

**Análisis correlativo de precisión del método de topografía convencional y el método de fotogrametría con drones usando la planimetría topográfica del lote escuela palmeras Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca**

**Nathalya Carolay Suarez Bernal, Kevin Andrey Arciniegas Arias**

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

**Opción de grado: Diplomado en Piloto de operaciones RPAS y Fotogrametría básica con pix4d y ArcGIS Para la arquitectura y las ingenierías**

**Director**

**Robert Gutiérrez Ortiz**

**Magíster en Dirección y Gestión de Proyectos**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción**

**2025**

## Contenido

Introducción .....	10
1. Análisis correlativo de precisión del método de topografía convencional y el método de fotogrametría con drones usando la planimetría topográfica del lote escuela palmeras Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca .....	11
1.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2 Justificación .....	12
1.3 Objetivos .....	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos .....	13
2. Marco referencial.....	13
2.1 Marco teórico .....	13
2.2 Marco conceptual.....	14
2.2.1 Levantamiento topográfico .....	15
2.2.2 Dron .....	15
2.2.3 Curvas de nivel .....	15
2.2.4 Ortofotografía .....	16
2.2.5 Pix4D Mapper.....	16
2.2.6 ArcGIS .....	17
2.2.7 Archivo DTM.....	17
2.2.8 Levantamiento con Dron.....	17
2.3 Marco Legal .....	17
2.4 Metodología .....	19

3.	Desarrollo del proceso de levantamiento topográfico con dron.....	21
3.1	Etapa I: Planificación del vuelo .....	21
3.2	Etapa II: Elaboración del Flight LogBook.....	21
3.3	Etapa III: Ejecución del vuelo.....	23
3.4	Etapa IV: Recolección de información inicial .....	24
3.4.1	Localización del proyecto .....	24
3.4.2	Levantamiento topográfico con estación total inicial del lote .....	25
3.5	Etapa V: Procesamiento de imágenes para fotogrametría.....	26
3.5.1	Procesamiento de imágenes mediante el Software Pix4D Mapper.....	27
3.5.2	Procesamiento inicial.....	27
3.5.3	Ubicación de Puntos de Control. ....	29
3.5.4	Procesamiento nube de puntos y malla 3D.....	29
3.5.5	Procesamiento DSM, ortomosaico e índices. ....	31
3.5.6	Proceso de Fotointerpretación en software AutoCAD.....	32
3.5.7	Edición de la nube de puntos en el software ReCapPro. ....	33
3.5.8	Planimetría en Software AutoCAD.....	33
3.5.9	Procesamiento fotogramétrico en ArcGIS .....	36
4.	Análisis comparativo de topografía con estación total y topografía con dron .....	39
4.1	Análisis comparativo de precios entre topografía con estación total y dron .....	40

ANÁLISIS COMPARATIVO TOPOGRAFÍA TRADICIONAL Y DRON	4
5. Resultados.....	41
6. Conclusiones.....	42
Referencias.....	43
Apéndices.....	45

**Lista de tablas**

**Tabla 1.** *Comparación de distancias topografía tradicional vs topografía con dron.....* 39

**Tabla 2.** *Comparación costos y tiempo topografía tradicional vs topografía con dron. ....* 41

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> <i>Metodología</i> .....	20
<b>Figura 2.</b> <i>Rutas rectangular doble grilla</i> .....	23
<b>Figura 3.</b> <i>Localización del proyecto</i> .....	25
<b>Figura 4.</b> <i>Cargue de imágenes en software Pix4D Mapper</i> .....	26
<b>Figura 5.</b> <i>Procesamiento de imágenes en Software Pix4D Mapper</i> . .....	27
<b>Figura 6.</b> <i>Procesamiento inicial en Software Pix4D Mapper</i> .....	28
<b>Figura 7.</b> <i>Configuración Procesamiento inicial en Software Pix4D Mapper</i> . .....	28
<b>Figura 8.</b> <i>Ingreso puntos de control en Software Pix4D Mapper</i> . .....	29
<b>Figura 9.</b> <i>Configuración Procesamiento Nube puntos y Malla en Software Pix4D Mapper</i> . .....	30
<b>Figura 10.</b> <i>Malla 3D en Software Pix4D Mapper</i> .....	30
<b>Figura 11.</b> <i>Configuración Procesamiento DSM, Ortomosaico e Índices en Software Pix4D Mapper</i> .....	31
<b>Figura 12.</b> <i>Quality Report en Software Pix4D Mapper</i> .....	32
<b>Figura 13.</b> <i>Edición de Nube de Puntos en Software ReCap Pro</i> .....	33
<b>Figura 14.</b> <i>Enlace de Nube de puntos y Ortomosaico en Software AutoCAD</i> .....	34
<b>Figura 15.</b> <i>Planimetría con ortomosaico en Software Autocad</i> .....	35
<b>Figura 16.</b> <i>Planimetría sin ortomosaico en Software AutoCAD</i> .....	35
<b>Figura 17.</b> <i>Configuración ArcGIS</i> .....	36
<b>Figura 18.</b> <i>Carpetas con archivso dtm.tif, ortomosaico y nube de puntos</i> .....	37
<b>Figura 19.</b> <i>Curvas de nivel generadas en ArcGIS</i> .....	37
<b>Figura 20.</b> <i>Curvas de nivel exportadas a AutoCAD</i> .....	38

**Lista de apéndices**

<b>Apéndice A.</b> <i>Flight logbook escuela Palmeras Ruitoque Alto</i> .....	45
<b>Apéndice B.</b> <i>Plano topográfico con estación total lote escuela Palmeras</i> .....	46
<b>Apéndice C.</b> <i>Plano topográfico con ortomosaico con dron lote escuela Palmeras</i> .....	47
<b>Apéndice D.</b> <i>Plano topográfico sin ortomosaico con dron y fotogrametría lote escuela Palmeras</i> .....	48
<b>Apéndice E.</b> <i>Precios levantamiento topográfico con estación total y dron</i> .....	48

### **Resumen**

La tecnología avanza a muy rápido en todos los sectores, incluyendo la ingeniería, revolucionando prácticas tradicionales como la topografía. Hoy en día, herramientas más sofisticadas, como los drones, permiten realizar trabajos topográficos con mayor eficiencia y precisión. Este trabajo de grado se enfocó en realizar un análisis comparativo entre dos métodos de levantamiento topográfico: el método convencional utilizando estación total y el método de fotogrametría con drones, aplicados a la planimetría topográfica del lote Escuela Palmeras, ubicado en Ruitoque Bajo, municipio de Floridablanca. Los resultados obtenidos muestran que ambos métodos son eficaces en términos de precisión de los datos. Sin embargo, el método con drones destaca por su eficiencia operativa, permitiendo un significativo ahorro de tiempo y recursos. Además, su capacidad para generar datos más precisos y detallados en menos tiempo lo posiciona como una herramienta ideal para proyectos topográficos modernos. Este análisis resalta la importancia de adoptar tecnologías innovadoras para optimizar procesos en la topografía.

*Palabras clave:* dron, levantamiento topográfico, planimetría, precisión

### **Abstract**

Technology is advancing rapidly across all sectors, including engineering, revolutionizing traditional practices such as topography. Nowadays, more sophisticated tools like drones enable topographic work to be carried out with greater efficiency and precision. This thesis focused on conducting a comparative analysis between two topographic survey methods: the conventional method using a total station and the photogrammetry method with drones, applied to the topographic planimetry of the Escuela Palmeras lot, located in Ruitoque Bajo, municipality of Floridablanca. The results obtained show that both methods are effective in terms of data accuracy. However, the drone method stands out for its operational efficiency, allowing significant savings in time and resources. Moreover, its ability to generate more precise and detailed data in less time positions it as an ideal tool for modern topographic projects. This analysis highlights the importance of adopting innovative technologies to optimize processes in topography.

*Keywords:* drone, topographic survey, planimetry, precision

## Introducción

La topografía se ocupa del estudio de los métodos para obtener la representación plana de la superficie terrestre con todos sus detalles, y de la construcción, conocimiento y manejo de los instrumentos necesarios para ello. (García, et ál., 1994, p.1). A lo largo del tiempo, las tecnologías han avanzado rápidamente, lo que ha permitido la transición de la topografía convencional a nuevas tecnologías más eficientes, como lo son los Sistemas Aéreos Remotos (RPAS), que facilitan el procesamiento de datos geoespaciales con mayor rapidez y precisión. Sin embargo, la topografía convencional, aunque confiable, sigue siendo limitada en cuanto a tiempo y recursos.

El siguiente documento tiene como objetivo realizar un análisis correlativo entre dos métodos topográficos: el convencional, utilizando estación total y el de fotogrametría con drones. La investigación se centra en evaluar la precisión de estos métodos, comparando las longitudes del perímetro y el área de del Lote de la Escuela Palmeras, en Ruitoque Bajo, Municipio de Floridablanca, a partir de datos obtenidos mediante fotointerpretación en AutoCAD y el uso de software como Pix4D y ArcGIS.

Investigaciones previas, como las realizadas por el arquitecto Robert Gutiérrez Ortiz en el semillero SIMO 3D de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga, han demostrado el potencial de los RPAS para generar datos de alta precisión. Por ello, en esta investigación se realiza el procesamiento de dichas imágenes obtenidas mediante Fotointerpretación con AutoCAD método aprendido en el Diplomado de Piloto de Operaciones RPAS y Fotogrametría.

En conclusión, el fin de esta investigación radica en mostrar una comparación entre estos dos métodos para realizar una topografía y así evidenciar cuál de ellos presenta mayor optimización de los procesos topográficos, permitiendo una mayor eficiencia en la obtención de datos, lo que beneficia tanto a los profesionales del área como a las instituciones involucradas.

## **1. Análisis correlativo de precisión del método de topografía convencional y el método de fotogrametría con drones usando la planimetría topográfica del lote escuela palmeras**

### **Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

Hoy en día, la búsqueda de soluciones más rápidas y eficientes es una prioridad en muchas disciplinas, incluida la topografía. Los avances tecnológicos han introducido herramientas como los Sistemas Aéreos Remotos (RPAS) y la fotogrametría con drones, que ofrecen la posibilidad de superar las limitaciones de los métodos convencionales, especialmente en términos de tiempo y dinero.

Aunque la topografía tradicional, ha demostrado ser confiable y precisa, su ejecución requiere una inversión significativa de recursos humanos y técnicos. En contraste, la fotogrametría con drones, apoyada en software como Pix4D y ArcGIS, permite la obtención de datos geoespaciales de manera más ágil y automatizada. Sin embargo, aún persisten dudas sobre cuál de estos métodos resulta más beneficioso en términos de eficiencia, economía y precisión. Con ello, se pretende generar nuevos conocimientos, evaluar la aplicabilidad de estas tecnologías en casos particulares y proponer mejoras prácticas para los procesos topográficos actuales. Por ello, ¿cuál de los métodos, la topografía convencional o la fotogrametría con drones, resulta más beneficioso en términos de tiempo, dinero y precisión en el levantamiento planimétrico del Lote de la Escuela Palmeras en Ruitoque Bajo?

