

**Método de la supervisión de la interventoría para verificación de los perímetros catastrales
a través de la Tecnología DRONE y la Fotogrametría en un lote a intervenir para el
desarrollo del proyecto Centro Oncológico FOSUNAB**

**Edwin Alberto Benítez Cervantes, Nelson Aníbal Cerchiaro Sarmiento y Loiman de Jesús
Rodríguez Escobar**

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

Director

Robert Gutiérrez Ortiz

Magister (f) en Dirección y Gestión de Proyectos

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción

2023

Agradecimientos

A la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga, por haber desarrollado en la Especialización de Interventoría y la Supervisión de la Construcción, la novedosa opción de grado con el Diplomado en Piloto de Operaciones RPAS y Fotogrametría básica en Pix4D y ArcGIS que nos actualiza en temas de innovación, como lo son las tecnologías de drones y la Disciplina de la Fotogrametría, que nos genera un amplio y novedoso espectro laboral y técnico para nuestras carreras

Al Arq. Robert Gutiérrez Ortiz y los demás docentes que entregaron en el Espacio del Diplomado todos sus conocimientos en el uso de estas tecnologías para las funciones de la Interventoría, un Plus muy importante para aplicar en nuestro desempeño como Ingenieros.

Contenido

Introducción	17
1. Método de la supervisión de la interventoría para verificación de los perímetros catastrales a través de la tecnología drone y la Fotogrametría en un lote a intervenir para el desarrollo del proyecto Centro Oncológico FOSUNAB	19
1.1 Objetivos	19
1.1.1 Objetivo general	19
1.1.2 Objetivos específicos	19
2. Marco referencial	20
2.1 Marco conceptual	20
2.1.1 Levantamiento topográfico	20
2.1.2 Fotogrametría	21
2.1.3 Fotointerpretación	21
2.1.4 Planimetría	21
2.1.5 Altimetría	22
2.1.6 Levantamiento Topográfico Tradicional	22
2.1.7 Levantamiento Fotogramétrico con DRONE	23
2.1.8 Pix4D Mapper	24
2.1.9 AutoCAD	25
2.1.10 Recap Pro	25
2.1.11 ArcGIS	26
2.1.12 Global Mapper	26
2.1.13 Google Earth Pro.....	26
2.1.14 Concoord.....	27

2.2	Marco teórico	27
2.3	Marco legal	28
2.4	Antecedentes y Estados del Arte.....	30
2.4.1	Antecedentes Internacionales.....	30
2.4.2	Antecedentes Nacionales	32
3.	Método - Fases y Actividades Específicas del Proyecto.....	33
3.1	Fase 1, Planificación de la misión.....	33
3.2	Fase 2, Ejecución del Flight logbook.....	33
3.3	Fase 3, Recolección de información base	33
3.4	Fase 4, Posproceso de las imágenes o muestras fotogramétricas.....	35
3.5	Fase 5, Análisis y comparación.....	33
4.	Desarrollo de los posprocesos a partir del Método y las fases	34
4.1	Fase I: Planificación de la misión	34
4.2	Fase II: Ejecución del Flight logbook	34
4.3	Fase III: Recolección de información base	35
4.4	Fase IV: Posproceso de las imágenes o muestras fotogramétricas	37
4.4.1	Localización y ubicación del proyecto.....	37
4.4.2	Análisis de Datos (Desarrollo de Fases del posproceso de Fotogrametría que se utilizó para efectuar el proceso de comparación)	38
4.5	Análisis y Comparación del Levantamiento Cartográfico IGAC y el levantamiento con dron	48
4.5.1	Información Predial obtenida del IGAC 2010	49
4.5.2	Información obtenida de la Planimetría Cartográfica IGAC	50
4.5.3	Información obtenida del Levantamiento con dron	52

4.5.4	Información de la geolocalización posproceso de las imágenes del dron.....	53
4.5.5	Comparación Cartografía IGAC Versus Cartografía con dron.....	54
5.	Resultados.....	54
6.	Conclusiones.....	57
	Referencias.....	59
	Apéndices.....	64

Lista de tablas

Tabla 1. *Distancias punto a punto lote FOSCAL* 50

Tabla 2. *Coordenadas y distancias con drone y posproceso fotogramétrico.....* 53

Lista de figuras

Figura 1. <i>Levantamiento Fotogramétrico para topografía con drones</i>	23
Figura 2. <i>Ficha Predial del IGAC, que Contiene Información Cartografía del Predio en Estudio</i>	36
Figura 3. <i>Localización y Ubicación del Proyecto</i>	37
Figura 4. <i>Procesamiento Inicial</i>	39
Figura 5. <i>Nube de Puntos y Malla con geolocalización y proyección de las cámaras</i>	39
Figura 6. <i>Malla Texturizada 3D</i>	40
Figura 7. <i>Nube de Puntos</i>	41
Figura 8. <i>Reporte con la Información y Características del Proyecto</i>	42
Figura 9. <i>Resumen del Proyecto</i>	43
Figura 10. <i>Edición de la Nube de Puntos en el software RECAP</i>	45
Figura 11. <i>Elaboración Planimetría con ortomosaico escalado fase de la Fotointerpretación en AutoCAD. Parte I</i>	46
Figura 12. <i>Elaboración Planimetría con ortomosaico escalado fase de la Fotointerpretación en AutoCAD. Parte II</i>	46
Figura 13. <i>Elaboración Planimetría con ortomosaico escalado fase de la Fotointerpretación en AutoCAD. Parte III</i>	47
Figura 14. <i>Tablas graficas de Georreferencia de puntos de control y puntos de perímetro y distancias con datos obtenidos de la Fotointerpretación. Parte I</i>	47
Figura 15. <i>Tablas graficas de Georreferencia de puntos de control y puntos de perímetro y distancias con datos obtenidos de la Fotointerpretación. Parte II</i>	48
Figura 16. <i>Información Predial del IGAC</i>	49
Figura 17. <i>Información obtenida del levantamiento con dron</i>	52

Figura 18. <i>Información Obtenida del Levantamiento con Dron</i>	52
Figura 19. <i>Distancias lote FOSCAL</i>	54
Figura 20. <i>Información obtenida del posproceso a partir de puntos de control y el escalamiento del ortomosaico</i>	55

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Carta e informe catastral IGAC.....</i>	64
Apéndice B. <i>Planimetría levantamiento fotogramétrico lote a intervenir con ortomosaico.....</i>	67
Apéndice C. <i>Planimetría levantamiento fotogramétrico lote a intervenir sin ortomosaico</i>	68
Apéndice D. <i>Planificación de Mision de Vuelo Flight Logbook</i>	69
Apéndice E. <i>Fotografía que muestra los puntos de control y las plataformas guia para escalar el ortomosaico en Recap y AutoCAD</i>	70
Apéndice F. <i>Puntos de control con coordenadas de georreferencia tomados a través de GPS de antena de precisión</i>	71

Resumen

Los diferentes adelantos en las herramientas tecnológicas de las disciplinas de la Agrimensura y la Fotogrametría a través de los drones, han sido avances agigantados que se han compenetrado en su gran mayoría en todas las actividades del ser humano, Los avances tecnológicos de la Topografía y la fotogrametría y su relación con la actividad de la Interventoría no es la excepción a la regla, desde las mediciones a cinta, pasando por teodolito y el nivel de precisión, esta ha evolucionado hasta llegar a la estación total como elemento fundamental del proceso topográfico, y posteriormente la integración de herramientas más sofisticadas y precisas como los drones, las muestras fotogramétricas aéreas geolocalizadas y su posproceso a través de la edición digital y la fotointerpretación hacen que la Cartografía, la topografía y los procesos de medición y control de las obras, edificaciones, vías desde la interventoría se vuelva más eficiente y eficaz en muchos sentidos. El presente trabajo de informe técnico, aplico un método de verificación de perímetros de predios a intervenir con obras civiles a través del compendio de una serie de protocolos de posprocesos de imágenes obtenidas con la tecnología drone y varios softwares de fotogrametría y la fusión de puntos de control de alta precisión terrestre, generando el desarrollo de una información cartográfica y el desarrollo de la fotointerpretación de un predio que será intervenido con la construcción de un centro oncológico, determinándose así a través del presente documento la confiabilidad de dichos métodos topográficos y fotogramétricos que mejora las condiciones de verificación de la agrimensura de un predio y por ende configura la utilización de la herramienta de los drones y la disciplina de la fotogrametría, como esencial al convertirse dicha herramienta de precisión en un instrumento que facilita la tarea del Interventor en lo que corresponde a la verificación de áreas y perímetros de los lotes a intervenir en obras civiles ya sea del ámbito público o privado. En los resultados del presente informe técnico se destaca la falta de exactitud de la información cartográfica oficial del IGAC, al utilizar los métodos de fotointerpretaciones de

fotos aéreas logradas a más de 1500 metros desde aeronaves tripuladas y la eficacia de la Tecnología DRONE y la fotogrametría en cuanto a los resultados obtenidos que permite gran exactitud, el ahorro del tiempo, recursos y mejora la precisión de los datos obtenidos.

Palabras clave: levantamiento topográfico, levantamiento con dron, levantamiento tradicional, precisión, Ortomosaico, Fotointerpretación

Abstract

The different advances in the technological tools of the disciplines of Surveying and Photogrammetry through DRONES have been gigantic advances that have largely permeated all human activities. The technological advances of Topography and photogrammetry and their relationship with the activity of the Audit Office is no exception to the rule, from tape measurements, through theodolite and the level of precision, this has evolved until reaching the total station. as a fundamental element of the topographic process, and subsequently the integration of more sophisticated and precise tools such as DRONES, geolocated aerial photogrammetric samples and their post-processing through digital editing and photointerpretation make cartography, topography and measurement processes and control of works, buildings, roads from the audit becomes more efficient and effective in many ways. The present work of technical report, I apply a method of verifying the perimeters of properties to intervene with civil works through the compendium of a series of post-processing protocols of images obtained with DRONE technology and various Photogrammetry software and the fusion of points of high-precision terrestrial control, generating the development of cartographic information and the development of the photointerpretation of a property that will be intervened with the construction of an oncology center, thus determining through this document the reliability of said topographic and photogrammetric methods that improve the conditions of verification of the surveying of a property and therefore configures the use of the tool of DRONES and the discipline of photogrammetry, as essential as this precision tool becomes an instrument that facilitates the task of the Comptroller as appropriate. to the verification of areas and perimeters of the lots to be intervened in civil works, whether in the public or private sphere. The results of this technical report highlight the lack of accuracy of the official cartographic information of the IGAC, when using photointerpretation methods of aerial photos achieved at more than 1500 meters from

manned aircraft and the effectiveness of drone technology and photogrammetry in Regarding the results obtained, it allows great accuracy, saving time and resources and improves the precision of the data obtained.

Keywords: topographic survey, drone survey, traditional survey, precision, Orthomosaic, Photointerpretation

Glosario

Acta: “documento donde se describe un evento del contrato o lo tratado en una reunión, dejando constancia de los compromisos y tareas pactadas e indicando el responsable de cada una de ellas” (Superintendencia de Notariado y Registro, 2021, p. 2).

Agrimensura: la agrimensura es la rama de la topografía destinada a la delimitación de superficies, a la medición de áreas y a la rectificación de límites (*Material de Agrimensura*, s/f).

Carta Catastral Urbana: “es el documento cartográfico georreferenciado en el que se encuentran individualizados los predios que conforman la manzana catastral con su respectiva identificación y nomenclatura vial y domiciliaria” (*Carta Catastral Urbana*, s/f, párr.1).

Flight logbook (Bitácora de Vuelo): es un registro escrito en donde “cada piloto, copiloto e ingeniero de vuelo, llevará un libro o bitácora personal de vuelo, en la cual consignará como mínimo la siguiente información:

- a. Fechas de los vuelos,
- b. Marca clase y tipo de aeronave,
- c. Matrícula de la aeronave,
- d. Motor y Potencia,
- e. Etapas o trayectos efectuados,
- f. Observaciones,
- g. Entrenador o simulador de vuelo,
- h. Escuela de vuelo, día, solo, noche e instrumentos simulados, (sí aplica)
- i. Tiempo como copiloto, día noche e instrumentos, (sí aplica)
- j. Tiempo como piloto autónomo, día, noche e instrumentos, (sí aplica)
- k. Total, tiempo de vuelo, tiempo cada hoja, tiempo anterior y gran total.
- l. Firma y licencia del tripulante, firma y licencia de instructor, estadístico o persona

autorizada y visto bueno de inspector o representante de la Dirección de medicina de aviación y Licencias Aeronáuticas.

Es responsabilidad de cada tripulante mantener debidamente actualizada su bitácora personal de vuelo, así como la veracidad de su contenido (Unidades Administrativas Especiales. (2018).

Fotogrametría: la fotogrametría es la técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto (Gobierno de Navarra, ed., 2019).

Fotointerpretación: la fotointerpretación es un método de investigación que a través de las fotografías aéreas permite deducir e identificar las características de los objetos y del área fotografiada (Agrim, s.f).

Interventor: el interventor, es la persona natural o jurídica contratada a través de un proceso de selección por concurso de méritos o mínima cuantía, para ejercer la vigilancia y control de la correcta iniciación, ejecución y liquidación de los contratos de obra con el fin de prevenirlos posibles riesgos que deba asumir la entidad como consecuencia de la obra contratada (*De Supervisión, M., & Interventoría, E., s/f. p.3*)

Interventoría: seguimiento y control del cumplimiento del contrato de obra realizado por una persona natural o jurídica contratada para tal fin por el Estado (Superintendencia de Notariado y Registro, 2021).

