INFORME DE ACTIVIDADES DE FOTOGAMETRÍA

CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS No. 4495 de 2023

OBJETO: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA PARA CINCO (5) CENTROS HISTÓRICOS, MEDIANTE SISTEMAS FOTOGRAMÉTRICOS NO TRIPULADOS (DRONES)

Dirigido a:

Ministerio de Cultura

Entrega:

FLY NORTH S.A.S

Medellín, diciembre de 2023

FLY NORTH S.A.S
Tel: +57 (4) 604 4914
Carrera 38 #26-41, Torre 3, Of. 432
Edificio Bio26, vía Las Palmas
info@flynorth.com.co
Medellín, Colombia

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 4
2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 5
3. OBJETIVO GENERAL 5
3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS 6
4. ALCANCE 6
4.1. RECURSOS 6
4.1.1. RECURSO HUMANO 7
4.1.2. EQUIPOS UTILIZADOS 7
5. AMARRE GEODESICO 10
5.1. METODOLOGÍA DEL POSICIONAMIENTO: 10
5.1.1. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES 10
5.1.2. POSICIONAMIENTO GNSS BASES Y PUNTOS DE CONTROL 11
5.1.3. PROCESAMIENTO 11
5.1.4. NIVELACIÓN GPS 13
6. SOBREVUELOS 14
6.1. CAPTURA FOTOGRAFÍA AÉREAS 14
6.2. TRAYECTORIAS DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO 15
7. PROCESAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO 16
7.1. CREACIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS Y MALLA – FASE 1: 16
7.2. GENERACIÓN DE MDE Y ORTOMOSAICO- FASE 2: 16
8. CONTROL DE CALIDAD ORTOMOSAICO 18
8.1. ESTRUCTURA E INTEGRIDAD DE LA ORTOFOTO 18
8.2. CALIDAD DE LAS ORTOFOTOS: 18
8. ENTREGABLES 19
9. ANEXOS 20

ANEXO 3. REPORTES PROCESAMIENTO..... 20

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización del proyecto..... 5
Ilustración 2. EMLID REACH R2..... 8
Ilustración 3. TOPCON HIPER II..... 8
Ilustración 4. MATRICE 300..... 9
Ilustración 5. Zenmuse P1..... 9
Ilustración 6. GS-130X..... 9
Ilustración 7. Datos cargados a Leica Infinity..... 12
Ilustración 8. Vectores Posicionamiento..... 13
Ilustración 9. Reporte de trayectorias..... 15
Ilustración 10. Metodología creación de nube puntos densa y malla. 16
Ilustración 11. Metodología generación de productos cartográficos..... 16
Ilustración 12. Ortofoto Centro Histórico Marinilla. 17
Ilustración 13. Ortofoto Centro Histórico Aguadas 17
Ilustración 14. Ortofoto Centro Histórico El Cerrito..... 18

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Recurso Humano..... 7
Tabla 2. Equipos GNSS 10
Tabla 3. Softwares utilizados..... 10
Tabla 4 Parámetros de vuelo fotogramétricos..... 14

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las actividades realizadas para llevar a cabo el levantamiento fotogramétrico y generación de productos cartográficos.

Se tiene como objetivo la generación ortofoto RGB con resolución de 0.05 m, Modelo digital de Superficie de 1 m, dibujo cartografía básica y planos georreferenciados para los Centros Históricos de Marinilla, Aguadas, El Cerrito, Turmequé y Mompox

La captura de la información se realizó entre el 20 y 29 de noviembre del 2023, los equipos utilizados en la captura cumplen con la calidad y características necesarias para asegurar la exactitud del producto final.

Los productos entregados se realizan en referencia a las resoluciones 471 y 529 de 2020 emitida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi las cuales establecen las especificaciones técnicas mínimas para productos de cartografía básica oficial de Colombia.

