de datos sin precedentes, generando ortomosaicos de alta resolución y modelos 3D detallados a partir de un vuelo único, lo que amplía significativamente la información espacial disponible en comparación con los puntos aislados obtenidos tradicionalmente. La capacidad de los drones para operar a altitudes más bajas que la aviación tripulada también contribuye a la calidad del dato y a la independencia de ciertas condiciones atmosféricas.

En cuanto a la precisión métrica, el debate es más matizado. Si bien inicialmente la fotogrametría con drones podía presentar limitaciones en comparación con la precisión milimétrica de las estaciones totales para puntos específicos, las investigaciones más recientes, resaltan que la incorporación de Puntos de Control Terrestre (PCT) y el uso de tecnologías GNSS avanzadas como RTK (Real Time Kinematic) y PPK (Post-Processed Kinematic) en los drones, han permitido alcanzar precisiones centimétricas e incluso milimétricas en los productos fotogramétricos (Ok, 2025). Esto posiciona a los drones como una alternativa viable para una amplia gama de aplicaciones topográficas que exigen alta exactitud, balanceando la precisión con la eficiencia.

En el contexto regional, trabajos como el de Carrillo Ramírez (2021), enfocados en un análisis comparativo de topografía tradicional y dron, buscan validar estas tendencias globales en entornos específicos. Estas investigaciones son cruciales para entender cómo se comportan estas tecnologías bajo condiciones locales y para determinar su aplicabilidad práctica en proyectos de desarrollo. Sin embargo, a pesar de la creciente cantidad de estudios comparativos, existe una necesidad de continuar la investigación con casos de estudio específicos y localizados, que permitan una validación empírica en diversos contextos geográficos y tipos de terreno.

El presente estudio busca contribuir a este cuerpo de conocimiento existente al realizar un análisis comparativo de la precisión métrica, la eficiencia operativa y la resolución de detalle entre el levantamiento topográfico tradicional y la fotogrametría con drones, aplicado a un sitio concreto como el Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora en el Municipio de Sapuyes, Nariño. Esta aproximación permitirá generar datos empíricos relevantes para la toma de decisiones en futuros proyectos de ingeniería y planificación territorial en la región, llenando una brecha en la literatura específica sobre la aplicación y validación de estas tecnologías en este tipo de contextos en Colombia.

3. Metodología

La metodología del presente trabajo se estructura en tres fases principales. La primera fase consiste en planificar y ejecutar el trabajo de campo, lo cual implica programar y desarrollar un vuelo con RPAS (Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente) sobre el área correspondiente al Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora, ubicado en el municipio de Sapuyes, Nariño. Esta fase contempla diseñar el plan de vuelo, calibrar el equipo, y capturar imágenes aéreas mediante una cámara de alta resolución, con el objetivo de generar productos fotogramétricos que permitan obtener modelos digitales del terreno.

La segunda fase se centra en recolectar la información base necesaria para el análisis comparativo. En esta etapa se debe recopilar documentación técnica y catastral del predio objeto de estudio, como planos, escrituras y levantamientos topográficos realizados previamente con métodos tradicionales. Esta información, es suministrada por la Alcaldía Municipal de Sapuyes a través de su Secretaría de Planeación e Infraestructura, sirve como línea base para comparar los resultados obtenidos por ambas metodologías.

La tercera y última fase consiste en analizar y comparar los datos obtenidos mediante el levantamiento topográfico tradicional y los generados a partir del procesamiento de imágenes capturadas con dron. Este análisis contempla criterios técnicos como la precisión métrica, el tiempo de ejecución, los recursos requeridos, el nivel de detalle gráfico y la accesibilidad al terreno. A partir de esta comparación, se busca identificar las ventajas, limitaciones y aplicaciones de cada técnica en contextos rurales como el del municipio de Sapuyes, aportando elementos técnicos útiles para la toma de decisiones en proyectos de planificación territorial e infraestructura.

3.1 Fase I: Planificación y ejecución del vuelo con RPAS

Para llevar a cabo el levantamiento topográfico del Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora, se utilizó un dron DJI Mini 3 Pro (DJI RC), caracterizado por su peso inferior a 249 g, lo que lo hace exento de registro en muchas jurisdicciones. Este dron está equipado con una cámara de 1/1.3 pulgadas CMOS de 48 MP, lente con campo de visión de 82.1°, apertura f/1.7 y capacidad para capturar imágenes en formato JPEG y RAW. Además, cuenta con un gimbal de 3 ejes que garantiza la estabilidad de las tomas aéreas. El tiempo máximo de vuelo es de aproximadamente 34 minutos con la batería estándar, y puede extenderse hasta 47 minutos utilizando la Batería de Vuelo Inteligente Plus (DJI, 2024).

El proceso comenzó con la identificación y preparación del equipo, seguido del diseño del plan de vuelo, considerando factores como la altitud, velocidad y trayectorias para asegurar una cobertura completa del área de estudio, dicha información se consignó en un Flight logbook, para la planificación y posterior ejecución de la misión aérea (Anexo). Durante la ejecución en campo, se realizaron vuelos programados para capturar imágenes aéreas de alta resolución, las cuales fueron posteriormente procesadas utilizando software especializado para generar los productos cartográficos requeridos.

3.2 Fase II: Recolección de información base

Se realiza la gestión documental ante la Secretaría de Planeación e Infraestructura del municipio de Sapuyes con el propósito de obtener la información base necesaria para el desarrollo del estudio. Como resultado, recopilar la escritura pública del predio, expedida por la Notaría Segunda del Círculo de Túquerres con fecha del 31 de diciembre de 2010, en la cual se establece un área total de 4.033 m², correspondiente a la matrícula inmobiliaria N° 254-37185, y que identifica al municipio de Sapuyes como propietario.

Adicionalmente, se reúnen los productos del levantamiento topográfico tradicional previamente ejecutado en el predio, los cuales fueron elaborados empleando una Estación Total Leica Viva TS11, un Receptor GNSS de doble frecuencia Topcon Hiper II, y un receptor i83 IMU-RTK de CHCNAV. Esta instrumentación permitió generar representaciones planimétricas detalladas del terreno, las cuales constituyen una base técnica precisa y confiable para su posterior comparación con los productos obtenidos mediante tecnología RPAS.

3.3 Fase III: Análisis y comparación de resultados

Se procesa la información recolectada durante las fases previas con el objetivo de realizar un análisis comparativo entre los métodos de levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento mediante tecnología RPAS. Esta fase contempla inicialmente la localización y delimitación precisa del área de estudio, a partir de los datos obtenidos tanto por instrumentos convencionales como por fotogrametría aérea.

Posteriormente, aplicar una metodología detallada de procesamiento fotogramétrico, que incluye la organización de imágenes capturadas, el alineamiento de fotografías, la generación de la nube de puntos, modelos digitales de superficie (MDS), ortomosaicos y curvas de nivel. Estos productos digitales serán comparados con los generados por el método tradicional, permitiendo establecer las diferencias en precisión métrica, cobertura, nivel de detalle y eficiencia operativa.

