



**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y PLANIALTIMÉTRICO CON DRON DE LA
GRANJA AGROECOLOGICA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE
DIOS-UNIMINUTO**

Autor:

DAIRO RAUL GAMEZ SANDOVAL

COD. 717125

Docente

Tahnee Saleh Noriega

Ingeniería Agroecológica

Unidad de Ciencias Agropecuarias

Corporación Universitaria Minuto De Dios

Villavicencio

2022

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y PLANIALTIMÉTRICO CON DRON DE LA
GRANJA AGROECOLOGICA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE
DIOS-UNIMINUTO**

Autor

DAIRO RAUL GAMEZ SANDOVAL

COD. 717125

**Trabajo de grado como requisito para optar el título de
INGENIERO EN AGROECOLOGÍA**

Docente

Tahnee Saleh Noriega

Línea de investigación

Exploratoria

Ingeniería Agroecológica
Unidad de Ciencias Agropecuarias
Corporación Universitaria Minuto De Dios
Villavicencio

2022

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mi hija Sara Isabela Gámez recordándole que nunca es tarde para iniciar algo que nos motive y nos mueva; que cada esfuerzo y sacrificio vale la pena.

A mi esposa Liliana Ospina a la que me permito ofrecerle disculpas por ajustar nuestro tiempo de vida y unión para darle paso a este logro y agradecer su apoyo y motivación las cuales fueron de gran ayuda en este tiempo.

A mis padres y hermanos quienes me apoyaron emocionalmente y confiaron en esta meta.

A todos los profesionales que apoyaron con su tiempo a la revisión y corrección de este trabajo de tesis, ya que se convierte en una extensión de su sapiencia.

Agradecimientos

Agradezco a Dios y a la Virgen por permitirme estar vivo llenándome de energía y perseverancia para terminar este proyecto; el cual está hecho con dedicación, esfuerzo y sacrificio; a mi esposa e hija que aguantaron la incomodidad de la luz de una noche pacífica con la que se iluminaba mi pantalla de computador y aguantaba mi mal genio cuando perdía alguna parte del proceso.

Agradezco a mi empresa la Corporación Paisajismo Urbano por los equipos y utensilios a mis compañeros de trabajo mis amigos y en especial a Leonardo, Mario y José que desde sus conocimientos y profesiones me guiaron y por último y no menos importante a la docente Tahnee Saleh Noriega por acompañar, asesorar y corregir cada uno de los procesos de este proyecto.

Contenido

Lista de tablas	7	
Lista de Figuras	9	
Lista de anexos	11	
Resumen	12	
Abstract	13	
1	14	
1.1	14	
1.2	¡Error! Marcador no definido.	
2	15	
2.1	15	
2.2	16	
3	16	
4	17	
4.1	18	
4.1.1 Fotogrametría	23	
4.1.2 Topografía	24	
4.1.3. Cartografía y Mapas	25	
4.2	25	
4.2.1 Normatividad Cartográfica	27	
5	29	
5.1. Ubicación Geográfica del área de estudio.	29	
5.2. D32		
5.3.	34	
5.4.	34	
5.5.	35	
5.6.	35	
5.7	Desarrollar reconocimiento del perímetro del área de estudio	35
5.8.	Estándares de procedimiento	35
5.8.1.	36	

5.8.2 36

5.8.3. 36

5.9. 37

5.10. 37

5.11. 38

6. 40

7. 41

8. 42

8.1 ¡Error! Marcador no definido.

8.2 43

8.3 43

8.4 45

8.5 46

8.6 47

8.7 51

8.8 52

8.9 54

8.10 56

8.11 57

8.12 59

▪ 59

▪ 59

▪ 59

▪ 59

▪ 60

▪ 60

▪ 60

▪ 60

▪ 60

▪ 60

▪ 60

▪ 61

- 61
- 61
- 61
- 61

9. ¡Error! Marcador no definido.

9.1. 63

10. 71

11. 73

12. 75

• 77

- **Lista de tablas**

TABLA 1. Normatividad Cartográfica que constituye el marco legal del proyecto.	27
TABLA 2. Rango de nivel entre curvas y curva indice para cada porcentaje de pendiente del terreno.	39
TABLA 3. Presupuesto total de ejecución del proyecto en COP.	42
TABLA 4. Cronograma de actividades del levantamiento de datos y el análisis de los mismos.	43
TABLA 5. Datos Procesados del levantamiento en Tierra	46
TABLA 6. Waypoints determinados con TOP COM 121 Estacion Total	47
TABLA 7. Calculo del Factor de Error en la medicion de Waypoint empirico comparado con el reportado como real.	47
TABLA 8. Datos fotograficos obtenidos del sobrevuelo del DRON.	53
TABLA 9. Caracteristicas tecnicas de la camara fotografica usada en vuelo de DRON.	55
TABLA 10. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.	55
TABLA 11. Errores medios de las posiciones de cámaras.	56
TABLA 12. Reporte de areas por secciones y area total del predio.	67

● **Lista de Figuras**

Figura 1. Ubicación de la Granja Agroecológica	28
Figura 2. Flujograma de actividades para el levantamiento topográfico y planialtimétrico con dron de la granja agroecológica.	29
Figura 3. (Izq) Fotografía aérea suministrada por DRON de área preliminar de la granja, (Der) área estimada de estudio de la Granja Agroecologica (GOOGLE MAPS)	31
Figura 4. DRON MAVIC AIR 2	38
Figura 5. Visita al predio a estudiar, (IZQ) ingreso al predio de la Granja (DER) realización de identificación de mojones.	41
Figura 6. Ubicación de la Granja en el marco del territorio nacional en MAPSOURCE	42
Figura 7. Perimetrizacion del predio con puntos de anclaje para circunscribir el predio.	43
Figura 8. Poligono de perimetro del predio Granja Agroecologica (Google Earth Pro).	45
Figura 9. Interfaz de interaccion para el sobrevuelo con el DRON, (arriba) se observa el perimetro predeterminado en el plan de vuelo, (abajo) se observa los controles de giro rotacional y movimientos traslacionales de DRON.	46
Figura 10. Imagen preliminar de la Ortofotografía tridimensional.	47
Figura 11. Ortofotografía tridimensional detallada del predio Granja Agroecologica.	47
Figura 12. Representacion general de altura obtenida a partir de la orto fotografía.	48
Figura 13. Ortomosaico de la Granja Agroecologica, que muestra la delimitacion del predio.	
	¡Error! Marcador no definido.
Figura 14. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.	50
Figura 15. Gráfico de residuales para FC220 (4.73mm).	51
Figura 16. Posiciones de cámaras y estimadores de error.	53
Figura 17. Modelo digital de elevaciones. 8.1.	58

Figura 18. Desarrollo Planimétrico en plano a escala identificación de zonas duras	58
Figura 19. Desarrollo Planimétrico con convenciones de espacios.	60
Figura 20. Desarrollo Planimétrico a escala identificación de zonas Ambientales	62

- **Lista de anexos**

- Plano Ortomosaico a escala en físico tamaño medio pliego
- Plano Identificación de Infraestructura escala en físico tamaño medio pliego
- Plano Identificación de Infraestructura Ambiental Biótica y Abiótica escala en físico tamaño media pliego
- DVD en Carpetas (Fotografías, Ortomosaico, Planos CAD, 3D, 2D, Tablas y videos)
- Software MAPSOURCE licencia gratuita propiedad Garmin

Resumen

En este trabajo de investigación se realizó el levantamiento topográfico y planialtimétrico con sistema de dron de la Granja Agroecológica propiedad de la Corporación Universitaria Minuto de Dios Sede Villavicencio, con el fin de visualizar la información necesaria como insumo para labores agrícolas y constructivas del predio. Este proyecto cuenta con la identificación catastral del predio, mojones certificados por Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y registro de área inmersa en escritura pública. Los elementos empleados para el desarrollo del proyecto fueron: una Estación Total, cinco unidades de GPS doble vía y un equipo tipo Dron.

Las actividades derivadas para el cumplimiento de las necesidades propias del proyecto, se denominan actividades de exploración de terreno, estas deben cumplir con las referencias técnicas para la elaboración de productos cartográficos, descritas por el IGAC en la Resolución 471 y 529 de 2020.

Los procedimientos descritos comprendieron la realización de imágenes aéreas que permitieron modelar de manera digital el terreno, generando bases de datos cartográficas que reglamentan el desarrollo estándar avalando los rendimientos propios de las áreas necesaria para la verificación legal de los mojones existentes, desarrollo de puntos de control; levantamiento general del predio, levantamiento agrícola detallado; identificación y levantamiento de áreas construidas. Las evidencias empíricas se obtuvieron de fotogrametrías realizadas por sobrevuelo con dron, obteniendo 1200 imágenes georreferenciadas, que al ser procesadas permiten la conformación de la imagen general del terreno obedeciendo las normas técnicas.

Palabras clave: Topografía, Plano altimetría, DRON, Imagen Georreferenciada.

Abstract

Research is made to construct a visual representation and measurements to the plane-altimetric and topographic information about the Agroecological Farm, owned by the Minuto de Dios University, Villavicencio, with a DRON system, how an input to develop new projects in agricultural topics and to build new plants. Therefore, in this project we use the cadastral identification of the property, landmarks certified by the Agustín Codazzi Geographical Institute (IGAC), registration of total area measurements. In practice, we used a Topographical Total Station, 5 double-track GPS units and Drone type equipment. Equipment must be standardized and nominated.

We used different ground exploration activities, these must comply with the techniques described by the IGAC issued Resolution 471 and 529 of 2020 through which they are established the technical specifications by reference that the products of the official basic cartography of Colombia have to consider.

During the project, we have done procedures to get aerial images which allow digital modeling of the terrain, generating cartographic databases which regulate the standard development, calculating the losses of the areas necessary for the legal verification of the existing landmarks, setting the checkpoints; general measurements of the property, identification of built-up areas. In addition to this, an overflight was carried out by an unmanned aerial vehicle or drone to acquire 1200 georeferenced images which, processed, allow the conformation of the general image of the terrain, obeying the technical standards.

Keywords: Topography, Planaltimetry, DRON, Georeferenced Image.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Establecer con cartografía digital la caracterización física de la granja Agroecológica, con el levantamiento topográfico y planialtimétrico realizado con equipo dron e imágenes georreferenciadas.

1.2 Objetivos específicos

- Desarrollar el levantamiento topográfico con equipo dron e imágenes georreferenciadas de la granja agroecológica.
- Identificar los linderos y área total de la granja agroecológica.
- Caracterizar de manera topográfica aérea los diferentes elementos físicos e infraestructura de la granja agroecológica.
- Representar por medio de imágenes aéreas la distribución agrícola y pecuaria de la granja agroecológica.

2 Planteamiento del problema

2.1 Definición del problema

En la actualidad, la Corporación Universitaria Minuto de Dios se ha transformado en una entidad de impacto educativo, social y económico para Villavicencio, debido a la extensión y ubicación de su territorio. Para poder delimitarla y describirla mejor en términos topográficos, se ha identificado que carece de suficientes imágenes georreferenciadas que permitan desarrollar un modelo gráfico caracterizado de la ubicación geográfica de linderos, y de área de la Granja Agroecológica. Esto limita el desarrollo eficaz de las actividades de investigación y de producción agropecuaria por desconocimiento de la calidad y cantidad de recursos físicos disponibles.

Para poder solucionar esta problemática, se desea realizar una construcción cartográfica de planialtimétrico que representen los elementos físicos y agroecológicos, los cuales permitirán garantizar la actividad proyectada para el uso óptimo y conservacionista del suelo y sus ecosistemas.

En función de ello, se debe desarrollar todas las actividades necesarias para la recolección y transformación de la información en representaciones gráficas descriptivas. Por ello, se realiza el levantamiento topográfico planialtimétrico con herramientas tipo dron con imágenes georreferenciadas, en donde se detalle la distribución y ubicación de obras de infraestructura y elementos naturales presentes en la granja.

2.2 Pregunta de investigación

¿Cómo realizar la construcción de la cartografía y topografía de la Granja Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO y la representación gráfica de sus diferentes estructuras físicas, sistemas agrícolas y pecuarios?

3 **Justificación**

- Desarrollar un proyecto que genere la delimitación de linderos y área total de predio Granja Agroecológica UNIMINUTO, con la aplicación de la metodología de imágenes georreferenciadas por medio de dron. Estos procesos son establecidos bajo la resolución IGAC 643 del 2018, que establece los detalles técnicos para el levantamiento topográfico en cualquier región de la extensión del territorio colombiano.

- Teniendo en cuenta lo planteado en los objetivos del proyecto, la información levantada, procesada y analizada, permitirá desarrollar la identificación de la infraestructura física del predio y la respectiva caracterización agrícola y pecuaria; permitiendo garantizar información necesaria en el respectivo diseño de procesos educativos y agroecológicos, maximizando el uso y conservación de los espacios existentes de la granja agroecológica.

- La falta de información cartográfica de la granja agroecológica convierte al proyecto de investigación necesario y relevante en la toma de decisiones que permitirán optimizar el uso del suelo disponible, no solo en actividades de explotación agropecuaria, también en la proyección de nuevas obras de infraestructura.

- La ausencia e imprecisión de la información cartográfica de la granja agroecológica, impide medir y delimitar las áreas destinadas a los sistemas agroecológicos, de uso de la comunidad UNIMINUTO. Es por ello que surge la necesidad de construir un levantamiento topográfico y planialtimétrico, como herramienta para la realización de nuevos proyectos en el territorio.

4 Marco teórico

4.1 Marco Conceptual

La topografía se define como una ciencia aplicada al estudio integral del territorio, con ella se puede determinar las posiciones de puntos geográficos sobre la litosfera e hidrosfera del planeta, relativos a puntos de referencia, y también se puede representar en planos gráficos y físicos una sección determinada de la superficie terrestre. Ella determina las herramientas metodológicas para hacer metrología sobre el territorio, para luego llevarlo a representaciones empíricas o analíticas a escalas determinadas. Con ella, también se puede trazar sobre el territorio elementos descriptivos, usados en la realización de obras de ingeniería, teniendo en cuenta la geología del terreno a edificar o modificar. Con la topografía también se puede realizar trabajos de demarcación de límites, división de tierras (agro geodesia), catastro urbano y rural, y levantamientos de terrenos en exploración subterránea (Alcántara García, 2014).