2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Los Centros Históricos objeto del presente proyecto se ubican en diferentes departamentos del país, Marinilla, Antioquia, Aguadas, Caldas, El Cerrito, Valle del Cauca, Turmequé, Boyacá y Mompox, Bolívar ver **Ilustración 1.**



Ilustración 1. Localización del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

3. OBJETIVO GENERAL

Levantamiento de información cartográfica para cinco (5) centros históricos, mediante sistemas fotogramétricos no tripulados (drones): Marinilla, Antioquia, Aguadas, Caldas, El Cerrito, Valle del Cauca, Turmequé, Boyacá y Mompox, Bolívar

3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Georreferenciación de puntos de fotocontrol para cada Centro Histórico teniendo en cuenta la normatividad vigente.
- Realizar la captura de fotografías con tamaño de pixel de 5 cm, para el procesamiento fotogramétrico
- Elaborar cartografía y salidas graficas del proyecto teniendo cuenta los requerimientos técnicos.

4. ALCANCE

A continuación, se relaciona el alcance de los trabajos realizados:

- Captura de Fotografías aéreas con Drone, con tamaño de pixel de 5 cm
- Georreferenciación de puntos de control distribuidos en la zona de interés de cada Centro Histórico.
- Ortomosaico RGB con tamaño de pixel de 0.05 m
- Modelo digital de Superficie con resolución 1 m
- Cálculo de error horizontal y vertical de los productos cartográficos entregados respecto a un conjunto de datos de control y chequeo

El posicionamiento GNSS es entregado dentro del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA-SIRGAS) ITRF2014 época 2018.0 de acuerdo a la resolución 715 de 2018 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC, con modelo geoidal GEOCOL 2004.

Procesamiento fotogramétrico para la obtención de ortomosaico, Modelo digital de elevación de acuerdo a resolución 471 y 528 de 2020 emitida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Los productos mencionados anteriormente serán entregados en sistema de coordenadas Magna Sirgas -Origen Nacional, EPSG 9377

4.1. RECURSOS

Para la ejecución del proyecto se contó con recursos humanos, (ver **Tabla 1**), y recursos de aspecto técnico, como equipos y demás elementos que se describen y se relacionan en los numerales **4.1.2.**

4.1.1. RECURSO HUMANO

Se contó con profesionales idóneos para realizar cada una de las actividades de campo y oficina propuestas, cumpliendo con los requerimientos. Se relacionan en la **Tabla 1**.

En oficina se realizó la participación activa del personal de campo, con la descarga de datos de los equipos, carteras de campo, procesamiento de información, registros fotográficos, reconocimiento de las zonas del proyecto.

Tabla 1. Recurso Humano.

Profesión	NOMBRE
Director del proyecto	Ricardo Ramos
Ingeniera Topográfica	Vanesa Sarmiento
Pilotos Proyecto	Héctor Bravo, Juan Jacobo González y Santiago Trujillo
Auxiliares de Campo	Thomas Carvajal y Luis Miguel Osorio

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2. EQUIPOS UTILIZADOS

- **EQUIPOS GNSS**

Los equipos utilizados se encuentran registrados en la Natioanal Geodetic Survey (NOAA)

- GPS – EMLID REACH R2 (1 unidad)
- GPS – TOPCON HIPER II (2 unidades)
- Hardware para descarga y procesos (2 unidades).

Ilustración 2. EMLID REACH R2



Ilustración 3. TOPCON HIPER II



- **AERONOVA NO TRIPULADA**

El equipo utilizado se encuentra registrado en la Aeronáutica civil y los componentes que se utilizaron se describen a continuación.

- Matrice 300 (1 unidad)
- Phantom 4 pro RTK Multiespectral
- Cámara fotogramétrica Zenmuse P1 de 45 MP y 35 mm distancia focal.
- Sensor UAV LiDAR Scanning System GS-130X, FOV 83°, y 16 mm de distancia focal
- Hardware para descarga y procesos (1 unidad).

Ilustración 4. MATRICE 300



Ilustración 5. Zenmuse P1



Ilustración 6. GS-130X

Para el proyecto utilizaron los siguientes equipos y programas:

Tabla 2. Equipos GNSS

Equipos GNSS utilizados		
Marca	Modelo	Serie
EMLID	REACH R2	8243AEECF6FE1036
TOPCON	HIPPER II	754-10608
TOPCON	HIPPER II	754-10310

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3. Softwares utilizados.

Software Utilizados	
1	Leica Infinity
2	Magna sirgas Pro 5.1
3	Google Earth
4	Paquete Office
5	Agisoft Metashape
6	gAirHawk5.0

Fuente: Elaboración Propia.

5. AMARRE GEODESICO

A continuación, se detalla el posicionamiento de puntos de control, con un equipo GPS receptor GNSS, con el cual se obtuvo datos para el cálculo coordenadas precisas.