## **1.2 Justificación**

La importancia de esta investigación radica no solo en su relevancia conceptual, al permitir comparar la precisión y eficiencia de métodos tradicionales y modernos, sino también en su impacto práctico para la formación de profesionales capaces de integrar tecnologías avanzadas como los RPAS en su labor. Esto resulta particularmente significativo para regiones como el área Metropolitana de Bucaramanga, donde el crecimiento urbano y rural demanda soluciones más rápidas, económicas y precisas en la obtención de datos geoespaciales. Además, tiene gran potencial y pueden aportar bastante en sectores como la construcción, el urbanismo y la agricultura de precisión, y pueden contribuir al desarrollo sostenible de la región al proporcionar un modelo replicable en contextos similares.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Realizar un análisis correlativo de dos tipos de métodos de topografía en este caso convencional de estación total óptica y la que se realiza con los sistemas aéreos remotos (Dron) y la fotogramétrica con software Pix4d y ArcGIS a fin de establecer la precisión de dichos métodos desde los datos aportados por la planimetría topográfica convencional del lote de la escuela Palmeras, Ruitoque bajo, Municipio de Floridablanca, y comparar las longitudes del perímetro del lote para determinar área de intervención.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

Estimar precisión de los perímetros entregados en planimetría de topografía convencional o tradicional y los perímetros obtenidos con el método de Drones y la fotogrametría a fin de determinar porcentaje de precisión.

Estimar valores de la topografía convencional y la topografía que se hace con los sistemas aéreos remotos (Dron) y la fotogrametría con software Pix4d y ArcGIS de conformidad al objeto del informe técnico.

Realizar una descripción de los procesos específicamente de los métodos de fotointerpretación en AutoCAD y el método de fotointerpretación con ArcGIS a fin de establecer un análisis correlativo de precisión entre estos tipos de fotointerpretación.

## **2. Marco referencial**

### **2.1 Marco teórico**

La topografía es una disciplina que se basa en el uso de instrumentos clásicos como teodolitos, estaciones totales y niveles automáticos, que permiten medir ángulos, distancias y desniveles con alta precisión; este tipo de levantamiento requiere un contacto directo con el terreno, lo que implica despliegue de personal y equipos sobre el área de estudio.

Los métodos tradicionales, aunque precisos, presentan limitaciones significativas. Entre ellas se encuentran el tiempo requerido para cubrir grandes áreas, los costos asociados al personal y equipos, así como la dificultad para acceder a zonas peligrosas o de difícil acceso. No obstante, estas técnicas siguen siendo la base para levantamientos que demandan alta exactitud en proyectos de ingeniería civil y construcción. Según estudios (Colomina y Molina, 2014, p.8), la precisión

obtenida mediante drones puede ser comparable a la de los métodos tradicionales, especialmente en proyectos que no requieran tolerancias extremadamente estrictas.

El uso de drones para topografía representa una de las innovaciones más importantes en esta área. Estos dispositivos, equipados con cámaras de alta resolución y sensores como LIDAR, permiten la captura de datos geoespaciales en menor tiempo y con un nivel de detalle comparable al de los métodos tradicionales (Colomina y Molina, 2014, p.10).

Los drones ofrecen diversas ventajas, entre las cuales destacan:

- *Rapidez*: Pueden cubrir grandes extensiones de terreno en menor tiempo.
- *Accesibilidad*: Facilitan el levantamiento en zonas peligrosas o de difícil acceso.
- *Costos reducidos*: Disminuyen la necesidad de personal y tiempo en campo.

Sin embargo, también presentan limitaciones, como la dependencia de las condiciones climáticas, la necesidad de contar con operadores capacitados y la inversión inicial en tecnología.

Por otro lado, el uso de drones ha revolucionado la topografía en áreas como la agricultura, la minería y la planificación urbana, gracias a su capacidad para generar modelos digitales del terreno (DTM) y ortofotos de alta resolución en corto tiempo.

Este proyecto fue realizado con el fin de comparar los resultados obtenidos de un levantamiento topográfico tradicional y el producto generado mediante la tecnología Dron de una misma zona, en este caso, el Lote de la Escuela Palmeras, en Ruitoque bajo, Municipio de Floridablanca.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico es un análisis técnico y detallado de un área o zona, el cual se encarga de investigar la superficie terrestre considerando las propiedades físicas, geográficas y geológicas, así como sus cambios y modificaciones. Esta recopilación de información muestra con precisión los datos necesarios para una intervención, actuando como herramienta de planificación para estructuras y construcciones. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2022, prr.1).

Se encuentran varios tipos de levantamiento en un terreno, a saber: levantamientos topográficos urbanos, levantamientos topográficos catastrales, levantamientos topográficos de obra, levantamientos topográficos hidrográficos, levantamientos topográficos forestales (IGAC, 2022, prr.2).

### **2.2.2 Dron**

Es un vehículo aéreo no tripulado UAV (Unmanned Aerial Vehicle) que se puede controlar de forma remota o autónoma. Son aeronaves pequeñas o medianas que se utilizan para realizar diversas tareas. están equipados con sistemas de posicionamiento global (GPS), cámaras de alta resolución, control de radares e infrarrojo. Pueden ser propulsados por motores eléctricos, de reacción o de explosión. (idc. Prr.4)

### **2.2.3 Curvas de nivel**

En los planos topográficos se caracteriza por tener curvas de nivel, ante esto la Universidad de Almería (UAL, 2018, prr.2) define que la curva nivel establece las mismas cotas al unir puntos en un plano respecto a una referencia, como el nivel del mar, y representar el relieve del terreno.

Las curvas de nivel contienen información necesaria del relieve terrestre y de zonas que se encuentran con elevaciones altitudinales.

#### **2.2.4 Ortofotografía**

La Ortofotografía es un producto cartográfico georreferenciado y corregido de deformaciones, generado a partir de fotografía aérea.

Mantiene toda la información de la fotografía y permite además la medición a escala tanto de distancias como de superficies, lo que garantiza el ajuste con los mapas existentes sobre la zona de referencia.

La generación de Ortofotografías Aéreas a partir de las fotografías obtenidas desde plataformas aéreas se realiza mediante un riguroso proceso que comprende diferentes fases: orientación de las fotografías aéreas, obtención de un Modelo Digital de Elevaciones (del Terreno), ortorectificación de cada fotografía, ajustes colorimétricos y mosaicado. (UAL, 2018, prr.3)

#### **2.2.5 Pix4D Mapper**

Es un software que permite realizar una clasificación automática de la nube de puntos además de nivelar y suavizar superficies digitales. Su precisión de fácil manejo puede medir en tres dimensiones e incluso calcular el volumen, la distancia y la elevación realizando inspecciones y anotaciones en la propia nube de puntos. Para finalizar permite compartir las anotaciones y proyectos realizados para que el proyecto sea supervisado en tiempo real. (ACRE, s. f., prr. 5).

### **2.2.6 *ArcGIS***

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.

### **2.2.7 *Archivo DTM***

Es un Modelo Digital de Terreno que representa la superficie del terreno en tres dimensiones. Contiene información sobre la altitud, la posición y otras características naturales.

### **2.2.8 *Levantamiento con Dron***

El uso de Drones para levantamiento topográfico se fundamenta en la captura de imágenes áreas mediante el uso de sensores orientados hacia abajo, empleando herramientas como las cámaras RGB o multiespectrales y sensores LIDAR. Durante esta operación, el suelo es fotografiado varias veces desde diferentes ángulos haciendo referencia a cada imagen con sus respectivas coordenadas (Wingtra, (s. f.), prr 4).

## **2.3 Marco legal**

El marco legal y normativo que regula las metodologías de levantamiento topográfico, tanto tradicional como mediante drones, es esencial para garantizar la precisión, la seguridad y el cumplimiento de estándares internacionales. En Colombia, las actividades de topografía tradicional están sujetas a las normativas generales de ingeniería y construcción, mientras que el uso de drones está regulado por la Aeronáutica Civil bajo el Reglamento Aeronáutico de Colombia (RAC).

El marco legal de la topografía en Colombia se encuentra en la Ley 0070 de 1979, que reglamenta la profesión de topógrafo y establece otras disposiciones, esta ley define a la topografía como una profesión que se encarga de medir, representar y configurar el relieve, accidentes y proporciones de extensiones geográficas limitadas. Además, la Ley 0070 de 1979 establece que:

No se puede usar el título de topógrafo o abreviaturas de la profesión en placas, membretes, tarjetas, anuncios, avisos o publicaciones.

La violación de esta disposición se sanciona de acuerdo con las normas que castigan el ejercicio ilegal de una profesión.

Por otro lado, la norma NTC-6271 establece los requisitos técnicos básicos y las condiciones mínimas para la ejecución de estudios topográficos.

#### *Decreto 410/1971, Código de Comercio de Colombia*

Este código consiste en un conjunto de normas y preceptos que regulan las relaciones mercantiles en el país; al igual que cualquier otra norma reguladora jurídica, tiene como objetivo la justicia y normativizar la conducta humana. En este caso, se busca regular la conducta humana vinculada al hecho de comercio.

#### *Ley 1801/2016, Código nacional de seguridad y convivencia*

Las disposiciones previstas son de carácter preventivo y buscan establecer las condiciones para la convivencia en el territorio nacional al propiciar el cumplimiento de los deberes y obligaciones de las personas naturales y jurídicas.

*Resolución 01983/2023, Reglamentación para el Uso de Drones en Colombia (RAC 100)*

Esta resolución emitida por la Aeronáutica Civil regula específicamente la operación de drones en Colombia. Define las categorías de operación (abierta, específica y certificada), establece requisitos técnicos y operacionales para los operadores, e implementa normas sobre alturas máximas, distancia visual, registro de aeronaves, y capacitación de pilotos de UAS. Además, busca alinear la normativa nacional con los estándares internacionales emitidos por la OACI.

**2.4 Metodología**

La metodología usada durante este proyecto consta de tres etapas, durante las cuales se cumplieron los objetivos propuestos y se llevó satisfactoriamente el proceso como se muestra en la figura 1.

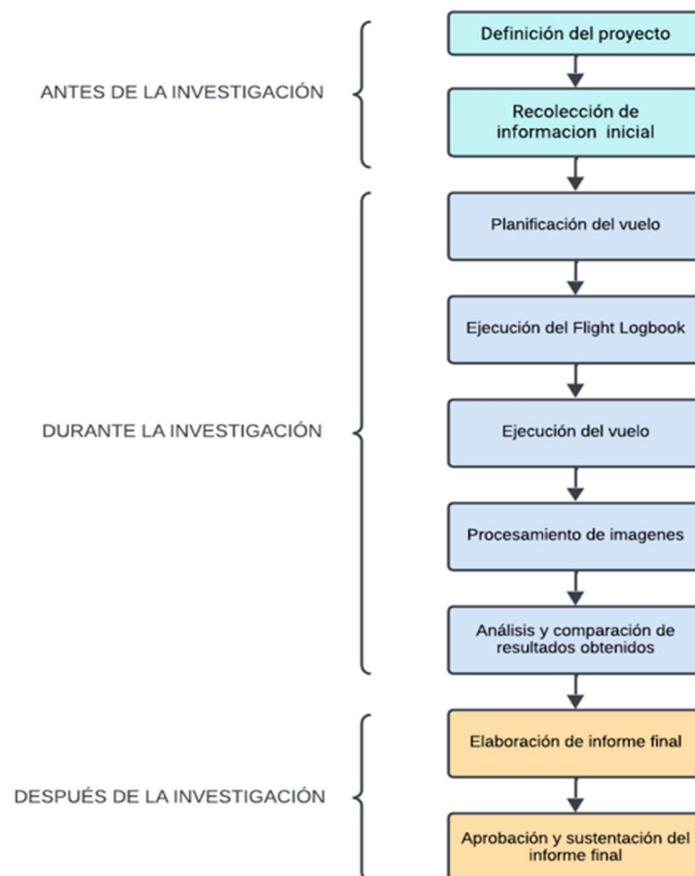
Durante la primera etapa correspondiente a antes de la investigación, se definió el alcance y objetivos del proyecto y se recolectó la información necesaria para llevar a cabo la comparación entre las dos prácticas topográficas utilizadas en este proyecto, la cual se desarrolló sobre el lote de la escuela Palmeras de la vereda Ruitoque Alto del Municipio de Floridablanca.