Magna-Sirgas: sistema de referencia geodésico usado en la zona Colombia-Bogotá.

MDE: Modelos de Elevación Digital.

Monitoreo de Obra: es un sistema que verifica si las actividades se están llevando a cabo según lo planeado.

Nubes de puntos 3D: “se refiere a un conjunto de vértices en un sistema de coordenadas

tridimensional. Estos vértices se identifican habitualmente como coordenadas X, Y, y Z y son representaciones de la superficie externa de un objeto” (Berrio, 2019, párr. 7).

Obras civiles: se refiere al proceso de construcción de una infraestructura en general.

Ortofoto: imagen fotográfica del terreno con proyección ortogonal, esta proyección permite que se eliminen las distorsiones planimétricas dadas por la inclinación de la cámara y por el desplazamiento que se da debido al relieve, dicha imagen da origen después de un respectivo procesamiento a mosaicos de cualquier plano seleccionado (Geocom, 2022).

Ortomosaico: “producto de imagen fotogramétricamente ortorrectificado organizado como mosaico a partir de una colección de imágenes, donde la distorsión geométrica se ha corregido y donde se ha realizado un balance de color de las imágenes para producir un dataset de mosaico continuo” (*Ortomosaico 2D*, s/f, párr.1).

Planeación: determinación de lo que se pretende realizar, incluyendo las estrategias que posibilitan alcanzar una meta específica anteriormente planteada, este proceso se compone de distintos pasos fundamentales, tales como, análisis de la situación problema, descripción de los objetivos, definición de la metodología, procedimientos y demás actividades que ejecutadas permiten obtener la meta establecida (Orozco, 2023).

Programa de Obra: representación gráfica de las metas físicas mediante la cual el Contratista organiza cronológicamente en forma detallada y secuencial cada una de las actividades que hacen parte del proceso constructivo de la obra, dentro del plazo establecido. Este programa es la base para la elaboración del Programa de Inversiones (Rodríguez, 2021).

Introducción

La topografía y la fotogrametría y el desarrollo de la fotointerpretación son disciplinas que convergen en uso de tecnologías de precisión desde la estación total y ahora el uso de drones con sensores de telemetría y posicionamiento geolocalizado que al final basa su resultado en la representación gráfica de modelos de terrenos y edificaciones en 2D y 3D.

Desde la topografía siendo este el campo de estudio que examina los principios y métodos que acceden a la visualización de las formas, detalles y componentes de la tierra, tanto los naturales como los creados por el hombre. Esta representación se realiza siempre en relación con un área de terreno limitada, utilizando un plano imaginario y un conjunto de coordenadas tridimensionales (x, y, z). El resultado de esto es un mapa topográfico, que muestra la configuración del terreno en la zona examinada. De esta manera, los mapas topográficos indican la altitud del terreno mediante sistemas de líneas que conectan puntos específicos con un plano de referencia, que generalmente es el nivel del mar (Artesanía, 2020).

Desde la fotogrametría podemos establecer que dicha técnica tiene como objetivo estudiar y definir en forma precisa la forma, dimensiones y georreferenciación en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto (Instituto Geográfico Nacional de España, 2021).

Podemos concluir que dichas disciplinas de la Topografía y la fotogrametría y el desarrollo de la fotointerpretación son de vital importancia para disciplinas como la agrimensura, la cartografía, la exploración minera, la oceanografía, entre otras tantas que comprenden las ingenierías, específicamente es útil en los procesos de edificar o la ejecución de obras civiles, debido principalmente a que la topografía y la fotogrametría se ocupa de describir exactamente la realidad física inmóvil del lugar de estudio, sea este una ciudad, un campo o un valle entre montañas (Concepto, 2020).

Por lo anterior en cuanto a los conceptos de la topografía y la fotogrametría, el presente documentos de Informe Técnico busca aplicar un método o protocolo desarrollado por el Arq. Robert Gutiérrez Ortiz que está en fase de experimentación y exploración que según las investigaciones genera la precisión en dimensiones y geolocalización de perímetros de terrenos o edificaciones a través de la fotogrametría con el uso de tecnología Dron, con el objeto de complementar la tarea de la Interventoría que tiene igualmente funciones de revisión y verificación no solo de cantidades de obra de una futura construcción sino también debe verificar las condiciones de dimensionamiento físico y características topográficas del terreno a intervenir para el desarrollo de un proyecto ya sea del orden arquitectónico o de Ingeniería.

Por lo anterior se busca aplicar en el presente informe técnico todos los conocimientos aprendidos durante el Diplomado de Piloto de Operaciones RPAS y fotogrametría permitiendo de esta forma desarrollar y definir conclusiones que establezcan conceptos en cuanto a la precisión y funcionalidad para las ingenierías y las Interventorías, la nueva tecnología emergente como lo son los drones y el posproceso de las disciplinas de la Topografía y la fotogrametría.

1. Método de la supervisión de la interventoría para verificación de los perímetros catastrales a través de la tecnología drone y la Fotogrametría en un lote a intervenir para el desarrollo del proyecto Centro Oncológico FOSUNAB

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Desarrollar un método para la supervisión de la interventoría con el objeto de verificar perímetros catastrales a través de la tecnología dron y la fotogrametría en un lote a intervenir para el desarrollo del proyecto centro oncológico FOSUNAB.

1.1.2 Objetivos específicos

Realizar un levantamiento fotogramétrico planificado con tecnología de drone y sistema de GPS de alta precisión, que nos permita verificar el dimensionamiento y estado físico o topográfico del predio objeto.

Revisar y analizar la precisión geolocalizada y dimensiones del terreno a partir de la carta catastral dada por el organismo oficial Instituto Agustín Codazzi y/o Área Metropolitana de Bucaramanga.

Aplicar los diferentes procesos de Fotogrametría a partir de la utilización de software Pix4d Mapper y Recap Pro para la edición y verificación de nube de puntos y ortomosaicos a fin de correlacionar un método eficaz de fotointerpretación en AutoCAD.

Desarrollar la Fotointerpretación de nube de puntos y ortomosaico resultado del procesamiento de fotogrametría para definir una planimetría escalada que permita establecer las dimensiones del lote a intervenir.

Desarrollar la comparativa entre la planimetría cartográfica convencional de la carta catastral IGAC y la cartografía dada por la tecnología drone y la fotogrametría en dimensiones perimetrales y áreas a fin de establecer la eficiencia del método para aplicar la verificación de los perímetros y propiedad de un terreno para afianzar la tarea de control y verificación del Interventor.

2. Marco referencial

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico, es la primera fase del estudio técnico y descriptivo de un terreno, en el cual se examinan las características físicas, geográficas y geológicas y las variaciones o alteraciones existentes del mismo, con un conjunto de métodos y operaciones para medir, procesar y transmitir los datos del terreno, que permiten representar con mayor detalle y exactitud gráficamente en un plano y a escala reducida, marcando todos los puntos que tengan algún interés relevante, así como también si existen alteraciones en el terreno hechas por el hombre como construcciones, excavaciones, etc. (Importación y Comercialización de Instrumentos Científicos, 2020).

Existen diferentes tipos de levantamiento en un terreno, a saber: levantamientos topográficos urbanos, levantamientos topográficos catastrales, levantamientos topográficos de construcción, levantamientos topográficos hidrográficos, levantamientos topográficos forestales (IGAC, 2022).

2.1.2 Fotogrametría

La fotogrametría es la ciencia cuyo objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de objetos en el espacio, a través de la medida o medidas realizadas a partir del traslapo o superposición de dos o más fotografías, o de una fotografía y el modelo digital del terreno correspondiente al lugar representado, el cual ha de ser realizado anteriormente por intersección de dos o más fotografías (IGAC 2022).

2.1.3 Fotointerpretación

Acción o proceso de examinar imágenes fotográficas, con el propósito de identificar objetos o condiciones y apreciar su significado (Máster RPAS: Máster en RPAS de Altas Prestaciones, 2021).

Las finalidades de la fotointerpretación son: Identificación de elementos o áreas homogéneas, que requieren una previa detección mediante un completo reconocimiento de aspectos formales. Interpretación que permite extraer del fotograma la información buscada. Teledetección: Técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material ((Máster RPAS: Máster en RPAS de Altas Prestaciones, 2021).

2.1.4 Planimetría

La planimetría hace referencia a una herramienta centrada en la medición y escritura de una parte de la superficie de la tierra sobre un plano. Puede ser considerada como una sección de la topografía enfocada en el análisis de los procedimientos empleados para conseguir representar las características de un terreno en una superficie plana (Arcux, 2020).

Por su parte, en la arquitectura se centra en la elaboración de los diseños de plantas, secciones y fachadas, los cuales son fundamentales para una correcta organización y circulación.

Esta técnica puede ser complementada con diseños que incluyan especificaciones, estructuras e instalaciones interiores. Además, el análisis exhaustivo del diseño arquitectónico ofrece una perspectiva interesante para descubrir innovaciones y mejoras que permitan crear espacios más eficientes y adecuados a las necesidades tanto del proyecto como de sus usuarios (Arcux, 2020).

2.1.5 Altimetría

La altimetría está compuesta por métodos que proyectan los puntos sobre la superficie terrestre en el plano vertical, esto a través de un proceso conocido como nivelación y que principalmente se utiliza para calcular las disparidades de altura (distancia vertical) entre los puntos de la tierra (Mejía et al., 2007).

2.1.6 Levantamiento Topográfico Tradicional

Un levantamiento tradicional implica describir un área desde la perspectiva topográfica a partir del uso de herramientas especializadas con las que el topógrafo examina detalladamente la superficie del terreno y recopila información, generalmente esto es ejecutado utilizando un teodolito o una estación total. Con los datos obtenidos en el mapeo topográfico se generan mapas o planos detallados de una ubicación, describiendo especialmente las características del terreno como por ejemplo las elevaciones o variaciones de altura (Pymet, s. f.).

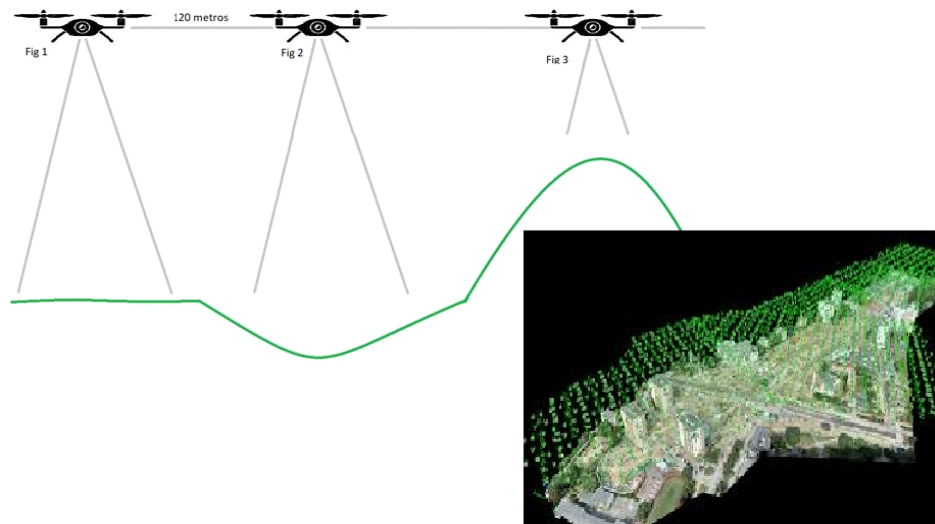
Con esta técnica se busca principalmente establecer la ubicación del terreno entre dos puntos en un plano horizontal. Aquí es cuando entra en actividad la planimetría, la cual es definida como el procedimiento de representar a escala un terreno en un plano. Por tanto, en esta etapa se excluyen aspectos como la altitud y el relieve del terreno Después y siguiendo el plano horizontal, se lleva a cabo el procedimiento de nivelación directa para calcular la elevación del terreno entre varios puntos. En este proceso, se comienza desde un punto en el que la altura es conocida para

proceder con la medición de la altura vertical del terreno, lo que permite establecer las altitudes o identificar diferentes puntos o coordenadas (Pymet, s. f.).

2.1.7 Levantamiento Fotogramétrico con drone

El uso de drones para levantamiento fotogramétrico para su desarrollo en la topografía y la cartografía se fundamenta en la captura de imágenes aéreas mediante el uso de sensores de telemetría orientados hacia el suelo con el objeto de identificar las irregularidades de la superficie ya sea de cobertura vegetal, elementos contruidos y pendientes del terreno 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, 2019).

Figura 1. Levantamiento Fotogramétrico para topografía con drones



Tomado de Inflight (2021).

A partir de la información de imágenes levantada por la aeronave, un *software de*

fotogrametría genera ortomosaicos georreferenciados, modelos 2D de relieve o modelos tridimensionales del área del proyecto. Dichos mapas también se emplean para obtener datos como distancias de precisión o mediciones de volúmenes.

En comparación con los aviones tradicionalmente tripulados y las imágenes satelitales, esta tecnología se encuentra diseñada para volar a una altitud mucho menor que las tecnologías actuales, lo que permite que la generación de datos de alta resolución y precisión tengan una optimización en cuanto a tiempo, costos y a las condiciones atmosféricas como la cobertura de nubes (Wingtra, 2019).