5.1. METODOLOGÍA DEL POSICIONAMIENTO:

5.1.1. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

Previamente a la ejecución de labores de geodesia fue necesario realizar una planificación a los rastreos en campo y determinar los vértices que se utilizarían como bases.

El posicionamiento se realizó los días 20 y 29 de octubre del 2023, dejando como base la estación permanente de la Red MAGNA ECO, con los tiempos establecidos por el IGAC con la siguiente formula:

$$t = 65\,\text{min} + (3\,\text{min}\,x(d - 10))$$

Donde:

$t =$ Tiempo de rastreo minutos

$t =$ Distancia en kilómetros

5.1.2. POSICIONAMIENTO GNSS BASES Y PUNTOS DE CONTROL

Para poder comenzar el posicionamiento GNSS en necesario realizar un traslado de coordenadas por medio de georreferenciación, por el método estático como se mencionó anteriormente.

Una vez identificados los puntos de control horizontal y vertical, se procedió a realizar la toma de datos para el posicionamiento de los vértices, colocando el equipo GPS centrado y nivelado, cumpliendo algunas características especiales como:

- Buenas condiciones climáticas y atmosféricas
- Que no hallan superficies reflexivas que puedan causar trayectoria múltiple.
- Obstrucciones menores a 15°
- Que los dos equipos estén completamente capturando información al mismo tiempo con el fin de obtener tiempos comunes de captura de satélites

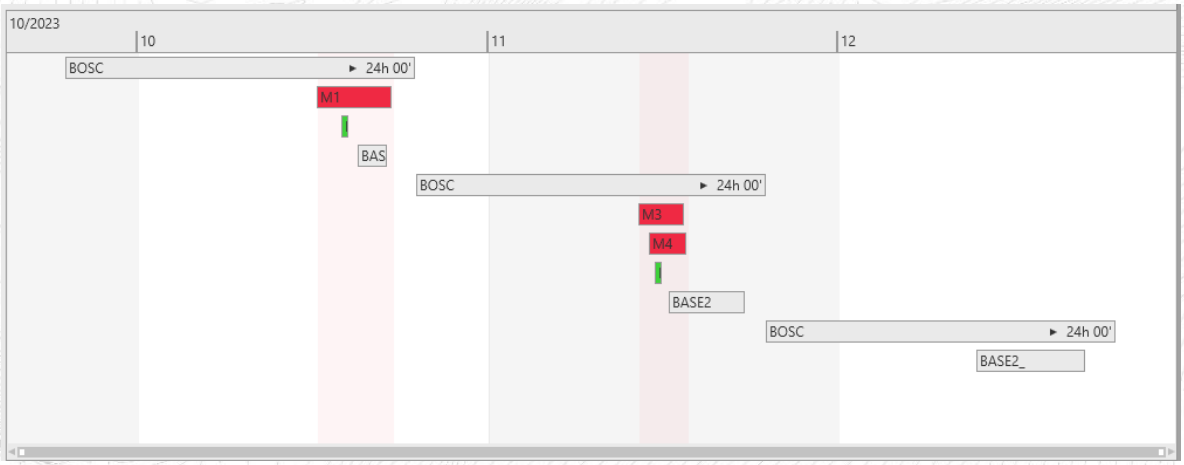
5.1.3. PROCESAMIENTO

Para el trabajo se procesa la información obtenida en campo con el software Leica Infinity, con apoyo de los puntos del IGAC, utilizando las coordenadas semanales descargadas de la página de Sirgas y utilizando el siguiente flujo de trabajo:

- Descarga de datos crudos de los receptores GPS mediante el software nativo específico.
- Creación del proyecto, importación de los archivos RINEX y los datos crudos de los vértices.
- Definición de los puntos de control y Rover, establecer los valores correspondientes a cada una de las antenas.