Una vez recolectada la información se realizó la segunda etapa de la metodología en la cual se llevó a cabo el proceso de la planificación del vuelo, estableciendo el tipo de aeronave a utilizar, la fecha, horarios, condiciones meteorológicas y demás factores importantes para proceder a la realización del vuelo. Una vez obtenidas las imágenes del vuelo se procedió a realizar el debido procesamiento fotogramétrico de las imágenes con el software Pix4D donde se generó una ortofoto

la cual luego fue editada por el software ReCap Pro para así proceder a realizar la planimetría en el software AutoCAD y generar las curvas de nivel en el software ArcGIS.

Una vez obtenidos estos resultados de planimetría se procedió a realizar el análisis y la comparación entre estas dos prácticas topográficas de estudio. Finalmente se procedió a la etapa tres de la elaboración del presente informe final.

**Figura 1. Metodología**



### **3. Desarrollo del proceso de levantamiento topográfico con dron.**

#### **3.1 Etapa I: Planificación del vuelo**

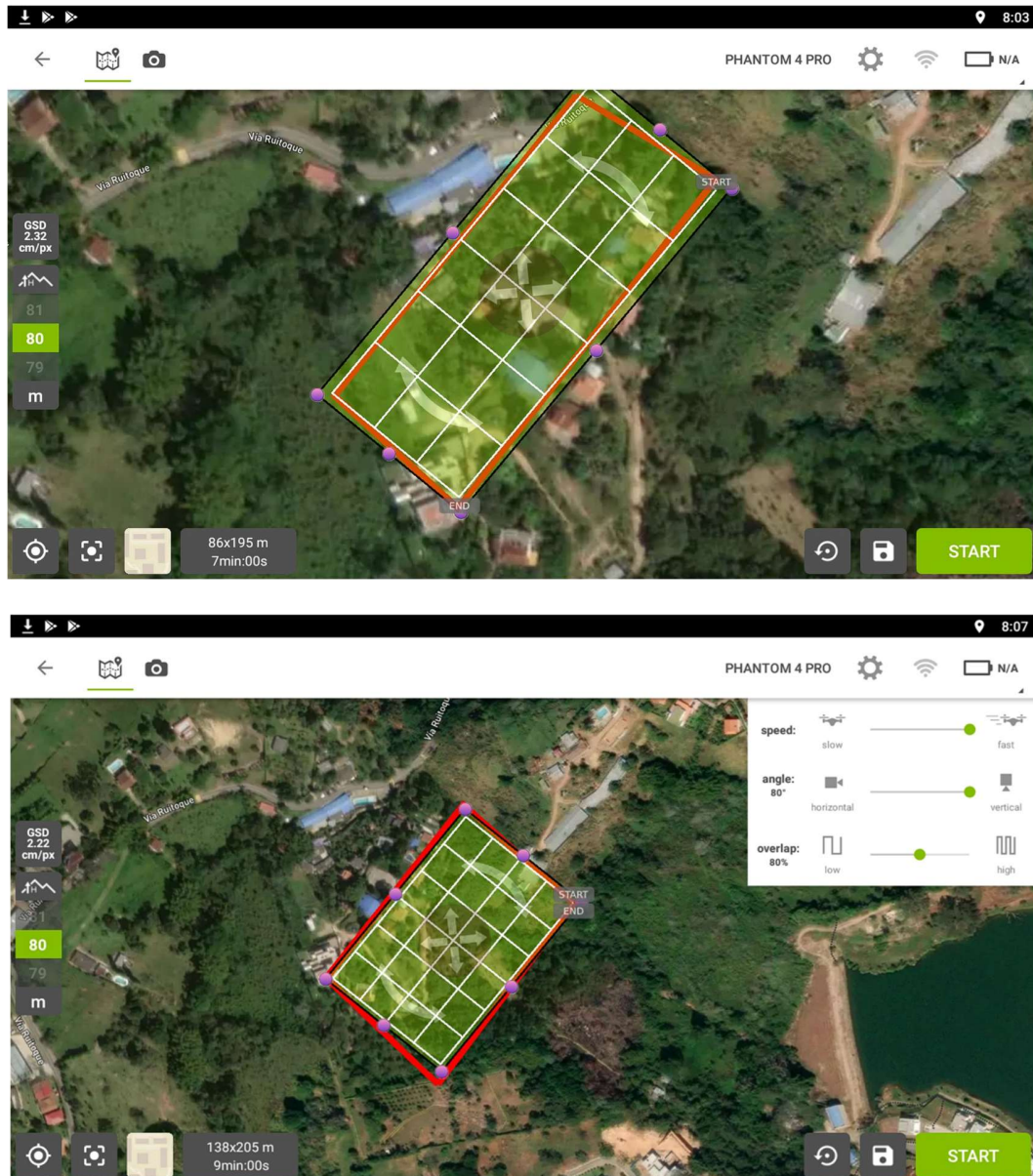
Para la realización de la toma de imágenes del presente proyecto se utilizó un dron Phantom 4, con una velocidad de 300 rpm, Multirotor y cuadricóptero, equipado con una cámara aérea altamente sofisticada que puede realizar un seguimiento inteligente de los objetivos sin un dispositivo adicional, evitar obstáculos y toma fotografías de 12 megapíxeles, el cual se usó y configuro con la aplicación Pix4D Capture para la ejecución de las rutas de vuelo.

Una vez identificada la herramienta del vuelo se procedió a realizar un reconocimiento del terreno con el fin de establecer posibles obstáculos y conocer mejor el área a intervenir para poder realizar una correcta elaboración del Flight Logbook y mediante el software Google Earth Pro se sacaron los polígonos correspondientes de las rutas a realizar en archivo KML teniendo en cuenta que estos cubran toda el área a intervenir.

#### **3.2 Etapa II: Elaboración del Flight LogBook**

Teniendo identificada la herramienta de vuelo y el reconocimiento del terreno se procedió a realizar el Flight Logbook correspondiente como se evidencia en el apéndice A, en el cual se consignaron todos los datos importantes para la realización del vuelo como el número de rutas a realizar, tipo de ruta, para este caso se utilizaron dos rutas doble grilla rectangulares como se muestra en la figura 2, coordenadas para configurar el punto de inicio y punto de return home, la extensión del área del polígono a realizar, la altura de vuelo determinada, la cual se determinó de 90 metros, el tiempo estimado por ruta, los cuales fueron de 9 minutos con 30 segundos, así como todos los datos de la meteorología del aeródromo oficial y mediante la página Windy se

consignaron los datos de la meteorología predictiva en el área del vuelo, esto con el fin de tener todos los datos necesarios para un vuelo óptimo y seguro de la manera como se aprendió del Diplomado de piloto de operaciones RPAS y Fotogrametría de la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga.

**Figura 2.** *Rutas rectangular doble grilla*

### 3.3 Etapa III: Ejecución del vuelo

Una vez realizado el Flight Logbook se procedió a realizar la ejecución del vuelo. Dicho vuelo para la toma de imágenes se realizó el día 14 de diciembre del 2024 con el apoyo del arquitecto Robert Gutiérrez, este se realizó mediante la aplicación Pix4D Mapper, donde se

enlazaron los polígonos en KML obtenidos en la etapa I configurando así las rutas a ejecutar por el dron.

Se ubicaron los puntos de control, en este caso se usaron dos puntos de control y finalmente se dio inicio al vuelo del dron, al ser este ya configurado mediante el Flight Logbook, el dron lo realizó de manera automática tomando las fotografías adecuadamente.

### **3.4 Etapa IV: Recolección de información inicial**

#### ***3.4.1 Localización del proyecto***

El proyecto fue realizado en el lote de la escuela Palmeras ubicada en la vereda Ruitoque Alto en el Municipio de Floridablanca en el Departamento de Santander, así como se muestra en la figura 3, con un área de  $309.38m^2$  según levantamiento topográfico inicial y dicha escuela se encuentra dentro del lote con numero predial 00-00-0009-0442-000 el cual se comprende un área de  $2873.12m^2$ .

**Figura 3.** Localización del proyecto

Tomado de Google Earth Pro (2024).

### 3.4.2 Levantamiento topográfico con estación total inicial del lote

La estación total es un instrumento que combina en un solo equipo las funciones de un teodolito electrónico, un medidor electrónico de distancias y un microprocesador para realizar los cálculos necesarios para determinar coordenadas (Torres y Villate, 2001). Entre los procesos más utilizados que se pueden llevar a cabo con una estación total se encuentran: el cálculo de promedios de mediciones múltiples de ángulos y distancias, la corrección electrónica de distancias y en general realizar planimetría. Además, permite convertir la distancia inclinada en sus componentes horizontal y vertical y calcular las coordenadas de los puntos levantados (Wolf y Brinker, 1997).

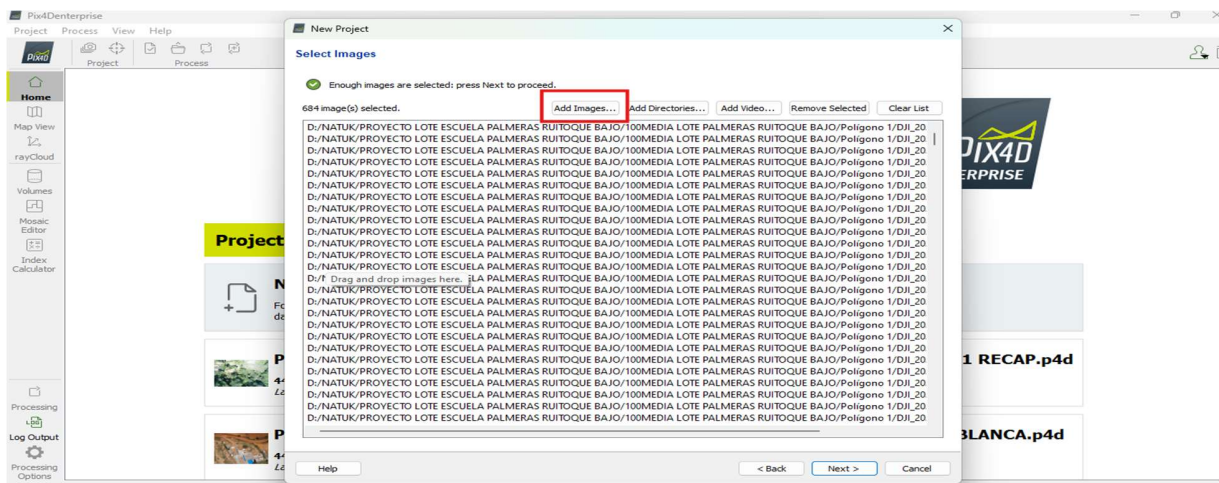
Para el presente proyecto se realizó inicialmente un levantamiento con estación total realizada en el año 2021 donde se obtuvo distancias, perímetro, área y coordenadas del lote, dicha información fue consignada en un plano topográfico, así como se evidencia en el apéndice B.

