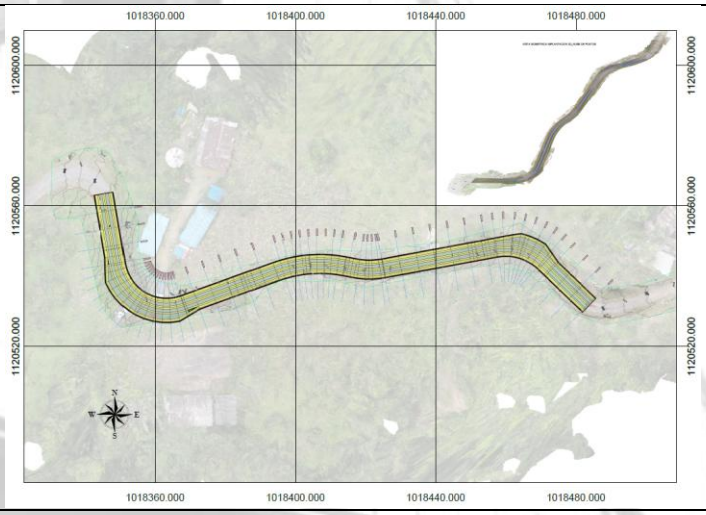
INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS



CONSECUTIVO:
05-TOP-001-PH_BCO_03-2026

PÁGINAS:
1 DE 055

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO – UAV

Este documento es propiedad de INDESK LABORATORIO, CONSULTORIA E INGENIERIA SAS y no debe ser modificado; copiado o difundido por ningún medio o persona alguna no autorizada sin el permiso o aprobación del propietario. El solicitante o usuario será responsable por cualquier uso indebido. Este documento no es válido sin la firma original.

DEPARTAMENTO:	**MUNICIPIO:**	**FECHA DE ENTREGA:**
BOYACÁ	BRICEÑO	MARZO 2026

ELABORADO Y APROBADO

ING. ESP. OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO
Especialista en Estructuras
Especialista en Infraestructura Vial
Máster BIM Diseño Y Construcción De Vías, Carreteras Y Autopistas
Phd En Ingeniería Con Énfasis En Transito Y Transporte ©
Ingeniero Civil
M.P No. 25202-385894 CND

PROYECTO: "CONSULTORIA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS TERCIARIAS, MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS BUENAVISTA Y MORAY DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, VIGENCIA 2026"



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."



INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 3
2. OBJETIVOS 4
3. METODOLOGÍA 5
4. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO 7
4.1. Descripción Física: 8
4.2. Límites del municipio: 11
4.3. Localización Descriptiva: 13
4.4. Ubicación del proyecto: 13
5. Procesamiento de Datos 14
5.1. Planificación de Vuelo 14
5.1. Marcación y Georreferenciación de Puntos de Control (GCP): 17
5.2. Ejecución del Vuelo: 20
5.3. Descarga y Organización de Datos: 25
5.4. Carga de Imágenes en Software de Procesamiento: 26
5.5. Alineación de Imágenes y Calibración de Cámara: 27
5.6. Generación de Nube de Puntos Densa: 29
5.7. Creación del Modelo Digital de Elevación (DEM): 32
5.8. Generación del Ortofotomosaico: 35
5.9. Control de Calidad de Productos: 36
5.10. Exportación de Productos Finales: 38
6. Procesamiento de Nube de Puntos Con ReCap PRO 45
7. EQUIPOS 45
8. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES 48





1. INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico describe el levantamiento topográfico realizado en las veredas Buenavista y Moray, jurisdicción del municipio de Briceño, departamento de Boyacá, en el marco del proyecto denominado:
“CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS TERCIARIAS, MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS BUENAVISTA Y MORAY DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, VIGENCIA 2026”.

Esta actividad se desarrolló mediante el uso de tecnología basada en aeronaves no tripuladas (UAV), empleando el dron DJI Mavic Air 2S+RTK, como herramienta principal para la adquisición de información geoespacial de alta precisión.