- Revisión de la información registrada como las alturas de las antenas, intervalos de registro entre otros parámetros relevantes.
- Procesamiento de los vectores para la red.
- Revisión preliminar del reporte de procesamiento. Análisis de satélites y ruido en la señal.
- Ajuste del triángulo formado por los receptores simultáneos.
- Cálculo del circuito de cierre.
- Cálculo por doble comparación y ajuste de la triangulación.
- Cambio de época actual de las coordenadas a época 2018.0
- Transformación de coordenadas a Origen Nacional
- Reporte final de coordenadas

Ilustración 7. Datos cargados a Leica Infinity

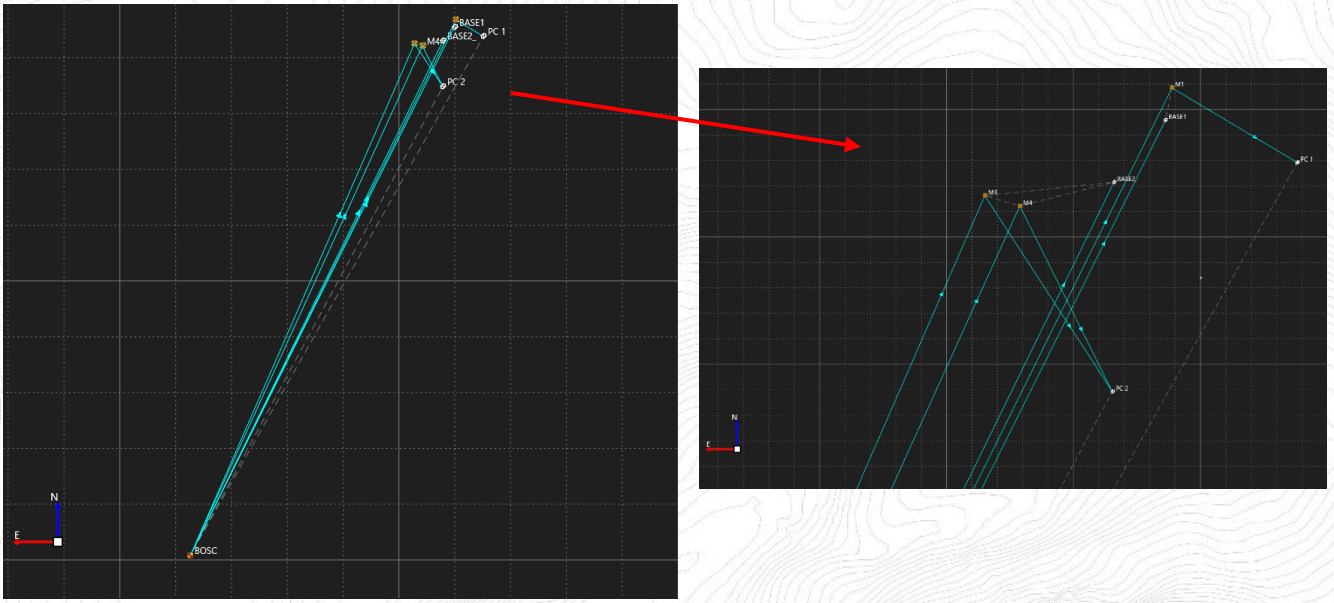


Fuente: Elaboración Propia, adoptada de Leica Infinity

Inicialmente se utilizaron las estaciones BOSC de la Red Magna Sirgas como base para determinar las coordenadas de los mojones y posteriormente los puntos de control.

.

Ilustración 8. Vectores Posicionamiento.



Fuente: Elaboración Propia, adoptada de Leica Infinity.

5.1.4. NIVELACIÓN GPS

El sistema de posicionamiento global GPS puede ser empleado en la extensión del control vertical sobre aquellas zonas en donde no se cuenta con puntos de nivelación y la precisión requerida está dentro del orden trigonométrico.

Las posibilidades de operabilidad en cualquier hora, condiciones climáticas y del relieve permiten que el sistema GPS, unido a un modelo geoidal de alta resolución, sea una herramienta poderosa y económica en la determinación de nuevos puntos de referencia para propósitos geodésicos o topográficos.

Para ello se utilizó el software magna sirgas 5.0 en el módulo de nivelación GPS de un punto y se emplearon los datos de 4 puntos de la Red de control Vertical del IGAC. Este consiste que partir de vértices con coordenadas conocidas y nivelación geométrica por medio de diferencia de alturas se estima la altura nivelada.

6. SOBREVUELOS

6.1. CAPTURA FOTOGRAFÍA AÉREAS

La toma de fotografías aéreas se realizó el 20 y 29 de noviembre de 2023 para los sobrevuelos, para los sobrevuelos con fines fotogramétricos se s ejecutaron con una aeronave no tripulada DJI Matrice 300 y cámara fotogramétrica Zenmuse P1, teniendo en cuenta los siguientes parámetros y flujo de trabajo.