Otros autores más teóricos, enfocan la topografía como una disciplina enfocada al desarrollo de técnicas que describan detalladamente la superficie del terreno, trasladando sus particularidades bajo conceptos y principios conservativos, a gráficos y representaciones a escala del territorio. Tales elementos permiten conocer los sujetos naturales y artificiales del paisaje (Porto & Merino, 2010).

El desarrollo social del *Homo sapiens*, ha exigido desde sus orígenes definir límites territoriales, e incluso conquistar nuevos territorios, llevando su consumo nómada a las prácticas sedentarias de cultivo y cría de animales de producción pecuaria. Estudios antropológicos datan que, incluso no existieron eslabones evolutivos desde especies como el *Homo erectus* o el neardenthal hacia el *Sapiens sapiens*, sino que, estos últimos, de naturaleza siempre hostil e invasiva, se dedicaron al reconocimiento de su territorio y el de las dos primeras especies, para

desplazarlas y extinguirlas de sus eco hábitats (Harari, 2018). Por esta razón, el reparto de tierras cobra gran importancia en el desarrollo de la topografía moderna, en el uso del suelo para el crecimiento económico, solución de conflictos internacionales, y establecimiento de la zona agrícola nacional, para la explotación sostenible de los recursos naturales y así propender al crecimiento económico regional (D'Angostino, 2014).

En consecuencia, de lo anterior, cobra relevancia la delimitación y parametrización de los terrenos a nivel local, que permita separar fincas y hatos, unos de otros, reflejándose en escrituras públicas, predios rurales y catastros bien definidos en la región (D'Angostino, 2014).

El levantamiento topográfico se define a través de las técnicas de trabajo de campo que permiten recopilar la información completa sobre los puntos de referencia relacionados con las coordenadas rectangulares que delimitan el territorio, usando descriptivos empíricos o analíticos, con los que se procede a elaborar representaciones gráficas o físicas del terreno levantado, el área y volumen geofísicos de este (Torres & Villate, 1968, 22-23). Actualmente existen múltiples técnicas de levantamiento: La planimetría se representa en un plano horizontal con eje imaginario que describe la superficie media del terreno estudiado, y se basa en medidas de distancias horizontales, ángulos trazables sobre el terreno y direcciones planimétricas (Torres & Villate, 1968). También, se cuenta con la Hipsometría o Altimetría, que abarca el conjunto de procesos para establecer y representar gráficamente la altura de cada punto del terreno estudiado, respecto a un plano de referencia. Con esta última, se puede representar a detalle los accidentes del relieve, graficados en curvas de nivel y perfiles, entre otros (D'Angostino, 2014).

Los avances en Tecnologías de Información Geográfica, permite contar con técnicas de levantamientos topográficos usando vehículos aéreos no tripulados (UAVs), o Drones. La estructura mecánica, la facilidad de despliegue multidireccional gracias a sus cuatro rotores, el

peso ligero que permite aterrizar en varias superficies y de forma vertical, la facilidad de instalar cámaras e instrumentos de alta definición y captación de información, y, sobre todo, el bajo costo frente al uso de aviones y helicópteros, incluso sin exponer la vida de operativos en el proceso, convierte a los drones en herramientas fundamentales en la topografía contemporánea (Flórez, 2009).

El levantamiento con dron permite tener fotografías aéreas de alta definición, identificando las características morfológicas y ecosistémicas del territorio, que son de gran ayuda en estudios facticos de cartografía, arqueología, agricultura, silvicultura, actividades pecuarias, entre otras actividades económicas (Flórez, 2009).

Otro importante avance tecnológico aplicable, es el uso de instrumentación para sistemas de posicionamiento global satelital (GPS), que permite hacer medición tridimensional incluso, usando señales de radio a través de software NAVSTAR, integrado por 24 satélites artificiales posicionados en la troposfera, y recorren la circunferencia en 12 horas o menos, dando durante 24 horas la visibilidad de 5 a 8 satélites desde cualquier punto de la tierra (Torres & Villate, 2008).

En el contexto nacional, las directrices para el levantamiento topográfico son dictadas por el IGAC, quienes establecen los requerimientos básicos para la rectificación, actualización, corrección y construcción geográfica, morfológica y topográfica del territorio nacional (IGAC, 2022). Todo el equipamiento óptico, como estaciones totales y teodolitos, deben estar calibrados con un tiempo menor a seis meses. Esta calibración debe ser realizada y expedida por un laboratorio certificado. Las representaciones graficas obtenidas de estos levantamientos, se realizan en unidades métricas del en el Sistema Internacional de Unidades. Los resultados se entregan en el marco de la data MAGNA-SIRGAS, establecida por el IGAC para el territorio colombiano.

La cartografía ha sido fundamental en el conocimiento geográfico y ecosistémico del territorio a gran escala, permitiendo conocer la continuidad y sus transiciones, en cuanto a composición, cambios de altura y ocupación poblacional. Estas variables se convierten en directrices claras en los POT de ciudades, instituciones y empresas que encuentran en su territorio una oportunidad tangible de expansión y explotación sostenible sus recursos. Los primeros antecedentes destacados fueron gestados por el geógrafo catalán Luis Urteaga, quien realizó el primer levantamiento topográfico a gran escala (1:50 000) en Cataluña, durante el periodo de transición política y militar del franquismo (1912 – 1932) (Arteaga & Nadal, 2013).

La construcción de esta carta topográfica exigió la movilización de una empresa de cartógrafos y geógrafos considerable, la carta consta de 1 114 hojas y cuenta con la siguiente descripción: “con un formato de 10’ de latitud por 20’ de longitud, ochenta y cinco de las cuales corresponden a Cataluña. Su levantamiento fue durante muchos años competencia exclusiva del Instituto Geográfico y Estadístico, la agencia cartográfica oficial española, que actualmente recibe el nombre de Instituto Geográfico Nacional” (Arteaga & Nadal, 2013). Durante el proceso se usaron técnicas cartográficas clásicas, utilizando fotogrametría terrestre para las zonas montañosas, que permitió agilizar en términos de tiempo el vasto levantamiento realizado. El propósito del trabajo realizado con base en el levantamiento tiene como propósito mostrar las vicisitudes experimentadas durante el proceso, y dejar un registro de la abundante documentación generada por la cartografía aplicada al proceso. En términos de recursos, el levantamiento catalán requirió un personal de 246 profesionales calificados, entre los que destacan ingenieros geógrafos e ingenieros topógrafos, exigido por el área tan extensa que fue estudiada (Arteaga & Nadal, 2013).

Durante esta titánica labor se creó el Centro Directivo de la Provincia de Tarragona, del que se desprenden importantes levantamientos en el resto del territorio ibérico, otorgando en el año

1912 el cargo de director regional al ingeniero y geógrafo Eduardo de Bordons (Arteaga & Nadal, 2013). La etapa primaria de levantamiento se basó en la triangulación topográfica de cada municipio, con polígonos de área correspondiente para cubrir toda la superficie de la cabecera ocupada con lados de longitud variable que se amoldara con mayor precisión a la forma real del área levantada. Cada triángulo debía cumplir con unos parámetros mínimos de dimensión y de inclinación que cumpliera con la complementariedad de la red geodésica, permitiendo el uso de teodolito reiterado y la medición de los azimuts.

Este antecedente marcó una nueva complejidad en el levantamiento cartográfico, debido a que las estructuras urbanas y sus dinámicas fluctuantes exigen un feedback para los actores de tales proyectos, exigiéndoles el desarrollo de tecnologías que permitan conocer a mayor detalle el territorio, reduciendo el requerimiento de recursos humanos que crecen exponencialmente en función de la extensión a estudiar. Tal evolución permite incluso, desarrollos normativos que gestionen la planificación del crecimiento urbanístico de la zona, y en lo posible, a ordenar y acondicionar el territorio ya edificado (Ferrer & RO, 2014). Los avances tecnológicos de la contemporaneidad permitieron levantar el territorio de múltiples municipios, incorporando herramientas de georreferenciación automática, el uso de aviones ligeros equipados con cámaras de alta precisión y la instalación de estaciones geo posicionadas estratégicamente para monitorear constantemente el crecimiento urbanístico y las transformaciones ecosistémicas del territorio. Para poder regular las técnicas y velar por la veracidad y precisión, se ha establecido en el marco normativo la Ley 1437 del 2011 y la Ley 1755 de 2015, en donde se establecen los conceptos y requerimientos tecnológicos para hacer cartografía en todo el territorio colombiano, que mejoren las operaciones de triangulación y poligonación topográfica, el establecimiento de directrices para el censo poblacional y el catastro (Ferrer & RO, 2014).

Para realizar un levantamiento topográfico se debe pasar por varias etapas, desde levantar la cartografía de masas de cultivo, generar un catastro topográfico de la zona rural y urbana, y finalmente la elaboración de planos edificados urbanos. Resulta importante deslindar los municipios, establecer sus límites y perímetros, identificar los accidentes geográficos, y demarcar un croquis topográfico del área agrícola (Alcántara García, 2014).

Un antecedente relevante para el actual trabajo es el levantamiento topográfico y altimétrico, que permitió generar fotografía aérea con drones, realizados en la Finca la Rochela ubicada en el Departamento del Meta, municipio de Puerto Gaitán, donde se usó instrumentos GPS de frecuencia doble y una estación total, donde se obtuvo información cartográfica detallada con base a los estándares del IGAC. Este trabajo marca unas directrices claras en el aprovechamiento agropecuario y de infraestructura del territorio por parte de los dueños del predio. De acuerdo con la temática expuesta, se precisa las ciencias asociadas con los levantamientos planialtimétrico y cada uno de los aportes que éstas generan en el levantamiento de la información base del estudio.

- **4.1.1 Fotogrametría**

Es la rama de la ciencia y el arte, que usa instrumentos tecnológicos para reproducir la información gráfica y sensorial lo más fidedigno posible, del entorno físico y visual, a través de la exposición de imágenes a lentes y circuitos electrónicos, interpretando y midiendo imágenes fotográficas de diversos patrones objetivo, y transformándolo en interpretaciones deductivas de tal entorno (Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos). Esta disciplina permite extraer dimensiones, forma y posicionamiento de objetos y fenómenos litosféricos sobre el paisaje o relieve, brindando un mapeo con una buena precisión y mediciones. La técnica permite optimizar, en términos de recursos y tiempo, el trabajo de campo, dando gran precisión

en la representación gráfica del territorio y la elaboración de modelos tridimensionales (Porto & Merino, 2010).

Existen varias subdivisiones de fotogrametría entre las que destacan la fotogrametría aérea, que utiliza vehículos aéreos tripulados y no tripulados, con el foco cámara apuntando a 90 grados del nivel del suelo; la fotogrametría terrestre, tomando evidencia fotográfica del territorio horizontalmente al territorio; fotogrametría analógica, cuando se reconstruye la representación espacial con sistemas ópticos de naturaleza mecánica, como los estereoscopios; fotografía analítica, cuando se usa programas informáticos en la simulación y el procesamiento de las proyecciones geométricas; fotogrametría digital, que usa imágenes en formato digital, reconstruyendo de ella un modelo tridimensional, en donde se puede ver a detalle accidentes geográficos y objetos sobre el paisaje (Arteaga & Nadal, 2013).

- **4.1.2 Topografía**

Ciencia natural e ingenieril dedicada a la medición de extensiones territoriales sobre la litosfera, describiendo información como accidentes, formas, escalas, entre otras. Como desprecia la curvatura de la tierra, es extensible a territorios reducidos y considera el planeta como un plano horizontal. También permite determinar ángulos entre líneas terrestres y establecer puntos georreferenciados y sus características morfológicas (Torres & Villate, 2008).

El levantamiento topográfico se lleve a cabo, por lo general, en dos etapas: El trabajo de recolección de datos o en campo, y el ejercicio analítico de proyecciones calculadas en dibujos o planos.

- **4.1.3. Cartografía y Mapas**

La cartografía permite obtener representaciones reales y a escala del planeta, mediante procesos estandarizados de observación y medición de la superficie de la tierra.

El producto cartográfico más notable es el mapa, que representa territorios como ciudades, accidentes geográficos, entre otros, usando medidas longitudinales a precisión.

4.2 Marco legal

La resolución 643 de mayo del 2018, determina los requerimientos técnicos para la construcción de un elemento planimétrico o topográfico de cualquier bien inmueble que se desee describir. Ese constructo incluye la descripción física de los linderos y el área precisa. Tales requerimientos son establecidos por el IGAC, como máxima autoridad catastral (IGAC, 2018).

El IGAC establece que cuando el levantamiento involucra descripciones altimétricas o hipsométricas, que dibujen el relieve y los linderos, se habla de levantamiento topográfico, de lo contrario, se habla únicamente de Planimétrico.

Con respecto al uso de los drones, la normatividad es establecida en el marco internacional, por agente que regulan el espacio aéreo, los acuerdos internacionales o los gobiernos locales. Actualmente, ya 60 países han normalizado el uso y tráfico de vehículos aéreos no tripulados (VANT), estando Colombia entre los ocho países de Latinoamérica que allí se encuentran (Flórez, 2009).

A nivel Colombia, se contempla lo siguiente: “que las operaciones necesarias para obtener permiso están en el numeral 4.25.8.2 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC), en lo que respecta a de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) diferenciando de las aeronaves para recreación y deporte”¹ (Flórez, 2009). La norma aplica para personas naturales o jurídica, y organizaciones gubernamentales civiles por igual.

¹ Cita textual de Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC), para diferenciar RPAS de otros instrumentos de vuelo.

Las características de estas aeronaves, deben ser: “ Hélices o rotores no hechos de metal, equipados con al menos un sistema de piloto automático, GPS, tren de aterrizaje, airbag, y paracaídas, deben estar monitoreadas por una estación de pilotaje a distancia con control vía radio en todas sus fases de vuelo y data mode en sus condiciones de operación, receptor de radio para recibir frecuencias aeronáuticas de comunicaciones, emisión de señales de control que no generen interferencias, Se deberá tener un radio receptor para escucha de frecuencias aeronáuticas de comunicaciones”² (Flórez, 2009).

Para su operación se debe tener en cuenta: “No se podrá volar aeromodelos sobre áreas ni edificaciones o directamente sobre público o aglomeraciones de personas, no volar a una altura superior a 500 ft, es decir, a 152 m aproximadamente sobre el terreno o agua, no volar cerca de un aeropuerto al menos 5 km a la redonda, no volar dentro de una zona prohibida o restringida del espacio aéreo, el peso máximo permitido para cualquier aeromodelo será de 25 Kg, y no volar aeromodelos que puedan crear un tipo de riesgo para las personas o propiedades en la superficie terrestre”³ (Flórez, 2009).