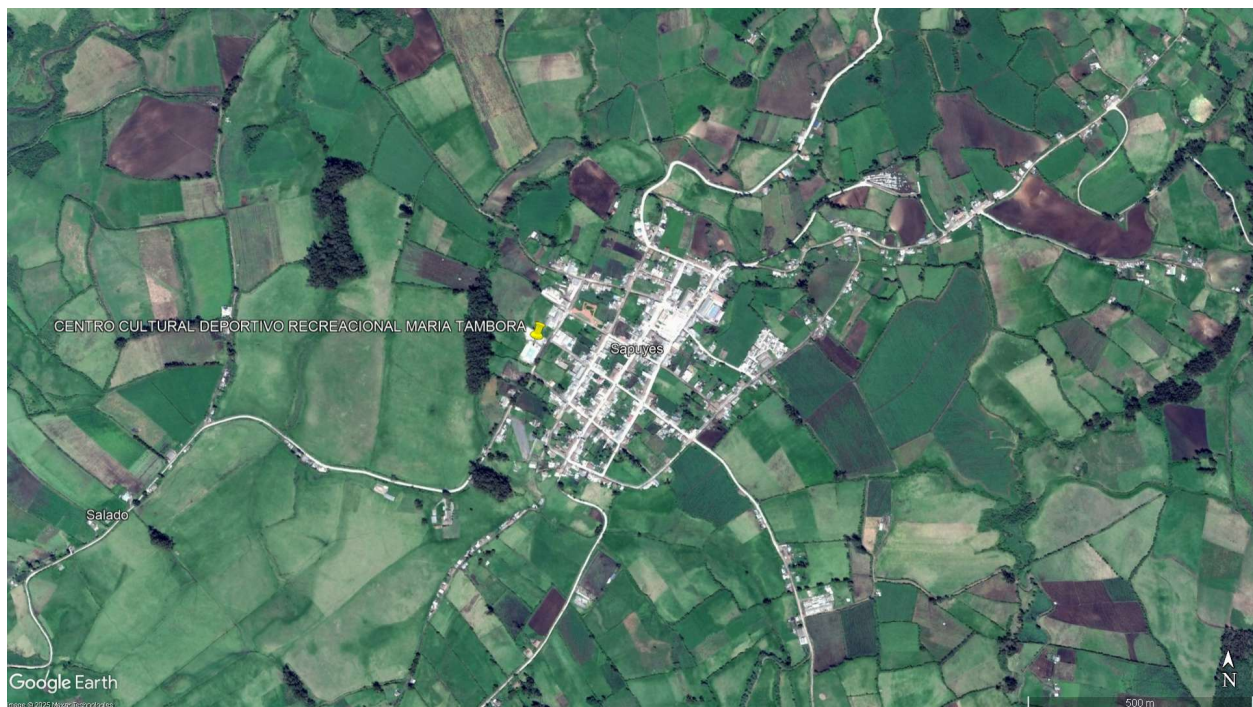
Este análisis técnico constituye la base para las conclusiones del estudio, permitiendo valorar las ventajas y limitaciones de cada técnica de levantamiento en función de su aplicación en entornos similares.

4. Resultados

4.1 Localización del proyecto

El predio analizado para el desarrollo de esta investigación se localiza en el municipio de Sapuyes, en el departamento de Nariño, y corresponde al espacio destinado para el Centro Cultural Deportivo Recreacional María Tambora. De acuerdo con la escritura pública emitida por la Notaría Segunda del círculo de Túquerres, con fecha del 31 de diciembre de 2010, este predio cuenta con una superficie de 4.033 metros cuadrados y está identificado bajo la matrícula inmobiliaria 254-37185, figurando como propiedad del municipio de Sapuyes.

Figura 1. *Localización del Predio*



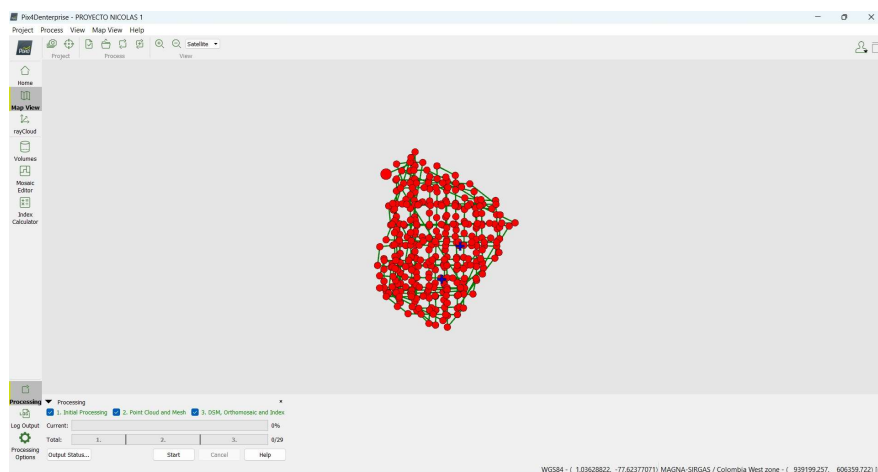
Tomado de Google Earth pro

4.2 Procesamiento y análisis de datos

Las imágenes aéreas capturadas con el RPAS DJI Mini 3 Pro se procesan utilizando el software especializado Pix4D, el cual permite generar productos geoespaciales de alta precisión mediante la identificación automática de miles de puntos comunes entre las imágenes, conocidos como puntos clave, lo que permite reconstruir digitalmente el terreno con gran detalle. Las fotografías deben estar en formato .JPG o .tif, compatible con el software.

Como primer paso, se crea un nuevo proyecto dentro de Pix4D y se importa el conjunto de imágenes obtenidas en campo. Luego, se ejecuta el procesamiento inicial, en el cual el software determina la escala de imagen y la ubicación relativa de cada fotografía. Se emplea la opción de procesamiento rápido, ya que permite obtener resultados con un equilibrio adecuado entre velocidad y precisión, generando productos como el ortomosaico, los mapas de índice y el Modelo Digital de Superficie (MDS), con una resolución suficiente para estudios técnicos comparativos.

Figura 2. *Procesamiento inicial en Software Pix4D*



A continuación, se procesa la nube de puntos y se genera la malla texturizada 3D, considerando los requisitos específicos del proyecto y los formatos de exportación requeridos para

el análisis posterior. En este caso, se procesan un total de 995885 puntos y se establece una densidad promedio de 97.67 puntos por metro cúbico.

Figura 3. *Procesamiento Nube de puntos y malla en Software Pix4D*

Results

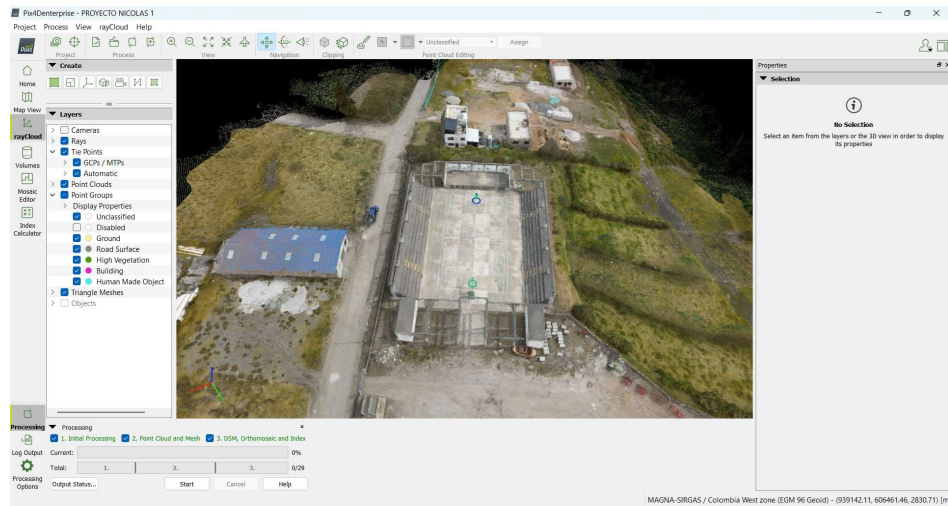
Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	995885
Average Density (per m ³)	97.67

DSM, Orthomosaic and Index Details

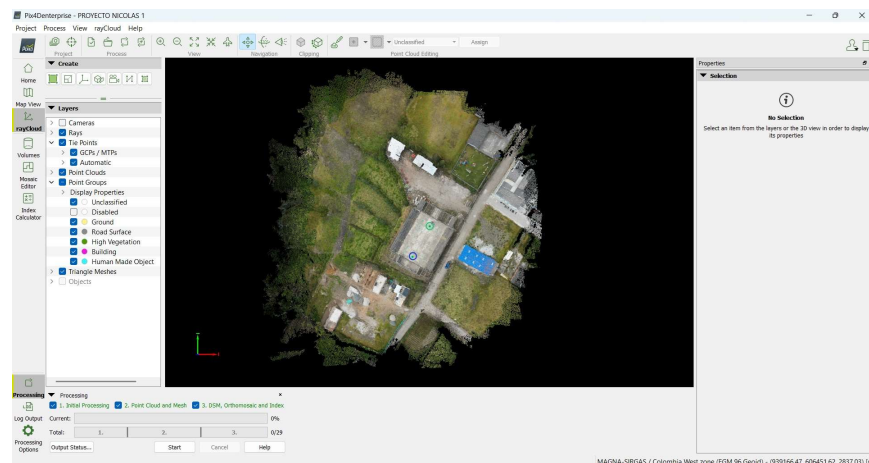
Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	4 x GSD (1.85 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: yes
Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 100
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (1.85 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 1 Elevation Interval [m]: 5 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	03s
Time for Orthomosaic Generation	05m:42s
Time for DTM Generation	01m:29s
Time for Contour Lines Generation	01s

Esta malla tridimensional permite observar las condiciones del terreno y dimensionar con precisión los elementos presentes en el área de estudio.