Tabla 4 Parámetros de vuelo fotogramétricos

ITEM	VALOR
N° Fotografías	1500
Altura de vuelo	300 metros
Traslape lateral	70 %
Traslape frontal	80 %

Control geométrico de la Ejecución de las misiones de vuelo.

1. Control de calidad de la fecha de vuelo y la altura solar de la toma.
- 1.1. Control de la fecha de vuelo
- 1.2. Control de la hora de inicio y hora de fin del vuelo

2. Control de calidad del tamaño de pixel (GSD) y la altura de vuelo
- 2.1. Tamaño de pixel medio para toda la pasada
- 2.2. Tamaño del GSD del fotograma por pasada

3. Control de calidad del recubrimiento entre fotogramas
- 3.1. Recubrimiento longitudinal
- 3.2. Recubrimiento lateral

4. Control de calidad de la verticalidad de la cámara
- 4.1. Desviación de la verticalidad de la cámara
- 4.2. Diferencias de verticalidad entre fotogramas consecutivos

5. Control de calidad de la deriva.

6. Control de calidad de la distancia de los centros de proyección a las estaciones GNSS de referencia utilizadas

7. Control de calidad de cobertura de la zona de vuelo

8. Inspección visual de los fotogramas para evaluar sombras, nubes o zonas sobreexpuestas

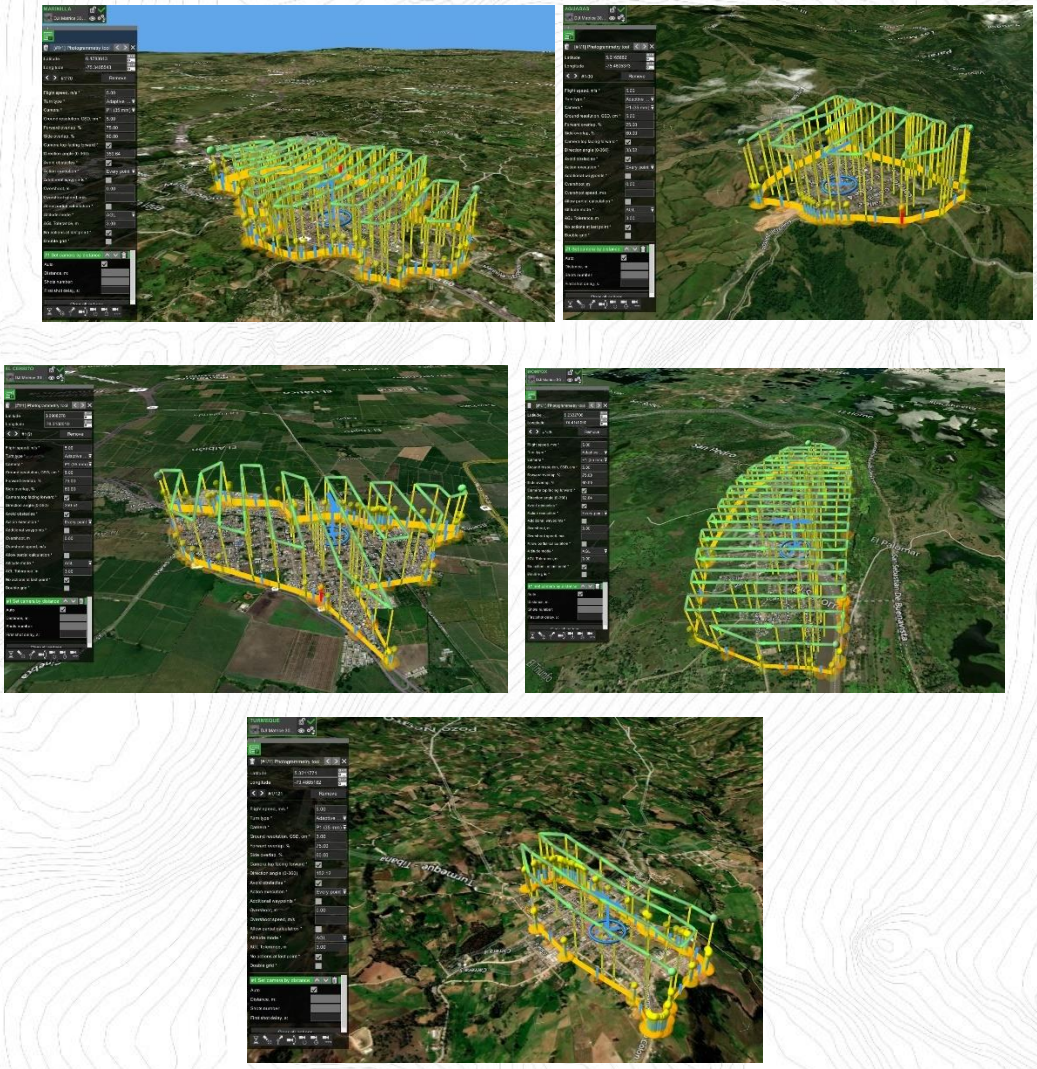
9. Control radiométrico de los fotogramas evaluando saturación en los extremos del histograma