### 3.5 Etapa V: Procesamiento de imágenes para fotogrametría

Una vez descargadas y obtenidas las imágenes, se realizó una revisión preliminar para descartar aquellas que no cumplen con el ángulo requerido, ya que podrían afectar el procesamiento. Posteriormente, se procedió a cargar las imágenes y se inició el procesamiento en el software Pix4D Mapper, el cual se encarga de identificar una nube de puntos comunes entre las imágenes.

Se procedió a crear un proyecto nuevo y se importaron las imágenes correspondientes, en este caso como se realizaron dos rutas, se combinaron y se cargaron las fotografías obtenidas en cada polígono como muestra la figura 4.

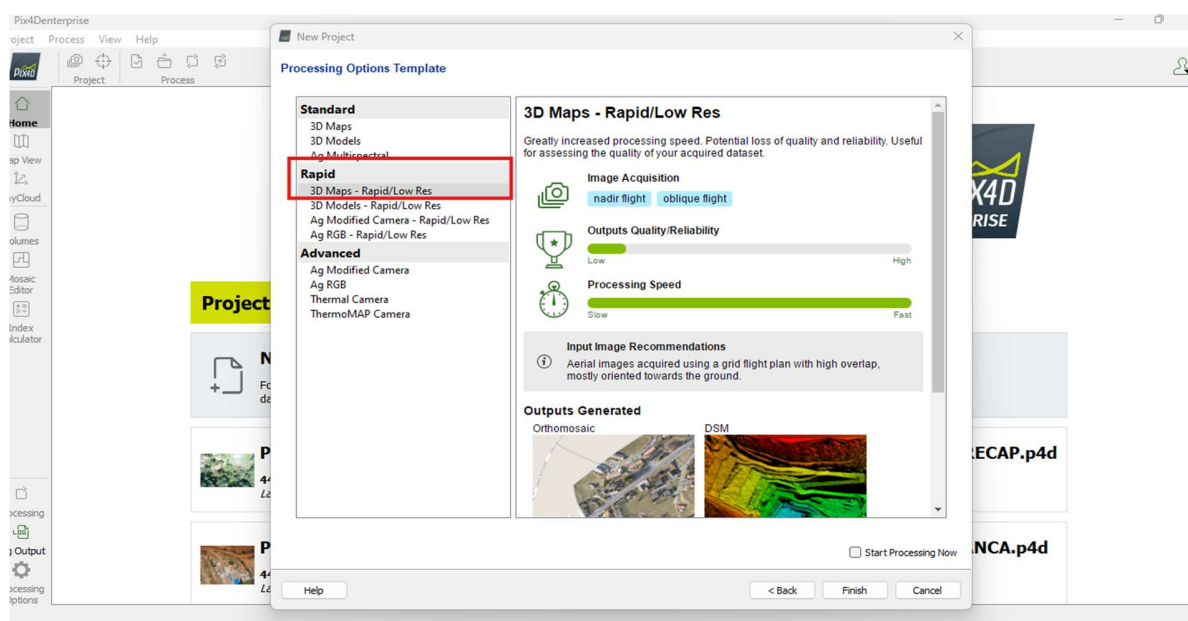
**Figura 4.** Cargue de imágenes en software Pix4D Mapper



### 3.5.1 *Procesamiento de imágenes mediante el Software Pix4D Mapper.*

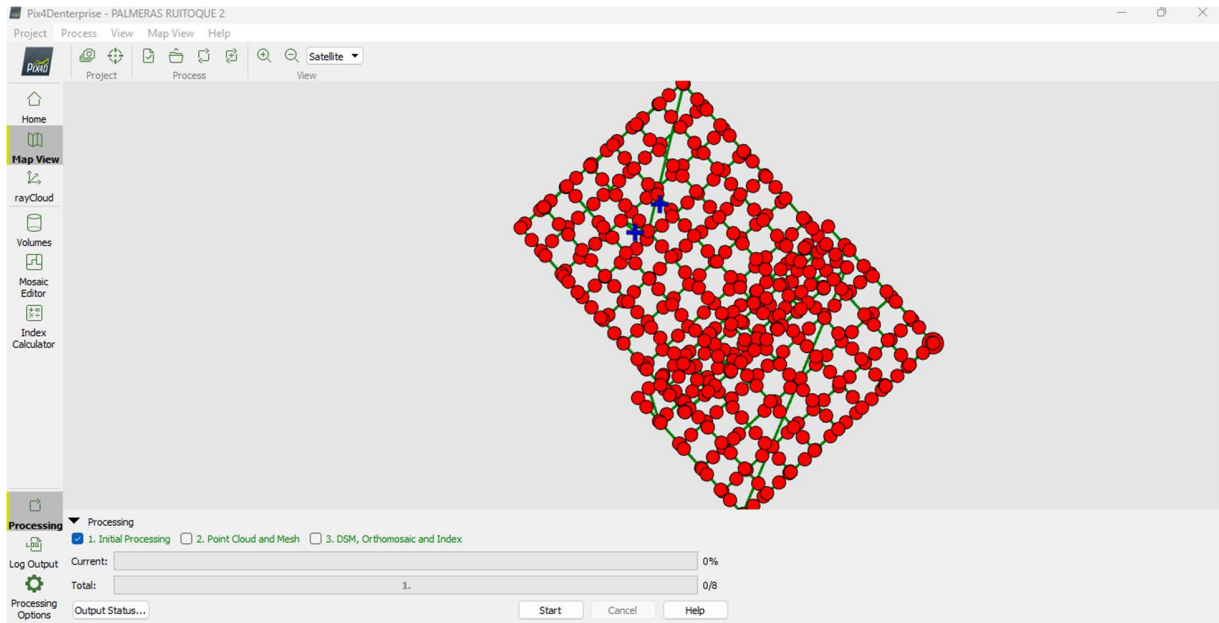
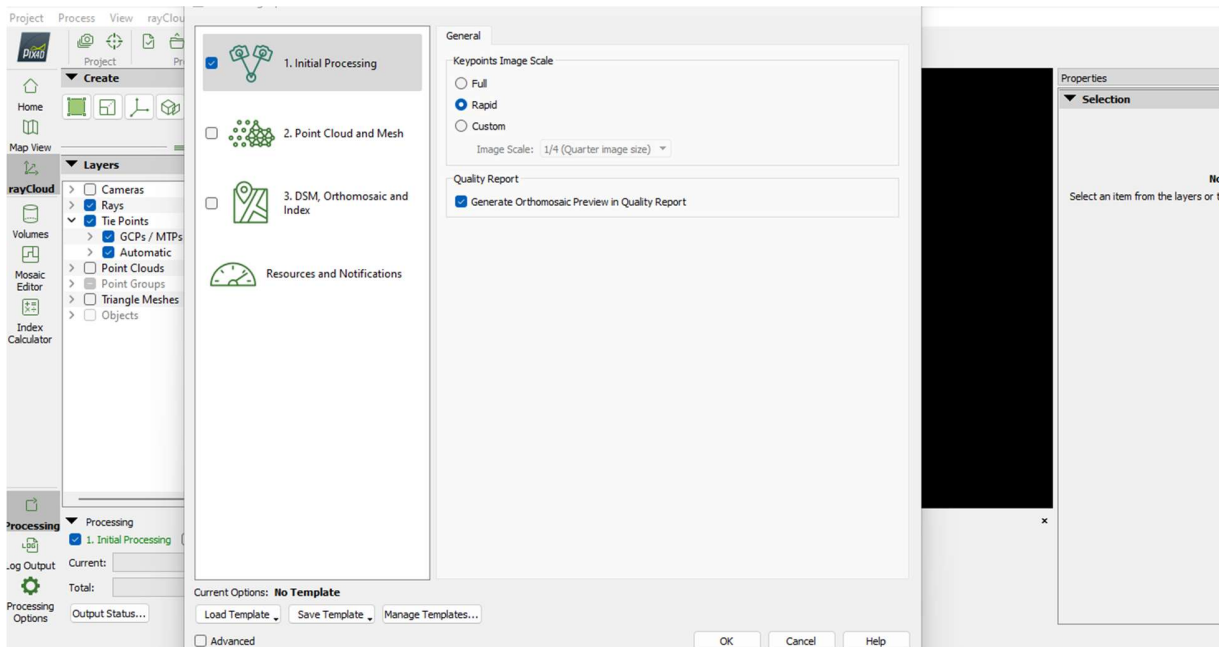
Como se evidencia en la figura 5, para realizar el procesamiento de las imágenes se seleccionó la opción 3D Maps- Rapid/Low Res el cual ofrece una velocidad de procesamiento significativamente aumentada y el cual genera ortomosaico, DSM, nube de puntos y malla 3D.

**Figura 5.** *Procesamiento de imágenes en Software Pix4D Mapper.*



### 3.5.2 *Procesamiento inicial.*

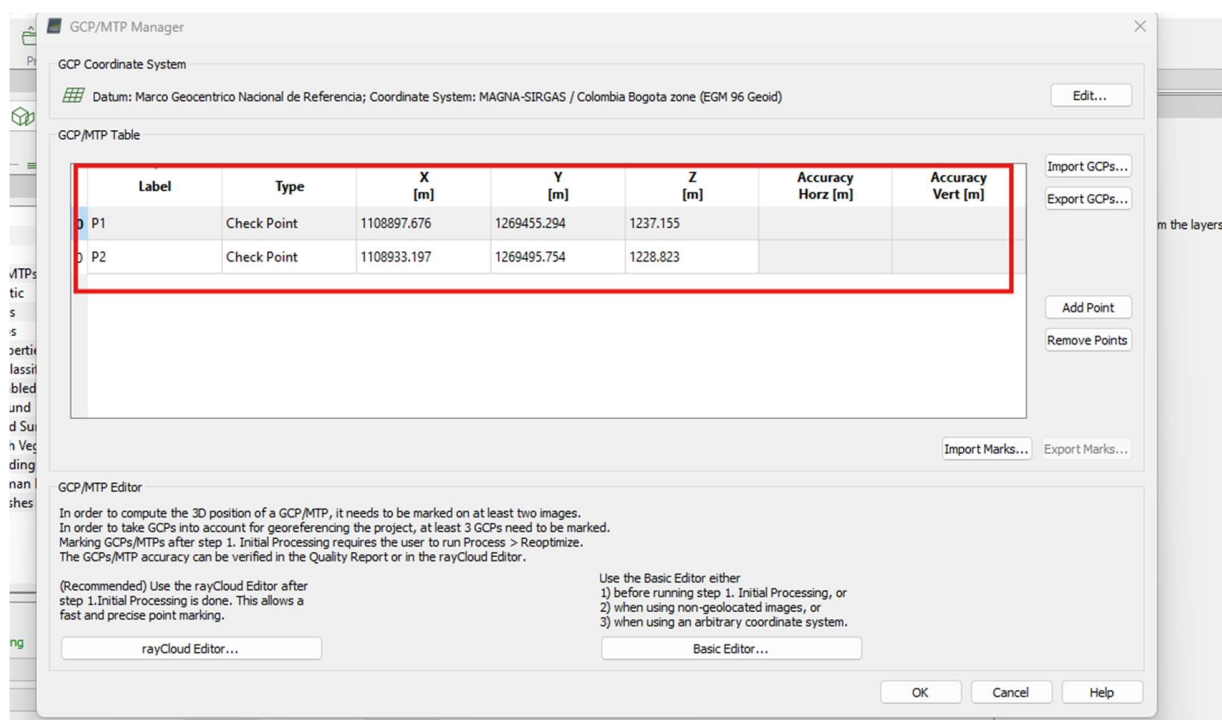
Se procedió a iniciar con el procesamiento inicial como se muestra en la figura 6, donde se cargan las imágenes, se identificaron puntos clave, y se emparejan para calcular las posiciones relativas de las cámaras. Esto genera una nube de puntos de baja densidad y un informe de calidad para evaluar los datos antes del procesamiento detallado. Se seleccionó la configuración presentada en la figura 7 y se prosiguió a realizar este primero proceso.