2.1.8 Pix4D Mapper

Pix4D es un software de procesamiento de imágenes, que son obtenidas producto del mapeo con drones y dispositivos móviles. A través del uso de algoritmos de última generación y avanzadas técnicas de procesamiento fotogramétrico genera nubes de puntos, modelos digitales de superficie y ortomosaicos de muy alto detalle que son utilizados en el campo de la fotogrametría, cartografía, topografía y otras disciplinas (uavlatam.com).

La principal ventaja de Pix4D Mapper es que el software crea “gemelos digitales”, es decir una réplica digital, de cualquier producto o infraestructura física a partir de las imágenes registradas por un drone o cualquier otro equipo. Esto permite realizar análisis avanzados, monitorización y predicción sobre el estado de un producto o proceso físico. Otro sector en el que se usa el Pix4D Mapper es en el sector de la construcción para realizar el replanteo de una obra, puesto que en varias ocasiones el área o terreno de ejecución suele tener características distintas a las del plano. En ese sentido, una solución es la recolección de datos con drones y el procesamiento con el software Pix4D, los cuales permiten generar un gemelo digital del área con mayor precisión y en menor tiempo (Vera, 2023).

2.1.9 AutoCAD

Es un software de diseño asistido por ordenador que emplea dibujos en dos dimensiones y modelado en tres dimensiones. La compañía Autodesk bautiza al software con el nombre de AutoCAD debido a que Auto hace alusión a la compañía y CAD al diseño asistido por ordenador (por sus iniciales en inglés Computer-Aided Design). El software es reconocido a nivel mundial gracias a su amplia capacidad de edición, al hacer posible el dibujo de planos de edificios, maquinaria, entre otras especificaciones de forma digital (Alicia, 2022).

Actualmente es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros profesionales que lo emplean en sus proyectos diarios. Además de las funciones mencionadas, AutoCAD es un software que proporciona interfaces de programación de aplicaciones (API), la cual puede ser empleada para determinar los dibujos y las bases de datos (Alicia, 2022).

2.1.10 Recap Pro

De acuerdo con Autodesk (s. f.), el software informático ReCap Pro ayuda a diseñadores e ingenieros a capturar modelos detallados de alta calidad de elementos reales. Con ReCap Pro, se podrá ejecutar lo siguiente:

Conocer y verificar las condiciones existentes y los elementos de acuerdo con la obra para obtener información y tomar decisiones más acertadas.

Proporcionar una nube de puntos o una malla para impulsar procesos de BIM (Modelo de información para la construcción, Building Information Modeling, por sus siglas en inglés) y colaborar entre equipos en un contexto real.

Llevar a cabo proyectos de topografía, planificación, construcción y renovación de edificios e infraestructuras.

2.1.11 ArcGIS

El sistema ArcGIS permite reunir, estructurar, dirigir, analizar, compartir y distribuir datos geográficos. Es empleado por múltiples personas a nivel mundial que se benefician de su conocimiento geográfico para diferentes intereses, dentro de sus beneficiarios se encuentra el gobierno, empresas, la ciencia, la educación y diferentes medios. Este sistema se encuentra a la mano de sus usuarios a través de navegadores como la Web, dispositivos móviles y diferentes equipos de escritorio (Resources, s. f.).

2.1.12 Global Mapper

Global Mapper es una aplicación de sistema de información geoespacial (SIG) potente y accesible que combina una amplia variedad de soluciones de software para el procesamiento de datos espaciales y ofrece acceso a una variedad de formatos utilizados en el campo del diseño asistido por computadora (CAD), SIG y la ingeniería (Geoilenergy, s. f.).

2.1.13 Google Earth Pro

Google Earth es un sistema de recolección de datos geográficos que a partir de un globo terráqueo virtual permite visualizar múltiples cartografías, basadas en imágenes satelitales. Además de esto, Google Earth permite la creación de entidades de puntos, líneas y polígonos que tienen la posibilidad de crear mapas. Este mapa se conforma mediante la superposición de imágenes captadas por satélites, fotografías tomadas desde el aire, datos geográficos provenientes de sistemas de información geográficas a nivel mundial y modelos generados por computadoras. Este programa cuenta con diversas licencias, siendo la versión gratuita la más utilizada y accesible para dispositivos móviles, tabletas y computadoras personales (Rodao, 2021).

2.1.14 Concoord

Esta herramienta se encuentra diseñada para facilitar la conversión y la transformación de coordenadas con el objetivo de ayudar a las personas que deseen realizar todo tipo de conversión y transformación de coordenadas del antiguo sistema de referencia “Internacional de Bogotá” al nuevo sistema de referencia “Magna-Sirgas” el cual ha sido establecido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Adminonline, 2016).

2.2 Marco teórico

En el presente informe técnico, se realiza con un comparativo sobre un levantamiento cartográfico realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi a través de vuelo con aeronave tripulada a más de 1500 metros con herramientas de estereoscopio de espejos realizado tradicionalmente por un ingeniero cartográfico en un lote con el cual se ejecutará el proyecto del centro oncológico FOSUNAB y el levantamiento Fotogramétrico para cartografía realizado mediante tecnología drone, comparando las medidas perimetrales de la carta catastral del predio, los documentos legales del predio y las dimensiones geolocalizadas del lote según las muestras fotogramétricas del drone

Para este caso particular fue tomado como marco de referencia el “Análisis comparativo de levantamiento cartográfico y topográfico tradicional basado en el análisis de la carta catastral y el levantamiento fotogramétrico con la tecnología de drone y su desarrollo en planimetría según método de Fotointerpretación en AutoCAD realizado por el Arq. Robert Gutiérrez Ortiz para el departamento de Fotogrametría del BIF (Banco inmobiliario de Floridablanca). En este estudio se efectúa un levantamiento cartográfico utilizando dos métodos diferentes para posteriormente ser comparados entre sí para determinar cuál de ellos ofrece una mayor precisión en las mediciones de un terreno. La precisión o rendimiento fue evaluado en base al error obtenido en las mediciones

del levantamiento cartográfico hecho por el Instituto Agustín Codazzi con aeronaves de vuelo tripulado a 1500 metros y pos procesado con estereoscopio de espejos en comparación con las medidas trazadas en el plano de un levantamiento fotogramétrico hecho con drones.

Se toma como base este proyecto, debido a que este representa un avance tecnológico que revoluciona la forma en que se llevan a cabo los nuevos levantamientos cartográficos con drones.

Finalmente, el estudio concluye en que la tecnología de DRONE tiene diversas ventajas en relación con el tiempo del levantamiento cartográfico tradicional, además de esto, esta tecnología solo demanda de una persona para la manipulación y programación del drone, y un experto en posprocesos con software de Fotogrametría.

2.3 Marco legal

Ley 1341 de 2009: “por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –TIC, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones” (Congreso de Colombia, 2009, p.1).

Ley 1476 de 2011: “por la cual se expide el régimen de responsabilidad administrativa por pérdida o daño de bienes de propiedad o al servicio del Ministerio de Defensa Nacional, sus entidades adscritas o vinculadas o la Fuerza Pública” (Congreso de Colombia, 2011, p.1).

Resolución número 01594 de 2018: “por la cual se adopta e incorpora a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia la norma 'RAC 91 - Reglas Generales de Vuelo y de Operación” (Unidades Administrativas Especiales, 2018, p.1).

Circular Reglamentaria 002 de Julio 27 de 2015, requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones para RPAS (Numeral 4.25.8.2). Esta circular aplica a cualquier persona (natural o jurídica) u organizaciones gubernamentales civiles interesadas en efectuar operaciones en el

espacio aéreo colombiano con aeronaves pilotadas a distancia RPA, con fines diferentes a los de recreación y deporte.

Las instrucciones establecidas en esta circular tienen por finalidad proteger a las aeronaves tripuladas de eventuales riesgos de colisión con una aeronave no tripulada, así como evitar daños a la integridad física, vida y bienes de terceros en la superficie. Las operaciones autónomas, en el ambiente civil, haciendo uso de vehículos Aéreos Autónomos de cualquier peso están prohibidas, independiente de cuál sea su finalidad.

Resolución 04201 de 2018: “por la cual incorporan a la norma RAC 91 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia unas disposiciones sobre operación de sistemas de aeronaves no tripuladas UAS y se numeran como Apéndice 13, y se adoptan otras disposiciones” (Ministerio de Transporte, 2018, p.1).

Ley 1978 de 2019: “Por la cual se moderniza el Sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC, se distribuyen competencias, se crea un Regulador Único y se dictan otras disposiciones” (Congreso de Colombia, 2019, p.1).

Decreto 1064 de 2020: “Por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones” (República de Colombia, 2020, p. 1).

Decreto 1065 de 2020: “Por el cual se modifica la planta de personal del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones” (Presidente de la República de Colombia, 2020, p.1).

2.4 Antecedentes y Estados del Arte

2.4.1 *Antecedentes Internacionales*

2.4.1.1 Modelo1. “Análisis resultados experimentales obtenidos del levantamiento topográfico del campo de futbol del núcleo Universitario de la UJED en Gómez Palacio, Durango” (Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango).

Los resultados experimentales mostrados en este trabajo se realizaron mediante cuatro metodologías, la primera se llevó a cabo de la manera más tradicional o como se realizó a los inicios de la topografía, esto es, con cinta métrica, se presentan los resultados experimentales obtenidos con dicho método o procedimiento.

En este trabajo se lleva a cabo el levantamiento topográfico con cuatro métodos y comparados entre sí, para conocer que metodología o equipo tecnológico muestra una mayor precisión en las mediciones de un terreno. El desempeño o precisión es medido de acuerdo con el error obtenido en las mediciones del levantamiento topográfico con respecto a las medidas con las cuales fue trazado en el plano. Los métodos por utilizar para el levantamiento topográfico son: con cinta métrica, estación total, nivel topográfico y drone. Los resultados experimentales mostrados en este trabajo se realizaron mediante cuatro metodologías, la primera se llevó a cabo de la manera más tradicional o como se realizó a los inicios de la topografía, esto es, con cinta métrica, se presentan los resultados experimentales obtenidos con dicho método o procedimiento.

El otro levantamiento topográfico del mismo campo de futbol se llevó a cabo utilizando la tecnología de la estación total. Casi todos los distanciómetros funcionan por el método de la comparación de fase, consistente en la salida de una onda portadora desde un foco emisor que, tras reflejarse en el prisma, regresa al origen. La portadora es tratada con una onda moduladora,

recorriendo el doble de la distancia que se pretende evaluar. La onda moduladora tiene la misión de configurar el enlace entre el foco emisor y el prisma, siendo usual en las estaciones totales el empleo de haces de luz infrarrojo. Los sistemas de modulación utilizados usualmente son; en frecuencia, en amplitud, pulsante y por giro del plano de polarización.

Finalmente, se realizó la obtención de las medidas del campo de futbol con la tecnología basada en los vehículos aéreos no tripulados conocido como drone.

Los cuatro métodos consistentes en topografía con cinta métrica, estación total, nivel topográfico y drone arrojaron las siguientes conclusiones: Se apreció que con el método tradicional por cinta se lleva mucho tiempo y además es necesario la ayuda de al menos dos personas para realizar el levantamiento por cinta.

Realizar el levantamiento con estación total conlleva a tener la tecnología de dicha tecnología la cual debe de ser calibrada cada cierto tiempo y para el levantamiento con estación total es necesario al menos dos personas para llevarlo a cabo.

Para el levantamiento con nivel topográfico se requiere contar con el equipo lo mismo que con la estación total estar calibrado o calibrarse por lo menos cada año, de igual manera que con la estación total es un poco tardado ya que también estos se tienen que montar y nivelar en el terreno a medir, también se necesitan por lo menos 2 personas para la realización del mismo, tomando en cuenta que la principal función de este aparato es el de sacar niveles del terreno, no obstante se pueden tomar distancias aproximadas por el método de líneas de estadía.

El levantamiento con el drone tiene muchas ventajas con respecto al tiempo en que se lleva a cabo un levantamiento, otra ventaja es que es necesario sólo una persona para manipular y programar el drone para el levantamiento topográfico, la desventaja de la tecnología con drone es que es necesario de inicio una gran inversión económica para adquirir un drone y un software que sea capaz de llevar a cabo las tareas que se asignan, que en este caso son de topografía. (Facultad

de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango).

2.4.2 Antecedentes nacionales

2.4.2.1 Modelo 1. Dentro de los métodos de levantamiento directo se encuentra el método topográfico con estación total y el sistema de posicionamiento global (GPS). Estos dos sistemas cuentan algunos errores de precisión o de cierre del modelo, agregándole el lapso de ejecución que muchas veces es extenso. Por otro lado, entra a influir el perito evaluador actor que desempeña una función esencial en todo el proceso de la gestión predial presentándose así una labor dispendiosa debido a su extenso proceso de inspección; su papel real es establecer en cada uno de los inmuebles intervenidos en la nueva vía una clara investigación expresada e identificada en áreas de cultivo, de lote, de construcción, entre otros y así poder generar una oferta de compra a partir del avalúo comercial.

La herramienta clave para la realización del proyecto está enfocada al levantamiento de información de uso del suelo mediante técnicas fotogramétricas en los procesos de gestión predial, optimizando nuevas tecnologías que podrían ser útiles en ella misma.