- **4.2.1 Normatividad Cartográfica**

Siguiendo las normativas del IGAC y los diferentes referentes constitucionales y legales, se presenta el siguiente cuadro normativo, en donde se citará la información textual de la reglamentación, en aras de precisión en la misma:

TABLA 1. Normatividad Cartográfica del proyecto

NTC: NORMAS TECNICAS	NTC 5662:2010: especificaciones técnicas de productos geográficos.
-------------------------	---

² Características técnicas textuales de las aeronaves tipo RPAS permitidas en la normatividad colombiana.

³ Condiciones de operación textuales de los RPAS establecidas en la normatividad colombiana.

COLOMBIANA S (ICONTEC)	<p>NTC 5043:2010: conceptos básicos de calidad de los datos geográficos</p> <p>NTC 5660: 2010: evaluación de la calidad. Procesos y medidas</p>
Resolución 1392 del 2016	<p><i>ART. 1º—Objeto. Adoptar las “Especificaciones técnicas cartografía básica digital” junto con sus cuatro (4) anexos, “Esquema UML de modelo de datos cartográfico”, “Tipos de coordenadas manejados en Colombia”, “Manual de procedimientos clasificación de campo” y “Obtención de alturas sobre el nivel medio del mar a partir de información GNSS”, los cuales se consideran parte integral de la presente resolución.</i></p> <p><i>ART. 2º—Ámbito de aplicación. El documento técnico que se adopta por la presente resolución determina la estandarización de las características mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia a escalas grande y media generados para uso oficial, por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, y aplican a los siguientes productos cartográficos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>a) Cartografía básica</i> <i>b) Ortofotomosaico</i> <i>c) Modelos digitales del terreno⁴</i>

⁴ Artículos 1 y 2 de la Resolución 1392 del 2016

Ley 7 de 1986	<p><i>Artículo 3:</i></p> <p><i>*Es cartografía básica, cualquiera que sea la escala de su levantamiento, aquella que se realiza de acuerdo con una norma cartográfica establecida por la Administración del Estado, y se obtiene por procesos directos de observación y medición de la superficie terrestre</i></p> <p><i>* La norma cartográfica correspondiente a cada serie cartográfica especificará necesariamente el datum de referencia de las redes geodésica y de nivelación, el sistema de proyección cartográfica y el sistema de referencia de hojas, para la cartografía terrestre y, además, por lo que respecta a la náutica, el datum hidrográfico al que estén referidas las sondas</i></p> <p><i>*Además de lo establecido en el apartado anterior, la norma cartográfica contendrá cuantas especificaciones técnicas sobre el proceso de formación del mapa sean necesarias para garantizar que éste refleja la configuración de la superficie terrestre con la máxima fidelidad posible según los conocimientos científicos y técnicos de cada momento⁵ (BOE, 1986).</i></p>
Resolución 1350-56.09 de 2018 de la Alcaldía de Villavicencio	<p><i>Por medio del cual se Reglamenta la forma de presentación planimétrica de los levantamientos topográficos para los distintos procedimientos internos de la secretaria de Planeación Municipal de Villavicencio y se dictan otras disposiciones⁶.</i></p>

Fuente: Elaboración propia con base en la normativa IGAC, 2020

⁵ Artículo 3 de la Ley 7 de 1986

⁶ Disposiciones de la Resolución 1350-56.09 de 2018 de la Alcaldía de Villavicencio

5 Metodología y diseño experimental

○ 5.1. Ubicación Geográfica del área de estudio.

Villavicencio es la capital del departamento del Meta y el corazón comercial e industrial de la Orinoquia. Está ubicado al noroccidente del Meta, sobre el piedemonte de la cordillera oriental, al margen del Guatiquía. Cuenta con aproximadamente 552 000 habitantes para el 2021. Se encuentra ubicado en las coordenadas **4°08'33"N; 73°37'46"O**.

La granja Agroecológica de la UNIMINUTO, está ubicada a aproximadamente 20 minutos de la cabecera municipal de Villavicencio en la Vereda Barcelona (Figura 1.).

Figura 1. Ubicación de la Granja Agroecológica UNIMINUTO



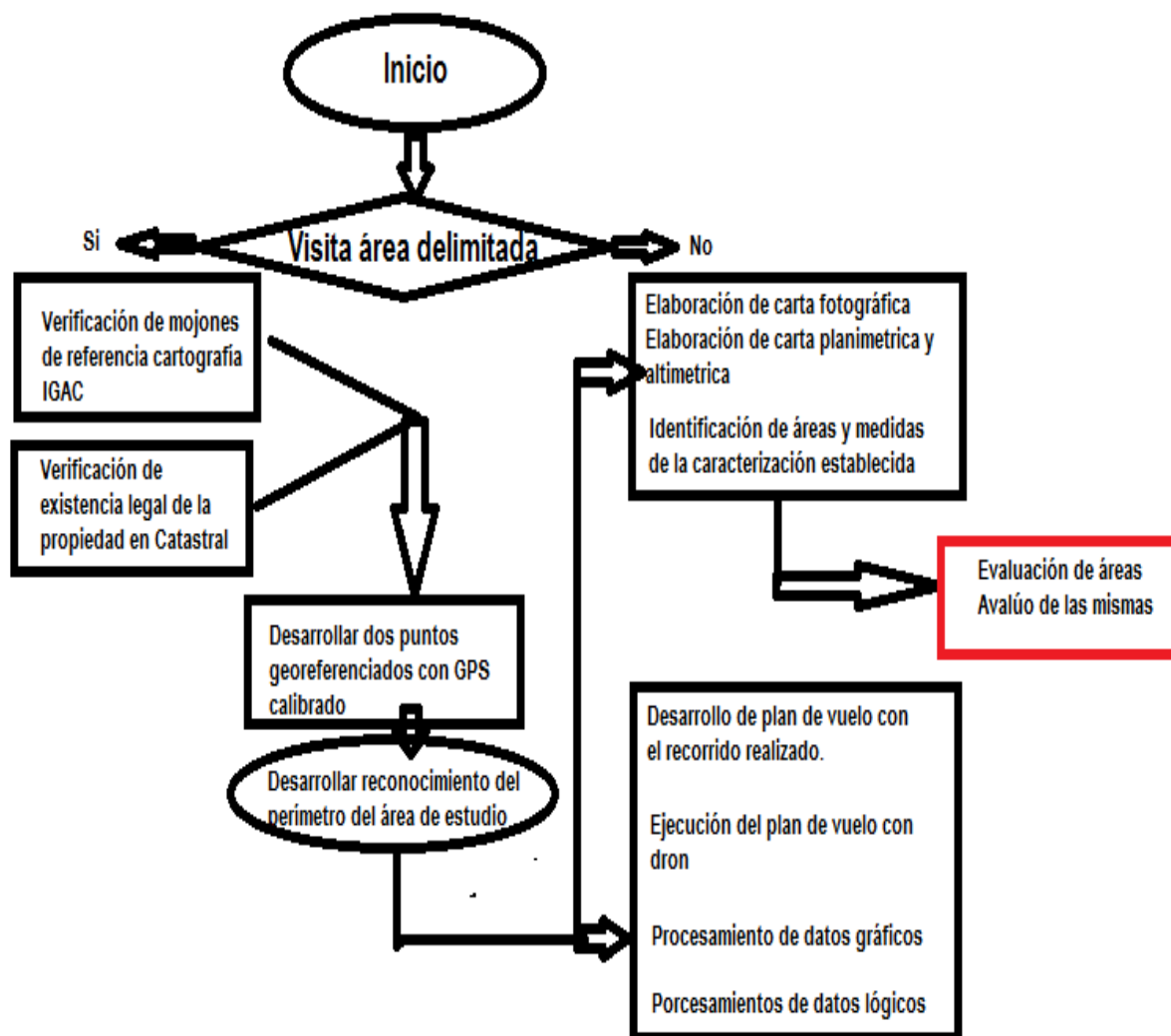
Fuente. Repositorio de imágenes (Google maps), 2022

- **5.2. Diseño experimental**

La ejecución del actual proyecto se desarrolló bajo una metodología práctica experimental, con un trabajo de campo exhaustivo, reuniendo evidencias fotográficas con el uso de diferentes herramientas tecnológicas y traduciendo esta información en la entrega de unos resultados analíticos aplicables en un levantamiento topográfico y cartográfico de la Granja Agroecológica UNIMINUTO.

Para el desarrollo metodológico se presenta el siguiente flujograma, el cual se han alineado con los objetivos de la presente investigación.

Figura 2. Flujograma de actividades para el levantamiento topográfico y planialtimétrico con DRON de la granja agroecológica.



Fuente. Elaboración propia, 2022

Para hacer el levantamiento de la información, como se muestra en la figura 2, se determinó el área a delimitar y realizar un estudio cartográfico. Para ello se realizó una visita previa en donde se verifican los mojones de referencia para el levantamiento cartográfico siguiendo la norma del IGAC, también se verifica la existencia de los Títulos de Propiedad en Catastral. Una vez

realizado el marco de referencia, se estableció dos puntos de georreferenciación GPS, y se realizó un reconocimiento perimetral usando **Fotogrametría Digital** utilizando como dispositivo el **DRON Mavic Air 2**. Para ello es necesario contar con un plan de vuelo del recorrido, que será descrito en la siguiente sección. Como resultado se obtuvo datos gráficos y lógicos para procesamiento. Con ello se generó la carta fotográfica, planimétrica y altimétrica. También se identificó áreas y medidas que caractericen el terreno a describir. Este ejercicio es aplicable a en evaluación y avalúo de áreas de terreno.

○ **5.3. Visita a área delimitada**

A continuación, se presenta la descripción de la visita realizada la Granja Agroecológica UNIMINUTO: El terreno hace parte del Corredor Ecológico de Villavicencio, esta área se caracteriza por la presencia de actividad industrial y comercial moderada, con presencia de áreas de suelo de transición ecológica, con gran riqueza en cuerpos de agua, flora y fauna.

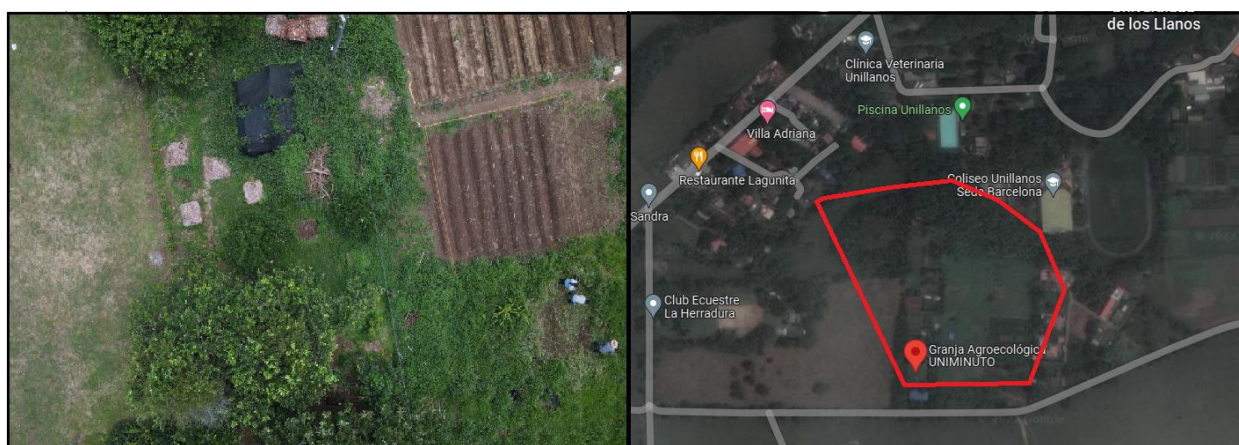
La visita permitió determinar cuáles son las herramientas (equipos y recursos) que son requeridas para el respectivo desarrollo de la actividad de inspección, demarcación y evaluación del terreno seleccionado, además de permitirnos conocer condiciones de clima, y observar las franjas de vegetación y fuente y reservorios hídricos.

Una vez establecidos los puntos georreferenciados que se delimitaron de forma visual el terreno a estudiar, se realizó la toma de las respectivas fotografías, con el fin de cotejar los datos recogidos y compararlos con los que se registran en la documentación legal del predio.

Este trabajo permitió identificar los márgenes de error reales entre la representación e información empírica de este procedimiento, con los datos estipulados en las escrituras. Para la ejecución de esta actividad se requirieron:

1. Cámara Fotográfica
2. Tabla para toma de Datos
3. Cinta Métrica Electrónica BOSH
4. GPS Garmin
5. Brújula
6. Nivel Electrónico BOSH

Figura 3. Fotografía aérea granja UNIMINUTO



Nota. Fotografía aérea suministrada por dron de área preliminar de la Granja Agroecológica UNIMINUTO (Izq). Área estimada de estudio de la Granja Agroecológica UNIMINUTO (Der).
Fuente. repositorio imágenes Google maps. 2022

En la figura 3, se representa el estado inicial de las variables y estimaciones a determinar, en términos de su extensión y su ubicación, obtenidos mediante los dos insumos expuestos.

- **5.4. Identificación de Mojones**

En el área de estudio, se identificaron los mojones y detalles del predio, incluso detalles de infraestructura como áreas recreativas, jardines, zonas verdes, salones de clase, laboratorios, zonas agrícolas, zonas sociales, espejos de agua, y particularmente, bosques de galería, que son de suma importancia en la elaboración del levantamiento topográfico. Luego, se realizó un dibujo a mano alzada usando el formato IGAC 103Lev.

- **5.5. Identificación de Existencia Legal Catastral**

Se encontró en la Escritura pública del predio, en donde se puede referenciar el área establecida en datos como el perímetro y área total, la longitud de los límites físicos, predios colindantes y servidumbres. Luego se convalido la Matrícula Catastral para identificar identificando las características físicas del predio, el uso de suelo, la ubicación geográfica general y específica, el marco rural, semirural y condiciones de urbanización. Esto servirá como base en el análisis de la convalidación y avalúos. Para obtener esta información, primero se generó copia física en Notaría, donde se encuentra matriculado el predio. Luego, se identificó el número catastral, el cual deberá ser consultado por solicitud presencial y número de matrícula, para obtener el plano micro focalizado de IGAC.