El levantamiento topográfico constituye un insumo fundamental dentro de la fase de diagnóstico y planificación del proyecto, permitiendo caracterizar las condiciones actuales del terreno, identificar elementos existentes y definir las variables geométricas necesarias para el diseño de la solución vial tipo placa huella.

El área intervenida corresponde a tramos de vías terciarias de alta importancia para la conectividad rural del municipio, por lo cual fue necesario contar con información topográfica detallada y confiable que respalde la toma de decisiones técnicas en las etapas de diseño y estructuración del proyecto.

El desarrollo del levantamiento topográfico se realizó cumpliendo con los lineamientos técnicos establecidos en la Guía GU-DP-02 de Elaboración de Estudios Topográficos, garantizando la calidad, exactitud y confiabilidad de los datos recolectados. Esta guía integra parámetros normativos, metodológicos y de calidad para asegurar la validez de la información geoespacial generada en proyectos de infraestructura vial.
La metodología aplicada incluyó actividades como la planificación previa del vuelo, la identificación y georreferenciación de puntos de control terrestre (GCP), la ejecución de vuelos automáticos sobre el área objetivo, la captura fotogramétrica de alta resolución y la generación de productos como ortofotos, modelos digitales de terreno (MDT), curvas de nivel y planos base en formato CAD, todos ellos debidamente georreferenciados al sistema oficial MAGNA-SIRGAS.

El uso del dron DJI Mavic Air 2S permitió obtener imágenes de alta calidad con resolución espacial de nivel centimétrico, lo que, sumado a la implementación de puntos de control geodésico obtenidos mediante tecnología GNSS de doble frecuencia, garantizó una precisión posicional adecuada para escalas de diseño 1:500.





Los datos capturados fueron procesados mediante software especializado en fotogrametría y sistemas de información geográfica (SIG), asegurando la confiabilidad de los productos finales, los cuales constituyen un insumo técnico fundamental para la planificación y ejecución de las obras proyectadas.

2. *OBJETIVOS*

Objetivo General

- Realizar un levantamiento topográfico detallado mediante la utilización de dron DJI Mavic Air 2S en el marco del proyecto “CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS TERCIARIAS, MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS BUENAVISTA Y MORAY DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, VIGENCIA 2026”., con el fin de obtener información geoespacial precisa que permita la elaboración de productos cartográficos y modelos digitales de terreno, útiles para el desarrollo de los diseños y la futura intervención del espacio público en Infraestructura Vial.

Objetivos específicos

- Obtener una nube de puntos densa y precisa que permita la generación de un Modelo Digital de Terreno (MDT) y curvas de nivel con equidistancia adecuada para escalas de diseño de detalle (1:500), necesarias para el desarrollo de los “CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS TERCIARIAS, MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS BUENAVISTA Y MORAY DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, VIGENCIA 2026”.

- Capturar imágenes aéreas ortogonales de alta resolución para la elaboración de un ortofotomosaico georreferenciado al sistema MAGNA-SIRGAS, cumpliendo con las especificaciones técnicas de precisión establecidas en la Guía GU-DP-02.

- Materializar y georreferenciar puntos de control terrestre (GCP) con tecnología GNSS de alta precisión, asegurando la confiabilidad y exactitud de los productos fotogramétricos generados para los fines del proyecto de mejoramiento y embellecimiento del parque.





- Incorporar medidas de seguridad vial en el diseño geométrico de Placa Huella con visibilidad óptima en intersecciones. Evaluar la situación actual del proyecto e identificar problemáticas a nivel de movilidad.

- Elaborar planos topográficos detallados en formato digital compatibles con software CAD y SIG, que contengan todos los elementos y características geométricas del área objeto de estudio, en función de los requerimientos técnicos del proyecto de estudios y diseños del parque principal.

3. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para el levantamiento topográfico en los tramos evaluados del proyecto se desarrolló mediante técnicas de fotogrametría digital apoyadas en aeronaves no tripuladas (UAV), integrando procesos de captura, procesamiento y control de calidad, con el fin de obtener información geoespacial precisa para el diseño geométrico de la vía en placa huella.

3.1. Planificación y adquisición de datos

El levantamiento se realizó mediante el uso de drones equipados con sensor **DJI FC3411**, ejecutando vuelos planificados sobre las áreas de interés correspondientes a los tramos del proyecto.

- Para el **Tramo 2**, el levantamiento se efectuó el **31 de enero de 2026**, mientras que el segundo levantamiento se realizó el **16 de marzo de 2026** .
- Se definieron parámetros de vuelo orientados a la obtención de productos de alta resolución, alcanzando valores de:
  - **GSD ortomosaico:** entre **0,009 m/píxel y 0,011 m/píxel**
  - **GSD DEM:** entre **0,010 m/píxel y 0,045 m/píxel** .
- Se emplearon cámaras de **20 MP (5472 x 3648 px)**, garantizando alta calidad en la captura.

3.2. Captura fotogramétrica

Durante la ejecución de los vuelos se obtuvieron conjuntos de imágenes con alto nivel de alineación:

- **223 imágenes (91% alineadas)** en el primer levantamiento.
- **142 imágenes (96% alineadas)** en el segundo levantamiento.

Las condiciones de captura incluyeron velocidades de obturación entre **1/120 y 1/500**, asegurando imágenes nítidas y aptas para el procesamiento fotogramétrico.

3.3 Procesamiento fotogramétrico

El procesamiento se realizó en la plataforma **DroneDeploy**, utilizando algoritmos de reconstrucción tridimensional basados en **Structure from Motion (SfM)**.

Se generaron los siguientes productos:

- Ortofotomosaicos georreferenciados
- Modelos Digitales de Elevación (DEM)
- Nubes de puntos densificadas

Los modelos alcanzaron:

- **Densidad de nube de puntos:**
  - **≈ 1418 puntos/m²** (equivalente a 131.80 puntos/ft²) en el primer levantamiento
  - **≈ 144 puntos/m²** (equivalente a 13.34 puntos/ft²) en el segundo .
- Reconstrucciones tridimensionales con:
  - **≈ 5.3 millones de puntos**
  - **≈ 4.6 millones de puntos** .

3.4 Control de calidad y precisión

Se evaluó la calidad del levantamiento mediante indicadores fotogramétricos:

- Porcentaje de cámaras alineadas superior al **98%**.
- Error medio cuadrático (RMSE) en la localización de cámaras de:
  - **≈ 0,020 m** en el primer levantamiento
  - **≈ 0,041 m** en el segundo .
- Cobertura del ortomosaico:
  - **17%** en el primer levantamiento
  - **79%** en el segundo .

Se realizó adicionalmente verificación visual de los productos, confirmando la continuidad del modelo y ausencia de distorsiones significativas.

3.5 Generación de productos finales

A partir del procesamiento se obtuvieron productos cartográficos georreferenciados:

- Ortofotomosaicos de alta resolución
- Modelos digitales de elevación (DEM)
- Nubes de puntos tridimensionales
- Modelos de superficie para análisis topográfico

Estos productos sirven como base para la generación de curvas de nivel, análisis de pendientes y desarrollo del diseño geométrico.

3.6 Síntesis metodológica

La metodología implementada integró captura aérea mediante UAV, procesamiento fotogramétrico y control de calidad, permitiendo la obtención de información topográfica precisa y confiable.

Se evidencia una mejora significativa entre levantamientos, principalmente en la cobertura y alineación de imágenes, fortaleciendo la calidad de los insumos para el diseño de la vía en placa huella.





4. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

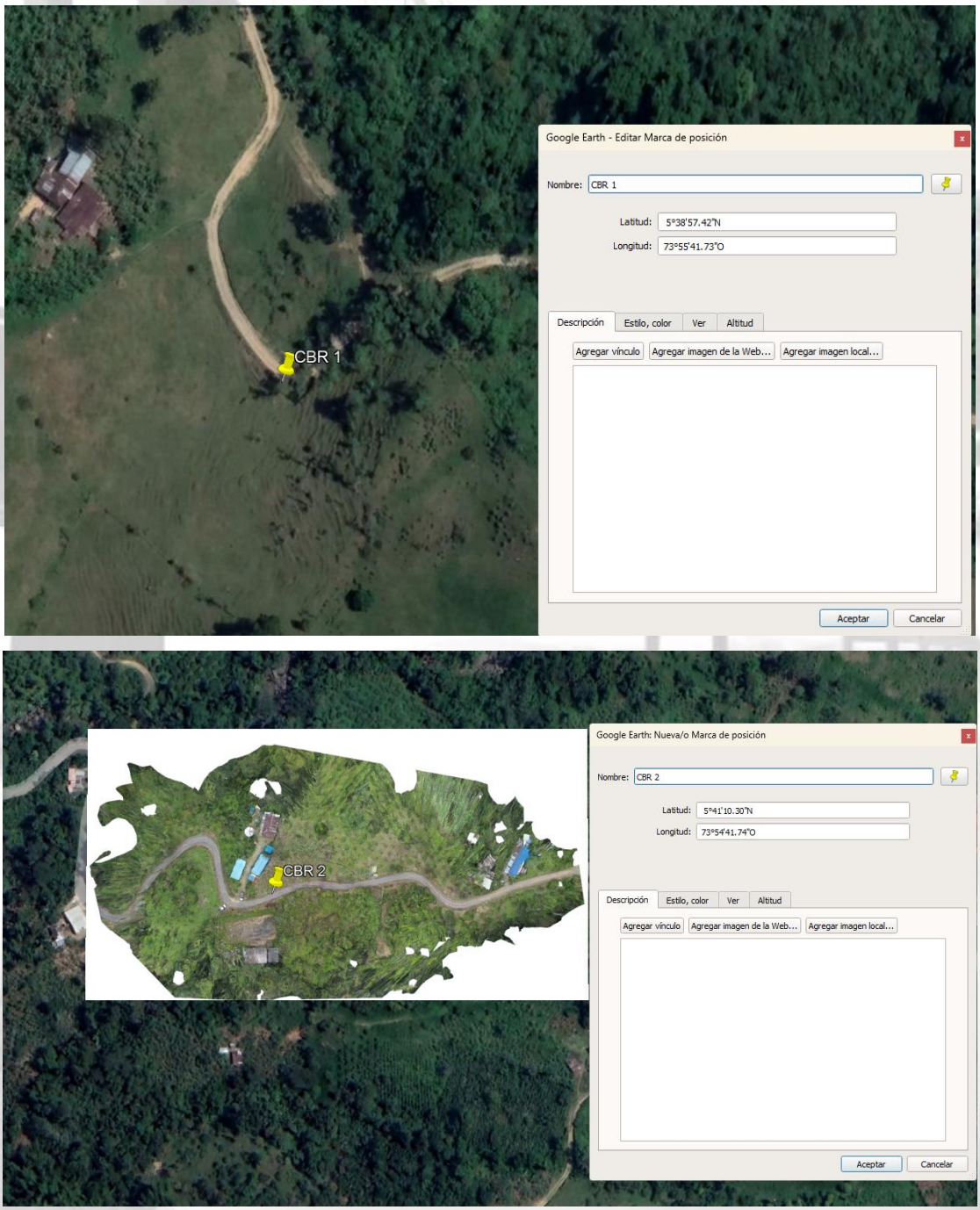


Ilustración 1 Fuente propia. Ubicación del proyecto.

El proyecto titulado “CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS TERCIARIAS, MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS BUENAVISTA Y MORAY DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, VIGENCIA 2026” se localiza en jurisdicción del municipio de Briceño, departamento de Boyacá, específicamente en sectores rurales correspondientes a las veredas Buenavista y Moray, sobre los tramos de vía objeto de intervención dentro del presente estudio.