Figura 4. *Malla texturizada 3D en Software Pix4D.*

En la tercera etapa del flujo de trabajo, el software permite configurar los parámetros para generar el MDS, el ortomosaico y los índices adicionales. En caso de ser necesario, también es posible generar curvas de nivel a partir de los datos obtenidos. Luego de completar esta fase, se visualiza la nube de puntos tridimensional, lo cual facilita el análisis espacial desde múltiples perspectivas.

Figura 5. *Nube de puntos en Software Pix4D*

Finalmente, Pix4D genera automáticamente un reporte técnico del proyecto, que consolida los datos generales del levantamiento, los resultados de cada fase del procesamiento (inicial, nube

de puntos, ortomosaico, entre otros), y evidencia posibles errores o inconsistencias durante la correlación de datos. Este informe constituye un insumo clave para el análisis comparativo con el levantamiento topográfico tradicional, lo que permitirá establecer criterios concluyentes.

Figura 6. Reporte con la información y características del proyecto en Software Pix4D

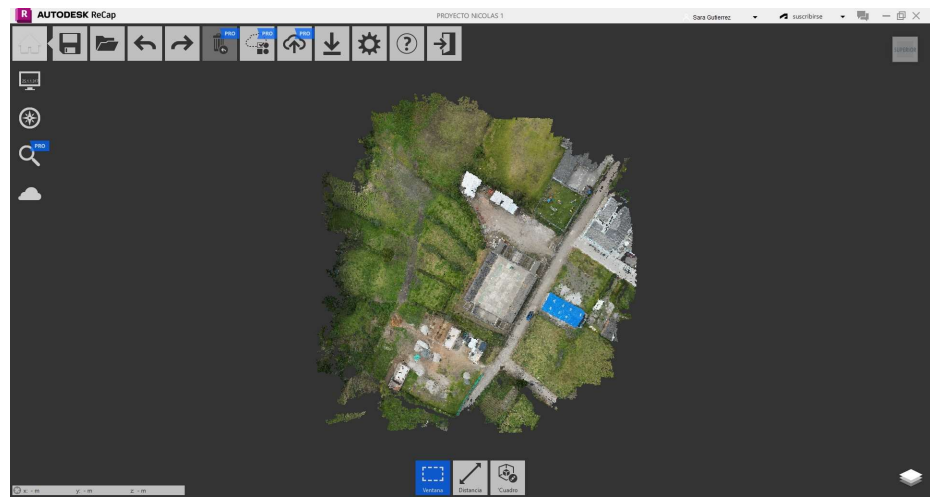


Figura 7. Resumen del proyecto en Software Pix4D



Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Una vez finalizado el procesamiento en Pix4D y generados los productos fotogramétricos como la nube de puntos densa y el ortomosaico, se continúa con la fase de fotointerpretación y postprocesamiento en software CAD. Para esto, se exporta la nube de puntos en formato .LAS, que permite su manipulación en plataformas de modelado tridimensional.

El siguiente paso es importar esta nube de puntos al software Autodesk ReCap Pro, herramienta que facilita la depuración visual y técnica de los datos. En esta etapa, es posible eliminar manualmente los puntos erróneos o fuera de contexto (conocidos como ruido), ajustar el brillo y contraste de la visualización, y definir la densidad y tamaño de los puntos para mejorar la legibilidad. Esta optimización es fundamental para garantizar que la información espacial procesada sea precisa y funcional para su uso en entornos CAD.

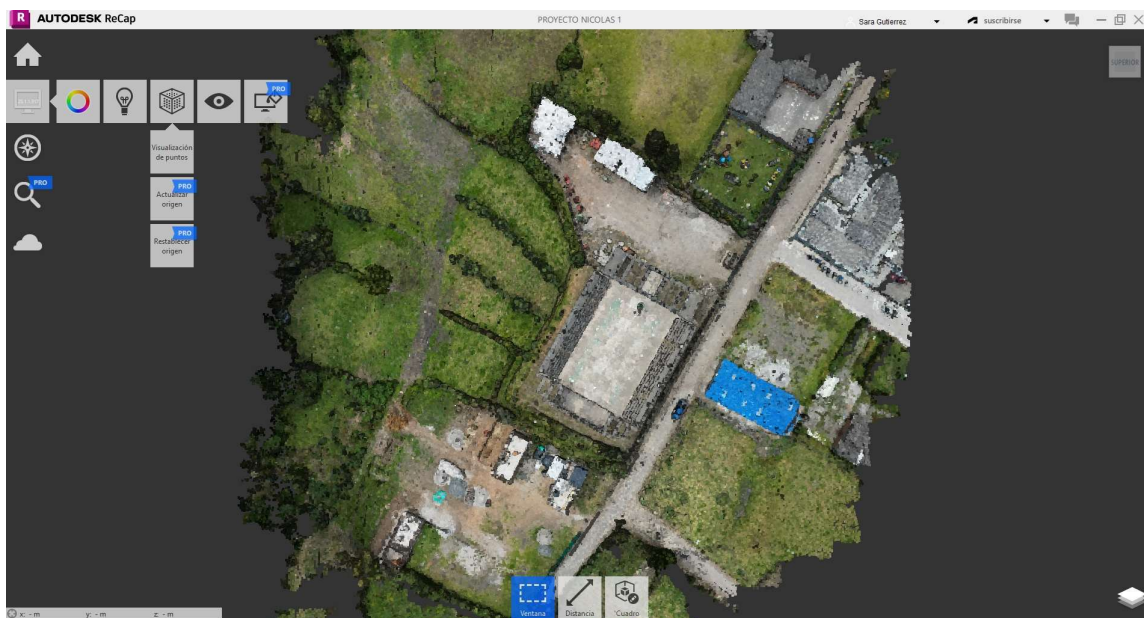
Una vez optimizada la nube de puntos, se importa junto con el ortomosaico al software AutoCAD, donde se procede a su georreferenciación con base en los puntos de control levantados con equipos GNSS de alta precisión. Este proceso asegura que las coordenadas y proporciones del modelo digital coincidan con la realidad del terreno, permitiendo trabajar sobre bases espaciales confiables.

El procedimiento aplicado sigue una metodología de fotointerpretación topográfica asistida por software CAD, desarrollada por el arquitecto Robert Gutiérrez Ortiz, como resultado de investigaciones realizadas en el semillero SIMO 3D de la Universidad Santo Tomás. Esta metodología ha demostrado un alto grado de efectividad para la elaboración de planos planimétricos, logrando precisiones superiores al 98 % en comparación con métodos tradicionales.

El uso combinado de Pix4D, ReCap y AutoCAD permite extraer con exactitud elementos geométricos del terreno, como curvas de nivel, estructuras existentes, caminos y límites prediales, todo sobre el ortomosaico georreferenciado. Además, este flujo de trabajo facilita la elaboración

de planos topográficos escalados con mediciones precisas de áreas y distancias, fundamentales para la validación técnica por parte de supervisiones e interventorías en proyectos de ingeniería civil.