- **5.6. Desarrollar Dos puntos Referenciados con Equipo TOP o GPS**

En esta etapa se realizó la calibración de los puntos de amarre geográficos, para hacer el levantamiento del predio, que permita identificar geográfica y espacialmente el terreno. Se inicio con un punto inicial de apertura del predio, y un segundo punto de correlación de espacio y

calibración de este. Esta actividad se generó en condiciones de cielo despejado, con equipos GPS Garmin y formatos de toma de puntos y caracterización de predio.

- **5.7. Desarrollar reconocimiento del perímetro del área de estudio.**

Se realizó un dibujo a mano alzada en campo, para identificar los fenómenos físicos del predio y su accidentalidad. El paisaje se ve representado por: zonas verdes, áreas recreativas, aulas de clase, laboratorios, zonas agrícolas, zonas sociales, espejos de agua, bosques de galería. Se establece en formato mano alzada el amarre de un punto geográfico en cada elemento identificado y dibujado.

- **5.8. Estándares de procedimiento**

Para realizar el levantamiento topográfico se debe cumplir con requerimientos específicos. Estos deben ser adelantados por personal profesional o tecnólogo con experiencia en el área topográfica, con matrícula profesional acreditada por el Consejo Profesional de Ingeniería (COPNIA), o el Consejo Nacional de Topografía (CPNT). Todos los equipos usados en el proyecto (GNSS, estaciones totales e instrumentación electrónica), deben estar calibrados con certificado vigente expedido por compañías de métrica externas, con una actualización no menor a seis (6) meses, anexando la ficha técnica correspondiente.

Los equipos han de tener recepción de data en Colombia, sujetos al sistema de referencia MAGNA SIRGAS, con datos normalizados por el sistema de regencia. La recopilación de los datos se debe hacer con equipos electrónicos homologados con cartera electrónica interna o externa, codificando una descripción analítica de alta definición. Los equipos utilizados para los levantamientos topográficos deben contar con las siguientes características:

- **5.8.1. GPS**

“Receptor GNSS de doble frecuencia, precisión geodésica, con precisión en método estático mínimo de 4mm + 1 ppm horizontal y 7 mm + 2 ppm vertical, ángulo mínimo de recepción 15 grados sobre el horizonte, duración de épocas a captar de 15 segundos mínimo, con accesorios de trípodes, bastones, prismas, cintas metálicas, baterías, entre otros”.

- **5.8.2. Estación Total**

Fallas en distancia: máximas mm + 2 ppm, falla en ángulos máxima: 5”, precisión 3” de lectura directa. Alcance: con un prisma entre 2000 m en buenas condiciones.

- **5.8.3. Nivel de Precisión Automático**

Precisión mínima de +/- 2 mm/km, con aumentos de 24X y un círculo horizontal de 360o. Los levantamientos topográficos planimétricos e hipsométricos se deben georreferenciar a las coordenadas y cotas IGAC, indicando el punto o los puntos de amarre. Para materializar los puntos poligonales con puntilla sobre el pavimento, con 2 referencias para el poligonal con puntilla sobre pavimento, con 2 referencias para el replanteo posterior, en sitios fácilmente accesibles y ubicables a distancia no superior a 15 m.

En caso de no existir zonas duras para materializar los puntos GNSS, se monta en concreto mojoneros de concreto con dimensiones 30 cm x 30 cm x 80 cm de altura, tomando la medición sobre la mitad de la placa.

Para presentar los levantamientos topográficos y rigiéndose a la normativa local se debe cumplir con varios estándares: El levantamiento se debe entregar impreso con dos copias análogas firmadas, en escala adecuada y con magnéticos en formatos .dwg, .shp o .pdf. Los elementos representados tienen un diámetro siempre menor a 2 mm. Las líneas paralelas no

deben estar separadas por más de 2 mm, disponiendo los textos y símbolos en forma adecuada y en convenciones tradicionales, con copia de Escritura Pública con linderos, y Certificado de Libertad y Tradición con fecha de expedición no mayor a un (1) mes.

○ **5.9. PLANIMÉTRICO**

El levantamiento de los linderos del inmueble debe hacerse mediante una polilínea, amojonando los puntos de quiebre, enumerando los mojones en forma consecutiva, tomando como mojón inicial el punto en que se encuentre el extremo nororiental del levantamiento, y siguiendo la numeración en el sentido de las manecillas del reloj. Para indicar los linderos de los predios colindantes, se debe poner en la parte superior el nombre del propietario (si son varios, se anexan usando el símbolo + entre ellos). En la parte inferior se expone la longitud total del lindero en metro lineal (m), en los extremos de esta convención al nivel de la línea divisoria se debe colocar la convención de los mojones y su respectiva numeración. También se debe incorporar los elementos construidos claramente identificables en el terreno, que se localicen dentro del inmueble y en su periferia, en un radio no menor a 50 m (construcciones, sardineles, muros, canales, pozos, límites de vías, senderos, caminos, servidumbres de redes de conducción, entre otros), al igual que elementos naturales como cuerpos de agua y bosques de galería.

○ **5.10. ALTIMÉTRICO:**

Este levantamiento se consideró en el siguiente rango de representación de curvas de nivel:

TABLA 2. Rango de nivel entre curvas y curva índice para cada porcentaje de pendiente del terreno.

PENDIENTE	RANGO ENTRE CURVAS DE NIVEL	CURVA INDICE
0-15%	Curvas cada medio metro	Cada metro (1 m) se escribió el valor de la cota orientado en la parte superior del número en la dirección que aumenta la altura.
15-30%	Curvas cada metro	Cada dos metros (2 m) se escribió el valor de la cota orientado en la parte superior del número en la dirección en que aumenta la altura.
>30 %	Curvas cada dos metros	Cada dos metros (2 m) se escribió el valor de la cota orientado en la parte superior del número en la dirección que aumenta la altura.

Fuente: Elaboración propia con base en la normativa IGAC, 2020

El rotulo de la representación obtenida contiene escala gráfica y numérica, cuadrícula de coordenadas con su respectivo valor, estrella de puntos cardinales, cuadro de convenciones para los elementos geométricos (líneas, punto y regiones o áreas), espacio para el nombre, acreditación y firma del topógrafo o profesional competente responsable del levantamiento e información general del predio y propietarios, y cuadro de áreas donde se discrimine el área total del inmueble, la ocupada por las zonas de escorrentía y cuerpos de agua, y de caminos, carreteras, ductos de transporte de servicios y líneas eléctricas.

5.11. DRON

Para la documentación del proyecto se utilizará un DRON MAVIC AIR 2, como el representado en la Figura 4.

Figura 4. DRON MAVIC AIR 2



Fuente. Repositorio de imágenes <https://www.dji.com/>

El instrumento cuenta con un peso de 570 gramos, un tamaño promedio de 183 mm de largo, 253 mm de ancho y 77 mm de altura. Alcanza una velocidad de hasta 4 m/s. Recorre distancias de hasta 18.5 km, alcanzando ángulos de elevación de hasta 35°. El dron tiene incorporada una cámara de 48 MP de fotografía.

- **6. PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

En la Tabla 3, se representa el costo total del levantamiento fotométrico del predio de la *Granja Agroecológica*. En total se realiza una inversión de **\$ 3 560 000.00**.

TABLA 3. Presupuesto de ejecución del proyecto

6. Presupuesto de Ejecucion Del Proyecto				
6.1. Detalle del Recurso Humano				
Nombre de los participantes	Sueldo Mensual	Horas Semana-les de PS	Valor Hora	Valor Total Proyecto
Estudiantes 1	\$0	2	\$0	\$0
Estudiantes 2	\$0	2	\$0	\$0
Operador de Drom	\$0	0,3	\$50.000	\$1.002.000
Total				\$1.002.000
6.2. PRESUPUESTO DEL PROYECTO				
CATEGORIA DE INVERSIÓN	CANT.	UNID. DE MEDIDA	VALOR UNIT.	TOTAL
A. GASTOS DE PERSONAL				\$ 250.000
Docentes	5	Hora	\$ 30.000	\$ 150.000
Consultores	0		\$ -	\$ -
Asesores	0		\$ -	\$ -
Estudiantes	2	Hora	\$ -	\$ -
Técnico	2	Hora	\$ 50.000	\$ 100.000
Capacitadores	0		\$ -	\$ -
B. COMPRA DE ELEMENTOS				\$ -
Suministros	0		\$ -	\$ -
Elementos de Consumo	0		\$ -	\$ -
C. SERVICIOS				\$ 2.410.000
Alquiler de GPS	2	Hora	\$ 25.000	\$ 50.000
Alquiler de Camaras	2	Hora	\$ 30.000	\$ 60.000
Alquiler de Estacion Total	2	Hora	\$ 300.000	\$ 600.000
Alquiler de Drom	2	Hora	\$ 500.000	\$ 1.000.000
Alquiler de Sofwaret	1	Unidad	\$ 700.000	\$ 700.000
D. DISEÑO Y PRODUCCIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO Y DE APOYO				\$ -
Cartillas	0		\$ -	\$ -
Folletos	0		\$ -	\$ -
Producción audiovisual	0		\$ -	\$ -
Publicación textos	0		\$ -	\$ -
Diseño Software	0		\$ -	\$ -
Fotocopias	0		\$ -	\$ -
Otro	0		\$ -	\$ -
E. ADQUISICIÓN DE EQUIPOS				\$ -
Computador	0		\$ -	\$ -
Tablet	0		\$ -	\$ -
Micrófono	0		\$ -	\$ -
Cámara	0		\$ -	\$ -
	0		\$ -	\$ -
F. GASTOS DE DESPLAZAMIENTO				\$ 900.000
Transporte aéreo	0		\$ -	\$ -
Transporte terrestre	20		\$ 30.000	\$ 600.000
Viáticos	20		\$ 15.000	\$ 300.000
G. OTROS GASTOS				\$ -
Gastos imprevisto	1	Unidad	\$ -	\$ -
Gastos de Administración	1		\$ -	\$ -
TOTAL				\$ 3.560.000

Fuente. Elaboración propia, 2022

- **7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

En la Tabla 4, se relacionan las actividades de levantamiento de terreno con fechas de entrega hasta el mes de octubre del 2022. Las actividades incluyen visitas al predio de la Granja Agroecológica UNIMINUTO, mediciones en campo, levantamiento de información gráfica con sobrevuelo con el dron, análisis y entrega de información procesada.

TABLA 4. Cronograma de actividades del proyecto

5. CRONOGRAMA			
Actividad	Fecha Inicio	Fecha Finalización	Porcentaje de Ejecución
Reunión de validación de las metodologías propuestas y cronograma de trabajo	20/10/2021	20/11/2021	5%
Primera medición en campo	21/11/2021	30/11/2021	10%
Entrega de informe preliminar 1	01/12/2021	05/01/2022	10%
Segunda medición en campo	06/01/2022	06/02/2022	5%
Entrega de informe preliminar 2	07/02/2022	07/03/2022	15%
Tercera medición en campo	08/03/2022	08/04/2022	10%
Entrega de informe preliminar de todos los productos	09/04/2022	11/05/2022	15%
Entrega de observaciones por parte del asesor	13/06/2022	15/07/2022	10%
Entrega de los productos finales	17/07/2022	20/10/2022	20%
Total de Avances		20/10/2022	100%

Fuente. Elaboración propia, 2022

● 8. RESULTADOS

La implementación de la metodología propuesta realizo de manera secuencial como se establece a continuación:

8.1 Predio de estudio:

Al momento de realizar el reconocimiento, visitando el predio de la Granja Agroecológica UNIMINUTO, se pudo evidenciar ausencia o poca información de: identificación de mojones o señales que delimiten legalmente el terreno; identificación física como ingresos, salidas, linderos, servidumbres y vías, requiere del levantamiento inicial de esta información.

FIGURA 5. Realización de identificación de mojones



Nota. Visita al predio a estudiar, (Izq.). Ingreso al predio de la Granja (Der.). Elaboración Propia, 2022

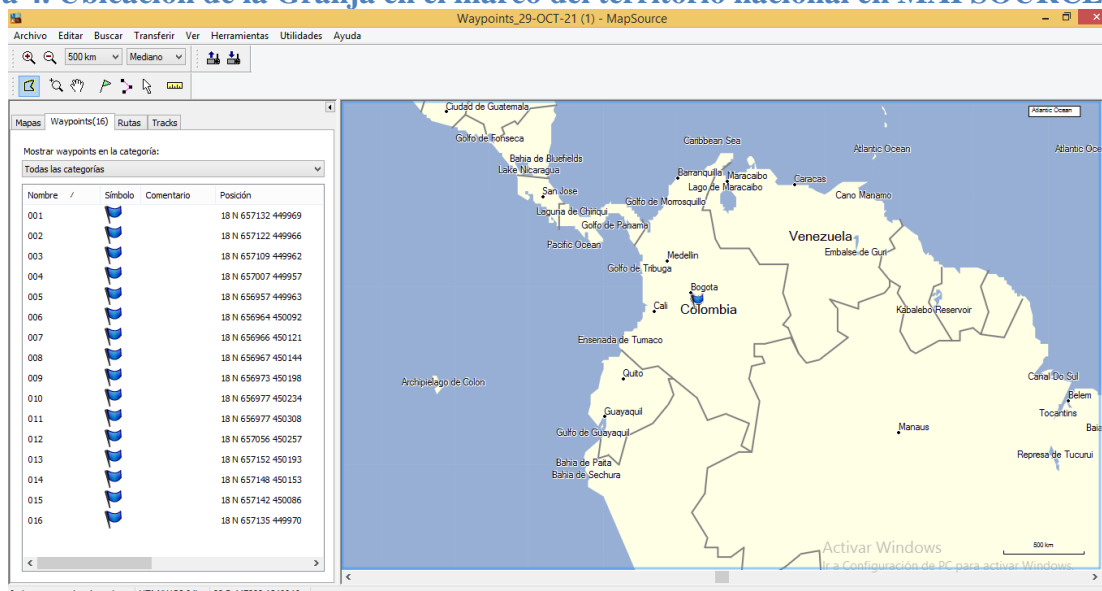
8.2 Etapa exploratoria y levantamiento del perímetro:

Usando el equipo GPS Garmin 62SC, se realiza el levantamiento de puntos georreferenciados alrededor del terreno. Adicionalmente, se realiza registro fotográfico de los elementos que, por su representatividad en el terreno, constituyen los puntos de anclaje (Figura 5). Esto permitirá una mejor identificación y ubicación de los que, tomados con el GPS.