**Figura 6.** *Procesamiento inicial en Software Pix4D Mapper.***Figura 7.** *Configuración Procesamiento inicial en Software Pix4D Mapper.*

### 3.5.3 Ubicación de Puntos de Control.

Una vez terminado el proceso inicial se procedió a ingresar los puntos de control como se muestra en la figura 8, los cuales fueron obtenidos en campo y se calibraron con el programa con el fin de que estos queden en el punto exacto y así conseguir la precisión exacta.

**Figura 8.** Ingreso puntos de control en Software Pix4D Mapper.

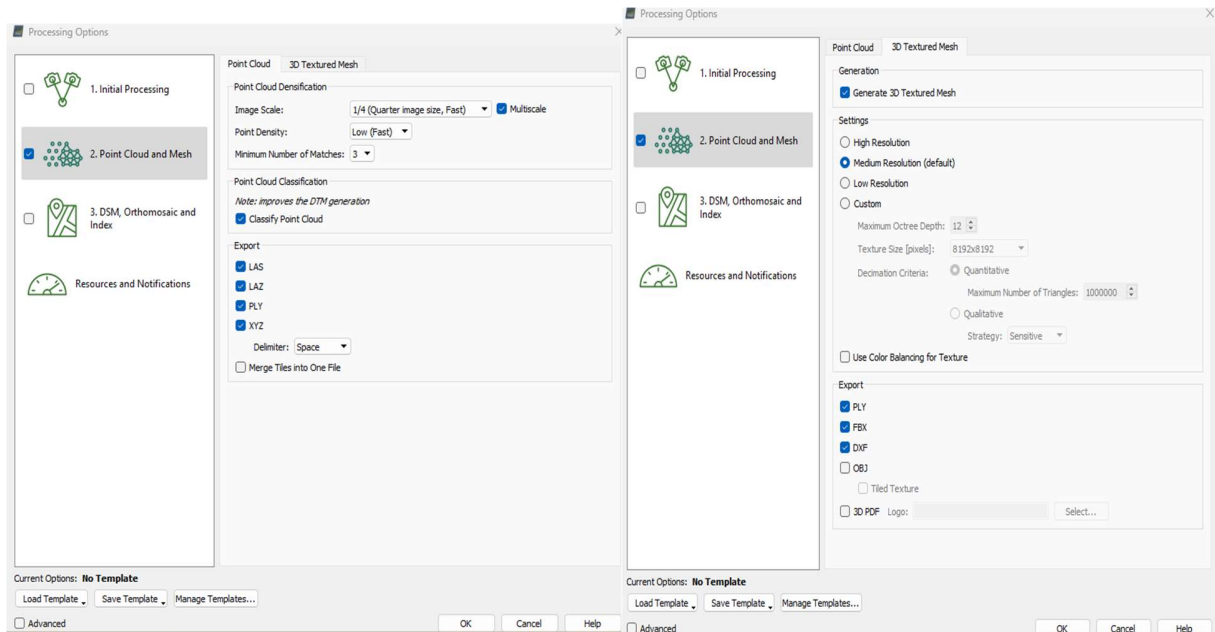


### 3.5.4 Procesamiento nube de puntos y malla 3D.

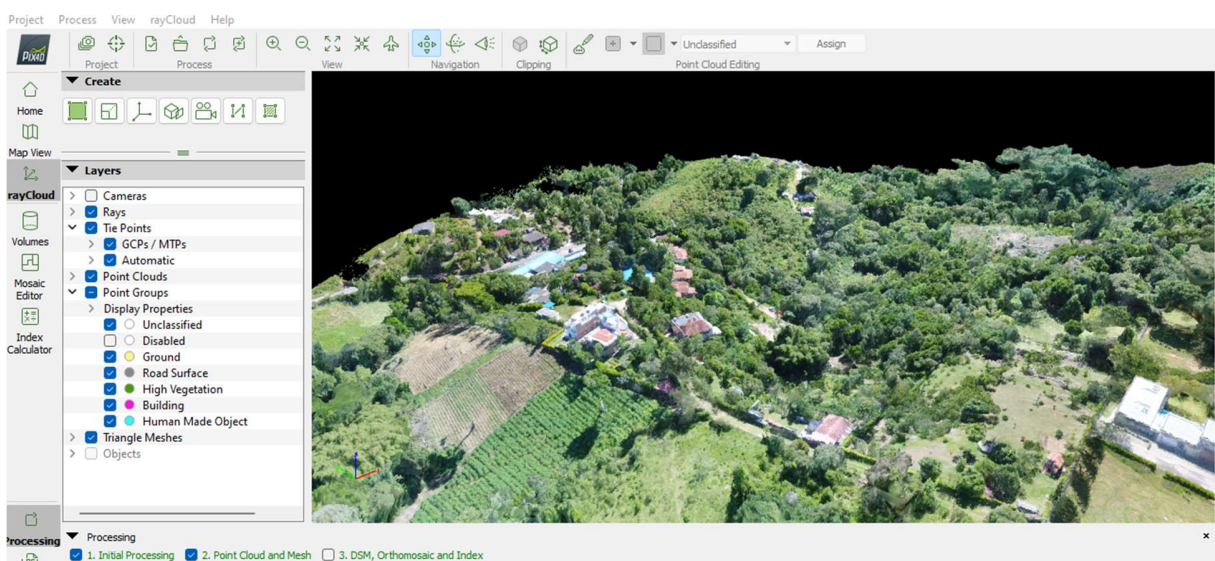
Para el segundo paso se procesó la nube de puntos y malla, donde mejora la nube de puntos creada en el primer paso, haciéndola más detallada. Luego, este crea una malla 3D del área, que es un modelo visual que muestra el terreno o las estructuras con más claridad, así como se muestra la malla 3D en la figura 10.

Para ello se utilizó la configuración mostrada en la figura 9, pues se debe tener en cuenta la densificación de esta y el número de emparejamientos de las imágenes.

**Figura 9.** Configuración Procesamiento Nube puntos y Malla en Software Pix4D Mapper.



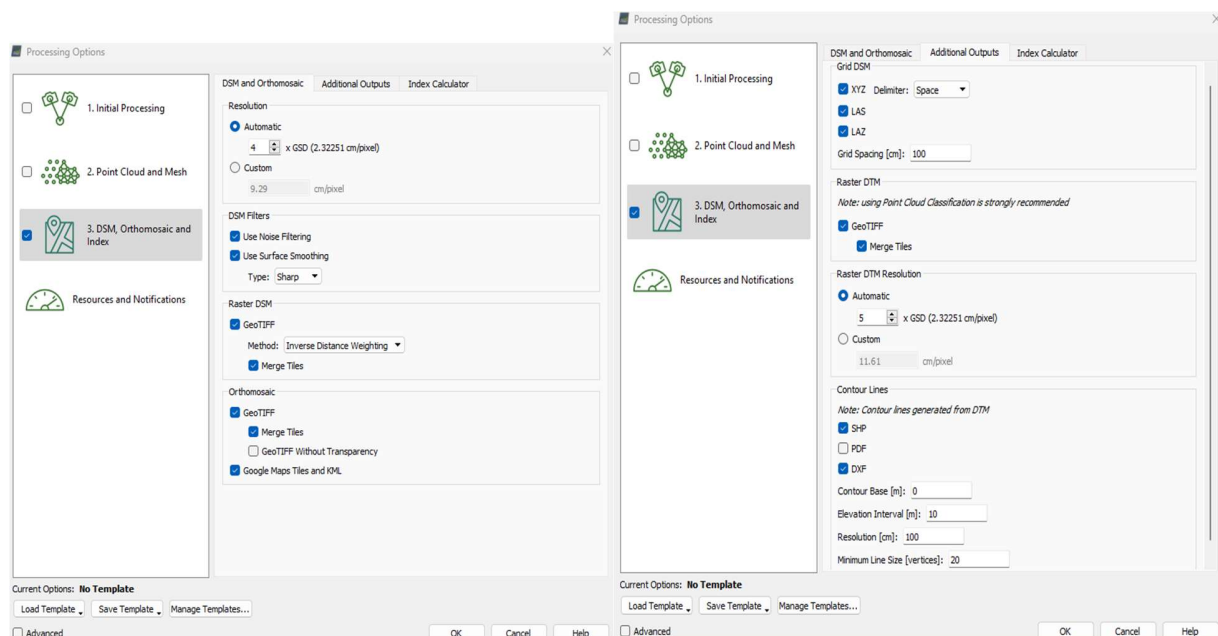
**Figura 10.** Malla 3D en Software Pix4D Mapper



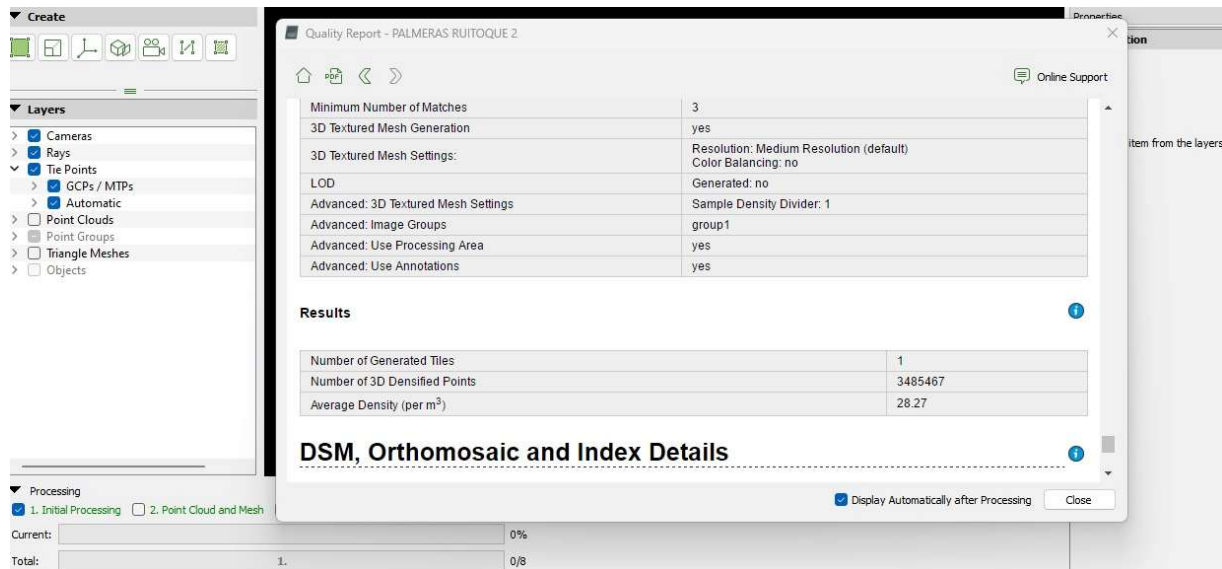
### 3.5.5 *Procesamiento DSM, ortomosaico e índices.*

Continuando con el tercer proceso, en este el software Pix4D Mapper generó un Modelo Digital de Superficie (DSM) que muestra la elevación del terreno y las estructuras. También crea un ortomosaico, que es una imagen aérea corregida y alineada, combinando las fotos en una sola imagen precisa. Para ello, se debe seleccionar la configuración mostrada en la figura 11.