Figura 8. *Edición de Nube de Puntos en Software ReCap Pro*

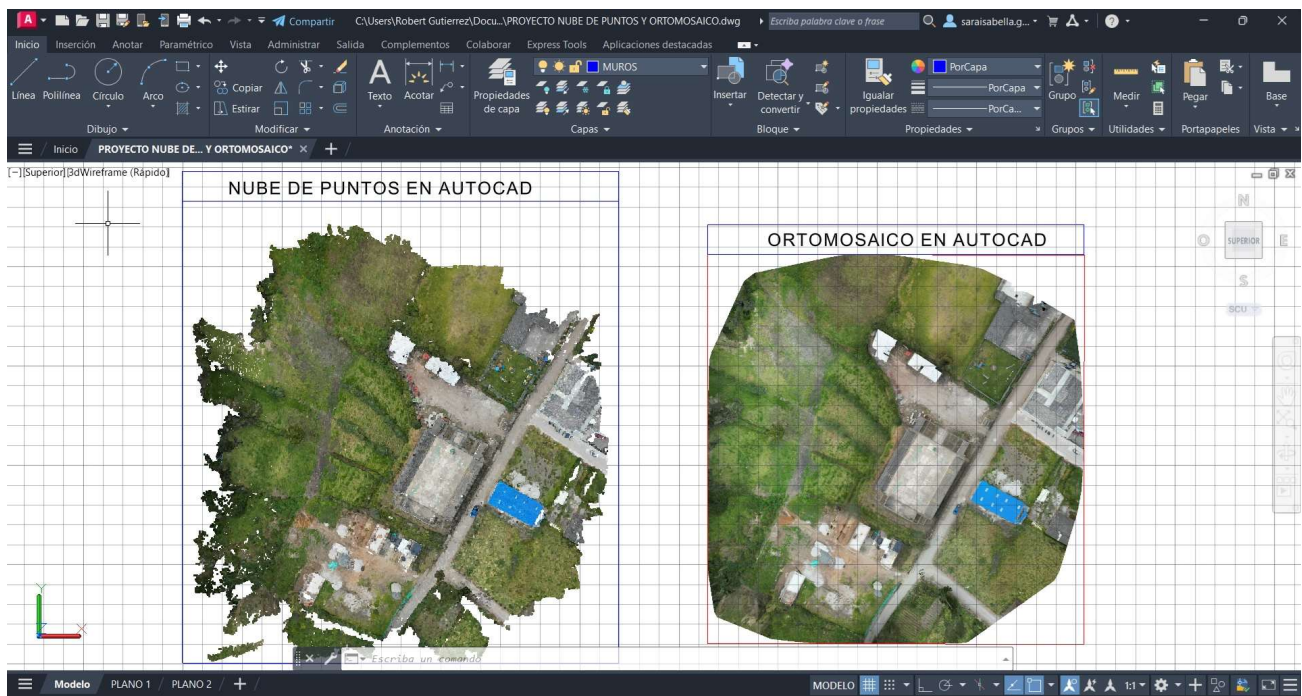


Una vez editada y depurada la nube de puntos en el software ReCap Pro, se procede a convertir el archivo del formato .LAS al formato .RCP, el cual es completamente compatible con AutoCAD y permite su vinculación directa en entornos de diseño asistido. Este paso resulta fundamental para continuar con la etapa de fotointerpretación y elaboración de la planimetría.

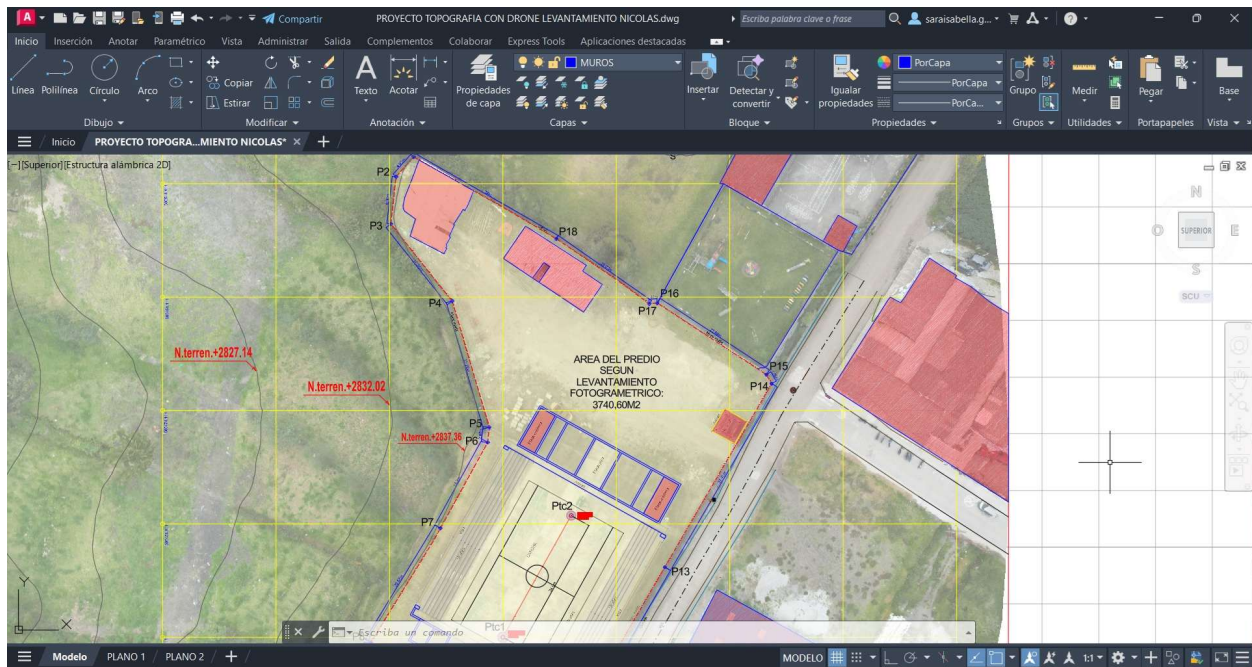
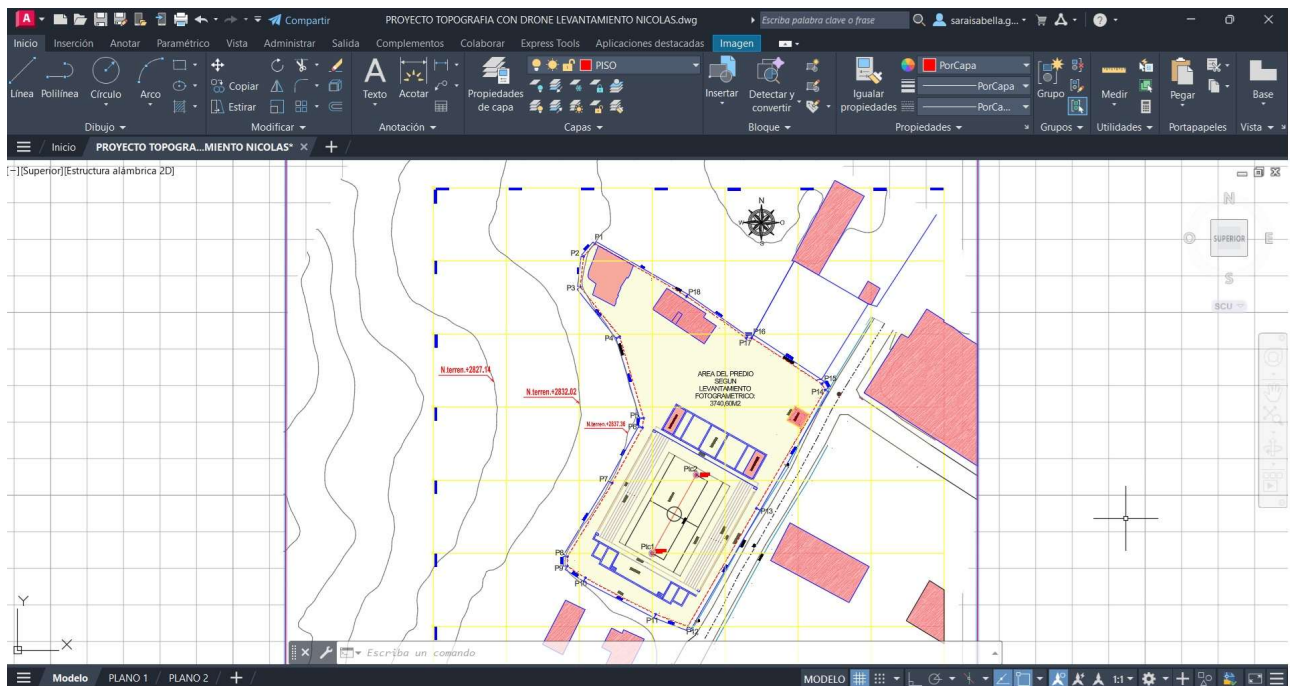
En AutoCAD, se enlaza la nube de puntos optimizada, y sobre ella se ubican y calibran los puntos de control geodésicos obtenidos en campo, asegurando que la información espacial esté correctamente posicionada y orientada. Posteriormente, se enlaza el ortomosaico generado, el cual se escala y georreferencia utilizando como apoyo tanto la nube de puntos como los puntos de control, garantizando una correspondencia precisa con la realidad topográfica del predio.

Una vez se tiene el ortomosaico escalado y correctamente georreferenciado, se procede a realizar la fotointerpretación y digitalización de los elementos del lote, especialmente los límites o linderos, que pueden delimitarse con mayor claridad gracias a la resolución detallada del ortomosaico. Este insumo visual permite una interpretación precisa de las condiciones físicas y espaciales del terreno.