De acuerdo con la información georreferenciada del proyecto, se cuenta con puntos de referencia asociados a los ensayos CBR ubicados en: CBR 1, con coordenadas 5°38'57.42"N, 73°55'41.73"O, y CBR 2, con coordenadas 5°41'10.30"N, 73°54'41.74"O, los cuales constituyen puntos de apoyo para la localización y caracterización técnica de los sectores evaluados. Estos tramos se emplazan en una zona correspondiente al occidente del departamento de Boyacá, caracterizada por un relieve predominantemente montañoso, con condiciones topográficas variables y una vocación rural marcada, donde predominan actividades agrícolas y pecuarias propias de la región andina colombiana.

La vía objeto de estudio cumple una función importante en la conectividad rural del municipio, al facilitar la intercomunicación entre sectores veredales y el acceso de la comunidad a bienes, servicios y actividades productivas, razón por la cual ha sido priorizada para el desarrollo de los estudios y diseños orientados al mejoramiento mediante la construcción de placa huella.

Con base en la información obtenida a partir de herramientas de georreferenciación y del levantamiento adelantado para el proyecto, el área de intervención fue delimitada considerando el corredor vial existente, las condiciones del terreno, las zonas verdes adyacentes, los accesos, las edificaciones cercanas y los demás elementos relevantes del entorno. Esta delimitación permitió garantizar una cobertura suficiente para la generación de productos cartográficos completos y georreferenciados, tales como ortofotos, modelos digitales de elevación, curvas de nivel y planos base, los cuales constituyen el soporte técnico para el diseño y planificación de las obras proyectadas.

Point Table

Point #	Elevation	Northing	Easting	Description
1	1774.96	1116492.88	1016521.37	Punto Inicial
2	1793.30	1116488.41	1016590.30	Punto Final
3	1775.65	1116486.48	1016521.79	Punto de Control RTK
4	1782.75	1116461.58	1016540.06	CBR1





Point Table				
Point #	Elevation	Northing	Easting	Description
1	1409.00	1120563.43	1018345.25	PUNTO DE INICIO
2	1416.50	1120529.13	1018358.66	PUNTO DE CONTROL RTK
3	1419.39	1120539.24	1018381.09	CBR 2
4	1440.15	1120531.76	1018483.67	PUNTO FINAL

4.1. Descripción Física:

El municipio de Briceño se localiza en una zona montañosa de la cordillera Oriental, dentro de la provincia de Occidente del departamento de Boyacá. Su relieve está conformado principalmente por pendientes medias y fuertes, con rangos que superan el 12% en varios sectores, lo que dificulta la transitabilidad vehicular en las vías terciarias.

La topografía presenta cañones, laderas pronunciadas y terrazas de origen aluvial, que favorecen la erosión superficial en época de lluvias. Estas condiciones hacen que las vías en afirmado pierdan rápidamente su capacidad de soporte y estabilidad.

Clima

El municipio presenta un clima cálido con temperatura promedio de 27 °C en la mayor parte del territorio. Las precipitaciones son variables a lo largo del año, con temporadas de lluvias intensas que generan escorrentías superficiales y deslizamientos en las vías rurales.

Este comportamiento climático influye directamente en la degradación de la infraestructura vial, razón por la cual se hace necesario implementar soluciones





constructivas como la placa huella, que brindan resistencia y durabilidad en zonas de alta pendiente.

Suelos y Geología

Los suelos predominantes en el municipio son de origen aluvial y coluvial, con texturas franco-arcillosas y arcillosas, que en condiciones de saturación presentan baja capacidad portante y alta susceptibilidad a la plasticidad y deformación.

Geológicamente, la región se encuentra en un área de transición con afloramientos de rocas sedimentarias y formaciones propias de la cordillera Oriental. Esta composición genera variabilidad en las condiciones de cimentación de las vías y explica la presencia de fallas superficiales en tramos en afirmado.