8.3 Procesamiento de Datos:

Luego de generar y verificar la toma de los Waypoint en terreno, se descargó y salvaguardó la información obtenida al equipo de cómputo, en la carpeta virtual denominada **(Proyecto Levantamiento Planialtimétrico Granja / GPX perímetro)**: A continuación, se relaciona la forma de procesamiento de los datos en formato **GPX**, con apoyo del programa **MAPSOURCE**, de Garmin. Este programa permite identificar en plano mundial la ubicación de los Waypoint tomados en terreno (Figura 6).

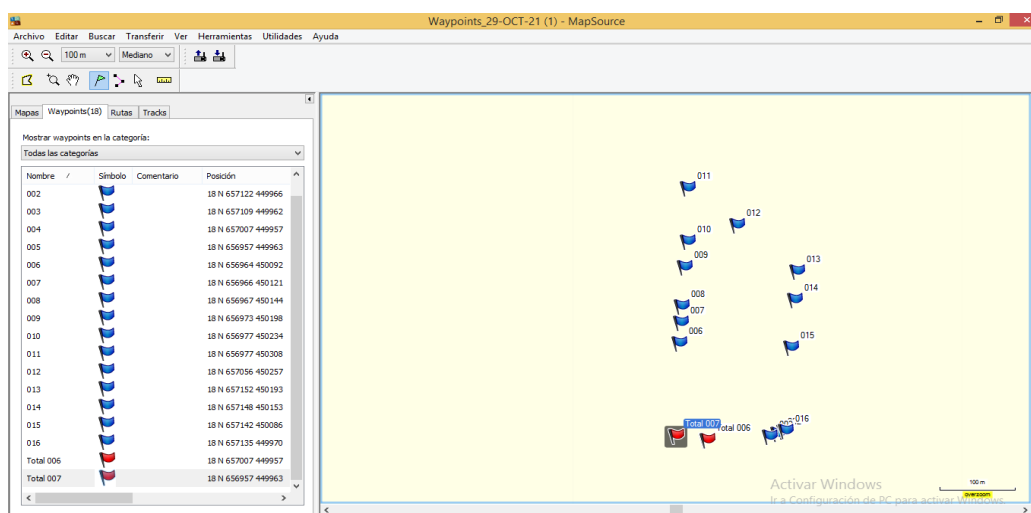
Figura 4. Ubicación de la Granja en el marco del territorio nacional en MAPSOURCE



Fuente. Elaboración propia, 2022

El programa permite realizar el levantamiento del terreno en condiciones apropiadas y determina el sistema de unidades en que se realiza las mediciones. Adicionalmente, el software permite realizar archivos en txt., para ser pasados a formato xls., construyendo bases de datos con la información reunida para verificar, analizar y corregir la información tomada en campo. Como se observa en la figura 7, una vez establecidos los puntos de anclaje, se parametriza el predio usando tales puntos como aristas del polígono.

Figura 5. Parametrización del predio con puntos de anclaje para circunscribir el predio.



Fuente. Elaboración propia, 2022

Posteriormente, se organizó y cuantificó el número de puntos tomados, su identificación de referencia en el plano, la altura sobre el nivel del mar, registrada en cada punto en Metros Sobre el Nivel del Mar (msnm), las coordenadas en Este y en Norte (Datum Coordenadas UTM 84 WGS), registrando fecha y hora de la toma del punto, para generar un registro temporal de cada uno como se muestra en la tabla 5.

TABLA 5. Datos Procesados del levantamiento en Tierra

Levantamiento en Tierra de Coordenadas									
Header	Name	Description	Position	MSNM	Este	Norte	Fecha	Hora	Horario
Waypoint	1	User	18	403	657132	449969	10/29/2021	11:22:34	AM
Waypoint	2	User	18	403	657122	449966	10/29/2021	11:25:03	AM
Waypoint	3	User	18	403	657109	449962	10/29/2021	11:27:07	AM
Waypoint	4	User	18	406	657007	449957	10/29/2021	11:30:41	AM
Waypoint	5	User	18	406	656957	449963	10/29/2021	11:34:05	AM
Waypoint	6	User	18	404	656964	450092	10/29/2021	11:37:41	AM
Waypoint	7	User	18	403	656966	450121	10/29/2021	11:39:59	AM
Waypoint	8	User	18	402	656967	450144	10/29/2021	11:44:52	AM
Waypoint	9	User	18	401	656973	450198	10/29/2021	11:46:35	AM
Waypoint	10	User	18	401	656977	450234	10/29/2021	11:48:33	AM
Waypoint	11	User	18	400	656977	450308	10/29/2021	11:51:06	AM
Waypoint	12	User	18	399	657056	450257	10/29/2021	11:54:31	AM
Waypoint	13	User	18	398	657152	450193	10/29/2021	12:04:36	PM
Waypoint	14	User	18	398	657148	450153	10/29/2021	12:06:49	PM
Waypoint	15	User	18	398	657142	450086	10/29/2021	12:08:32	PM
Waypoint	16	User	18	398	657135	449970	10/29/2021	12:12:11	PM

Fuente. Elaboración propia, 2022

8.4 Levantamiento con Estación Total, puntos de Corrección:

Debido a que el predio legalmente no cuenta con mojones de identificación de alta precisión y se debe ubicar puntos de corrección con equipo bidireccional, se empleó el uso del TOP COM 121 Estación Total, que permitió la generación de dos Waypoint de alta precisión (Tabla 6). Esta aplicación tecnológica permite desarrollar el factor de corrección limitado y permitido, tanto métrica como geoespacialmente, en correlación con los Waypoint tomados con el GPS.

TABLA 6. Waypoints determinados con TOP COM 121 Estación Total

Puntos Levantados con Estacion Total								
Name	Description	Position	MSNM	Este	Norte	Fecha	Hora	Horario
Waypoint	6	18	378	657007,2	449958,0	10/25/2022	10:35:15	AM
Waypoint	7	18	378	656957,1	449963,3	10/25/2022	10:35:15	AM

Fuente. Elaboración propia, 2022

8.5 Desarrollo de Factor de Corrección del Levantamiento con puntos de Control

Con los puntos de control procesados, se tienen 2 puntos a comparar con los puntos determinados con el equipo GPS. Estos puntos de referencia se convierten en las aristas del polígono del área total del predio, con una desviación de dos décimas, determinadas por la estación. Mediante el método de sustracción, se determina el margen de error de medición aplicado al proceso de levantamiento de terreno.

TABLA 7. Cálculo del Factor de Error en la medición de Waypoint empírico comparado con el reportado como real.

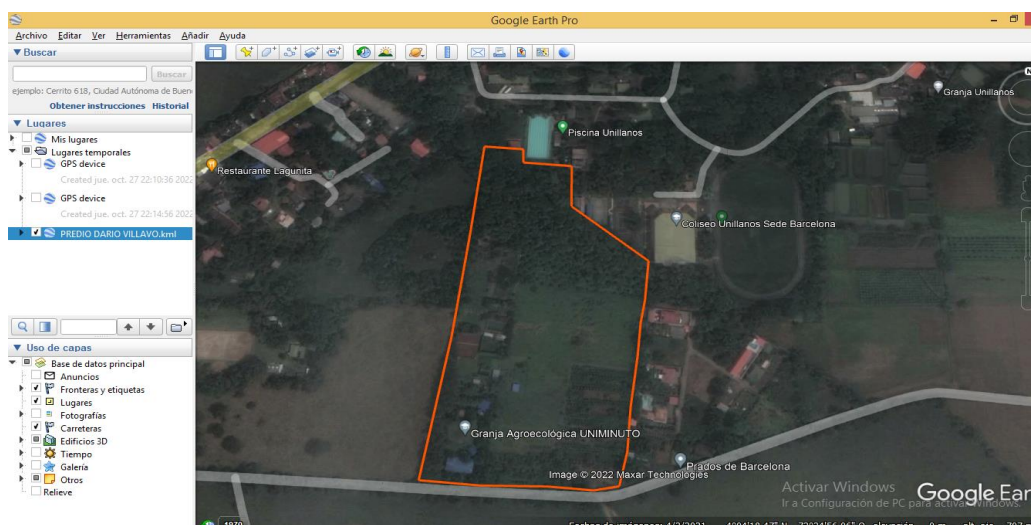
Name	Description	Position	MSNM	Este	Norte	Fecha	Hora	Horario
Puntos Levantados con Estacion Total								
Waypoint	6	18	378	657007,2	449958,0	10/25/2022	10:35:15	AM
Waypoint	7	18	378	656957,1	449963,3	10/25/2022	10:35:15	AM
Puntos Levantados en perimetro puntos de Control								
Waypoint	4	18	406	657007	449957	10/29/2021	11:30:41	AM
Waypoint	5	18	406	656957	449963	10/29/2021	11:34:05	AM
Factor de Error demostrado en Metros								
Waypoint	7	18	378	656957,1	449963,3	10/25/2022	10:35:15	AM
Waypoint	5	18	406	656957	449963	10/29/2021	11:34:05	AM
				0,1	0,3			
Waypoint	6	18	378	657007,185	449957,96	10/25/2022	10:35:15	AM
Waypoint	4	18	406	657007	449957	10/29/2021	11:30:41	AM
				0,2	1,0			

Fuente. Elaboración propia, 2022

8.6 Plano preliminar con coordenadas procesadas:

Con los ajustes aplicados a los Waypoint, generamos con el software GPS las líneas entre puntos, y se modela en *Google Earth Pro* un polígono que delimita el predio y su infraestructura, para determinar la programación del Vuelo.

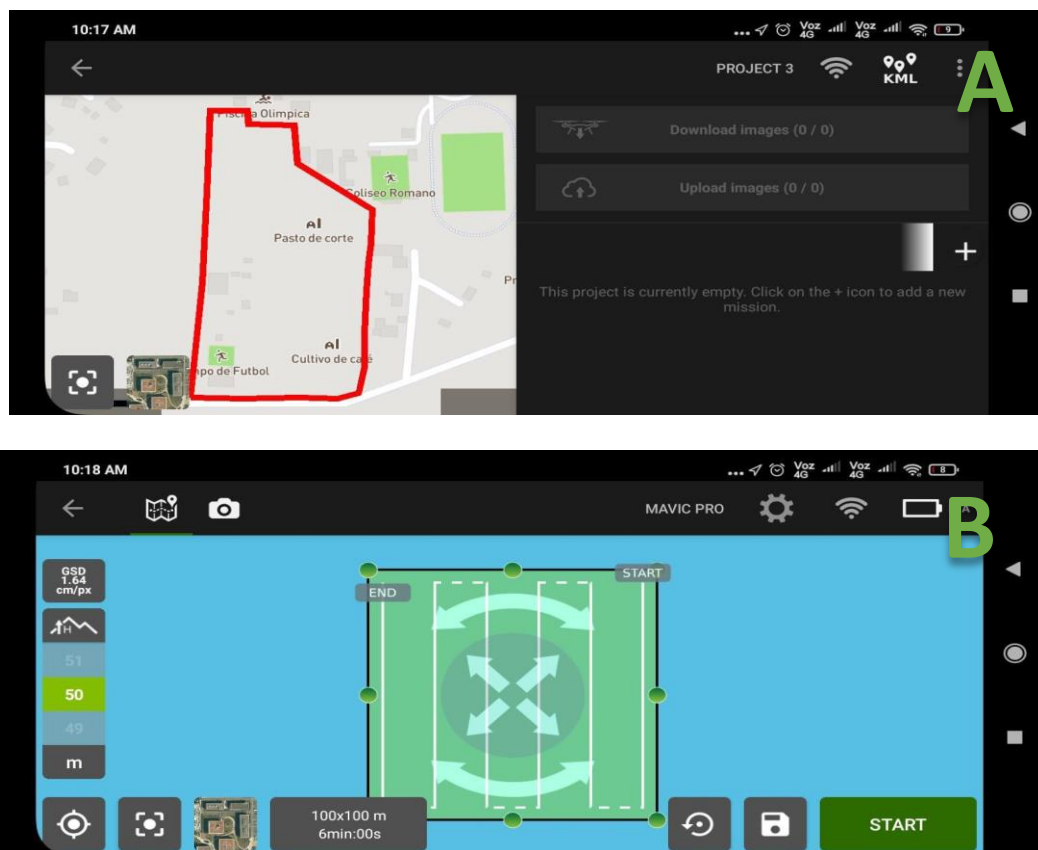
Figura 6. Polígono de perímetro del predio Granja Agroecológica



Nota. Elaboración propia con base en imágenes del repositorio de Google Earth Pro.

El polígono procesado en Google Earth se convierte en archivo KMZ. o KLM., compatible en lectura por el software Pix4 Capture, que planifica el vuelo del equipo dron. Este software determina las variables altura de vuelo, ángulo de toma fotográfica, frecuencia de toma fotográfica, y recorrido de vuelo.

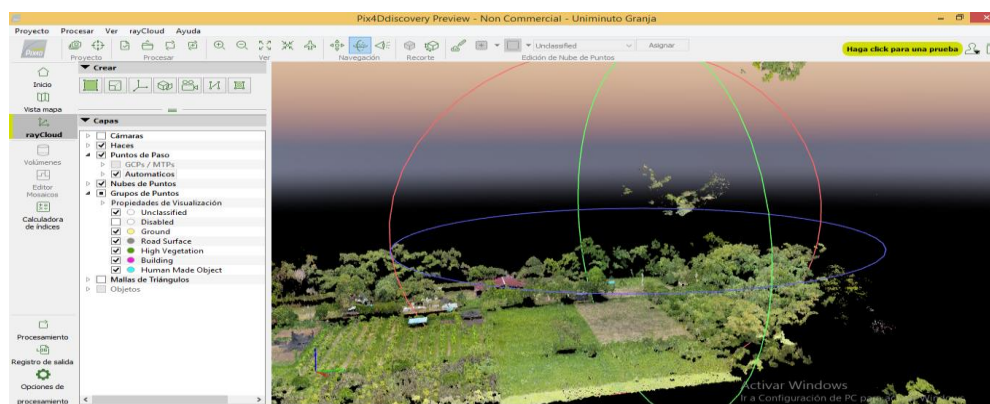
Figura 7. Interfaz de interacción para el sobrevuelo con el DRON



Nota. Perímetro predeterminado en el plan de vuelo (A). Controles de giro rotacional y movimientos traslacionales de dron (B). Fuente. Elaboración propia, 2022

El vuelo del dron se realizó a una altura total de 79,9 m, una frecuencia de toma de 30 sg con tres recorridos en tres horizontes distintos, permitiendo obtener 660 fotografías, usando los parámetros y controles mostrados en la Figura 9. El proceso de sobrevuelo del Dron se realizó el 04 de octubre del 2022, a las 10:30 am. Las condiciones de luz fueron adecuadas para el trabajo de campo, ya que permitió la manipulación de los equipos y la obtención de las imágenes, con una velocidad de viento baja, favoreciendo la estabilidad y la toma de las imágenes. La duración de los sobrevuelos fue de 90 min, logrando obtener un film de 3 min en el terreno general.