**Figura 11.** *Configuración Procesamiento DSM, Ortomosaico e Índices en Software Pix4D Mapper*



Finalmente, el software genera un informe de calidad de cada proceso realizado donde genera información sobre la nube de puntos, ortomosaico y DSM con el fin de conocer esta información más fácilmente o identificar errores en dichos procesamientos como se muestra en la figura 12.

**Figura 12.** *Quality Report en Software Pix4D Mapper*

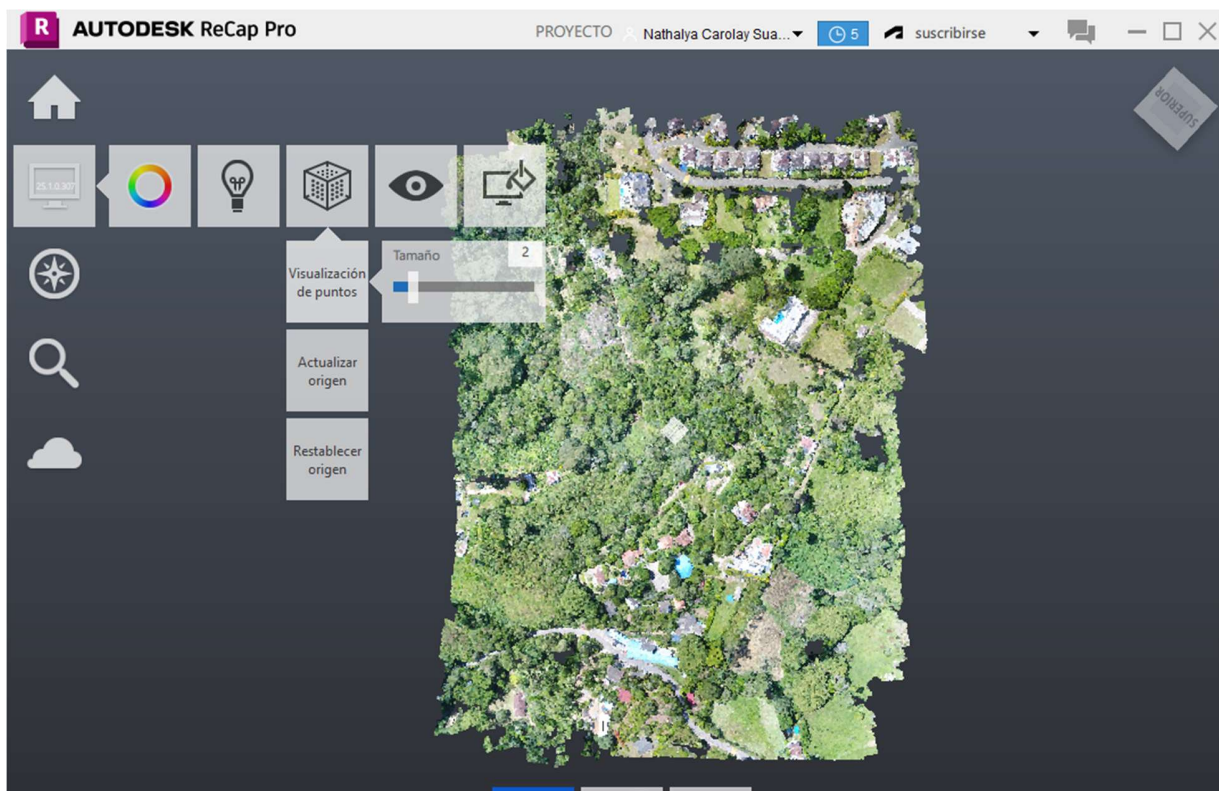
### 3.5.6 *Proceso de Fotointerpretación en software AutoCAD*

En esta fase inicia el método de Fotointerpretación en AutoCAD con escalamiento de nube de puntos y ortomosaico con puntos de control, método creado por el Arquitecto Robert Gutiérrez Ortiz, como investigación propia y aprendido en el Diplomado de Piloto de Operaciones RPAS y Fotogrametría Básica con Pix4D y ArcGis. Este enfoque combina el procesamiento de imágenes anteriormente realizado con Pix4D Mapper y con el software AutoCAD. Esta metodología permite escalar y georreferenciar correctamente los modelos gráficos asegurando que las dimensiones, coordenadas y referencias espaciales coincidan con la realidad del terreno. Además, facilita la digitalización de elementos geográficos directamente sobre el ortomosaico, permitiendo la creación de planos topográficos.

### 3.5.7 Edición de la nube de puntos en el software ReCapPro.

Iniciamos desde la generación de la nube de puntos con el software Pix4D Mapper luego de realizar los tres pasos como se describió anteriormente, se realizó una edición de esta en el software Recap Pro, donde se recorta aquellas partes que genera ruido y se procedió a configurar la visualización de puntos en un tamaño de 2 e iluminar los contornos de la nube de puntos para una mejor resolución como se muestra en la figura 13.

**Figura 13.** Edición de Nube de Puntos en Software ReCap Pro



### 3.5.8 Planimetría en Software AutoCAD.

Una vez editada la nube de puntos mediante el software Recap Pro esta es convertida de formato LAS a formato RCP, el cual es compatible para que se pueda enlazar con el software

AutoCAD y así poder escalar y georreferenciar correctamente. Para ello, se enlazó la nube de puntos editada, se ubicaron y calibraron los puntos de control, acto seguido se enlazó el ortomosaico, el cual se escaló y georreferenció con la nube de puntos, la cual sirve de ayuda para que el ortomosaico quede debidamente escalado y georreferenciado con los puntos de control. Una vez obtenido el ortomosaico escalado y georreferenciado como se muestra en la figura 14, se procede a realizar la planimetría del lote, pues el ortomosaico permite tener una imagen más definida para poder marcar los linderos del lote, así como se muestra en la figura 15, y en la figura 16 se muestra cómo queda la planimetría sin ortomosaico.

**Figura 14.** *Enlace de Nube de puntos y Ortomosaico en Software AutoCAD*



Figura 15. Planimetría con ortomosaico en Software Autocad

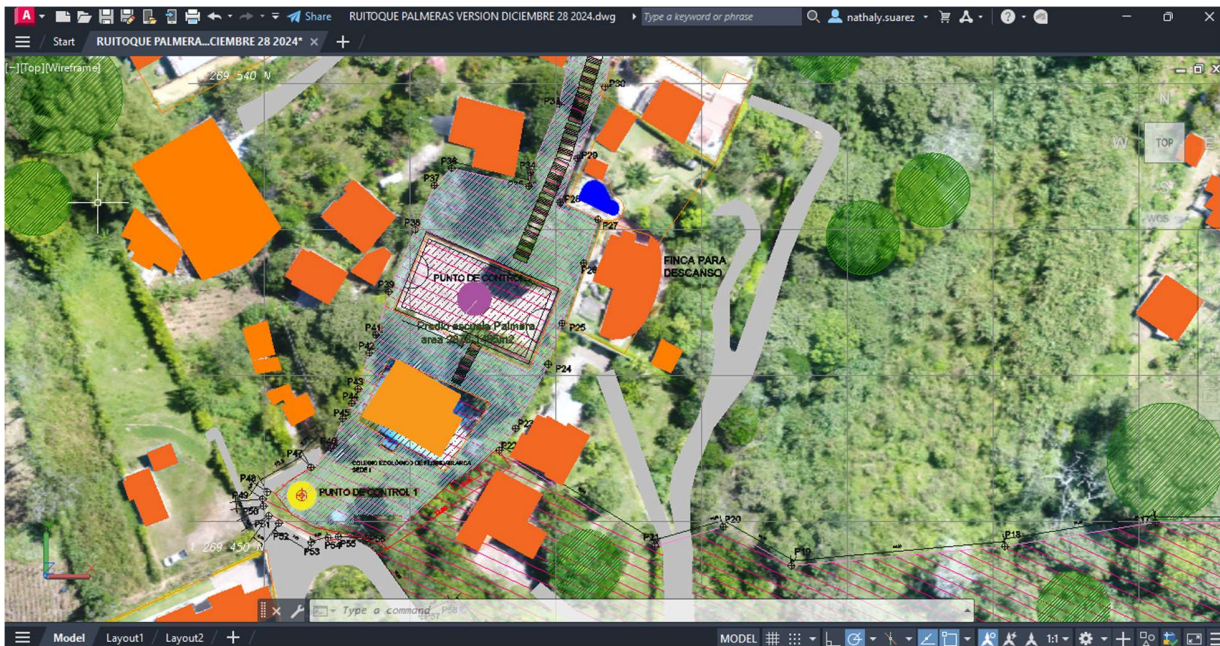
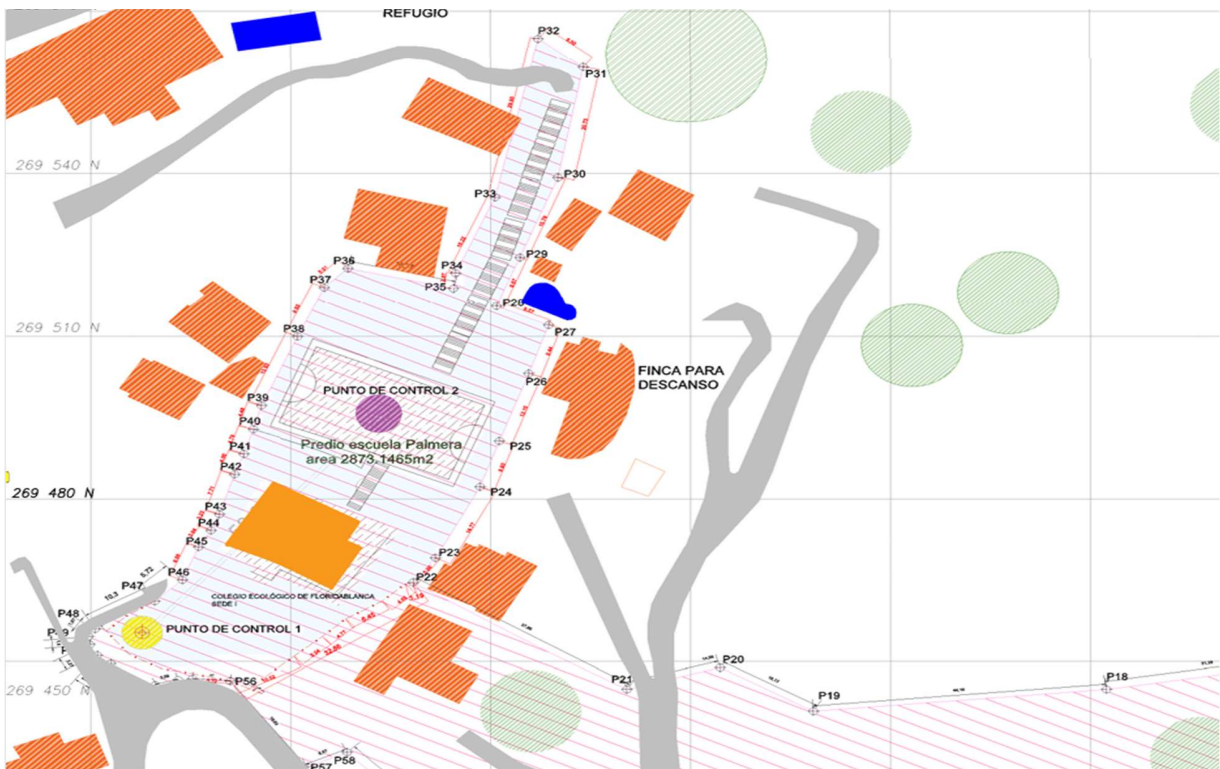