Se propone el uso de aeronaves remotamente tripuladas (RPAS) para la identificación del predio, considerando que este es un sistema al cual se está dando un nuevo enfoque a través de la siguiente investigación, con la finalidad de determinar áreas, realizar una inspección del terreno, establecer el uso del suelo, entre otras funciones que brindan la toma de fotografías aéreas. La implementación de este sistema genera menor tiempo en los levantamientos del terreno, mayor precisión en las áreas y es importante tener en cuenta que es una técnica la cual puede ser ágil y eficiente ya que las imágenes brindadas mediante las aeronaves remotamente tripuladas son llevadas a oficina con el objetivo de que tengan un post-proceso y se determine con precisión la

información capturada en campo (Cano y Obando, 2015).

3. Método - Fases y Actividades Específicas del Proyecto

Se desarrollará la siguiente metodología para el alcance de los objetivos planteados, a través de las siguientes fases del proceso de investigación:

3.1 Fase 1, Planificación de la misión

Sobre el predio de propiedad del Municipio de Floridablanca que será intervenido para las obras civiles del centro oncológico FOSUNAB. La Intervención o Misión de vuelo será desarrollada de acuerdo a una bitácora o Flight logbook en donde igualmente se establece el tipo de aeronave, las fechas, horarios, tiempos de vuelo, condiciones meteorológicas y regulación utilizada.

3.2 Fase 2, Ejecución del Flight logbook

En el trabajo de campo insitu o lugar de intervención para la toma de muestras fotogramétricas con el sistema RPAS o aeronave no tripulada.

3.3 Fase 3, Recolección de información base

Es decir, cartas catastrales del predio, escrituras de este y consecución e identificación del método de Fotogrametría utilizado del lote a intervenir.

3.4 Fase 5, Análisis y comparación

De los resultados obtenidos de la cartografía en forma tradicional y la cartografía efectuada con el Dron a partir de los documentos bases, las dimensiones de perímetro y su geolocalización

con el objeto de dar las conclusiones del informe técnico.

4. Desarrollo de los posprocesos a partir del Método y las fases

4.1 Fase I: Planificación de la misión

Para el proyecto se usó un dron Matrice 300 con estación RTK, con capacidad de despegue y aterrizaje vertical, equipado con una cámara y sensor Zemuse de 35mm y 50 megapíxeles, permitiendo capturar fotos aéreas con impresionantes detalles de color. El Dron cuenta con velocidad máxima de 45 mph, peso de despegue de 1375G, cardán de 3 ejes para disparos constantes, y tiempo de vuelo máximo de 50 minutos aproximadamente, el cual se usó con la aplicación DJI Pilot.

Luego de identificada la herramienta de vuelo, se diseñó el respectivo Flight logbook, utilizando datos de regulación como altura máxima 123 metros, distancia horizontal no mayor a 750 metros, se estipuló condiciones meteorológicas del aeródromo oficial y condiciones meteorológicas del sitio de inicio del vuelo. Igualmente se estipuló coordenadas geográficas de inicio de la misión y coordenadas return home, tamaño y extensión del polígono KML para rutear la misión en el aplicativo Pix4 capture, en fin, todos los datos que exige una planificación de vuelo a través del formato flight logbook para el desarrollo de una misión fotogramétrica como se aprendió en el Diplomado de piloto de operaciones RPAS y Fotogrametría de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga (Apéndice 4 Formato Flight logbook).

4.2 Fase II: Ejecución del Flight logbook

Una vez planificada la misión de vuelo para la toma de muestras fotogramétricas por parte del dron a través del Flight logbook se procedió a ejecutar el vuelo en el sitio de intervención de

la obra civil estableciéndose dos puntos de control con GPS de antena de alta precisión y la colocación de plataformas de color naranja para su aparición de las muestras fotogramétricas a fin de generar una geolocalización precisa desde el ortomosaico.

Dicha misión resulto efectiva y fueron tomadas todas las muestras necesarias de imágenes para posteriormente hacer su posproceso con los softwares de Fotogrametria (Apéndice 5 foto del sitio y focalización de las plataformas de puntos de control).

4.3 Fase 4, Posproceso de las imágenes o muestras fotogramétricas

Tomadas en el sitio a través de software Pix4d Mapper, Recap, y AutoCAD para desarrollar la Fotointerpretación y análisis del ortomosaico y la nube de puntos de conformidad a la metodología creada por el experto el Arq. Robert Gutiérrez Ortiz.

4.4 Fase III: Recolección de información base

Certificado de libertad y tradición del predio cuya matrícula es la N° 300-284759 cuya cabida y linderos consta de un área de *Diez ocho mil dos cientos treinta seis metros cuadrados (18.236 m²)*, equivalente a 1,8 hectáreas, cuyo uso o destinación es Área de cesión a favor el Municipio de Floridablanca de vivienda normalizada o urbanización.

Figura 2. Ficha Predial del IGAC, que Contiene Información Cartografía del Predio en Estudio

LOCALIZACIÓN CARTOGRAFICA		PLANCHAS No.:	FOTOGRAFÍA:	VUELO:	No.	RESUMEN DEL AVALUO	
PREDIOS COLINDANTES		NUMERO DEL PREDIO	CROQUIS DEL PREDIO			TERRENO	\$ RESOLUCION
Fondo de Inmuebles Ub.		000A				EDIFICACIONES	\$ MATRACION
						TOTALES	\$ INCORPORACION
						AVALUO DEFINITIVO	\$ VIGENCIA
						REAJUSTE	\$ VIGENCIA
						REAJUSTE	\$ VIGENCIA
						TERRENO	\$ RESOLUCION
						EDIFICACIONES	\$ MATRACION
						TOTALES	\$ INCORPORACION
						AVALUO DEFINITIVO	\$ VIGENCIA
						REAJUSTE	\$ VIGENCIA
						REAJUSTE	\$ VIGENCIA
						TERRENO	\$ RESOLUCION
						EDIFICACIONES	\$ MATRACION
						TOTALES	\$ INCORPORACION
						AVALUO DEFINITIVO	\$ VIGENCIA
						REAJUSTE	\$ VIGENCIA
						REAJUSTE	\$ VIGENCIA
						TERRENO	\$ RESOLUCION
						EDIFICACIONES	\$ MATRACION
						TOTALES	\$ INCORPORACION
						AVALUO DEFINITIVO	\$ VIGENCIA
						REAJUSTE	\$ VIGENCIA
						REAJUSTE	\$ VIGENCIA
						TERRENO	\$ RESOLUCION
						EDIFICACIONES	\$ MATRACION
						TOTALES	\$ INCORPORACION
						AVALUO DEFINITIVO	\$ VIGENCIA
						REAJUSTE	\$ VIGENCIA
						REAJUSTE	\$ VIGENCIA

NOMBRE FUNCIONARIO:	FIRMA:	ESCALA:	FECHA:
Ing. Daby Flórez S. Reconocedor Catastral	Daby Flórez	1:2000	DIA MES AÑO 11 04 13

682760104000001910002000000000

682760104000001910002000000000

FID	492
codigo	682760104000001910002000000000
codigo_ant	68276010401910002000
NUM_PRED	01-04-0191-0002-000
DIRECCION	LO AC-2 PARA CESION
AREA_TOT	18236
AREA_CON	0
NOMBRE	MUNICIPIO-DE-FLORIDABLANCA
DOCUMENTO	008902051768
AVALUO	123413000

Se llevó a cabo levantamiento planimétrico tradicional, con informe técnico de las diferentes necesidades y actividades desarrolladas según IGAC. La metodología utilizada para este levantamiento fue el utilizado en cartografía tradicional fotos aéreas tomadas desde una aeronave a 1500 metros de aproximación y pos procesada por estereoscopio de espejos.”.

4.5 Fase IV: Posproceso de las imágenes o muestras fotogramétricas

4.5.1 Localización y ubicación del proyecto

El bien inmueble o predio objeto del presente estudio y comparación se encuentra ubicado en el municipio de Floridablanca, Santander, sobre la vía Transversal 154 y delimitado o con colindantes como el conjunto multifamiliar Club House 3, Conjunto multifamiliar IRAWA, propiedad privada denominada Hacienda Ginebra y una reserva forestal del Municipio de Floridablanca. El bien inmueble o lote objeto de estudio tiene el código catastral No. 682760104000001910002000000000 y Numero predial: 01-04-0191-0002-000

Figura 3. Localización y Ubicación del Proyecto



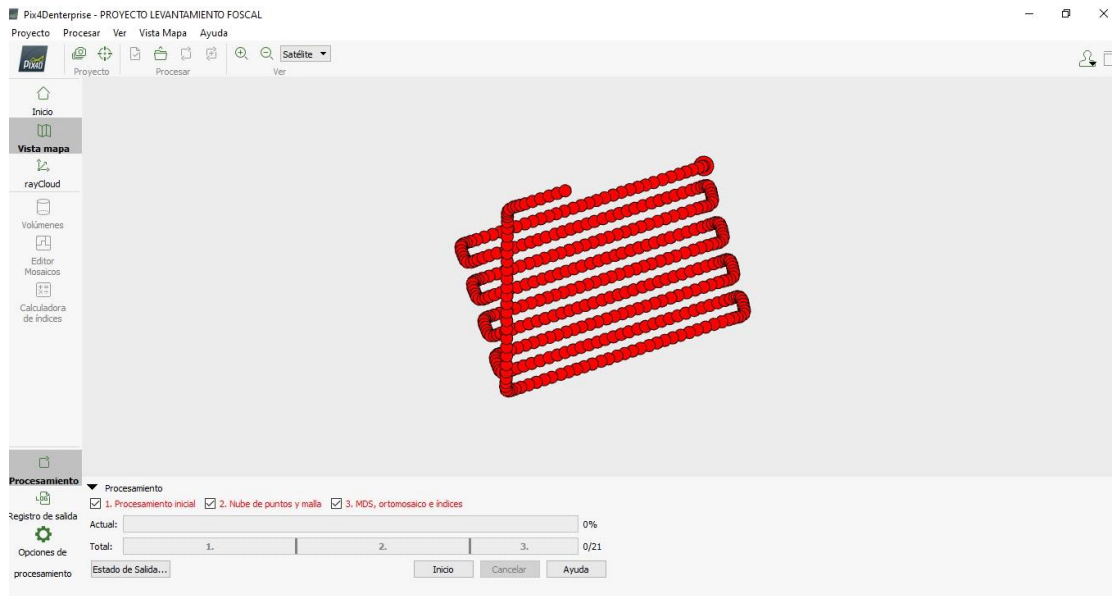
Tomado de *Google Earth Pro* (s,f).

4.5.2 Análisis de Datos (Desarrollo de Fases del posproceso de Fotogrametría que se utilizó para efectuar el proceso de comparación)

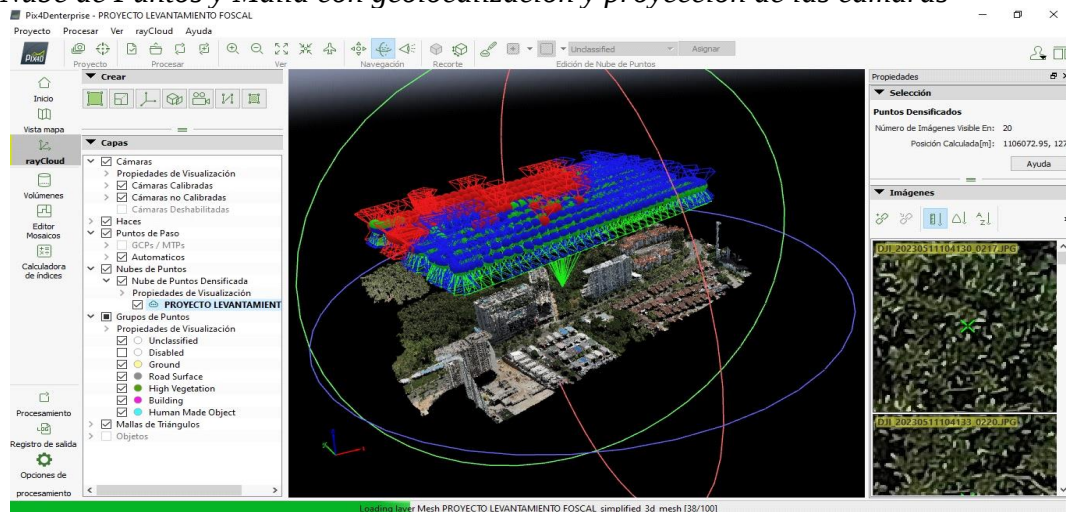
Para desarrollar el posproceso con el software Pix4d Mapper, fue necesario inicialmente revisar todas las imágenes a fin de determinar que su generación están de acuerdo a los ángulos de cámara y traslapo u overlap programada en el ruteo que se definió a través del aplicativo Pix4d capture en el momento de ejecución de vuelo y de conformidad al Flight logbook. Al iniciar el posproceso de las imágenes en el programa PIX4D Mapper este software llevo a cabo la detección automática de miles de puntos comunes o coincidentes entre imágenes traslapadas, en el que cada punto característico que es encontrado en una imagen se conoce como punto clave o punto de paso. Es importante tener en cuenta que para el Posprocesamiento con pix4d Mapper las imágenes deben estar desarrolladas en formato.jpg o Tiff

Al iniciar el posproceso en Pix4d Mapper se crea un proyecto nuevo y se importan las imágenes para poder detectar la geolocalización de cada una de las muestras fotogramétricas, ángulos y niveles generado por la telemetría de los sensores del drone, se detecta el tipo de cámara utilizada por la aeronave y se determina el tipo de coordenadas a generar en este caso MAGNA SIRGAS, BOGOTA ZONE.