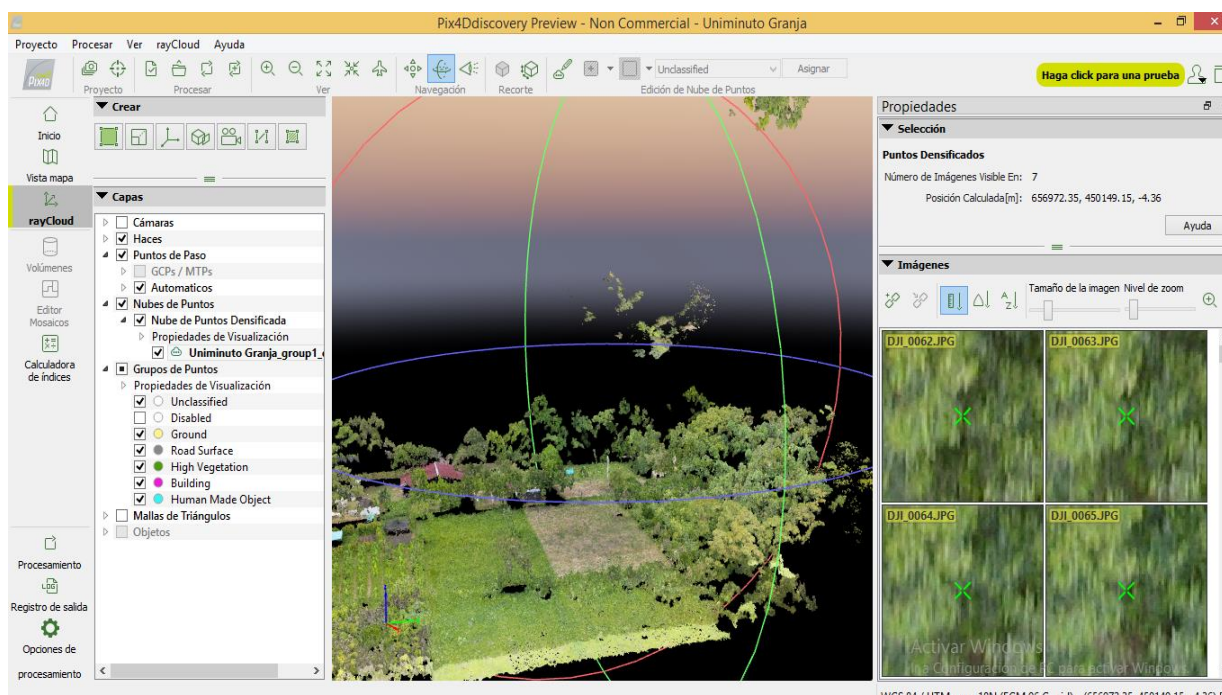
Figura 8. Imagen preliminar de la Ortofotografía tridimensional.



Fuente. Elaboración propia, 2022

En total se obtuvieron 660 fotografías georreferenciadas. Estas fotografías se almacenaron en un equipo de cómputo. Esta información se digitalizó con el programa Pix4Dmapper. Este software tomó los parámetros establecidos por el usuario, los traslapan y conformaron la ortofotografía (Figura 11), que permitió visualizar el área del predio en los tres ejes del plano cartesiano X, Y, Z. Esta representación favorece a la construcción de las representaciones planialtimétricas.

Figura 9. Ortofotografía tridimensional detallada del predio Granja Agroecológica

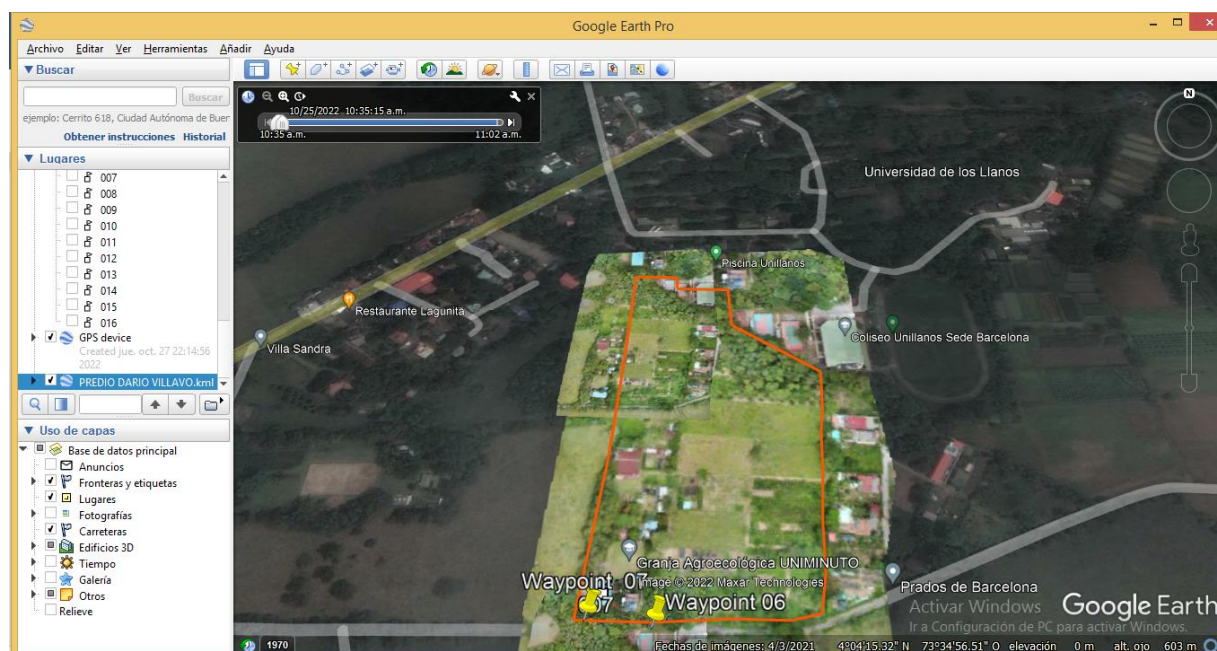


Fuente. Elaboración propia, 2022

La construcción de la ortofotografía tardó entre 2 y 4 días, de acuerdo con el número de fotografías y el área total a representar, y en función de los parámetros e información tomada de los sobrevuelos con el dron.

Con base en la ortofotografía, en la Figura 12, se modeló una representación general de altura del predio en formato KML, para ser subida en el Google Earth, con el fin de superponer visualmente la información de la ortofotografía con la imagen satelital del predio representada en línea. Esta operación permitió actualizar la información topográfica y cartográfica del predio, y corregir los detalles imprecisos que se representan del mismo.

Figura 10. Representación general de altura obtenida a partir de la orto fotografía



Fuente. Elaboración propia, 2020

Con la representación general de altura superpuesta en Google Earth, se halló la lista de elementos significativos a tener en cuenta en la digitalización del planialtimétrico. Luego, del procesamiento de las fotografías, se desarrolló el informe del vuelo y sus detalles técnicos.

8.7 Ortomosaico UNIMINUTO

Un ortomosaico representado en Figura 13, muestra la sección de terreno que delimita el croquis del perímetro del predio. Se identificó que, al Norte, delimita con las instalaciones de la Universidad de los llanos, a Este y Oeste con edificaciones residenciales y vacacionales, y al sur con la principal vía vehicular hacia la vereda Barcelona.

Figura 11. Ortomosaico de la Granja Agroecológica, para la delimitación del predio

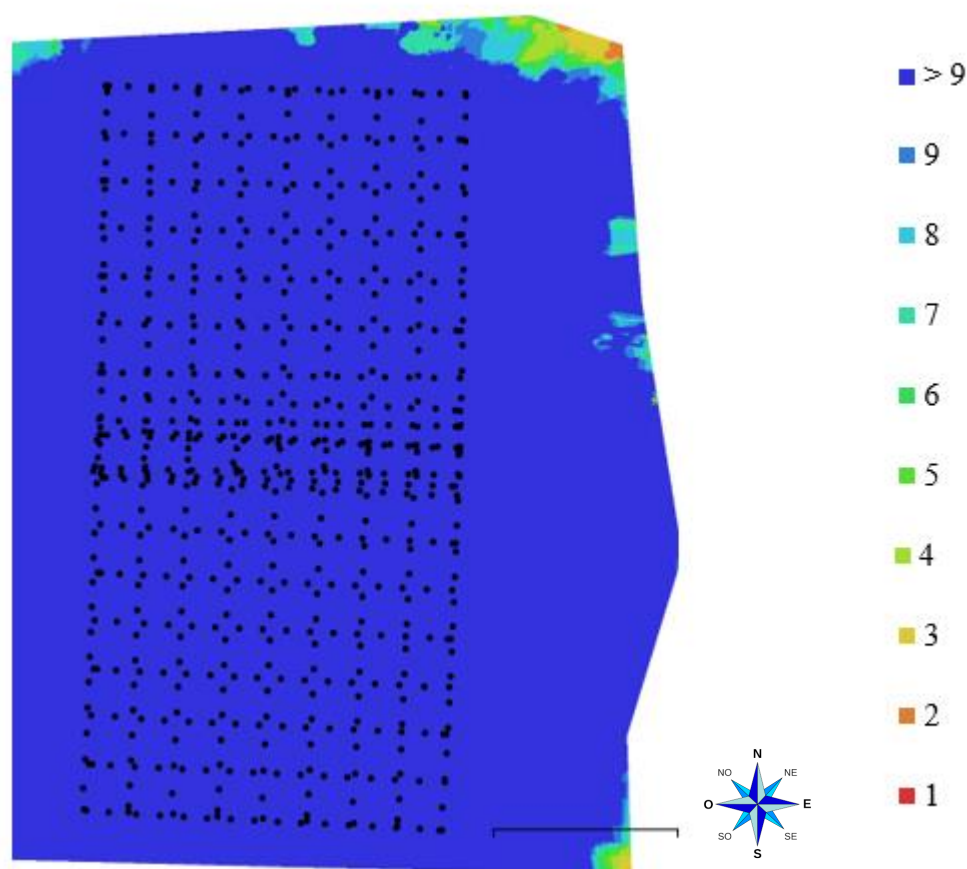


Fuente. Elaboración propia, 2022

8.8 Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes

En la Figura 14, se representa a cada step las posiciones de la cámara del DRON. Estas posiciones siempre se orientan a Norte, Sur, Este y Oeste, detallando y superponiendo las imágenes capturadas para describir a fidelidad la realidad física del predio.

Figura 12. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes



Fuente. Elaboración propia, 2022

Así mismo, como se mencionó anteriormente, se tomaron en total 660 fotografías a una altura de 79.9 metros sobre el terreno (tabla 8).

TABLA 8. Datos fotográficos obtenidos del sobrevuelo del DRON.

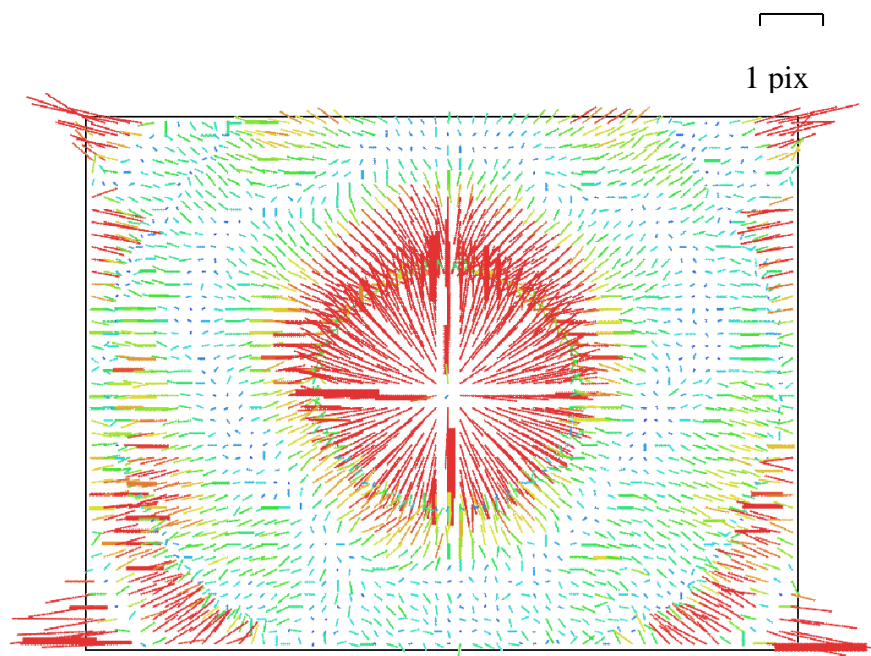
Número de imágenes: 660	Imágenes alineadas:	660
Altitud media de vuelo: 79.9 m	Puntos de paso:	510,624
Resolución en terreno: 2.23 cm/pix	Proyecciones:	1,621,764
Área cubierta: 0.114 km ²	Error de reproyección:	1.94 pix

Fuente. Elaboración propia, 2022

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	
FC220		4000 x 3000	1.57 x 1.57 micras	

8.9 Calibración de cámara y coeficientes de calibración y matriz de correlación

Figura 13. Gráfico de residuales para FC220 (4.73mm).



Fuente. Elaboración propia, 2022

En la figura 13, se representa en rojo el grado de desviación a corregir en el procesamiento de la información obtenida mediante fotogrametría digital.

TABLA 9. Características técnicas de la cámara fotográfica usada en vuelo de DRON

FC220 (4.73mm)			
660 imágenes			
Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	4000 x 3000	4.73 mm	1.57 x 1.57 micras

Fuente. Elaboración propia, 2022

En la tabla 9., se representa la información general de la cámara utilizada en la obtención de datos de calibración. A continuación, en la tabla 10, se tabulan los valores utilizados en la corrección y la obtención de los coeficientes de calibración.