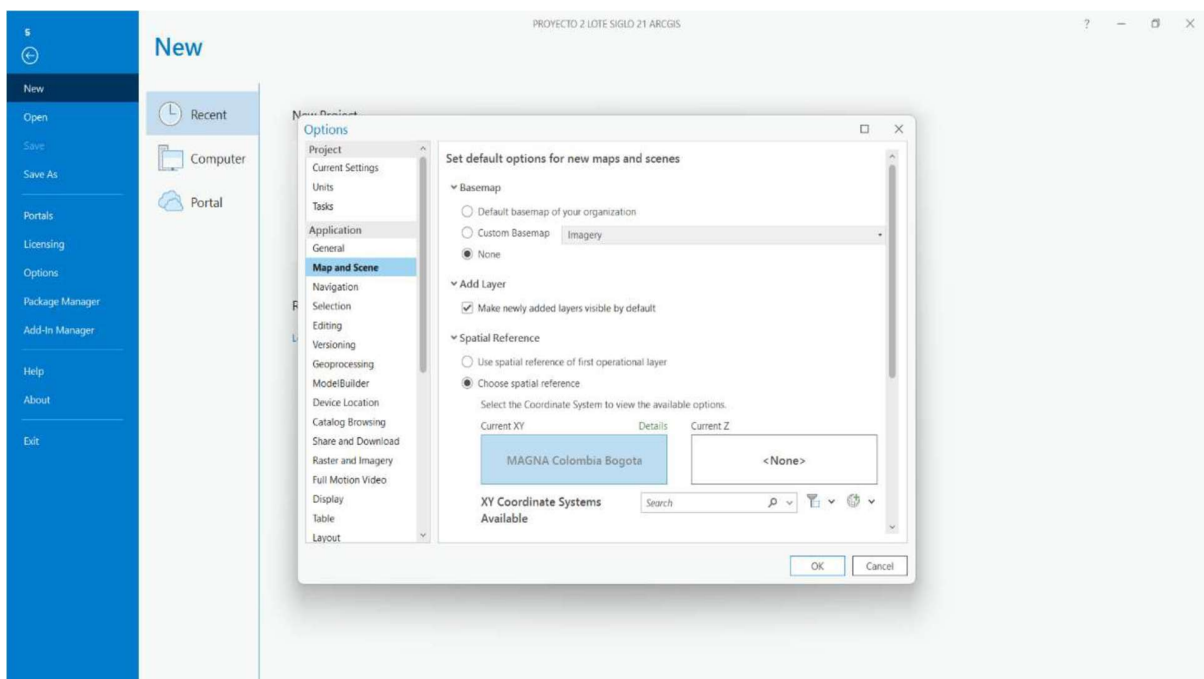
Figura 16. Planimetría sin ortomosaico en Software AutoCAD



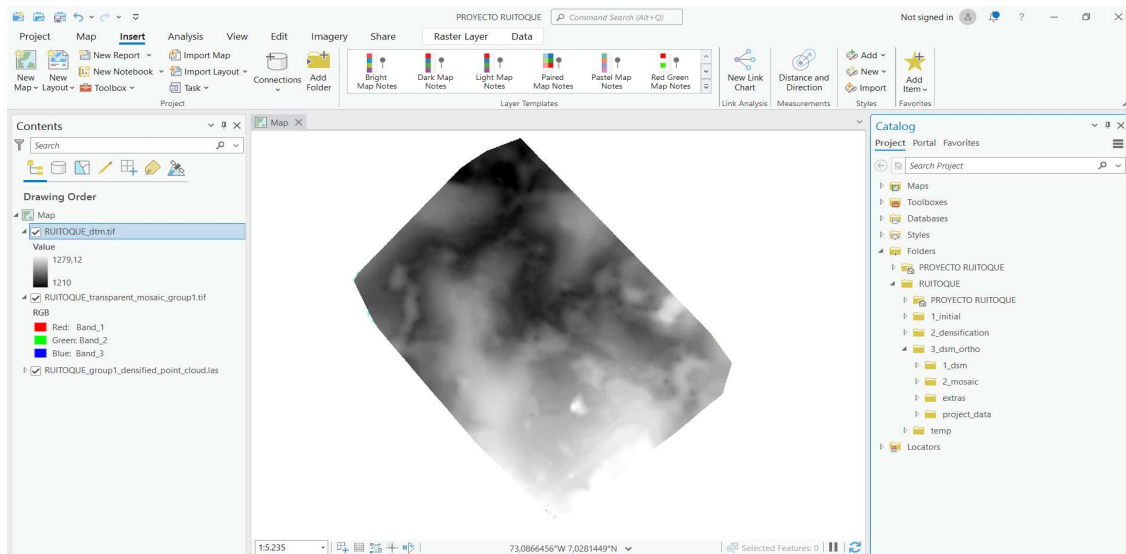
### 3.5.9 *Procesamiento fotogramétrico en ArcGIS*

Con el fin de obtener curvas de nivel, se procesó en el Software ArcGIS los productos del terreno obtenidos en Pix4D mapper, con el archivo dtm.tif se generaron los datos para las curvas de nivel. Inicialmente se creó el proyecto ubicándolo en una carpeta y configurando las opciones del origen de coordenadas en Magna Sirgas, Origen Bogotá como se evidencia en la figura 17.

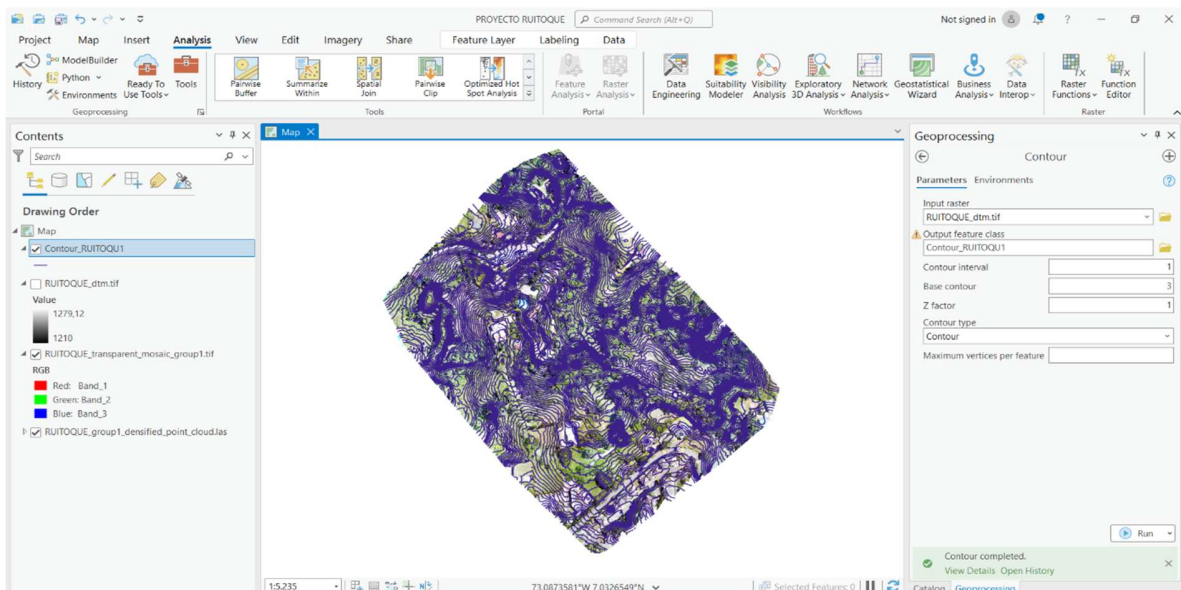
**Figura 17.** *Configuración ArcGIS*



Posteriormente se cargó la carpeta del proyecto procesado en Pix4D Mapper, donde se encuentran los archivos que se generaron del procesamiento que son necesarios para la obtención de las curvas de nivel. (Archivo dtm.tif y el ortomosaico) como se demuestra en la figura 18.

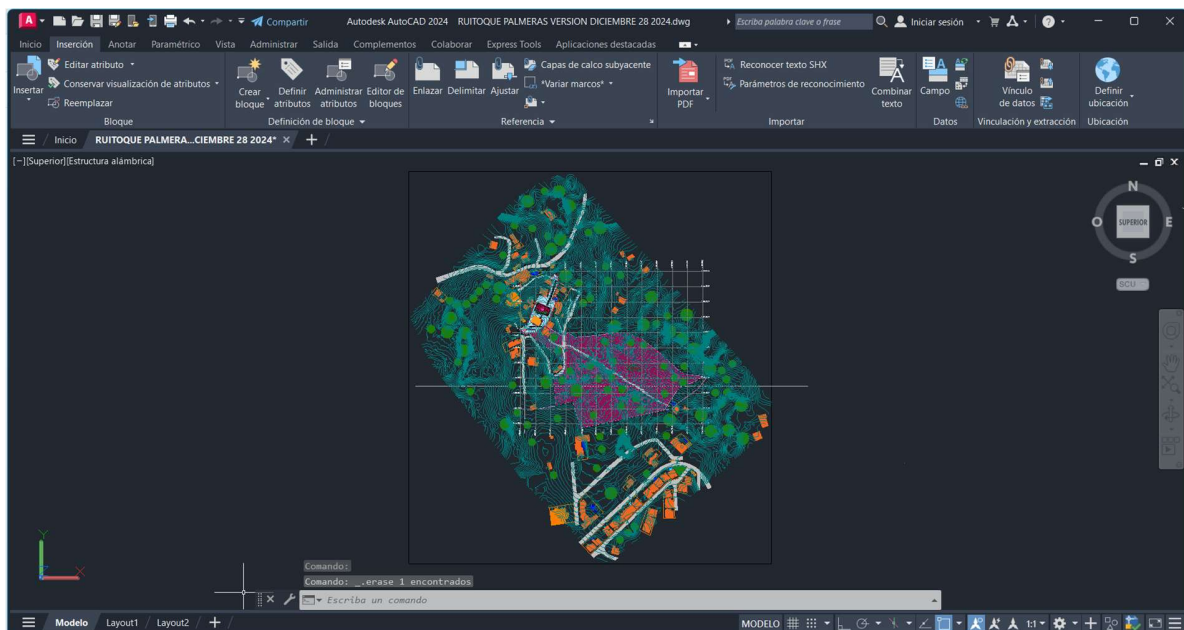
**Figura 18.** Carpetas con archivo *dtm.tif*, ortomosaico y nube de puntos

Con los archivos cargados en el programa, se procedió a generar las curvas de nivel, desde el archivo tif, con lo que se configuran algunas opciones de visualización, para obtener un resultado como se muestra en la figura 19.