10. Post proceso de los datos GPS en tierra e IMU avión para verificación de las trayectorias de las fotografías

6.2. TRAYECTORIAS DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO

Luego de cada vuelo se descargan los datos de las trayectorias de vuelo que guardan toda la información relevante al control de calidad de cada misión de vuelo. Esto permite revisar parámetros del vuelo, como elevación, velocidad, tiempos de vuelo entre otros.

Ilustración 9. Reporte de trayectorias



Fuente: Elaboración propia, adoptada de REDtoolbox

7. PROCESAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO

Para el procesamiento fotogramétrico se utilizó el software Agisoft Metashape, el cual incluye un flujo de trabajo.

7.1. CREACIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS Y MALLA – FASE 1:

- Cargar imágenes y geoetiquetas
- Calibración de la cámara.
- Definición del sistema de coordenadas de salida del proyecto.
- Alineación de las imágenes.
- Marcar puntos de control con sus coordenadas precisas
- Creación de nube densa de puntos y malla.

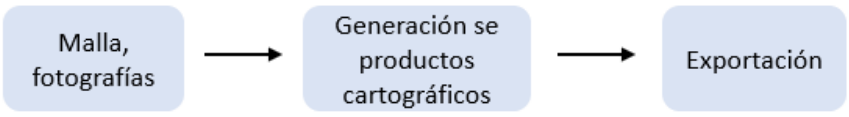
Ilustración 10. Metodología creación de nube puntos densa y malla.



7.2. GENERACIÓN DE MDE Y ORTOMOSAICO- FASE 2:

- Con base en la malla se genera el modelo digital de elevación.
- Por último, se genera el ortomosaico en base a las fotografías y el Modelo digital de elevación.

Ilustración 11. Metodología generación de productos cartográficos.



Fuente: Elaboración Propia.