Hidrografía

El territorio está drenado por varias microcuencas que desembocan en ríos secundarios, conformando una red hídrica que influye en la erosión de las laderas y en el deterioro de las vías. Entre las fuentes hídricas más representativas se encuentran quebradas de caudal medio y bajo, que incrementan su capacidad en épocas de invierno, generando procesos de socavación y arrastre de materiales.

Cobertura Vegetal y Uso del Suelo

La cobertura vegetal del municipio está asociada principalmente a cultivos agrícolas (café, caña panelera, plátano y productos de pancoger) y a zonas de bosque secundario





en áreas de ladera. En las zonas rurales predominan los paisajes agroforestales que, en algunos sectores, cumplen un papel de contención frente a procesos erosivos.

El uso del suelo está orientado al aprovechamiento agropecuario, lo que hace indispensable contar con una red vial terciaria adecuada para el transporte de cosechas hacia los centros de acopio y comercialización.

Infraestructura Vial Existente

La infraestructura vial actual está compuesta en su mayoría por vías terciarias en afirmado, con calzadas de entre 3,5 m y 4,5 m de ancho. En sectores críticos, el tránsito se ve interrumpido durante las lluvias debido a la pérdida de material granular y la formación de lodazales.

Estas condiciones han motivado la implementación de placas huella en tramos con pendientes superiores al 10%, como una solución técnica que permite mejorar la resistencia estructural de la vía, garantizar la movilidad continua y reducir los costos de mantenimiento.

4.2. Límites del municipio:

El municipio de Briceño se encuentra ubicado en la provincia de Occidente del departamento de Boyacá, con una extensión aproximada de 64 km². Su localización estratégica en el noroccidente boyacense le permite actuar como punto de conexión entre diversos municipios de Boyacá y departamentos vecinos como Santander.

Por el norte limita con el municipio de Tununguá (Boyacá) y con el municipio de Albania (Santander). Esta franja delimita la transición hacia el departamento de Santander, constituyéndose en una zona de importancia estratégica para la integración interdepartamental. Los corredores viales que

atraviesan este sector son de carácter rural y permiten la comunicación de comunidades campesinas dedicadas principalmente al cultivo de café y caña panelera.

Hacia el sur limita con los municipios de Caldas y Pauna (Boyacá). Estos municipios conforman una unidad territorial con condiciones topográficas y productivas similares, caracterizadas por relieves montañosos y suelos destinados a la producción agropecuaria. Este límite es fundamental para la interconexión con los circuitos de comercialización que tienen como destino principal la ciudad de Chiquinquirá.

Por el costado oriental limita con los municipios de Saboyá y Chiquinquirá. Este límite constituye uno de los más importantes desde el punto de vista de accesibilidad, dado que la conexión con Chiquinquirá representa la principal vía de acceso al municipio y la ruta de salida hacia Tunja, capital departamental, y hacia Bogotá D.C.. En este sector se concentra la mayor dinámica comercial y de movilidad, ya que Chiquinquirá funciona como centro de abastecimiento, acopio agrícola y prestación de servicios educativos, de salud y administrativos para la población briceñita.

Al occidente limita nuevamente con el municipio de Pauna. Este límite es de gran relevancia porque facilita la comunicación con la zona cafetera del occidente boyacense, reconocida por su vocación agrícola. La conexión vial por este sector es de carácter terciario, con caminos en afirmado que requieren intervención para mejorar la transitabilidad, especialmente en épocas de lluvia.

La delimitación territorial de Briceño no solo cumple un papel político-administrativo, sino que también define la conectividad vial regional entre Boyacá y Santander, establece corredores estratégicos para el transporte de productos agrícolas hacia Chiquinquirá, Bogotá y Tunja, permite identificar las áreas críticas que requieren mejoramiento de la infraestructura vial mediante soluciones técnicas como la placa huella, y marca las zonas de influencia social y económica del municipio, donde la interacción con los vecinos es constante y vital para el comercio y el desarrollo comunitario.