Posteriormente se escoge el tipo de posproceso entre Estandar 3D MAPS o 3D MAPS RAPID LOW RES. El procesamiento RAPID es la opción de procesamiento más indicada, ya que ofrece buenos resultados rápidos con un mínimo de margen de error con la precisión de un 98,8% en los resultados de geolocalización y superficie de nube de puntos. También el sistema RAPID, se considera la mejor opción para generar un ortomosaico buena definición de la imagen en TIFF, para mapas índices. Igualmente genera buena resolución del Modelo Digital de Superficie (MDS) con suficiente resolución para la mayoría de los usos.

Figura 4. Procesamiento Inicial

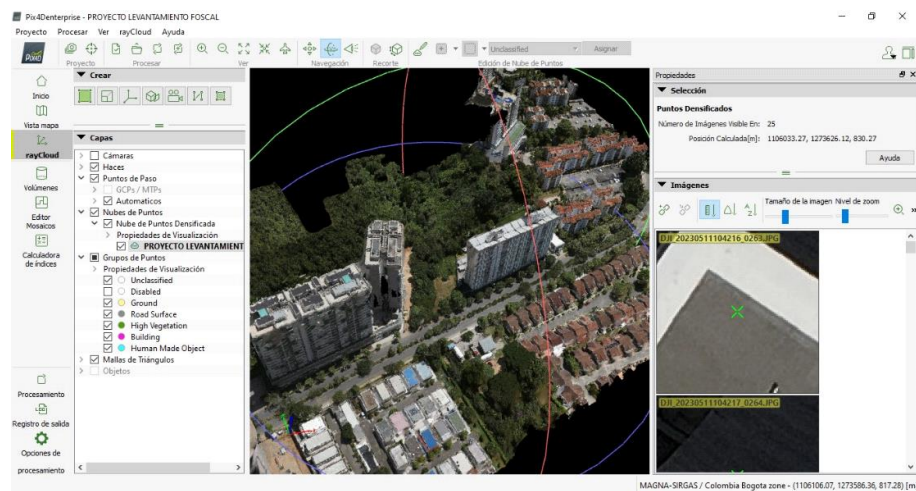
El proceso Inicial que desarrolla la identificación de puntos y su geolocalización en el espacio digital del software, se muestra la forma de la ruta de muestras fotogramétricas tomadas por el drone y luego se hace la primera densificación de número de puntos para generar la primera point cloud que muestra una apariencia 3D del terreno no muy definida.

Figura 5. Nube de Puntos y Malla con geolocalización y proyección de las cámaras

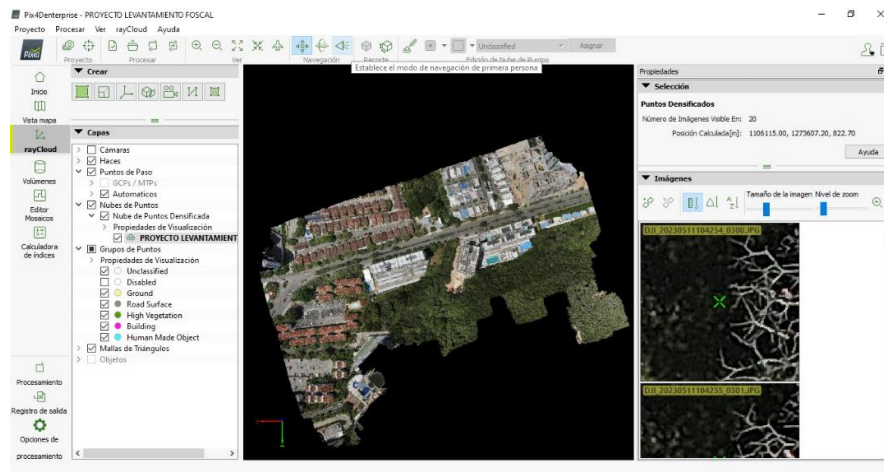
Luego se desarrolla el paso 2 de nube de puntos y malla de acuerdo con las condiciones o requisitos particulares, en el presente caso de estudio del posproceso, se tuvieron en cuenta los procesos de formatos a exportar para poder generar entregables en diferentes formatos que son compatibles con otros softwares como KML, Tiff, Geotiff, LAS, XYZ y otros.

Dentro de las características, y como se observa, la malla texturizada 3D es considerablemente definida e informativa y debido a la densidad de los puntos permite dimensionar los elementos existentes fiel copia de la realidad en el área levantada.

Figura 6. Malla Texturizada 3D



Y, por último, PIX4D mapper en el paso 3 permite establecer las características para generar el MDS, orthomosaico e índices, generando los resultados adicionales como contornos de curvas de nivel. Según los requerimientos. Luego de desarrollado este último paso del posproceso en el software, podemos visualizar la nube de puntos, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 7. *Nube de Puntos*

El software Pix4d mapper genera en forma automática el Quality Report que consiste en un reporte con la información y características del proyecto con detalles de cada procesamiento realizado, el inicial, la nube de puntos y el DSM y orthomosaico, lo cual nos permite identificar las imágenes procesadas, las características en cada proceso, los errores o inconsistencias en el cruce de información, el sistema de triangulación para generar el modelo 2D y 3D, los puntos coincidentes de las imágenes geolocalizadas para generar el modelo de nube de puntos 3D y otras informaciones del proceso.

Figura 8. *Reporte con la Información y Características del Proyecto*



Quality Report

Generated with Pix4Dentertain version 4.5.6

Important: Click on the different icons for:

-  Help to analyze the results in the Quality Report
-  Additional information about the sections

 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

Project	PROYECTO LEVANTAMIENTO FOSCAL
Processed	2023-11-11 19:29:35
Camera Model Name(s)	ZenmuseP1_35.0_8192x5460 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.54 cm / 0.61 in
Area Covered	0.125 km ² / 12.5383 ha / 0.05 sq. mi. / 30.9988 acres
Time for Initial Processing (without report)	27m.06s

Quality Check

 Images	median of 2847 keypoints per image	
 Dataset	256 out of 391 images calibrated (65%), all images enabled, 2 blocks	
 Camera Optimization	6.67% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
 Matching	median of 735.316 matches per calibrated image	
 Georeferencing	yes, no 3D GCP	

Figura 9. Resumen del Proyecto

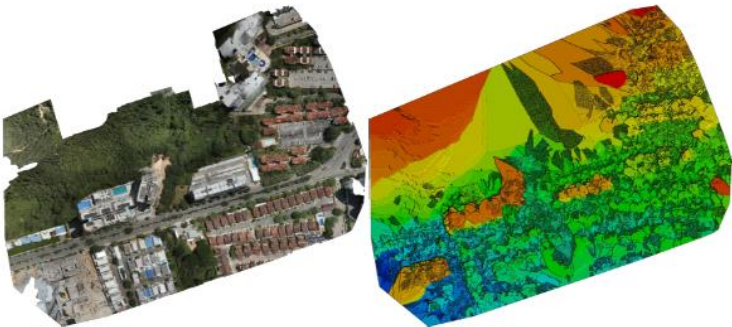
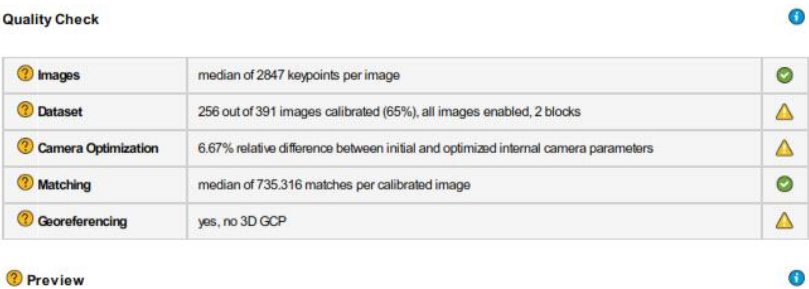


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

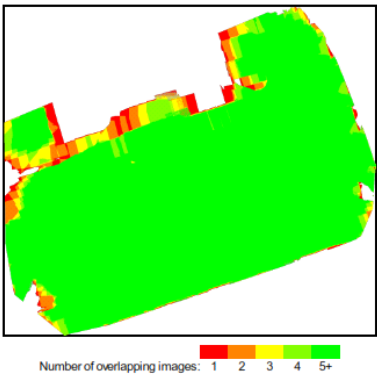
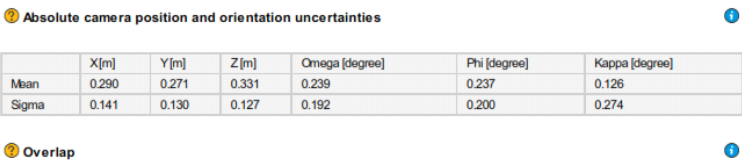


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

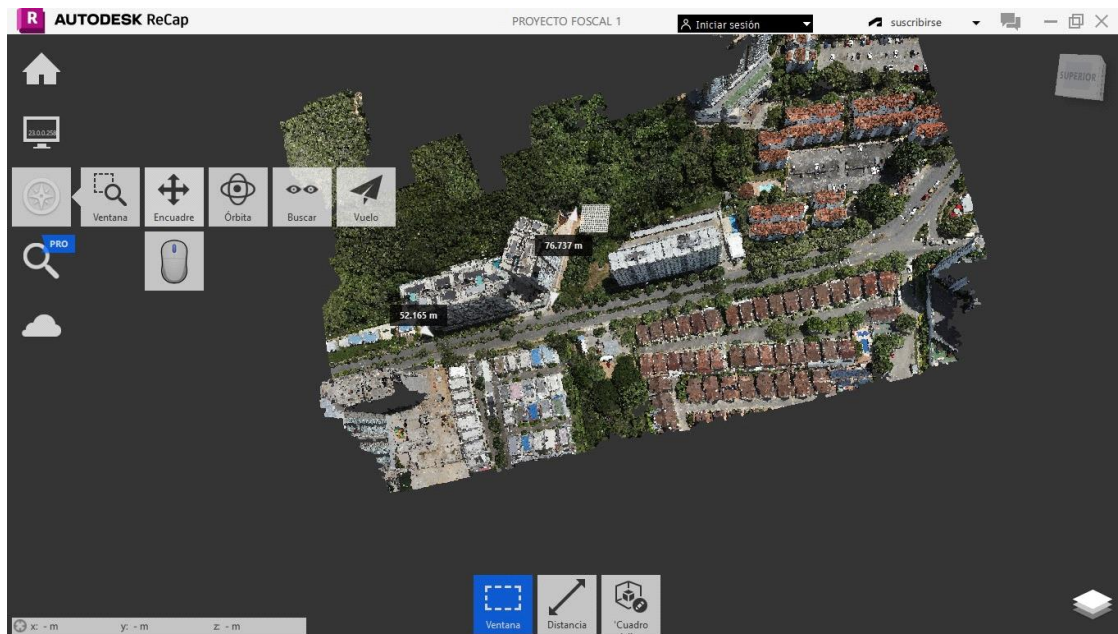
Una vez desarrollado todos los tres (3) procesos del software Pix4d Mapper para generar el levantamiento de los modelos en 2D y 3D y en los formatos elegidos durante el posproceso, se

encuentra la nube de puntos, la cual se exporta en formato. LAS o XYZ, luego de este proceso, se inserta la nube de puntos en el programa ReCap de AutoDesk, motor de escaneo y conversión de formatos de LAS a formato RCP, que depura la nube de puntos generada en PIX4D.

El Recap nos permite editar la nube los puntos y perfilarla para borrar parte de la nube de puntos que no es útil para el proyecto o genera ruido visual, así mismo podemos mejorar su iluminación, y la densificación de los puntos para que la nube de puntos obtenga una visualización más aguda de los perfiles y contornos, generando que la point cloud sea más legible al ojo humano y se puedan obtener información a detalle de los componentes gráficos de la nube de puntos para iniciar desde ya la fotointerpretación. Con la herramienta RECAP, luego de hechos los ajustes, se optimiza la nube y se puede proceder a trabajar en AutoCAD.

Este método que enlaza en forma eficiente la nube de puntos y la orthofoto con escalamientos se denomina *“Fotointerpretación en AutoCAD con georreferenciación y puntos de control GPS de alta precisión”* que con la utilización de software Pix4d Mapper, RECAP y AutoCAD, genera modelos de mapas y planos cartográficos y topográficos de muy buena precisión. Dicho método ha sido diseñado por el Arq. Robert Gutiérrez Ortiz en investigaciones del Semillero de Investigación SIMO 3D, grupo GINVEARQUI de la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga con 5 años en diferentes fases de experimentación que según muestreo de diferentes ejercicios arroja a la fecha buenos resultados en las planimetrías con una precisión del 98.8%.

Dicho método de fotointerpretación arroja medidas de precisión para supervisar longitudes y áreas, magnitudes que la Interventoría y la Supervisión necesita para comprobar las áreas de intervención de terrenos para desarrollo de obras civiles. Para esta investigación se tomó como metodología experimental la Fotointerpretación con AutoCAD método aprendido en el Diplomado de Piloto de Operaciones RPAS y Fotogrametría, en el Módulo 5.

Figura 10. Edición de la Nube de Puntos en el software RECAP

Una vez convertida la nube de puntos de formato LAS a formato RCP a través del software Recap, dicho formato es compatible para que el software de dibujo AutoCAD lo enlace y tome su morfología insertándolo en el espacio digital de dibujo en forma escalada y en dimensiones reales 1:1 para ser medible.