TABLA 10. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

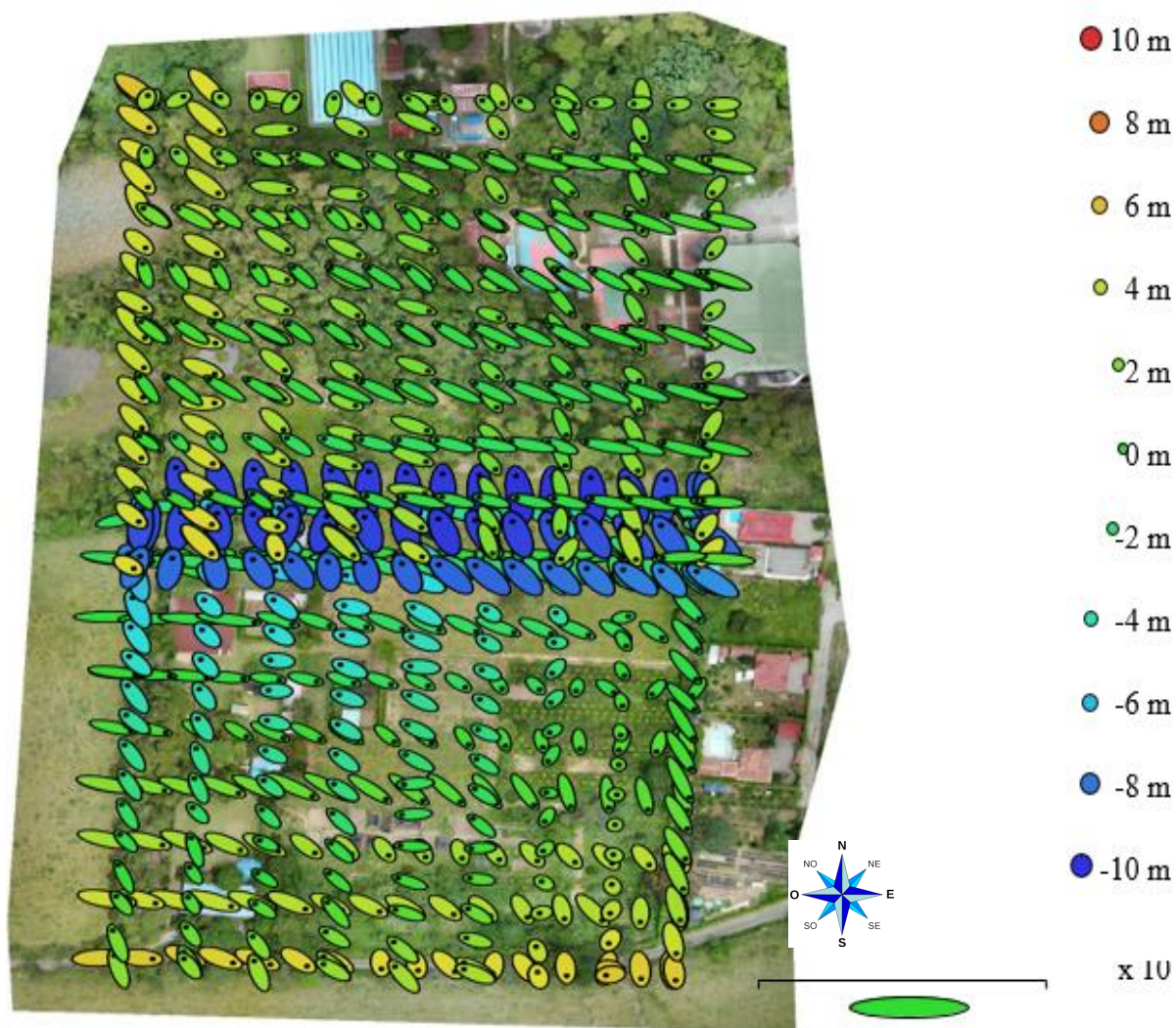
	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3264.42	0.71	1.00	0.0 9	- 0.98	0.68	- 0.26	0.32	0.07	-0.90
Cx	27.351	0.068		1.0 0	- 0.09	0.07	- 0.03	0.04	0.85	-0.09
Cy	-89.4628	0.32			1.00	-0.71	0.27	- 0.33	-0.08	0.95
K1	0.0394274	0.0001 7				1.00	- 0.83	0.83	0.07	-0.72
K2	-0.151967	0.0004 8					1.00	- 0.98	-0.03	0.27
K3	0.165585	0.0006 1						1.00	0.04	-0.32
P1	6.79911e-05	7e-06							1.00	-0.08
P2	0.002374	2.5e- 05								1.00

Fuente. Elaboración propia, 2022

8.10 Posiciones de cámaras

La representación de las posiciones de la cámara durante el sobrevuelo se muestra en la figura 16. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Figura 14. Posiciones de cámaras y estimadores de error



Fuente. Elaboración propia, 2022

TABLA 11. Errores medios de las posiciones de cámaras

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
0.778084	0.658007	3.61078	1.01901	3.75182

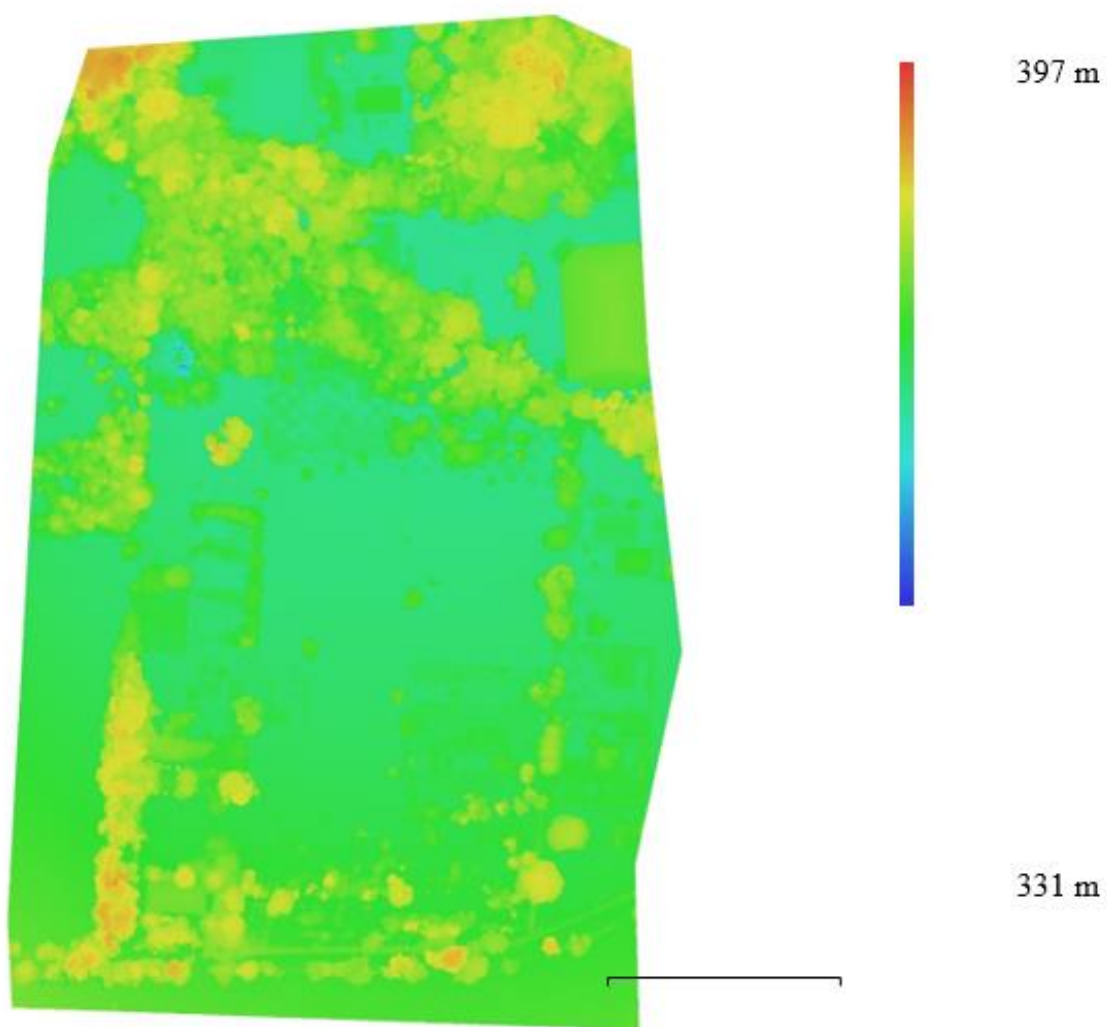
Fuente. Elaboración propia, 2022

En la tabla 11, se observa la desviación o error en la medida de las coordenadas X y Y (planares), y la coordenada de altura Z, también el error planar XY y el error combinado, que es 3,75 m de desviación a cada estimación que se haga en términos de magnitud espacial estos parámetros son permitidos por IGAC para el levantamiento.

8.11 Modelo digital de elevación altimetría msnm

En el modelo digital de elevaciones (Fig. 17), se encuentra una homogeneidad en términos de altitud msnm del predio, entre los 360 y 370msnm. Se alcanza algunos máximos sobre los 390 m, que corresponde a la altura de las copas de los árboles del bosque de galería.

Figura 15. Modelo digital de elevaciones



Nota. Imagen con Resolución: 8.91 cm/pix Densidad de puntos:126 puntos/m2. Gámez, 2022

8.12 Parámetros de procesamiento

A continuación, se presenta un informe técnico detallado de toda la información técnica obtenida durante el levantamiento del terreno:

▪ *Generales*

<i>Conceptos</i>	<i>Unidades / Parámetros</i>
Cámaras	660
Cámaras orientadas	660
▪ <i>Formas</i>	
Polilíneas	397
Polígonos	53392
Sistema de coordenadas zona (EPSG::3116)	MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogota
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
▪ <i>Nube de puntos</i>	
Puntos	510,624 de 548,593
RMS error de reproyección	0.213474 (1.9401 pix)
Error de reproyección máximo	0.648033 (56.6014 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	8.94147 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	3.55665
▪ <i>Parámetros de orientación</i>	
Precisión	Media
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	22 minutos 53 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	88.22 MB
Tiempo de orientación	10 minutos 10 segundos

Uso de memoria durante el alineamiento	429.06 MB	Versión del programa
		1.6.5.11249
Tamaño de archivo	43.12 MB	
▪ <i>Mapas de profundidad</i>		
Número	660	
▪ <i>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</i>		
Calidad	Media	
Nivel de filtrado	Leve	
Tiempo de procesamiento	6 horas 6 minutos	
Uso de memoria	695.02 MB	
Versión del programa	1.6.5.11249	
Tamaño de archivo	736.90 MB	
▪ <i>Nube de puntos densa</i>		
Puntos	41,469,298	
Colores de puntos	3 bandas, uint8	
▪ <i>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</i>		
Calidad	Media	
Nivel de filtrado	Leve	
Tiempo de procesamiento	6 horas 6 minutos	
Uso de memoria	695.02 MB	
▪ <i>Parámetros de generación de la nube densa</i>		
Tiempo de procesamiento	1 hora 0 minutos	
Uso de memoria	7.75 GB	Versión del programa
	1.6.5.11249	
Tamaño de archivo	543.77 MB	
▪ <i>Modelo</i>		
Caras	8,293,859	
Vértices	4,161,536	
Colores de vértices	3 bandas, uint8	
▪ <i>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</i>		
Calidad	Media	
Nivel de filtrado	Leve	
Tiempo de procesamiento	6 horas 6 minutos	
Uso de memoria	695.02 MB	

- ***Parámetros de reconstrucción***

Tipo de superficie	Arbitrario
Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	41 minutos 11 segundos
Uso de memoria	13.31 GB
Versión del programa	1.6.5.11249
Tamaño de archivo	190.05 MB

- ***MDE***

Tamaño	4,401 x 6,129
Sistema de coordenadas zona (EPSG:::3116)	MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá

- ***Parámetros de reconstrucción***

Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	53 segundos
Uso de memoria	434.56 MB
Versión del programa	1.6.5.11249
Tamaño de archivo	74.51 MB

- ***Ortomosaico***

Tamaño	14,782 x 22,717
Sistema de coordenadas zona (EPSG:::3116)	MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá
Colores	3 bandas, uint8

- ***Parámetros de reconstrucción***

Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	Malla
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Tiempo de procesamiento	12 minutos 38 segundos
Uso de memoria	1.75 GB
Versión del programa	1.6.5.11249

Fuente. Elaboración Propia / Ficha técnica de vuelo

5. ANALISIS DE RESULTADOS

Las siguientes figuras es el resultado de los procesos anteriormente mencionados; teniendo en cuenta los métodos de ajustes topográfico realizado podemos determinar que el desarrollo establecido en las siguientes figuras cuenta con un error permisible en las técnicas cartográficas de un 0,10 a 0,30 m, dichos parámetros son aceptables para el área levantada según los procedimientos establecidos por IGAC.

5.1.DESARROLLO ORTOFOTOGRAFÍA EN PLANO A ESCALA

Figura 16. Desarrollo Planimétrico en plano a escala identificación de zonas duras



Fuente. Elaboración propia, 2022

El levantamiento Planimétrico de la Figura 18 permite hacer una descripción física del territorio, permitiendo mencionar que:

La Granja Agroecológica UNIMINUTO de manera externa delimita en el norte con los predios del campus Barcelona de la Universidad de los Llanos, al sur con la entrada de la vía vehicular, y al este y oeste con predios residenciales y vacacionales de particulares.

Dentro del predio de la Granja Agroecológica UNIMINUTO se constituye por diferentes tipos de áreas. Al norte, se extiende una sección de bosque de galería con una alta densidad arbórea de variedades nativas. En la zona central se cuenta con una extensa zona de pradera explotable desde la parte agropecuaria, que también sirve como corredor de tránsito peatonal y transporte de maquinaria e instrumentos. En el sureste se erigen 6 franjas de cultivos de Pan coger, principalmente de lechuga, café, cacao, guama y cítricos. Al oeste se observan las edificaciones de los salones y laboratorios, la sección de administración y zonas de kioscos de socialización. También se erigen las instalaciones de las plantas de beneficio y post cosecha de los productos agropecuarios obtenidos de la Granja Agroecológica UNIMINUTO. En el centro sur del terreno se ubican las marraneras y los galpones para las actividades de avicultura y porcicultura. En general, el terreno cuenta con una buena despensa de recursos ecológicos para explotarlos a través de actividades agropecuarias sostenibles.