4.3. Localización Descriptiva:



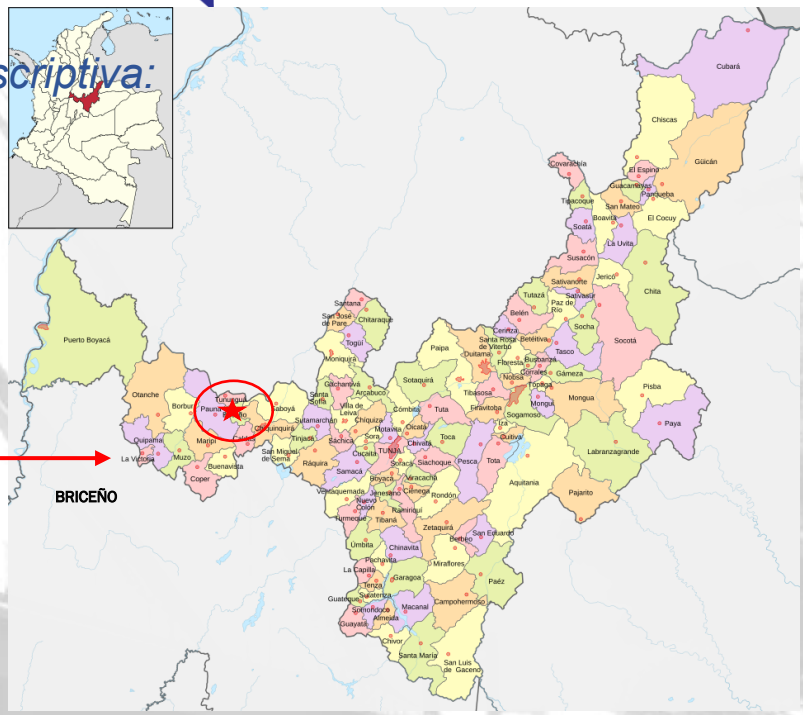
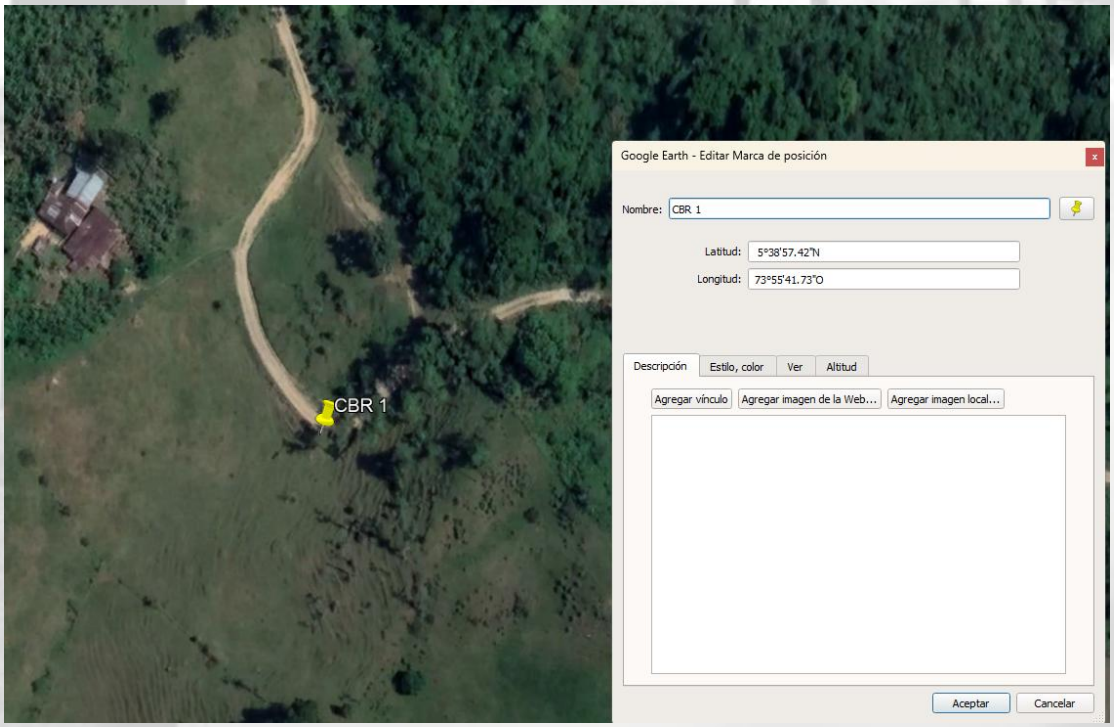