Figura 9. *Enlace de Nube de puntos y Ortomosaico en Software AutoCAD*



Para terminar con este paso, se traza la planimetría definitiva del predio objeto de estudio, integrando la nube de puntos y el ortomosaico como base de referencia. También es posible visualizar la planimetría sin ortomosaico, en caso de requerir un diseño más limpio o técnico, manteniendo siempre la escala y georreferenciación adecuada para su análisis o uso en diseños posteriores. En las siguientes imágenes se observa el dimensionamiento de las áreas requeridas para el análisis comparativo de ambas metodologías.

Figura 10. *Planimetría y dimensionamiento de elementos con ortomosaico en Software Autocad***Figura 11.** *Planimetría y dimensionamiento de elementos sin ortomosaico en Software Autocad*

4.3 Análisis de precisión métrica del levantamiento con RPAS y con Estación total

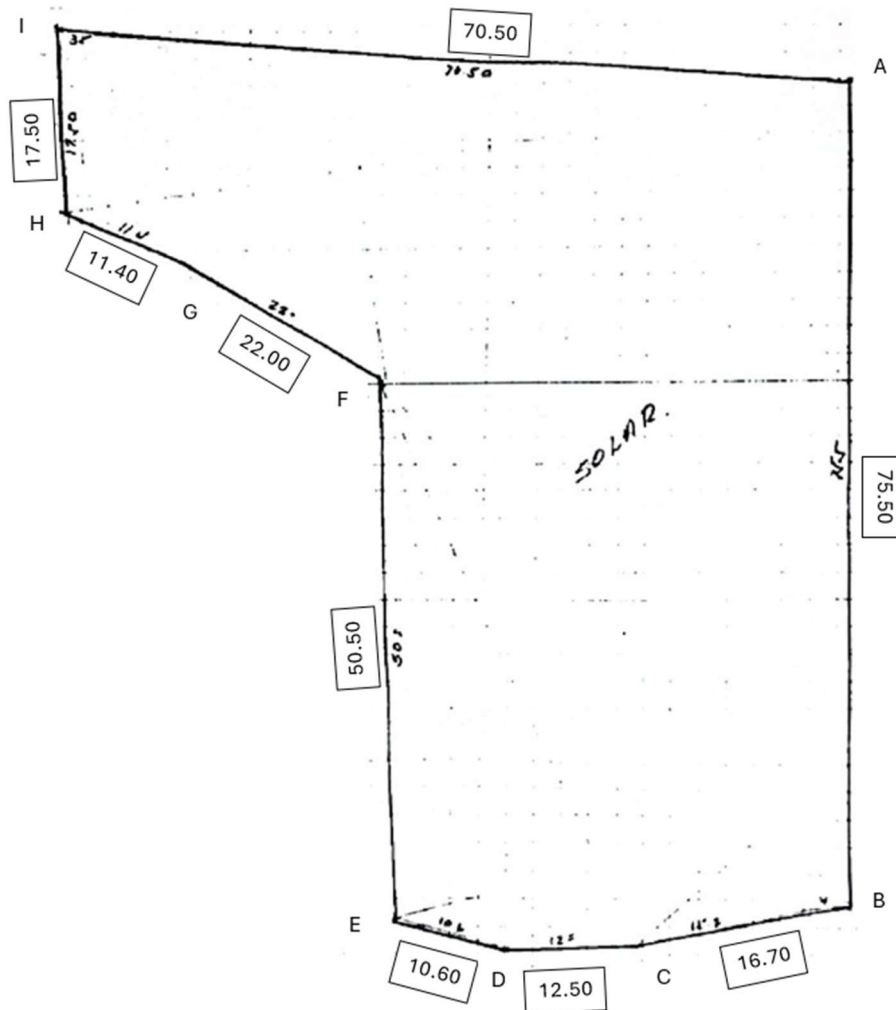
Para llevar a cabo el análisis de precisión métrica, se parte de las poligonales generadas a partir del levantamiento topográfico realizado con RPAS (dron) y con estación total, además de la información predial consignada en la escritura pública y en la ficha catastral del predio obtenida en la Secretaría de Planeación del municipio de Sapuyes.

El procedimiento consiste en enumerar los vértices de cada lindero identificados en los tres insumos (levantamiento con dron, con estación total y ficha predial) y comparar las longitudes de los tramos y el área total contenida en cada uno. Esta comparación permite determinar las diferencias métricas entre los métodos empleados y establecer el grado de precisión que ofrece cada tecnología frente a una base predial oficial.

Dicho análisis busca valorar la confiabilidad geométrica de los modelos generados con fotogrametría aérea frente a los datos obtenidos con instrumentos de medición terrestre de alta precisión, así como frente a los registros oficiales del inmueble. Con este ejercicio es posible determinar desviaciones, errores sistemáticos o diferencias significativas que puedan incidir en la toma de decisiones sobre planificación, diseño o legalización de predios.

4.3.1 Información predial obtenida en la secretaria de planeación del Municipio de Sapuyes, actualización IGAC 2024

Se debe tener en cuenta que la información de la poligonal de los linderos del predio obtenida de la ficha predial de IGAC, facilitada por la secretaria de planeación del municipio de Sapuyes, si bien tiene fecha de radicación de abril de 2024, la fecha de elaboración corresponda a 1991, por lo que es probable que no cuente con la precisión adecuada para realizar un análisis de precisión métrica con levantamientos topográficos asistidos por medios tecnológicos.

Figura 12. Información Ficha predial IGAC**Tabla 1.** Información Ficha predial IGAC

Lindero	Distancia (metros)
A-B	75.50
B-C	16.70
C-D	12.50
D-E	10.60
E-F	50.50
F-G	22.00
G-H	11.40
H-I	17.50
I-A	70.50
Perímetro Total (m)	287.20
Área Total (m2)	4033.00

4.3.2 Información obtenida del informe topográfico de 2024

Figura 13. Información obtenida del informe topográfico de 2024

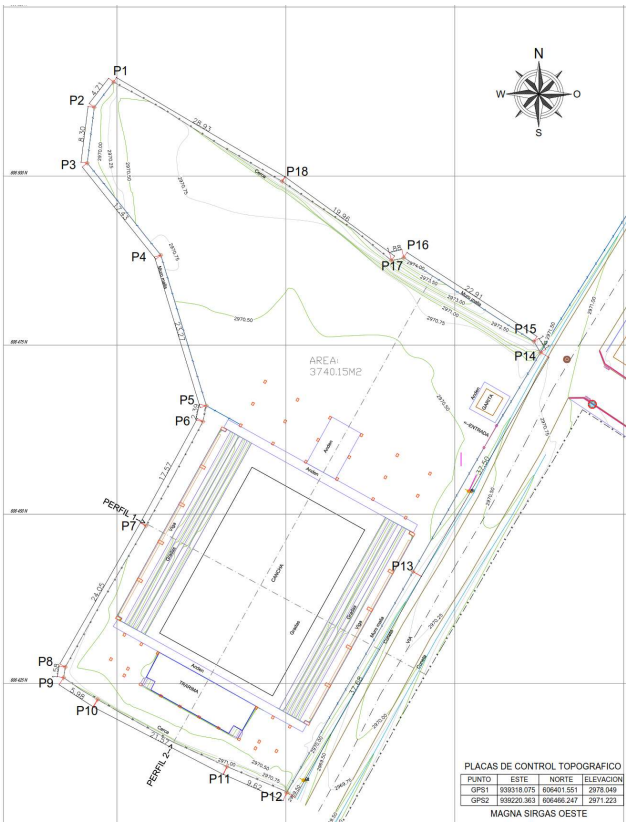


Tabla 2. Información obtenida del informe topográfico tradicional de 2024

Lindero	Distancia (metros)
P1-P2	4,71
P2-P3	8,30
P3-P4	17,43
P4-P5	23,27
P5-P6	2,39
P6-P7	17,57
P7-P8	24,05
P8-P9	1,58
P9-P10	5,98
P10-P11	21,57
P11-P12	9,62
P12-P13	37,68
P13-P14	37,50
P14-P15	1,91

P15-P16	22,91
P16-P17	1,88
P17-P18	19,96
P18-P1	28,93
Perímetro Total (m)	287,34
Área Total (m2)	3740,15