La nube de puntos enlazada en AutoCAD es un complemento para comprobación del ortomosaico TIFF que igualmente se inserta en el espacio digital de AutoCAD para obtener información gráfica de imagen más definida para poder elaborar la planimetría o planos escalados en escala 1:1. El escalamiento del ortomosaico se logra con la geolocalización de los puntos de control tomados en el sitio de la misión con GPS con antena de alta precisión.

Figura 11. *Elaboración Planimetría con ortomosaico escalado fase de la Fotointerpretación en AutoCAD. Parte I*

Inserción Nube de puntos y ortomosaico a plataforma digital de AutoCAD

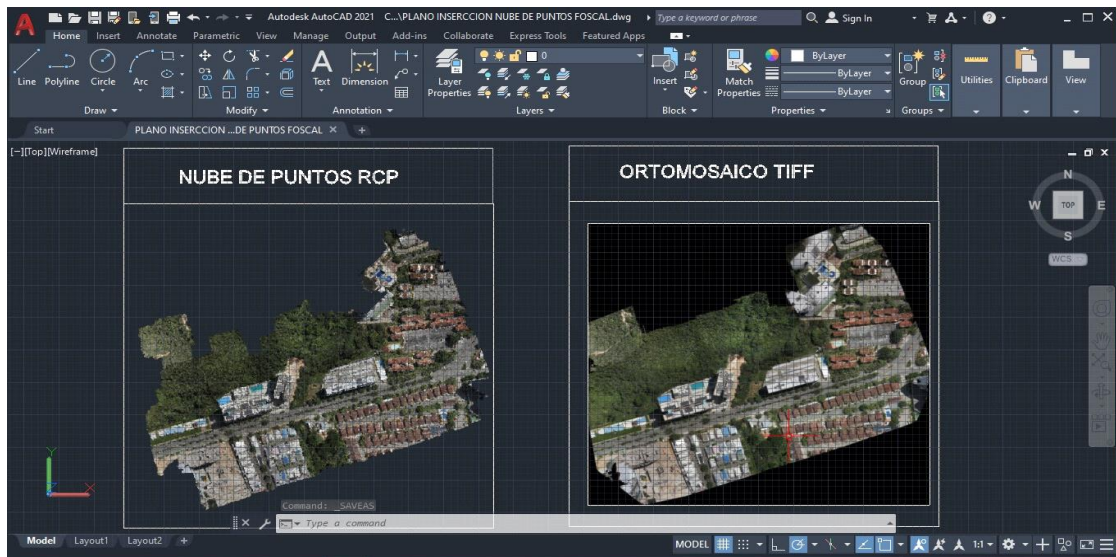


Figura 12. *Elaboración Planimetría con ortomosaico escalado fase de la Fotointerpretación en AutoCAD. Parte II*

Montaje de Dibujo sobre ortomosaico geolocalizado con puntos de control

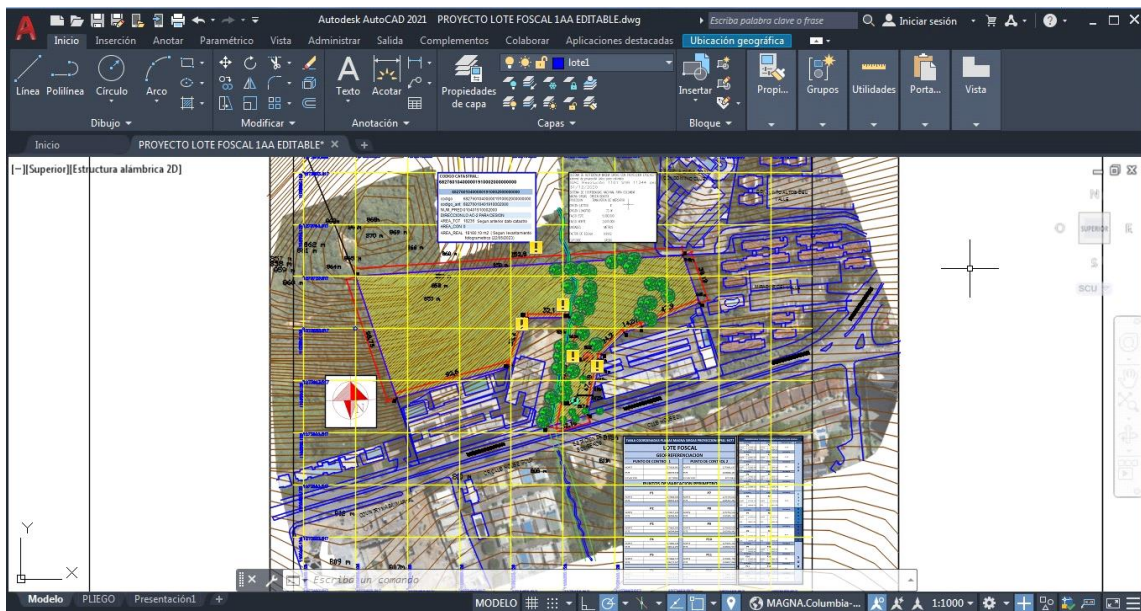


Figura 13. Elaboración Planimetría con ortomosaico escalado fase de la Fotointerpretación en AutoCAD. Parte III

Planimetría sin ortomosaico

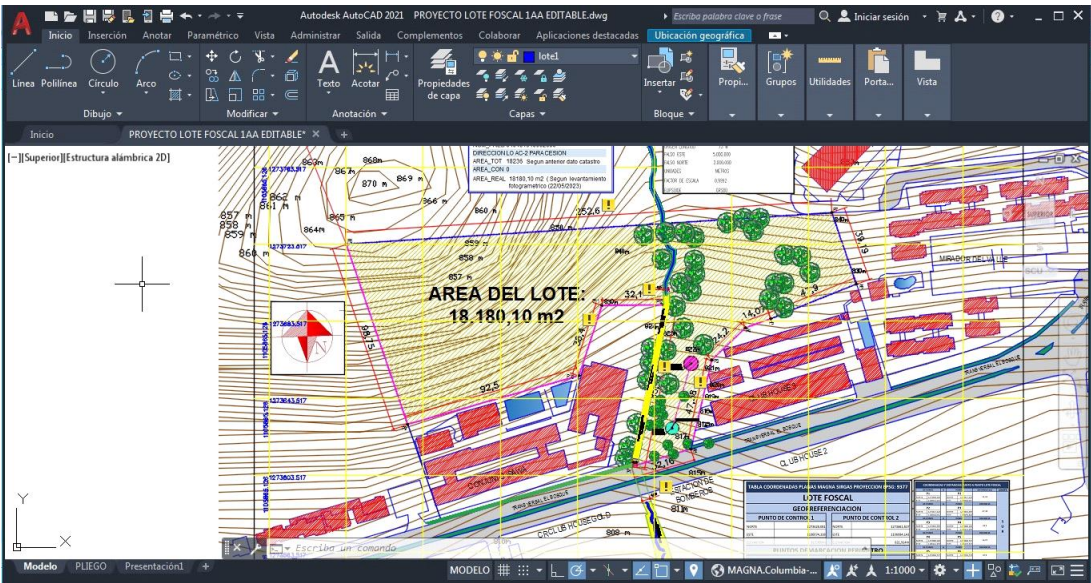


Figura 14. Tablas graficas de Georreferencia de puntos de control y puntos de perímetro y distancias con datos obtenidos de la Fotointerpretación. Parte I

COORDENADAS Y DISTANCIAS PUNTO A PUNTO LOTE FOSCAL				
DE PUNTO	A	PUNTO	DISTANCIA (m)	LIMITE
P1		P2		SUR
NORTE	1273608,184	NORTE	1273617,224	
ESTE	1106053,210	ESTE	1106084,061	
DE PUNTO	A	PUNTO	DISTANCIA	
P2		P3		
NORTE	1273617,224	NORTE	1273663,369	
ESTE	1106084,061	ESTE	1106094,844	
DE PUNTO	A	PUNTO	DISTANCIA	
P3		P4		
NORTE	1273663,369	NORTE	1273680,140	
ESTE	1106094,844	ESTE	1106112,293	
DE PUNTO	A	PUNTO	DISTANCIA	ESTE
P4		P5		
NORTE	1273680,140	NORTE	1273684,737	
ESTE	1106112,293	ESTE	1106125,547	
DE PUNTO	A	PUNTO	DISTANCIA	
P5		P6		
NORTE	1273684,737	NORTE	1273702,774	
ESTE	1106125,547	ESTE	1106169,970	
DE PUNTO	A	PUNTO	DISTANCIA	
P6		P7		
NORTE	1273702,774	NORTE	1273739,824	
ESTE	1106169,970	ESTE	1106157,201	
DE PUNTO	A	PUNTO	DISTANCIA	NORTE
P7		P8		
NORTE	1273739,824	NORTE	1273723,516	
ESTE	1106157,201	ESTE	1105905,128	

Figura 15. *Tablas graficas de Georreferencia de puntos de control y puntos de perímetro y distancias con datos obtenidos de la Fotointerpretación. Parte II*

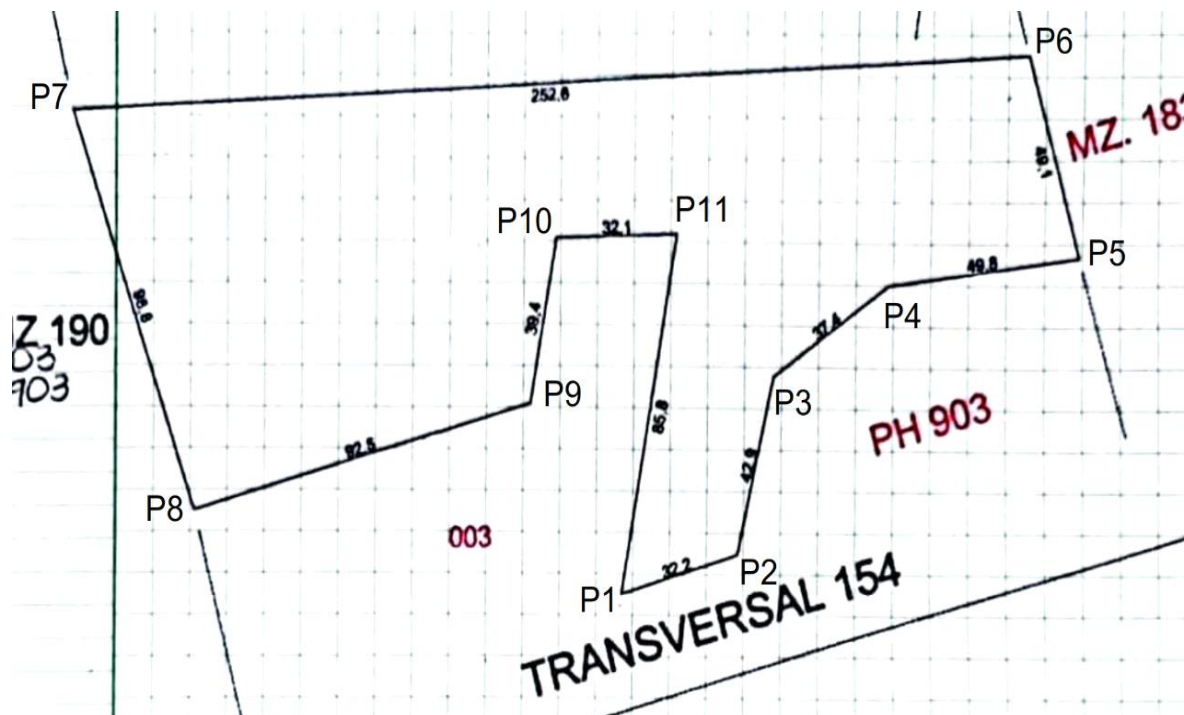
COORDENADAS Y DISTANCIAS PUNTO A PUNTO LOTE FOSCAL						
DE PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (m)	LIMITANTE
P8			P9		98,75	ESTE
NORTE	1273723,516		NORTE	1273630,029		
ESTE	1105905,128		ESTE	1105936,941		
DE PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA	SUR
P9			P10		92,5	
NORTE	1273630,029		NORTE	1273655,250		
ESTE	1105936,941		ESTE	1106025,937		
DE PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA	
P10			P11		38,4	
NORTE	1273655,250		NORTE	1273691,758		
ESTE	1106025,937		ESTE	1106037,844		
DE PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA	
P11			P12		31,1	
NORTE	1273691,758		NORTE	1273691,959		
ESTE	1106037,844		ESTE	1106069,943		
PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA	
P12			P1		85,43	
NORTE	1273691,959		NORTE	1273608,184		
ESTE	1106069,943		ESTE	1106053,210		

4.6 Análisis y Comparación del Levantamiento Cartográfico IGAC y el levantamiento con dron

Partiendo de los polígonos del lote objeto del análisis según información de la carta catastral del IGAC, y la información obtenida de la Fotointerpretación en AutoCAD del ortomosaico resultante de las muestras fotogramétricas tomadas por el drone, se inició la fase de análisis y comparación del levantamiento data base de la carta catastral y la información obtenida del posproceso de las muestras fotogramétricas específicamente los límites y perímetros del lote objeto y de sus vértices o puntos georreferenciados, como se muestra a continuación.