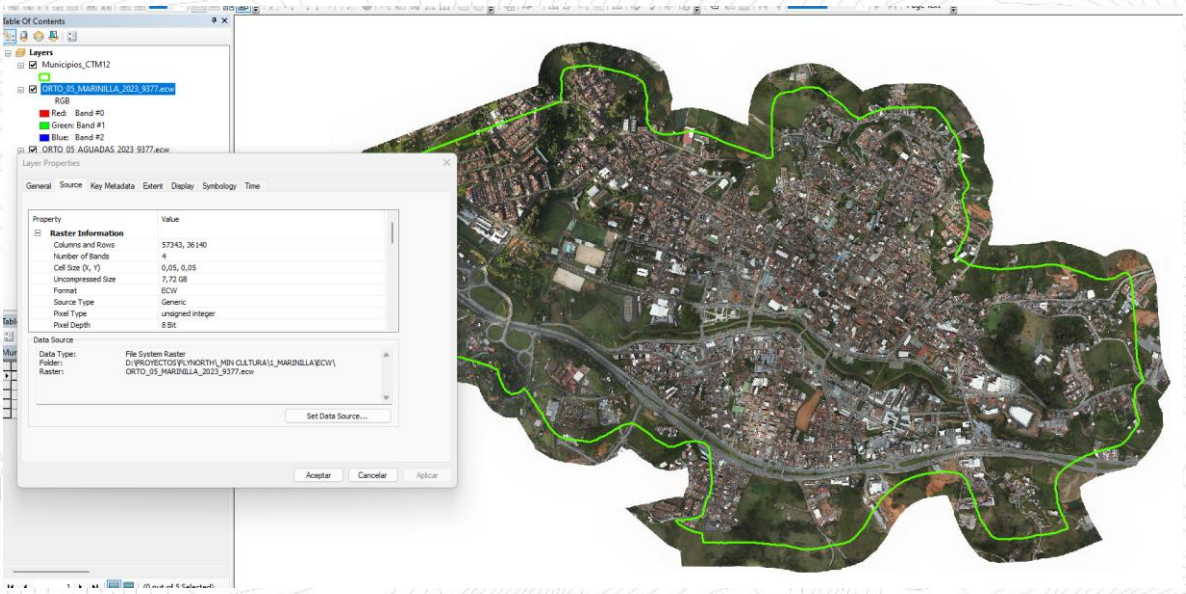


Ilustración 12. Ortofoto Centro Histórico Marinilla.