4.3.3 Información obtenida del levantamiento con RPAS

Figura 14. Información obtenida del levantamiento con RPAS

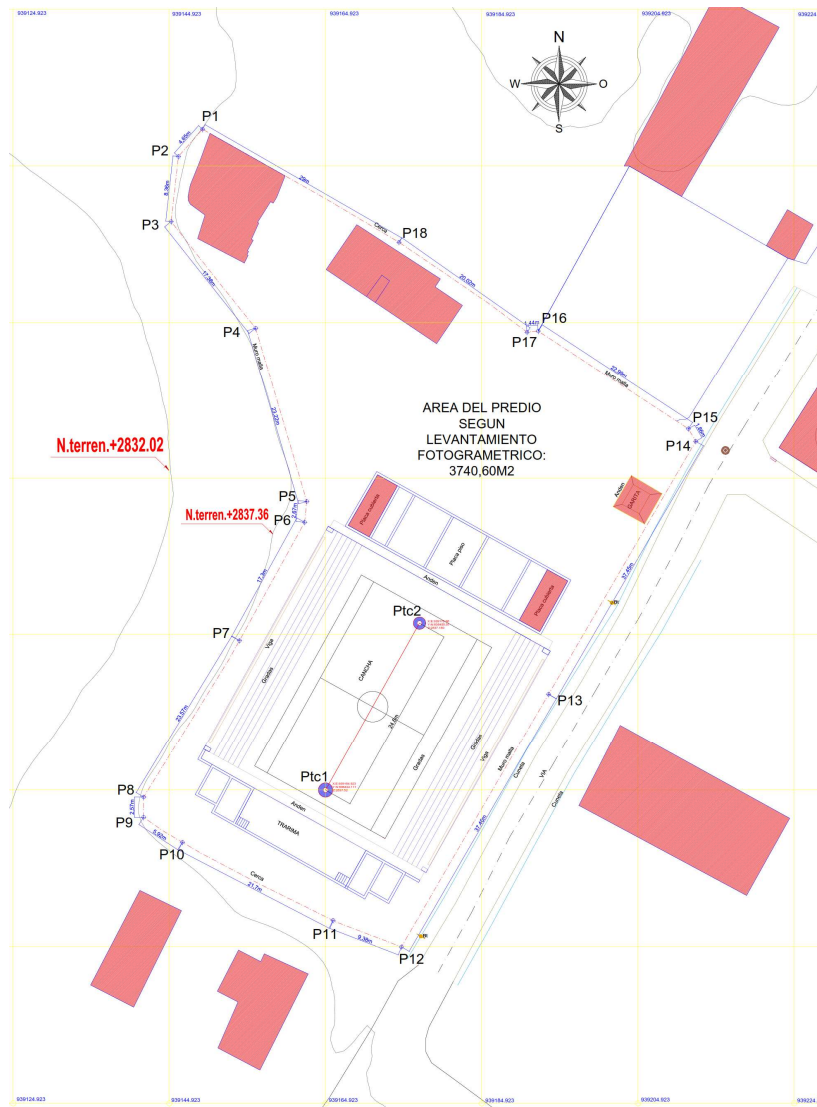


Tabla 3. *Información obtenida del levantamiento con RPAS*

Lindero	Distancia (metros)
P1-P2	4,65
P2-P3	8,36
P3-P4	17,38
P4-P5	23,22
P5-P6	2,67
P6-P7	17,30
P7-P8	23,57
P8-P9	2,57
P9-P10	5,92
P10-P11	21,70
P11-P12	9,38
P12-P13	37,46
P13-P14	37,45
P14-P15	1,86
P15-P16	22,99
P16-P17	1,44
P17-P18	20,02
P18-P1	29,00
Perímetro Total (m)	287,55
Área Total (m2)	3740,60

4.3.4 Análisis de precisión métrica Información predial IGAC versus Topografía Tradicional

Al revisar la información de la carta catastral oficial del IGAC junto con la información de puntos de perímetro desarrollada en la Topografía convencional y la ejecutada con la tecnología Drone y fotogrametría, encontramos que existen grandes diferencias con respecto a la geometría del IGAC, el área real y los perímetros. Por ejemplo, la planimetría catastral del IGAC arroja tan solo 9 puntos de perímetro, mientras que la topografía convencional y la topografía con drones ambas nos entregan 18 puntos de perímetros que se traduce en una buena precisión del área de análisis, que en este caso es el predio del Polideportivo de Sapuyes. Igualmente el área del predio

estipulada por la Carta Catastral es de 4033m² y al revisar las áreas de las topografías tanto tradicional como con sistemas RPAS, encontramos que el área real oscila en 3740m². Existe una diferencia de aproximadamente de 293m², dicha situación de imprecisión conlleva que la entidad territorial debe tramitar ante el IGAC la corrección de áreas y perímetros a fin aclarar las extensiones de los Títulos o Escrituras.

Debido a la falta de precisión tanto de geometría, Área y puntos de perímetro no se hará la comparación entre las magnitudes de la Carta Catastral y los sistemas de topografía objeto del presente informe. Por lo anterior se llevará a cabo la comparación de magnitudes entre la Topografía convencional y la Topografía hecha con tecnología drone y fotogrametría, siendo este uno de los objetivos principales de la investigación.

4.3.5 Análisis de precisión métrica Información Topografía tradicional versus Topografía con RPAS

Tabla 4. *Análisis de precisión métrica Información predial IGAC versus Topografía con RPAS*

Lindero	Información Predial Topografía tradicional	Levantamiento Topografía con Drones	Variación
P1-P2	4,71	4,65	0,06
P2-P3	8,30	8,36	-0,06
P3-P4	17,43	17,38	0,05
P4-P5	23,27	23,22	0,05
P5-P6	2,39	2,67	-0,28
P6-P7	17,57	17,30	0,27
P7-P8	24,05	23,57	0,48
P8-P9	1,58	2,57	-0,99
P9-P10	5,98	5,92	0,06
P10-P11	21,57	21,70	-0,13
P11-P12	9,62	9,38	0,24
P12-P13	37,68	37,46	0,22
P13-P14	37,50	37,45	0,05
P14-P15	1,91	1,86	0,05
P15-P16	22,91	22,99	-0,08

P16-P17	1,88	1,44	0,44
P17-P18	19,96	20,02	-0,06
P18-P1	28,93	29,00	-0,07
Perímetro (M)	287,34	287,55	0,30
Área (M2)	3740,15	3740,60	-0,45

4.3.6 *Análisis costo-beneficio de levantamiento topográfico tradicional vs levantamiento topográfico RPAS.*

Tabla 5. *Análisis costo-beneficio de levantamiento topográfico tradicional vs levantamiento topográfico RPAS.*

Proyecto:	Análisis de precisión métrica entre un levantamiento topográfico tradicional y la topografía con la posproducción de la fotogrametría y tecnología de dron aplicado al centro cultural deportivo recreacional María Tambora - municipio de Sapuyes - Departamento de Nariño.	
	Levantamiento topográfico tradicional	Levantamiento con dron
Área de trabajo:	3740 M2	
Mano de obra no calificada	SI	NO
Topógrafo	SI	SI CON CONOCIMIENTOS EN VUELO CON DRON
Accesibilidad a sitios remotos	DIFICIL	OPTIMA
Tiempo estimado toma de datos	4 DIAS	MEDIO DIA
Valor económico (incluye desplazamientos, personal, equipos)	\$700.000 (AÑO 2024) IPC 2025: 5.10% VALOR 2025: \$735.700	\$300.000 (2025)
Rendimiento	0,4	

Podemos observar que el costo en porcentaje del valor de levantamiento con dron es del orden del 40% respecto al que se maneja con el levantamiento topográfico tradicional, como se plasmo anteriormente en este documento Del Río-Santana et al. (2019) menciona que el ahorro

está más cercano al orden del 70% sin embargo en el desarrollo de este documento existieron elementos que sirvieron como atenuantes para que disminuya el ahorro de un método a otro como por ejemplo la cercanía del municipio con municipios de mayor tamaño lo cual hace que la variación del costo en transporte no sea tan significativa como lo podría ser en zonas más alejadas, aumentando así el porcentaje de ahorro, así mismo la naturaleza del proyecto donde al ser un escenario deportivo si cubierto, mantenía un nivel promedio similar en todo su perímetro y el acceso a cada punto no fue tan complicado como lo podría ser en un terreno más escarpado donde el costo del levantamiento topográfico tradicional subiría por el difícil acceso, este mismo no sería un inconveniente para el dron.