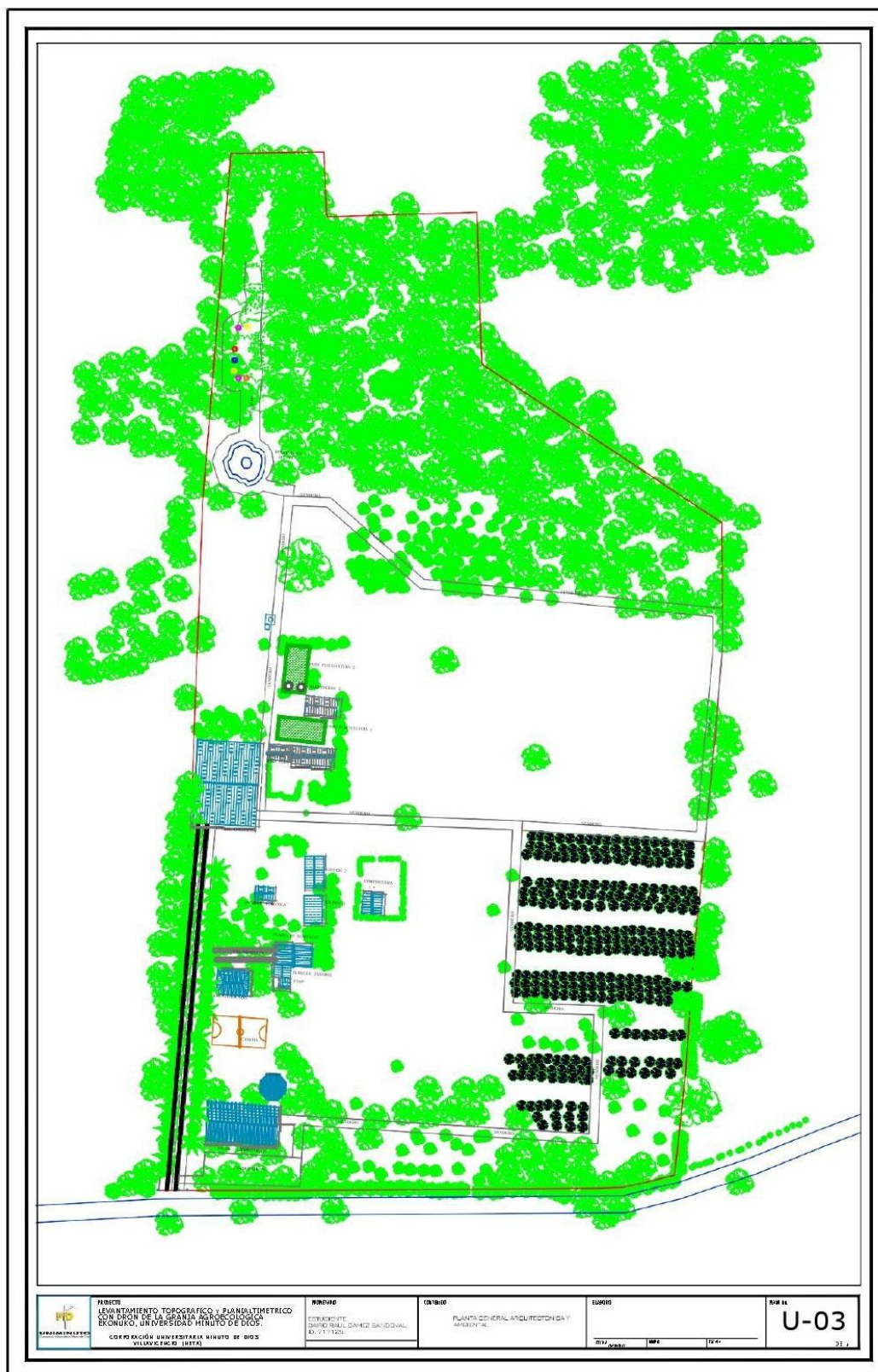
Figura 17. Desarrollo Planimétrico con convenciones de espacios



Fuente. Elaboración propia, 2022

En la Figura 19, en un esquema de convenciones más detallado, se observan los sembradíos de Lechuga, Café, Cacao, Guama y Cítricos, organizados en seis franjas de cultivo visibles al sureste del terreno. También se representa el sendero que circunscribe las zonas de trabajo se extiende desde la entrada, atravesando las zonas de cultivo, recorriendo luego las zonas de beneficio y de actividad pecuaria, y cruzando por el reservorio de agua. El reservorio de agua es, en esencia, el recurso fundamental de la actividad agropecuaria de la granja, este se ubica en la zona noroeste del terreno y está conectado a la zona de bosque de galería del norte del terreno. También se representa a detalle las edificaciones de la granja, en un total de once instalaciones, entre aulas, laboratorios, oficina y zonas de procesamiento de aguas y productos agropecuarios.

Figura 18. Desarrollo Planimétrico a escala identificación de zonas Ambientales



Fuente. Elaboración propia, 2022

En la Figura 20, se puede observar la abundancia de vegetación en el bosque de galería que delimita el predio. Los bosques de galería de la sabana llanera constituyen importantes reservorios de biodiversidad, resultado de su densidad arbórea y de su alta heterogeneidad estructural y funcional. La granja se encuentra circunscrita en un anillo denso de bosque de galería. Se ha determinado en estudios análogos la presencia de más de 115 especies de plantas en la zona, de las cuales 110 son árboles, tres especies son trepadoras tipo lianas, una especie hemiepífita leñosa y una especie hemiepífita estranguladora. Las familias con mayor cantidad de especies corresponden a Fabáceas, seguida por Anonáceas y Lauráceas, Aceráceas y Rubiáceas, y Euphorbiacas. Resulta particular que las especies predominantes en estos bosques de galería, también lo son en las áreas selváticas del norte del Amazonas, lo que representa la evidente conexión ecosistémica entre estas grandes regiones en el país. Estos bosques benefician el estudio de la fauna endémica (aves, mamíferos voladores y reptiles, principalmente), y su extensión y altura beneficia el sombrío perenne que requieren especies de cultivos como el café y el cacao. La extensión de bosque nativo ubicado al norte está intrínsecamente ligado a la abundancia de agua en el reservorio, ya que estos bosques tienen una alta capacidad de captación de aguas subterráneas, y, por ende, son nacederos de arroyos o cuerpos menores de agua. Además, la presencia de alta vegetación asegura una alta fijación de elementos en el suelo como el Carbono y el Nitrógeno como nitritos y nitratos orgánicos, lo que da una alta fertilidad al limo presente sobre la característica franja arcillosa y compacta de los suelos de la Orinoquía.

TABLA 12. Reporte de áreas por secciones y área total del predio

CUADRO DE AREAS			
ITEMS	DESCRIPCIÓN	AREA	UNIDAD
1	SALÓN - LABORATORIOS	282,55	M2
2	KIOSKO	58,55	M2
3	ADMINISTRACIÓN	80,00	M2
4	PTAP	10,35	M2
5	ALMACEN INSUMO	20,83	M2
6	PLANTA DE BENEFICIOS	76,89	M2
7	GALPÓN 1	52,60	M2
8	GALPÓN 2	62,76	M2
9	SECADOR AGRICOLA	26,26	M2
10	COMPOSTERA	41,71	M2
11	CORRAL CUBIERTO	530,07	M2
12	CUARTO DE MAQUINAS	33,36	M2
13	MARRANERA 1	72,78	M2
14	MARRANERA 2	52,64	M2
15	POZO PISCICULTURA 1	126,28	M2
16	POZO PISCICULTURA 2	126,28	M2
17	RESERVORIO DE AGUA	142,60	M2
18	VIA VEHICULAR	474,41	M2
19	PARQUEADERO VIA VEHICULAR	329,96	M2
20	SENDEROS	2091,48	M2
21	AREA DE USO AGROPECUARIO	42231,00	M2
TOTAL METROS CUADRADOS (M2)		46923,36	M2

Fuente. Elaboración propia, 2022

En función del levantamiento topográfico, en la Tabla 12, se pudo determinar que la Granja Agroecológica de la UNIMINUTO cuenta con un área total de 46 923.36 m², siendo su área más extensa, el terreno de uso agropecuario con un total de 42 231 m². En total existe un área construida de 455.28 m², entre los que destacan las áreas de salones y laboratorios, el kiosko, las oficinas administrativas, y la Planta de Tratamiento de Aguas de Procesos (PTAP). El proyecto de avicultura destina dos galpones con un área total de 115.36 m². El proyecto de

porcicultura cuenta con dos marraneras con un área total de 125.32 m². El terreno también cuenta con dos pozos dedicados a la piscicultura con una extensión total de área de 252.56 m². La granja agroecológica también cuenta con áreas construidas dedicadas a los procesos de beneficio de los productos obtenidos en los proyectos. Estas áreas se componen del almacén de insumos, planta de beneficios, un secador agrícola, zona de compostaje, un corral cubierto y un cuarto de máquinas, para un total de 729.12 m². La granja cuenta con un cuerpo de agua, usado como reservorio, con un área de 142.60 m². Las adecuaciones de la granja involucran parqueaderos, vías de acceso vehicular y senderos de paso peatonal o de transporte de máquinas u otros instrumentos, que abarcan un área de 2895.85 m².

6. CONCLUSIONES

- Se realizó el levantamiento topográfico siguiendo los lineamientos del proceso descrito en el siguiente informe. Se realizó sobrevuelo con DRON MAVIK AIR 2, en cuatro intervalos de 20 minutos, obteniendo 660 imágenes digitalizadas a 79.9 metros de altura sobre el predio. Este levantamiento se comprende de una ortofotografía tridimensional del predio de la que se obtiene la información planimétrica y altimétrica.
- Cumplido con el proceso planteado en el anterior proyecto se determinó que la Granja Agroecológica UNIMINUTO tiene un área total **46.923 m²**, de los cuales, el 90% corresponde a bosque de galería y sabana, el 1% a área construida e instalaciones de salones, laboratorios y oficinas, el 0,25% a avicultura, y el 2% entre zona de beneficio de pos cosecha y reservorios de agua, teniendo en cuenta que las áreas tomadas pueden tener algún aumento o disminución debido a que el proceso este sujeto a la delimitación clara del predio con respecto a los terrenos limítrofes.
- Se encuentra un ajuste de error sobre las coordenadas totales de **3.75** metros, que permite ajustar y perfeccionar las dimensiones obtenidas en el levantamiento cartográfico.
- Debido a que el anterior levantamiento Plani altimétrico fue realizado a nivel investigativo por estudiantes de la universidad los procedimientos no son certificados profesionalmente los cuales carecen de formalidad legal no por esto carecen de veracidad para el proceso de consulta.
- Cumplido los objetivos propuestos en el presente proyecto de investigación el insumo destinado a la universidad representa un avance significativo en el proceso de planeación Agrícola, Pecuaria y de infraestructura.
- Se desarrolló material en video que permite apoyar procesos publicitarios y comerciales en

pro de la divulgación positiva del predio.

- El insumo presentado aplica para la planeación estrategia Agrícola y Pecuaria de la Granja Agroecológica UNIMINUTO, contribuyendo a facilitar las mediciones productivas y el aprovechamiento de las cadenas energéticas de manera eficaz y eficiente.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la administración de la universidad el aprovechamiento del insumo presentado con el fin de ampliar el proceso topográfico teniendo en cuenta la resolución 643 del 30 de mayo del 2018 (Por la cual se adoptan las especificaciones técnicas de levantamiento planimétrico para las actividades de barrido predial masivo y las especificaciones técnicas del levantamiento topográfico planimétrico para casos puntuales) esto con el fin de actualizar el catastro y su legalidad predial.
- Se pide desarrollar indicadores de productividad agropecuaria, uso hídrico, uso del suelo, aumento o disminución de masa arbórea, aumento y disminución de coberturas.
- El contar con insumos como planos altimétricos permite modelar diseños de acueductos y riegos por gravedad favoreciendo el uso dinámico de las pendientes en la agricultura, tecnologías indispensables para el adecuado manejo de un agroecosistema.
- Se recomienda desarrollar estudios complementarios de inventario forestal de la granja con fines investigativos y predictivos en la elaboración de un plan de manejo silvicultural necesario en el cumplimiento de la normatividad para el funcionamiento de establecimientos de educación superior.
- Salvaguardar los respectivos planos en el archivo general de la UNIMINUTO y la caracterización física de las sedes.

- El plano general puede servir de referencia en la generación de nuevos proyectos constructivos; disminuyendo gastos financieros en obras.

6. Referencias

- Alcántara García, D. A. (2014). *Topografía y Sus Aplicaciones* (Única Edición ed., Vol. 1). Grupo Editorial Patria.
- Arteaga, L., & Nadal, F. (2013). *El levantamiento del mapa topográfico a escala 1:50.000 en Cataluña*.
- D'Angostino, F. (2014). L'obbligo giuridico e il paradigma della tradizione. *Ragion Pratica*, 377 - 384.
- Ferrer, A., & RO, J. A. (2014). Cartografía urbana de la ciudad de Almería a mediados del siglo XIX: el plano de Pérez Rozas y el levantamiento topográfico catastral de la junta general de estadística.
- Flórez, E. (2009). VEHICULOS AEREOS NO TRIPULADOS-UAVS-OPERACION. *Aeronáutica Civil*.
- Harari, Y. N. (2018). *Sapiens: De animales a Dioses* (Única ed.).
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2022). *Recuperado de la página <https://www.igac.gov.co/>*.

Porto, J., & Merino, M. (2010). Definición de Topografía. *Recuperado de la página*
<https://definicion.de/topografia/>

Torres, A., & Villate, E. (2008). Topografía. Editorial Norma.

- **Anexos**

Plano Ortomosaico a escala en físico tamaño media pliego

Plano Identificación de Infraestructura escala en físico tamaño media pliego

Plano Identificación de Infraestructura Ambiental Biótica y Abiótica escala en físico tamaño media pliego

DVD en Carpetas (Fotografías, Ortomosaico, Planos CAD, 3D, 2D, Tablas y videos)

Software MAPSOURCE licencia gratuita propiedad Garmin