**Figura 19.** Curvas de nivel generadas en ArcGIS

Posteriormente, para mejorar la facilidad en el manejo de la información, se exporta el proyecto generado en el software de ArcGIS para AutoCAD, en el cual también se cargan los archivos ortomosaico y demás objetos que se han generados para obtener un plano que muestre el levantamiento realizado, georreferenciado y ajustado a los requisitos de la zona como se muestra en la figura 20.

**Figura 20.** *Curvas de nivel exportadas a AutoCAD*



#### 4. Análisis comparativo de topografía con estación total y topografía con dron

Se realizó la comparación entre los resultados de la planimetría obtenida mediante el levantamiento topográfico tradicional con estación tota, estos datos se encuentran consignados en el plano de planimetría con dron en el apéndice C y los datos obtenidos con el procesamiento con imágenes tomadas del dron, arrojando los resultados y diferencias mostradas en la tabla 1.

**Tabla 1.** Comparación de distancias topografía tradicional vs topografía con dron

Tramo	Topografía Tradicional [m]	Topografía con Dron [m]	Variación
22-23	5,66	5,66	0
24-24	14,77	14,77	0
24-25	8,93	8,93	0
25-26	13,15	13,15	0
26-27	9,44	9,44	0
27-28	8,57	8,57	0
28-29	9,67	9,67	0
29-30	15,79	15,79	0
30-31	20,73	20,73	0
31-32	8,50	8,50	0
32-33	29,93	29,93	0
33-34	15,12	15,12	0
34-35	2,87	2,87	0
35-36	16,27	16,27	0
36-37	5,01	5,01	0
37-38	9,93	9,93	0
38-39	13,83	13,83	0
39-40	4,48	4,48	0
40-41	4,79	4,79	0
41-42	4,00	4,00	0
42-43	7,71	7,71	0
43-44	3,23	3,23	0

Tramo	Topografía Tradicional [m]	Topografía con Dron [m]	Variación
44-45	3,64	3,64	0
45-46	6,56	6,56	0
46-47	5,72	5,72	0
47-48	9,55	10,3	0,75
48-49	1,67	1,67	0
49-50	1,5	1,5	0
50-51	2,27	2,27	0
51-52	2,54	2,54	0
52-53	7,77	7,77	0
53-54	3,59	3,59	0
54-55	2,15	2,15	0
55-56	5,7	5,7	0
56-22	32,86	32,86	0
<b>Perímetro Lote [m]</b>	<b>317,90</b>	<b>318,65</b>	<b>0,75</b>
<b>Área Lote [m2]</b>	<b>2873,14</b>	<b>2873,12</b>	<b>0,02</b>

#### 4.1 Análisis comparativo de precios entre topografía con estación total y dron

Se solicitó una cotización para realizar el levantamiento del lote, considerando tanto la topografía tradicional como la opción de levantamiento con dron. Esto se hizo con el objetivo de tener claro los precios y poder comparar los costos de ambas prácticas.

Se obtuvo la información relacionada en el apéndice E, donde se obtuvo un costo general por metro cuadrado, donde el metro cuadrado de levantamiento de topografía tradicional tiene un costo de ciento cincuenta pesos (\$150) y levantamiento con dron un valor de ciento veinte pesos (\$120).

Se evidenció una diferencia en tiempos y costos en las dos prácticas de levantamiento como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** Comparación costos y tiempo topografía tradicional vs topografía con dron.

Valor m2 Topografía Tradicional Estación Total	Valor total Lote Topografía Tradicional	Tiempo Total Topografía Estación total	Valor m2 Topografía con Dron	Valor Total Lote Topografía con Dron	Tiempo Total Topografía con Dron	Diferencia Precios
\$ 150	\$ 430.000	5	\$ 120	\$ 344.000	3	\$ 86.000

## 5. Resultados

En el proceso de análisis comparativo entre los perímetros y áreas obtenidos mediante planimetría convencional y fotogrametría con drones, se evidenció una alta precisión en ambos métodos. Las diferencias fueron mínimas, con una variación de 0,75 m en los perímetros y 0,02 m<sup>2</sup> en las áreas. El perímetro obtenido en la planimetría hecha con estación total fue de 317,90 m y el área fue de 2873,14 m<sup>2</sup> y el perímetro obtenido mediante levantamiento con dron fue de 318,65 m y un área de 2873,14 m<sup>2</sup>.

En cuanto a costos y tiempos se obtuvo un costo general por metro cuadrado, donde el metro cuadrado de levantamiento de topografía tradicional tiene un costo de ciento cincuenta pesos (\$150) y levantamiento con dron un valor de ciento veinte pesos (\$120). Por ello, la topografía hecha con estación total para el lote de 2873 m<sup>2</sup> tiene un costo de \$430.000 y toma un tiempo de 5 día aproximadamente. El costo de la topografía realizada con dron para el lote tiene un costo de \$ 344.000 y toma un tiempo de 3 días aproximadamente.

La integración entre AutoCAD y ArcGIS para procesos de fotogrametría resultó clave para el levantamiento topográfico del lote. ArcGIS generó datos detallados y precisos con las curvas de nivel, y AutoCAD proporcionó un entorno eficiente y sencillo para la manipulación y representación gráfica.

## 6. Conclusiones

Tras realizar el proceso y análisis comparativo entre los perímetros entregados mediante planimetría convencional y aquellos obtenidos mediante el uso de drones y la fotogrametría, se evidenció que ambos métodos presentan una alta precisión. Las diferencias encontradas fueron pequeñas, una variación de 0,75 m en los perímetros, y en el área, una diferencia de tan solo 0,02 m<sup>2</sup>. Esto se traduce en un porcentaje de precisión del 99,9%, lo que respalda la exactitud de ambos métodos para este tipo de mediciones.

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de costos y tiempos de ejecución, donde se determinó que el levantamiento topográfico con drones es más eficiente. Este método resulta más económico, con una diferencia de \$30 por metro cuadrado y \$86.000 en el costo total del lote, y requiere un tiempo de ejecución 2 días menor en comparación con la planimetría tradicional.

Los métodos de fotointerpretación en AutoCAD y ArcGIS demostraron ser herramientas complementarias para el levantamiento de la planimetría topográfica. Mientras que AutoCAD permite una representación gráfica eficiente y un manejo de información más sencillo para tareas específicas, ArcGIS se destaca en la fotointerpretación al ofrecer herramientas avanzadas que permiten extraer y analizar datos adicionales del terreno, como las curvas de nivel generadas en este caso. Estas capacidades amplían la profundidad del análisis, permitiendo una interpretación más precisa y detallada de las características geográficas. Por lo tanto, ArcGIS resulta ser una herramienta más completa para procesos de fotointerpretación compleja, donde el nivel de detalle y la precisión son fundamentales.

### Referencias

- ACRE. (s. f.). *Pix4DMapper Pro: Software de procesamiento de imágenes*. Grupo ACRE Perú.  
Recuperado 12 de enero de 2025. Disponible en: <https://grupoacre.pe/catalogo-productos/pix4dmapper/>
- Colomina, I., y Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97.
- Congreso de Colombia. (2016, 29 de julio). Ley 1801 de 2016. *Código Nacional de Seguridad y Convivencia Ciudadana*. Función Pública.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=80538>
- García Martín, A., Rosique Campoy, M., y Segado Vázquez, F. E. (1994). Topografía básica para ingenieros. *Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia. España. Murcia*.
- Idc. ¿Qué es un dron y para qué sirve? Recuperado 12 de enero de 2025. Disponible en: <https://idc.apddrones.com/educacion/que-es-un-drone-y-para-que-sirve/>
- IGAC. (2022). *¿En qué consiste un levantamiento topográfico?* Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <https://antiguo.igac.gov.co/es/contenido/en-que-consiste-un-levantamiento-topografico#:~:text=El%20levantamiento%20topogr%C3%A1fico%20es%20un,o%20plano%20que%20refleja%20al>
- Pedraza Santos, A. (2019). Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos-2019.
- Presidente de la República de Colombia. (1971, 27 de marzo). Decreto 410 de 1971. *Código de Comercio*. Función pública.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=41102>

Resources. (s. f.). ¿Qué es ArcGIS? Recuperado 12 de enero de 2025, de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Director general de la unidad administrativa especial de aeronáutica civil. (2023, 27 de septiembre). Resolución 01983 de 2023. *RAC 100 – Operación de sistemas de aeronaves no tripuladas UAS*. Aeronáutica Civil. <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/ResolucionesTA2023/RESL%20N%C2%B0%2001983%20SEP%2027%202023.pdf>

Universidad de Almería. Topografía y Fotogrametría. América: I+D basado en Drones, 2018. Recuperado el 13 de enero de 2025. Disponible en: <https://www2.ual.es/drones/servicios/topografia-y-fotogrametria/>

Torres, Á., y Villate, E. (2001). Topografía. *Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería*.

Wingtra. (s. f.). Topografía con un dron. Recuperado el 13 de enero de 2025. Disponible en: <https://wingtra.com/es/topografia-sig>

Wolf, P., y Brinker, R. (1997). *Topografía* (9ª ed.). México: Alfaomega.

Apéndices

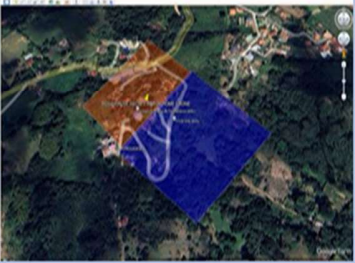
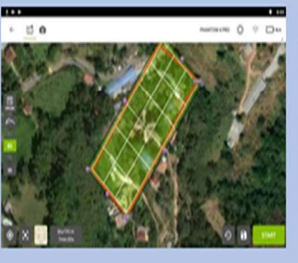
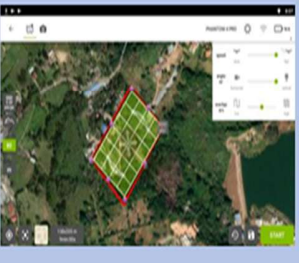
Apéndice A. Flight logbook escuela Palmeras Ruitoque Alto

FLIGHT LOGBOOK																				
PERSONAL INFORMACIÓN										OPERACIONAL										
NOMBRE DEL OPERADOR					NOMBRE DEL EQUIPO					NOMBRE DEL EQUIPO					NOMBRE DEL EQUIPO					
NOMBRE DEL EQUIPO					NOMBRE DEL EQUIPO					NOMBRE DEL EQUIPO					NOMBRE DEL EQUIPO					
FECHA	HORA	NOMBRE DEL VUELO	TIPO DE VUELO	ESTADO DEL VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO
10	10	1	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
10	10	2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

CONDICIONES DEL VUELO		CONDICIONES DEL VUELO		CONDICIONES DEL VUELO		CONDICIONES DEL VUELO	
TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO	TIPO DE VUELO

PUNTO DE CONTROL 1		PUNTO DE CONTROL 2	
			

Apéndice B. Plano topográfico con estación total lote escuela Palmeras



**Apéndice C. Plano topográfico con ortomosaico con dron lote escuela Palmeras**