4.6.1 Información Predial obtenida del IGAC 2010

Figura 16. Información Predial del IGAC



4.6.2 Información obtenida de la Planimetría Cartográfica IGAC

Tabla 1. Distancias punto a punto lote FOSCAL

Distancias punto a punto lote FOSCAL según carta catastral IGAC				
De punto	A	Punto	Distancia (m)	Límite
P1		P2	32,2	
P2		P3	42,9	
P3		P4	37,4	Sur
P4		P5	49,8	
P5		P6	49,1	Este
P6		P7	252,6	Norte
P7		P8	98,8	Oeste

Distancias punto a punto lote FOSCAL según carta catastral IGAC			
De punto	A	Punto	Distancia
P8		P9	92,5
P9		PI0	38,4
PI0		PII	32,1
PII		P1	85,8
Perímetro.....			814,30
Área del lote.....			18.236,00

SUR

4.6.3 Información obtenida del Levantamiento con dron

Figura 17. Información obtenida del levantamiento con dron

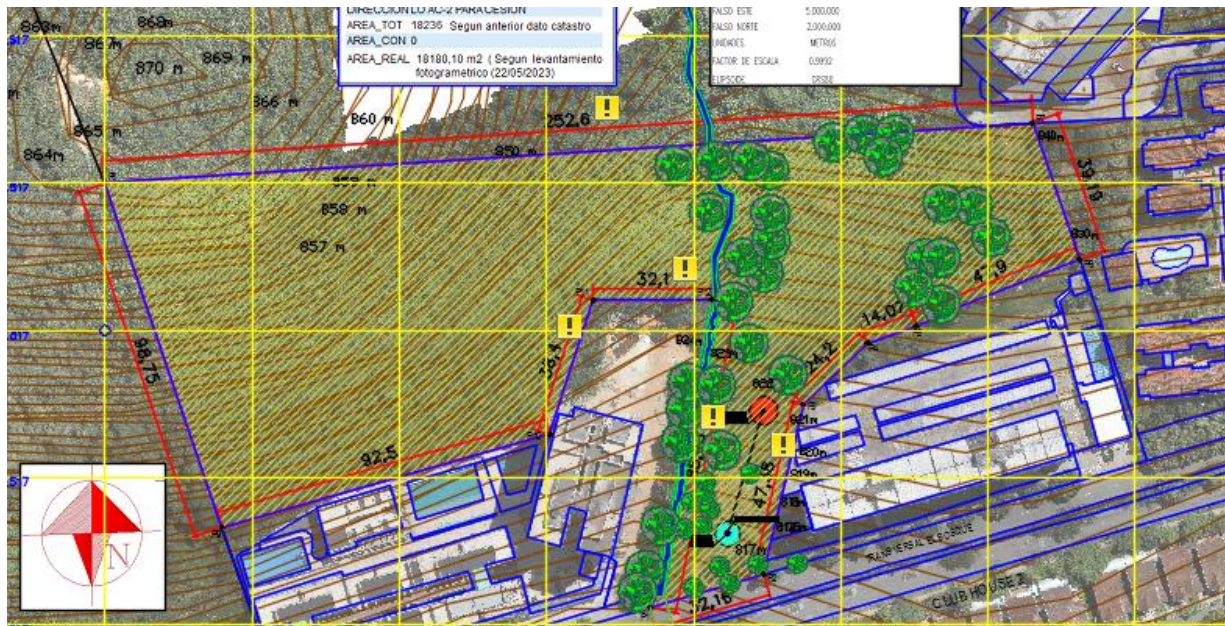
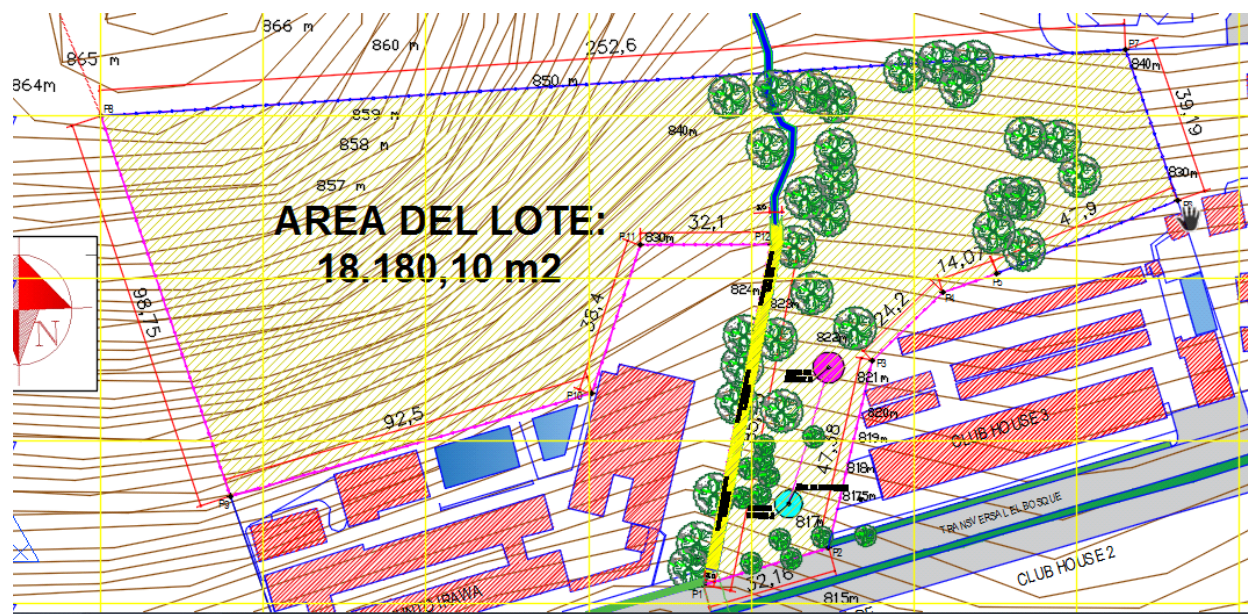


Figura 18. Información Obtenida del Levantamiento con Dron



4.6.4 Información de la geolocalización posproceso de las imágenes del dron

Tabla 2. *Coordenadas y distancias con dron y posproceso fotogramétrico*

Coordenadas y distancias con dron y posproceso fotogramétrico				
De punto	A	Punto	Distancia (m)	Limite
P1		P2		
Norte 1273608,184	Norte	1273617,224	32,16	
Este 1106053,210	Este	1106084,061		
P2		P3		
Norte 1273617,224	Norte	1273663,369	47,38	
Este 1106084,061	Este	1106094,844		Sur
P3		P4		
Norte 1273663,369	Norte	1273680,140	38,27	
Este 1106094,844	Este	1106112,293		
P4		P5		
Norte 1273684,737	Norte	1273702,774	47,9	
Este 1106125,547	Este	1106169,970		
De punto	A	Punto	Distancia	
P5		P6		
Norte 1273702,774	Norte	1273739,824	39,19	
Este 1106169,970	Este	1106157,201		Este
De punto	A	Punto	Distancia	
P6		P7		
Norte 1273739,824	Norte	1273723,516	252,6	
Este 1106157,201	Este	1105905,128		Norte
De punto	A	Punto	Distancia	
P7		P8		
Norte 1273723,516	Norte	1273630,029	98,75	
Este 1105905,128	Este	1105936,941		Oeste
De punto	A	Punto	Distancia	
P8		P9		
Norte 1273630,029	Norte	1273655,250	92,5	
Este 1105936,941	Este	1106025,937		
P9		P10		
Norte 1273655,250	Norte	1273691,758	38,4	Sur
Este 1106025,937	Este	1106037,844		
P10		P11		
Norte 1273691,758	Norte	1273691,959	31,1	
Este 1106037,844	Este	1106069,943		
P11		P1		
Norte 1273691,959	Norte	1273608,184	85,43	

Coordenadas y distancias con drone y posproceso fotogramétrico			
Este	1106069,943	Este	1106053,210
Perímetro.....			803,68
Área del lote:.....			18.180,10

4.6.5 Comparación Cartografía IGAC Versus Cartografía con dron

Figura 19. Distancias lote FOSCAL

DISTANCIAS LOTE FOSCAL SEGÚN CARTA CATASTRAL IGAC				DISTANCIAS CON DRONE Y POSPROCESO FOTOGRAFICO				DIFERENCIA DE PERIMETROS
DE PUNTO	A	PUNTO	DISTANCIA (m)	DE PUNTO	A	PUNTO	DISTANCIA (m)	
P1	A	P2	32,20	P1	A	P2	32,16	0,04
P2	A	P3	42,90	P2	A	P3	47,38	-4,48
P3	A	P4	37,40	P3	A	P4	38,27	-0,87
P4	A	P5	49,80	P4	A	P5	47,9	1,90
P5	A	P6	49,10	P5	A	P6	39,19	9,91
P6	A	P7	252,60	P6	A	P7	252,6	0,00
P7	A	P8	98,80	P7	A	P8	98,75	0,05
P8	A	P9	95,20	P8	A	P9	92,5	2,70
P9	A	P10	38,40	P9	A	P10	38,4	0,00
P10	A	P11	32,10	P10	A	P11	31,1	1,00
P11	A	P1	85,80	P11	A	P1	85,43	0,37
PERIMETRO.....			814,30	PERIMETRO.....			803,68	
AREA DEL LOTE:.....			18.236,00	AREA DEL LOTE:.....			18.180,10	

5. Resultados

En el desarrollo del ejercicio del posproceso con la Fotointerpretación en el software AutoCAD tanto del ortomosaico TIFF, como la nube de puntos RCP, se pudo establecer a través de la inserción de la planimetría, variaciones en las medidas de distancia de los perímetros entre los once (11) puntos. Esas diferencias son significativas sobre todo en el perímetro focalizado entre los puntos P5-P6 cuya longitud con respecto a la del perímetro de la información de la cartografía

del IGAC contiene una variación de 9,91 metros por debajo en la medida tomada desde la cartografía elaborada con Dron y Fotogrametría. Igualmente se constata que el área total del predio según información IGAC es de 18.236m². Mientras que la cartografía hecha con drones y Fotogrametría arroja un resultado de área de 18180,1m², desarrollando una diferencia de 55,90 m². Dicha variación está dentro de los límites de tolerancia que permite el IGAC para poder ratificar la cabida de áreas de un predio.

Sin embargo, la fotointerpretación sobre el ortomosaico que nos muestra las características físicas del predio que para el análisis es una gran ventaja que ofrece la tecnología DRONE, nos constata que la diferencia de 55,90m², *es producto de la invasión o el desplazamiento de cercas o límites generado por un predio que invadió con su zona social el predio de cesión al municipio objeto del análisis como se muestra en la figura:*

Figura 20. Información obtenida del posproceso a partir de puntos de control y el escalamiento del ortomosaico



En color verde claro de la figura podemos ver el área invadida por el predio urbanizado y

que se logra detectar en el ortomosaico, dicha área tiene precisamente 55,3m². La zonificación establece las ventajas de obtener un ortomosaico a partir del posproceso de las imágenes aéreas tomada por el dron, además de demostrar la precisión del modelo tanto en 2D como en 3D para el desarrollo de la cartografía.

También podemos ver que, gracia a la obtención de 2 puntos de control tomados por estación GPS de antena utilizando 4200 segundos de precisión terrestre, es posible escalar el ortomosaico para generar la precisión de la escala en 1:1 para que la fotointerpretación sea en medidas precisas y reales así como su geolocalización o coordenadas en el espacio digital del software de AutoCAD que nos da la precisión por construcción de líneas de los puntos de perímetro, datos que viene en las anteriores tablas.

Se pudo establecer la geolocalización de todos los puntos de los perímetros y la verdadera geometría del predio desde la imagen del ortomosaico y la nube de puntos RCP insertada en AutoCAD. Conocer de antemano todos los elementos construidos, zonas verdes, espejos de aguas áreas urbanas, vías, antejardines en forma escalada exacta es una de las ventajas que no entrega el posproceso de imágenes desde los diversos softwares, ventaja que no tienen las topografías de estación total. Las cartografías del IGAC no tienen la exactitud que nos entrega una nube de puntos obtenidas en el posproceso de imágenes teniendo en cuenta que la altura de vuelo de la misión estuvo en 80 metros, mientras que las aerofotografías de vuelo tripulado con aproximación de entre 1000 a 1500 metros de altura generan algunas inexactitudes precisamente por la altura y su tratamiento con estereoscopio.

6. Conclusiones

Una vez culminado el proceso de investigación, y realizado el análisis comparativo de un levantamiento Cartográfico elaborado por el IGAC y un levantamiento fotogramétrico con tecnología de drones realizado en la actualidad a un predio de propiedad del Municipio de Floridablanca, cuya interventoría debía verificar el estado del predio, verificar perímetros antes de su intervención con obras civiles para el centro oncológico se puede establecer que desde el punto de información planimétrico, la configuración geométrica o morfológica del lote contiene alguna similitud entre el levantamiento cartográfico del IGAC y el levantamiento hecho con drones y su posproceso fotogramétrico. En cuanto dimensiones métricas si existe algunas diferencias y sobre todo en los perímetros de los puntos P5-P6 en donde se constata un déficit de longitud perimetral de hasta 9 metros aproximadamente, generando el cambio de geometría en dichos límites.