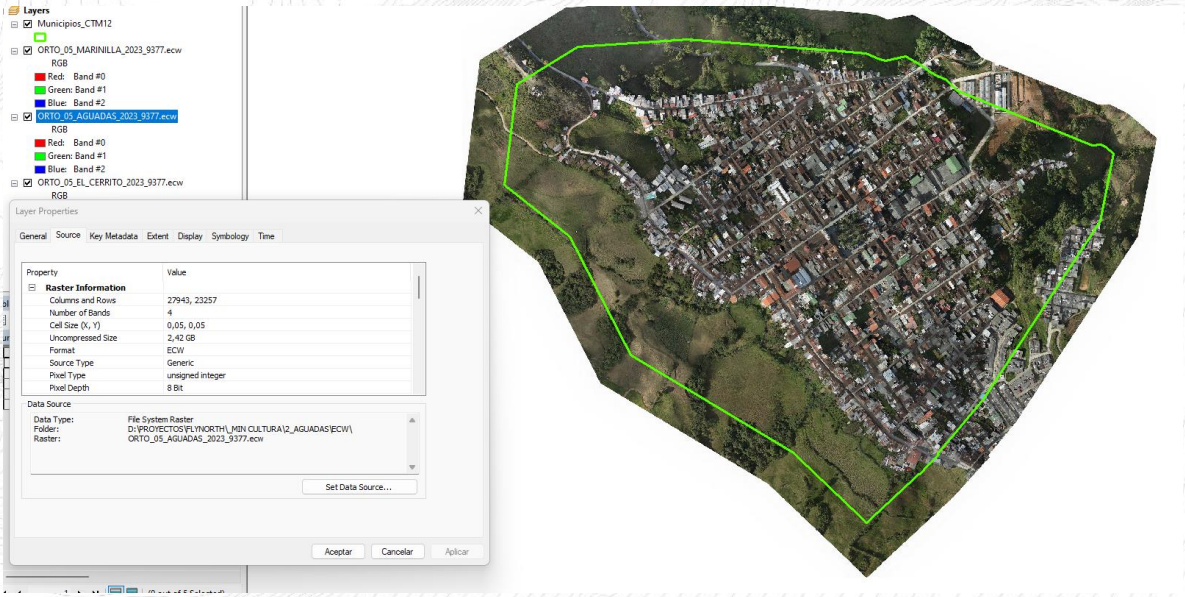


Ilustración 13. Ortofoto Centro Histórico Aguadas

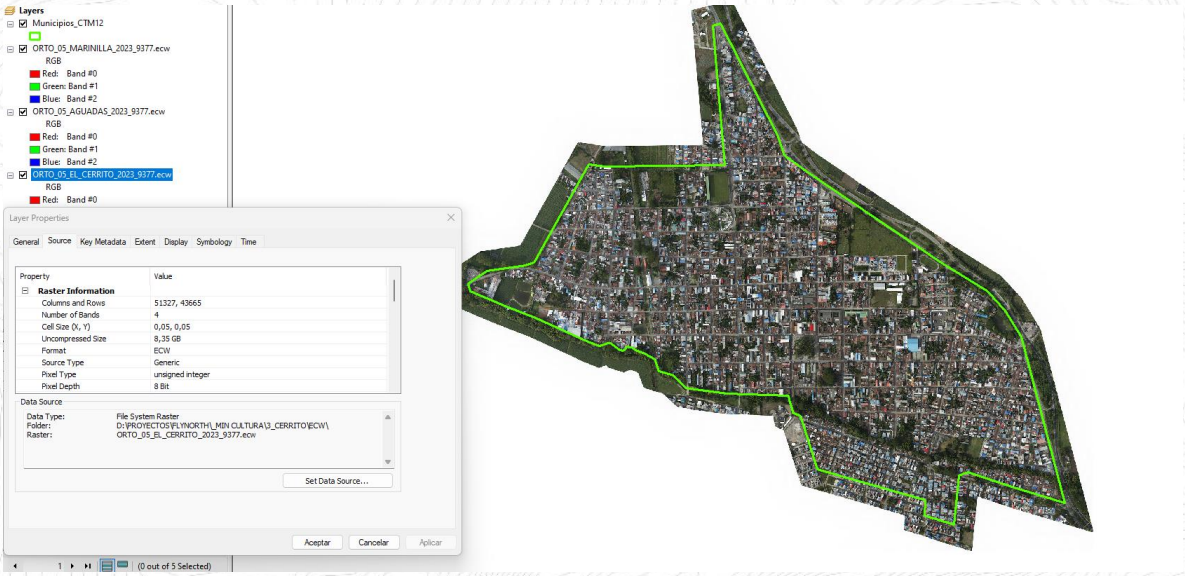


Ilustración 14. Ortofoto Centro Histórico El Cerrito

8. CONTROL DE CALIDAD ORTOMOSAICO

8.1. ESTRUCTURA E INTEGRIDAD DE LA ORTOFOTO

a. Resolución espacial: La resolución de la ortofoto debe ser de 0.05 m.
b. Resolución espectral: Para el proyecto se estableció una resolución espectral de 3 bandas RGB, cumple
c. Resolución radiométrica: La resolución radiométrica de la ortofoto es de 8 bits y cumple con la norma.

8.2. CALIDAD DE LAS ORTOFOTOS:

- Omisión: Se ha capturado el 100% de la información, y el porcentaje de omisión por nubes, sombras, huecos es del 0%, para los centros históricos de Marinilla, Aguadas y El cerrito
- Exactitud absoluta de posición: Para el cálculo de exactitud posicional todas las unidades están en metros y se realiza ubicando cada punto de chequeo

identificando sobre el ortomosaico mediante el uso de software SIG, para extraer las respectivas coordenadas y poder calcular en comparación a las coordenadas ajustadas, el método empleado fue el NSSDA

Analizando en el RMSE r en los informes de aerotriangulación se puede evidenciar que cumple de acuerdo a la norma se obtuvieron valores menores este menor a 0.1 m, de igual manera la precisión horizontal al 95% de 0.05 m y 0.05 respectivamente, siendo inferior al máximo permitido de 0.52 m.

- Consistencia Lógica: El producto no debe tener discontinuidad, distorsiones geométricas, o errores groseros que superen el tamaño de 2 pixeles. La ortofoto no presenta errores de empalmes superiores a 2 pixeles o distorsión geométrica y desbalances radiométricos mayores al 1%. El producto cumple.

8. ENTREGABLES

En primera entrega realizada en enlace descarga el Ministerio de Cultura encuentra la siguiente información:

- **Centro Histórico de Marinilla:**

✓ Ortofoto RGB con tamaño de pixel de 5 cm, en formatos: Tiff, ECW y JPG 2000
✓ Modelo Digital de Superficie (MDS) con tamaño de pixel de 1 metro
✓ Reporte de Aerotriangulación

- **Centro Histórico de Aguadas:**

✓ Ortofoto RGB con tamaño de pixel de 5 cm, en formatos: Tiff, ECW y JPG 2000
✓ Modelo Digital de Superficie (MDS) con tamaño de pixel de 1 metro
✓ Reporte de Aerotriangulación.

- **Centro Histórico de El Cerrito:**

✓ Ortofoto RGB con tamaño de pixel de 5 cm, en formatos: Tiff, ECW y JPG 2000
✓ Modelo Digital de Superficie (MDS) con tamaño de pixel de 1 metro
✓ Reporte de Aerotriangulación.

9. ANEXOS

ANEXO 3. REPORTES PROCESAMIENTO