5. Conclusiones

Una vez desarrollado el proceso investigativo y realizado el análisis comparativo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento fotogramétrico con RPAS aplicado al predio ubicado en el municipio de Sapuyes, departamento de Nariño, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

En términos planimétricos, se observa que la configuración espacial del terreno presenta un alto grado de coincidencia entre el modelo obtenido con estación total y el generado mediante fotogrametría con dron, conservando una geometría similar en los principales linderos y vértices. Sin embargo, al contrastar estos resultados con la información contenida en la escritura pública y en la ficha predial (expedida por el IGAC), se evidencian discrepancias importantes en algunos tramos, donde la forma del lote presenta una alteración significativa respecto a los otros dos métodos.

En cuanto al cálculo del perímetro y área del predio, se identifican diferencias mínimas entre el levantamiento tradicional y el obtenido con RPAS, con una variación de aproximadamente 0.30 metros lineales en el perímetro y 0.45m² en el área total. En contraste, la información oficial del predio presenta una diferencia de 292.63 m² respecto al promedio de los métodos técnicos, lo que sugiere posibles desfases en la actualización catastral o en la precisión de los datos históricos disponibles, puesto que estos tienen una antigüedad considerable.

Estas variaciones pueden estar asociadas a múltiples factores, entre ellos el desfase temporal de la información predial oficial, cuya última actualización data del año 1991, y a posibles errores acumulados en los procesos de digitalización o levantamiento catastral convencional.

Adicionalmente se concluye que ambos métodos de levantamiento (tradicional y con RPAS) ofrecen altos niveles de confiabilidad métrica, sin embargo, el uso de drones representa una alternativa más eficiente en términos de tiempo, cobertura y procesamiento digital, convirtiéndose en una herramienta técnica robusta y precisa para la generación de información geoespacial con fines de planificación, diseño y control de obras civiles.

Por último, presentamos a continuación una tabla en la cual se plantean cuatro escenarios que se pueden presentar al momento de elegir un método para levantamiento topográfico y la respectiva justificación del método sugerido.

Tabla 6. *Recomendaciones técnicas.*

Escenario	Recomendación Técnica	Justificación
Presupuesto Limitado	Dron	Ahorro del 60% respecto al método tradicional.
Cronograma Crítico	Dron	El rendimiento es 8 veces más rápido (0.5 días vs 4 días).
Zonas Urbanas Consolidadas	Tradicional	Evita problemas de permisos de vuelo y falta de visibilidad del suelo.
Proyectos Rurales / Sapuyes	Dron	Aprovecha la accesibilidad óptima en sitios remotos.

Referencias

- Alcántara García, D. A. (1999). *Apuntes de topografía* (2.^a ed.). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. ISBN 970-654-444-5
- Autodesk. (s.f.). *¿Qué es AutoCAD?* Recuperado el 30 de Mayo de 2025 de <https://www.autodesk.es/products/autocad/what-is-autocad>
- Carrillo Ramírez, J. E. (2021). *El dron: método de levantamiento topográfico más eficaz para el municipio de Villanueva, departamento del Casanare, Colombia* [Artículo de investigación, Universidad Militar Nueva Granada]. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/29312465-5f92-491c-9f2a-f8e6179d49a9/content>
- Congreso de la República de Colombia. (1979, 12 de diciembre). *Ley 70 de 1979*. Diario Oficial No. 35.437.
- Congreso de la República de Colombia. (2003, 13 de octubre). *Ley 842 de 2003*. Diario Oficial No. 45.340.
- Del Río-Santana, O., Espinoza-Fraire, T., Sáenz-Esqueda, A., & Córtes-Martínez, F. (2019). *Levantamientos topográficos con drones. Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, 1.
- DJI. (2024). *DJI Mini 3 Pro specifications*. DJI Official Website. <https://www.dji.com/mini-3-pro/specs>
- EAB Sigue. (s.f.). *CONCOORD*. Recuperado el 31 de mayo de 2025 de <https://eab-sigue.maps.arcgis.com/home/item.html?id=3d6e409767874e14b1155407b49d6a92>
- Esri. (s.f.). *ArcGIS: Plataforma geoespacial*. Recuperado el 30 de Mayo de 2025 de <https://www.esri.com/en-us/arcgis/geospatial-platform/overview>

- García Martín, A., Rosique Campoy, M. F., & Segado Vázquez, F. F. (1996). *Topografía básica para ingenieros* (1.^a ed.), Universidad de Murcia. ISBN 84-7684-568-5.
- Geoil Energy. (s.f.). *Global Mapper*. Recuperado el 31 de Mayo de 2025 de <https://www.geoilenergy.com/es/software/geosoluciones/global-mapper>
- Google. (s.f.a). *Versiones de Earth*. Recuperado 31 de Mayo de 2025 de <https://earth.google.com/intl/es/earth/about/versions/>
- Google. (s.f.b). *Descargar Google Earth Pro para PC, Mac o Linux*. Recuperado 31 de Mayo de 2025 de <https://maps.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html>
- Idc. *¿Qué es un dron y para qué sirve?* Recuperado el 30 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://idc.apddrones.com/educacion/que-es-un-drone-y-para-que-sirve/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2018). *NTC 6271 Información Geográfica y Estudios Topográficos*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2017, Mayo). *Instructivo Levantamientos Topográficos con Fines Catastrales*. Grupo Interno de Trabajo de Formación y Actualización Catastral.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2005, 20 de septiembre). *Resolución 068 de 2005. Por la cual se establecen las especificaciones técnicas para la producción de la Cartografía Básica Oficial*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020, 20 de mayo). *Resolución 388 de 2020. Por la cual se adoptan los modelos de levantamiento catastral con enfoque multipropósito*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2018, 25 de julio). *Resolución 715 de 2018. Por la cual se actualizan las especificaciones técnicas para la producción de la Cartografía Básica Oficial*.

Ok, E. (2025). *Traditional Surveying vs. UAV Drone-Based Structure-from-Motion Advancements in Topographical Mapping Accuracy and Efficiency.*

UAV Latam. (s.f.). *Pix4D: ¿Qué es, para qué sirve y ejemplos?* Recuperado el 30 de mayo de 2025 de <https://uavlatam.com/pix4d-que-es-para-que-sirve-ejemplos/>

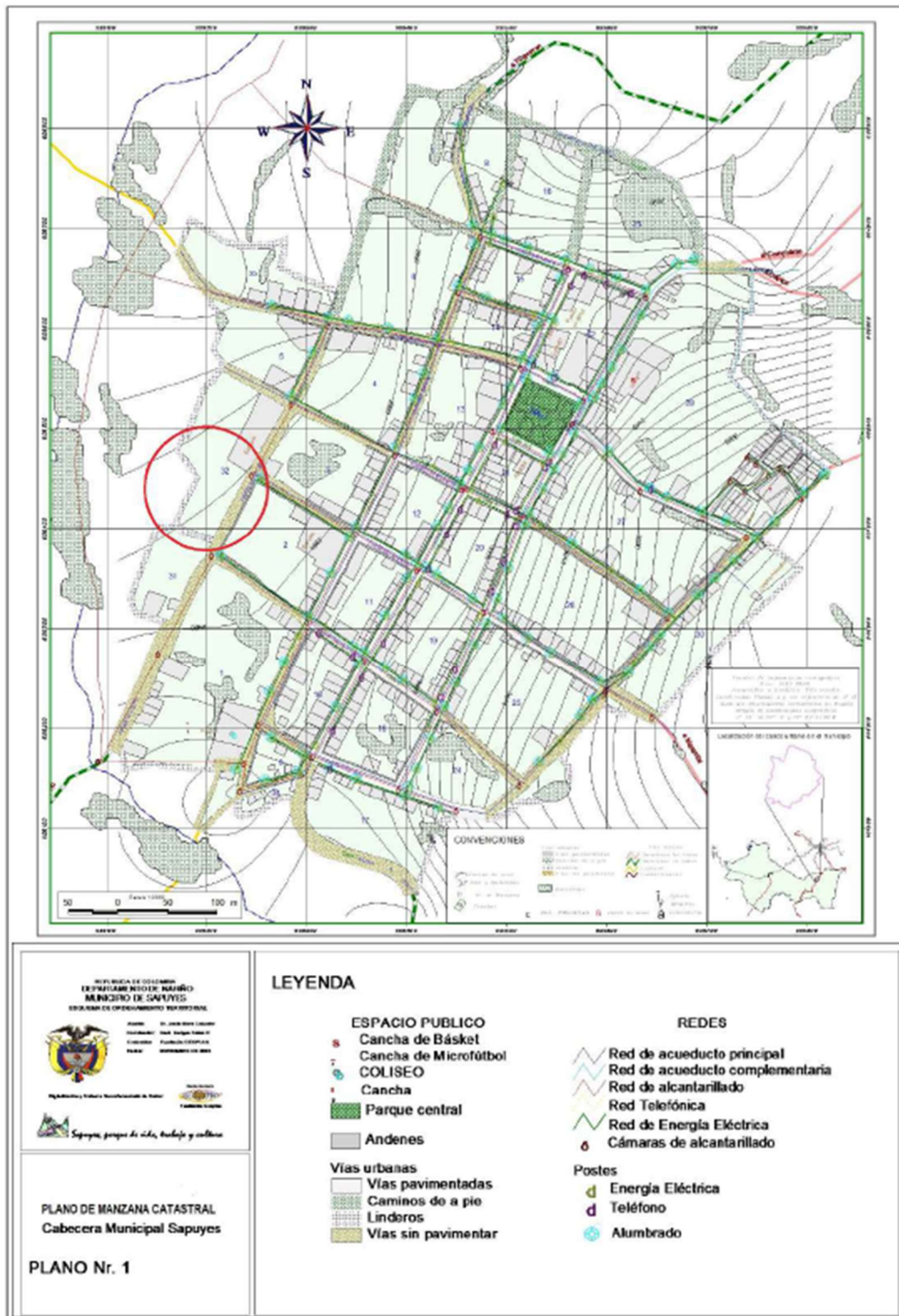
Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2018). *Reglamento Aeronáutico de Colombia - RAC 91: Reglas generales de vuelo.* Recuperado de <https://www.aerocivil.gov.co/normativa/normas-reglamentarias>