Al analizar la comparación métrica de linderos podemos establecer que hubo variaciones entre el levantamiento cartográfico IGAC y el levantamiento fotogramétrico con drones ya que según la tabla del numeral 4.5.4. del presente documento muestra que la carta IGAC establece una longitud general de perímetro de 814,30 metros y la planimetría realizada por el posproceso de las imágenes realizadas por los drones arroja una longitud perimetral de 803,68 metros, lo que generó una diferencia de 10,62 metros menos al perímetro de la carta IGAC. Estas distancias son tolerables en términos de procesos de subdivisión predial, pero hay otras variables más importantes y sobre todo para la intervención de las obras civiles refiriéndonos a las áreas en metros cuadrados del lote. En términos de Áreas, el método de cartografía del IGAC por estereoscopio de espejos nos muestra en su carta catastral que el lote contiene un total de 18.236 m² y por el método de fotogrametría con imágenes aéreas tomadas por el drone nos da como resultado un total de 18.180,10 m², presentándose una diferencia de 55,90 m². Dicha diferencia conlleva a efectuar un análisis sobre la geometría del lote y la morfología constatándose la diferencia de distancia de 9,91

metros lineales en los puntos P5-P6, evidenciándose al revisar perímetros que la cerca de delimitación del lote adosado al lote objeto de análisis se, modifico por lo cual se evidencio una invasión por parte del lote o predio en donde se desarrolló el conjunto multifamiliar Club House.

La zona social del conjunto residencial Club House que invadió el predio de cesión al municipio de Floridablanca determino la toma de 55,30 m² para construir la zona social del conjunto.

Una vez analizadas las variaciones frente a la información base, es posible determinar y concluir que la información catastral del IGAC, genera una gran diferencia frente al método de levantamiento fotogramétrico con drones cuyos métodos comparados, genera duda en la confiabilidad y los procesos del método utilizado por el IGAC, debido a las diferencias constatadas en el presente informe técnico.

Podemos deducir que, aunque los métodos analizados presentan una eficacia del 93% en cuanto a los resultados obtenidos, el método con la tecnología Dron genera una eficacia y eficiencia en el ahorro del tiempo y mejora de la precisión geolocalizada y métricas de los datos obtenidos desde la nube de puntos RCP y el Ortomosaico TIFF en el proceso de su fotointerpretación.

Se concluye que el método desarrollado en la presente investigación según el numeral 4.4 Fase IV: *Posproceso de las imágenes o muestras fotogramétricas* tomadas por el drone tiene una precisión eficiente para determinar áreas contenidas en un terreno y delimitación geolocalizada de la geometría del mismo. Y que bien puede ser utilizado como método de supervisión de la interventoría para la verificación de áreas de intervención de un terreno para el desarrollo de una obra civil. La carta catastral IGAC, los documentos jurídicos y la topografía convencional no es suficiente cuando se trata de supervisión y verificación de áreas de terrenos y detección de predios invadidos o intervenidos. Por lo anterior la fotogrametría con tecnología DRONE desarrolla una supervisión y verificación eficiente y herramienta muy útil para el Interventor.

Referencias

- Agrim. C. A. M. B. (s/f). Org.ar. Tema 1. *Fotointerpretación y teledetección*. Bibliotecacpa.
<http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASH78af.dir/doc.pdf>
- Adminonline. (2016). *CONCOORD - Conversión y Transformación Coordenadas—Información general*.
<https://eab-sigue.maps.arcgis.com/home/item.html?id=3d6e409767874e14b1155407b49d6a92>
- Alicia, M. (2022, junio 7). *¿Qué es AutoCAD y cuáles son sus características principales?* 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/autocad-cuales-caracteristicas-del-software-020420202/>
- Arcux. (2020, septiembre 15). *Que es Planimetría*. Arcux. <https://arcux.net/blog/que-es-planimetria/>
- Artesanía, S. (2020, febrero 21). *¿Qué es la topografía?* Escuela Europea Versailles.
<https://escuelaversailles.com/topografia/>
- Autodesk. (s. f.). *Software de ReCap*. Recuperado 2 de agosto de 2023, de <https://latinoamerica.autodesk.com/products/recap/overview>
- Berio Fernández, S. (2019, septiembre 19). Tour virtual, ¿qué es un tour virtual? *Espacio BIM*.
<https://www.espaciobim.com/tour-virtual>
- Carta Catastral Urbana. (s/f). Gov.co. Recuperado el 4 de diciembre de 2023, de <https://www.catastrobogota.gov.co/glosario-catastral/carta-catastral-urbana>
- Concepto. (2020). *Topografía—Concepto, historia, ramas, usos y medición*.
<https://concepto.de/topografia/>
- Congreso de Colombia. (2009). *Ley 1341 de 2009, por la cual se definen principios y conceptos*

sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>

Congreso de Colombia. (2011). *Ley 1476 de 2011, por la cual se expide el régimen de responsabilidad administrativa por pérdida o daño de bienes de propiedad o al servicio del Ministerio de Defensa Nacional, sus entidades adscritas o vinculadas o la Fuerza Pública.* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43388>

Congreso de Colombia. (2019). *Ley 1978 de 2019, por la cual se moderniza el Sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC, se distribuyen competencias, se crea un Regulador Único y se dictan otras disposiciones.* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=98210>

De Supervisión, M., & Interventoría, E. (s/f). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Gov.co. *Manual de Supervisión e Interventoría.* Minambiente. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/M-A-CTR-02-Manual-de-supervision-e-interventoria_V2.pdf

Inflights. (2021). Levantamiento Fotogramétrico para topografía con drones. [Imagen]. <https://inflights.com/>

Geocom. (2022). *Creación de ortofotos e imágenes rectificadas.* Geocom. <https://www.geocom.cl/blogs/consejos-tbc/consejo-tbc-n-49-creacion-de-ortofotos-e-imagenes-rectificadas>

Geoilenergy. (s. f.). *Global Mapper | GeOilEnergy.* Recuperado 2 de agosto de 2023, de <https://www.geoilenergy.com/es/software/geosoluciones/global-mapper>

Google Earth Pro. (s. f.). *Localización y Ubicación del Proyecto.* [Mapa]. Google

<https://www.google.com/intl/es-419/earth>

Importación y Comercialización de Instrumentos Científicos. (2020, febrero 26). Cientec; Cientec S.A. <https://cientecinstrumentos.cl/>

IGAC. (2022). *¿En qué consiste un levantamiento topográfico?* Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <https://www.igac.gov.co/es/contenido/en-que-consiste-un-levantamiento-topografico>

Jiménez Calero, N. M., Magaña Monge, A. O., y Soriano Melgar, E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos* [Tesis de Pregrado, Universidad del Salvador]. RI. UES.

<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20697/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20entre%20levantamientos%20topogr%C3%A1ficos%20con%20estaci%C3%B3n%20total%20como%20m%C3%A9todo%20directo%20y%20el%20uso%20de%20DRONES%20y%20GPS%20como%20m%C3%A9todos%20indirectos.pdf>

Material de Agrimensura. (s/f). Gob.ar. Recuperado el 4 de diciembre de 2023, de <https://ele.chaco.gob.ar/mod/book/tool/print/index.php?id=75228>

Máster RPAS: Máster en RPAS de Altas Prestaciones. (2021, junio 20). *Máster Propio en RPAS de Altas Prestaciones*; Universidad de Huelva. <https://masterdrones.eu/>

Mejía, A., Ospina, F., Sierra, A., y Zapata, O. (2007). *Propuesta de modernización de enseñanza de topografía en la facultad de minas*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Repositorio UNAL

https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77862/CUADERNOS_TOPOGRAFIA_ALTIMETRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Transporte. (2018). *Resolución 04201 de 2018, Por la cual incorporan a la norma*

- RAC 91 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia unas disposiciones sobre operación de sistemas de aeronaves no tripuladas LIAS y se numeran como Apéndice 13, y se adoptan otras disposiciones.*
<https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/Resoluciones%20TA%202018/RESL.%20%20N%C2%B0%2004201%20%20DIC%2027%20de%20%202018.pdf>
- Orozco, C. (2023). *Planeación. Guía del empresario (Pro-ArcGIS)*
<https://guiadelempresario.com/administracion/planeacion/>
- Ortomosaico 2D. (s/f). *Mapeo Oromosaico 2D.* Georecursos.
<https://www.georecursos.com/servicios/drone-vant/ortomosaico-2d/>
- Presidente de la República de Colombia. (2020). *Decreto 1065 de 2020, por el cual se modifica la planta de personal del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.*
 Función Pública.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=136671>
- Pymet. (s. f.). Levantamiento Topográfico. *Pymet - Proyectos y mediciones topográficas.*
 Recuperado 22 de julio de 2023, de <https://www.pymet.es/levantamiento-topografico/>
- República de Colombia. (2020). *Decreto 1064 de 2020, por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.*
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=136670>
- Resources. (s. f.). *¿Qué es ArcGIS?* Recuperado 2 de agosto de 2023, de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Rodao, L. (2021). *Google Earth y Google Maps.* Prezi.com.
<https://prezi.com/p/bkvivyms3oab/google-earth-y-google-maps/>
- Rodríguez, S. (2021). *¿Qué es un plan de obra y por qué debes conocerlo?*
<https://www.admagazine.com/arquitectura/que-es-un-plan-de-obra-importancia-en-la->

arquitectura-20201002-7520-articulos

Superintendencia de Notariado y Registro. (2021). *Manual de Supervisión e Interventoría para la*

Superintendencia de Notariado y Registro. Servicios Supernotariado

<https://servicios.supernotariado.gov.co/files/portal/sgc-204-2021111192014.pdf>

Unidades Administrativas Especiales. (2018). *Resolución número 01594 de 2018, por la cual se*

adopta e incorpora a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia la norma «RAC 91—

Reglas Generales de Vuelo y de Operación». vLex. [https://vlex.com.co/vid/resolucion-](https://vlex.com.co/vid/resolucion-numero-01594-2018-729748773)

[numero-01594-2018-729748773](https://vlex.com.co/vid/resolucion-numero-01594-2018-729748773)

Vera, J. (2023, febrero 24). *UAVLatam - Drones e Inteligencia artificial*; UAVLatam.

<https://uavlatam.com/>

Wingtra. (2019). *Topografía con un dron: ¿Cuáles son los beneficios y cómo empezar?*

<https://wingtra.com/es/aplicaciones-cartograficas-drones/topografia-sig/>

Apéndice A. Carta e informe catastral IGAC

Powered by CamScanner

Powered by CamScanner

TERRENO				AVALUO				RESUMEN DEL AVALUO				
2015 VALOR UNITARIO	AREA	VALOR	2015 VALOR	USO	PUNTOS	VALOR UNITARIO	AREA HT	VALOR	TERRENO	RESOLUCION	TERRENO	RESOLUCION
17118	17118								EDIFICACIONES	023/04	EDIFICACIONES	MUTACION
									TOTALES	MUTACION	TOTALES	MUTACION
									AVALUO DEFINITIVO	27667.000	AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION
									REAJUSTE	08-06-04	REAJUSTE	VIGENCIA
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									TERRENO	RESOLUCION	TERRENO	RESOLUCION
									EDIFICACIONES		EDIFICACIONES	
									TOTALES	MUTACION	TOTALES	MUTACION
									AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION	AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									TERRENO	RESOLUCION	TERRENO	RESOLUCION
									EDIFICACIONES		EDIFICACIONES	
									TOTALES	MUTACION	TOTALES	MUTACION
									AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION	AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									TERRENO	RESOLUCION	TERRENO	RESOLUCION
									EDIFICACIONES		EDIFICACIONES	
									TOTALES	MUTACION	TOTALES	MUTACION
									AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION	AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									TERRENO	RESOLUCION	TERRENO	RESOLUCION
									EDIFICACIONES		EDIFICACIONES	
									TOTALES	MUTACION	TOTALES	MUTACION
									AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION	AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									TERRENO	RESOLUCION	TERRENO	RESOLUCION
									EDIFICACIONES		EDIFICACIONES	
									TOTALES	MUTACION	TOTALES	MUTACION
									AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION	AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									TERRENO	RESOLUCION	TERRENO	RESOLUCION
									EDIFICACIONES		EDIFICACIONES	
									TOTALES	MUTACION	TOTALES	MUTACION
									AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION	AVALUO DEFINITIVO	INSCRIPCION
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									REAJUSTE	VIGENCIA	REAJUSTE	VIGENCIA
									TERRENO	RESOLUCION	TERRENO	RESOLUCION
									EDIFICACIONES		EDIFICACIONES	
									TOTALES	MUTACION	TOTALES	MUTACION

NOMBRE DEL FUNCIONARIO:			FIRMA:			FECHA:	
HUGO R. VARGAS A.						DIA MES AÑO	
						24/05/2004	

[illegible]

Powered by CamScanner

[illegible]

[illegible]

Apéndice E. *Fotografía que muestra los puntos de control y las plataformas guía para escalar el ortomosaico en Recap y AutoCAD*



Apéndice F. *Puntos de control con coordenadas de georreferencia tomados a través de GPS de antena de precisión*

TABLA COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS PROYECCION EPSG: 9377			
LOTE FOSCAL			
GEORREFERENCIACION			
PUNTO DE CONTROL 1		PUNTO DE CONTROL 2	
NORTE	1273628,081	NORTE	1273661,637
ESTE	1106074,338	ESTE	1106084,143
ELEVACION	817,909m	ELEVACION	821,914m

GPS DE ALTA PRECISION: capacidad con GLONASS, RTK, L2 y GSM/GPRS.



En combinación con el software de campo intuitivo ProMark,