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2022). *Reglamento Aeronáutico de Colombia - RAC 100: Operación de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS).* Recuperado de <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20100-Operaci%C3%B3n%20de%20Sistemas%20de%20Aeronaves%20no%20Tripuladas%20UAS.pdf>

Wingtra. (s.f.). *Guía de levantamiento con drones.* Recuperado el 30 de mayo de 2025 de https://wingtra.com/es/topografia-sig/#elementor-toc__heading-anchor-0

Apéndices

APENDICE A Plano de Manzana Catastral Cabecera Municipal Sapuyes, Nariño



APENDICE B. Certificado Catastral Predio centro cultural deportivo recreacional María Tambora - municipio de Sapuyes - departamento de Nariño



CERTIFICADO CATASTRAL NACIONAL

ESTE CERTIFICADO TIENE VALIDEZ DE ACUERDO CON LA LEY 527 DE 1999 (AGOSTO 18) Directiva presidencial No.02 del 2000, Ley 962 de 2005 (Antitrámites), artículo 6, parágrafo 3.

CERTIFICADO No.: 7380-649207-56068-0
FECHA: 30 /abril/2024

El INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI certifica que el siguiente predio se encuentra inscrito en la base de datos catastral del IGAC:

INFORMACIÓN FÍSICA		INFORMACIÓN ECONÓMICA	
DEPARTAMENTO: 52-NARIÑO		AVALUO: \$ 9,167,000	
MUNICIPIO: 720-SAPUYES			
NÚMERO PREDIAL: 01-00-00-00-0032-0001-0-00-00-0000			
NÚMERO PREDIAL ANTERIOR: 01-00-0032-0001-000			
DIRECCIÓN: K 6 4 109			
MATRÍCULA: 254-37185			
ÁREA TERRENO: 0 Ha 4033.00m ²			
ÁREA CONSTRUIDA: 0.0 m ²			

INFORMACIÓN JURÍDICA			
NÚMERO DE PROPIETARIO	NOMBRE DE LOS PROPIETARIOS	TIPO DE DOCUMENTO	NÚMERO DE DOCUMENTO
1	MUNICIPIO DE SAPUYES	NIT	00
TOTAL DE PROPIETARIOS:			1

El presente certificado se expide para **TRAMITE NOTARIAL Y REGISTRAL**.

Ma. Alejandra Ferreira Hernández

María Alejandra Ferreira Hernández
Jefe Oficina de Relación con el Ciudadano

NOTA:

La presente información no sirve como prueba para establecer actos constitutivos de posesión.

De conformidad con el artículo 2.2.2.2.8 del Decreto 148 de 2020, inscripción o incorporación catastral. La información catastral resultado de los procesos de formación, actualización o conservación se inscribirá o incorporará en la base catastral con la fecha del acto administrativo que lo ordena.

Parágrafo. La inscripción en el catastro no constituye título de dominio, ni sanea los vicios de propiedad o la tradición y no puede alegarse como excepción contra el que pretenda tener mejor derecho a la propiedad o posesión del predio.

La base de datos del IGAC no incluye información de los catastros de Bogotá, Barranquilla, Cali, Medellín, Santa Marta, los Municipios de Antioquia, el Área Metropolitana de Centro Occidente (AMCO), el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), el Área Metropolitana de Barranquilla (Los Municipios de Galapa, Puerto Colombia y Malambo del Departamento de Atlántico), los Municipios de Alcalá, Ansermuevo, Argelia, Bolívar, Candelaria, Cartago, Calima, Dagua, El Águila, El Cairo, El Dovio, Florida, Guacarí, La Cumbre, La Victoria, Obando, Palmira, Pradera, Restrepo, Roldanillo, Sevilla, Toro, Trujillo, Tuluá, Versalles, Yumbo y Jamundí del Departamento del Valle del Cauca), del Departamento de Cundinamarca los Municipios Alibón, Anapoimá, Anolaima, Arbeláez, Bituima, Cachipay, Cáqueza, Cajica, Carmen De Carupa, Chaguaní, Chipaque, Cucunuba, Cota, Cogua, El Colegio, El Peñón, El Rosal, Facatativá, Fomeque, Fosca, Fúquene, Fusagasugá, Gachalá, Gachetá, Gama, Girardot, Granada, Guaduas, Guatavita, Guayabal de Siquima, Guayabetal, Guacheta, Jerusalén, Junín, La Mesa, La Palma, La Peña, Lenguaque, María, Medina, Nariño, Nemocón, Nimaima, Nocalima, Venecia, Páime, Pandi, Paratebueno, Pasca, Pailón, Quebradanegra, Quetame, Quipile, Apulo, San Antonio Del Tequendama, San Cayetano, San Juan de Rioseco, Sasaima, Sesquilé, Silvania, Soacha, Sopo, Subachoque, Supatá, Susa, Sutatausa, Tausa, Tená, Tenjo, Tibacuy, Tibirita, Tocaima, Ubaté, Ubaté, Ubaque, Une, Vergara, Vianí, Villagómez, Villapinzón, Villeta, Viotá, Yacopí, Zipacón y Zipaquirá, Villavicencio del departamento del Meta, Sincelajo del Departamento de Sucre, los municipios de Cúcuta, Abrego, Bucarasica, Cáchira, Convención, El Carmen, El Tarra, Hacarí, La Playa, San Calixto, Sardinata y Teorama del Departamento de Norte de Santander, Manizales- Caldas, los municipios de Neiva y Garzón del Departamento de Huila, Santa Rosa de Cabal del Departamento de Risaralda, Ibagué - Tolima, Cartagena de Indias - Bolívar, Medio Baudó del Departamento de Chocó, Armenia del Departamento de Quindío, municipios de Sahagún y Montería del Departamento Córdoba, los municipios de Valledupar, Rio de Oro y Chingüana del Departamento de Cesar, los municipios de Málaga y Barrancabermeja del departamento de Santander, los municipios de Sabanalarga y Soledad del Departamento del Atlántico, el municipio de Florencia -Caquetá, los municipios de Tunja y Chiquiriquí del Departamento de Boyacá al no ser de competencia de esta entidad.

La veracidad del presente documento puede ser constatada en la página web:

<https://tramites.igac.gov.co/gettramitesyservicios/validarProductos/validarProductosseam>, con el número del certificado catastral.

Ante cualquier inquietud, puede escribir al correo electrónico: contactenos@igac.gov.co.

[illegible]

APENDICE D. Planos Levantamiento Topográfico con RPAS (Dron)