Ilustración 2 Localización Descriptiva

4.4. Ubicación del proyecto:





"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com **3204444700**





Ilustración 3 Ubicación especifica, Tramo en Área naranja

5. Procesamiento de Datos

5.1. Planificación de Vuelo

La fase de planificación del vuelo fotogramétrico fue fundamental para garantizar la correcta adquisición de información en los tramos objeto de estudio, asegurando condiciones adecuadas de cobertura, resolución y calidad para la generación de insumos topográficos requeridos en el diseño de la vía en placa huella del proyecto “CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS TERCIARIAS, MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS BUENAVISTA Y MORAY DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, VIGENCIA 2026”.

La planificación del vuelo contempló los siguientes aspectos:

Definición del área de interés

• Se delimitaron los sectores correspondientes a los tramos viales objeto de levantamiento en las veredas Buenavista y Moray, considerando el corredor vial existente, las condiciones del terreno y los elementos adyacentes relevantes para el diseño.

• La definición del área de trabajo permitió asegurar una cobertura suficiente para la generación de ortomosaicos, modelos digitales de elevación, nubes de puntos y planos base requeridos para el desarrollo de los estudios y diseños.

Selección del equipo

• Se empleó un dron equipado con sensor DJI FC3411, con resolución de 5472 x 3648 px, adecuado para la captura de imágenes de alta resolución.

• Este sensor permitió obtener productos fotogramétricos con nivel de detalle suficiente para el análisis topográfico y geométrico del corredor vial.

Parámetros de vuelo

• Se definieron parámetros de vuelo orientados a la obtención de productos de alta resolución, alcanzando valores de GSD del ortomosaico de 0,009 m/píxel y 0,011 m/píxel, y resoluciones del modelo digital de elevación de 0,010 m/píxel y 0,045 m/píxel, según el procesamiento realizado.

• La planificación consideró trayectorias de vuelo que permitieran cubrir de manera continua el eje vial y sus zonas laterales inmediatas, favoreciendo la reconstrucción fotogramétrica del terreno.

• Se buscó una adecuada superposición entre imágenes para asegurar el alineamiento de las fotografías y la estabilidad del modelo tridimensional generado.

Condiciones ambientales

• Los vuelos se programaron en condiciones favorables de iluminación, buscando minimizar sombras, variaciones bruscas de luz y afectaciones sobre la calidad de las imágenes.

• La ejecución de las jornadas de captura consideró condiciones atmosféricas adecuadas para mantener la estabilidad de la aeronave y la nitidez de la información recolectada.

Configuración de captura de imágenes

• En el primer levantamiento se capturaron 223 imágenes, con un porcentaje de alineación del 91 %, mientras que en el segundo se obtuvieron 142 imágenes, con 96 % de alineación.

• Las velocidades de obturación registradas fueron de 1/120 s y 1/500 s, respectivamente, lo cual permitió obtener imágenes nítidas y aptas para su procesamiento fotogramétrico.

• La distribución de captura incluyó imágenes en orientación nadir, oblicua y horizontal, predominando estas últimas, lo cual favoreció la cobertura del corredor vial y su entorno inmediato.

Seguridad y control

• Previo a cada vuelo se efectuó la verificación operativa del dron, incluyendo revisión general del equipo, disponibilidad de baterías, funcionamiento del sistema de posicionamiento y condiciones de captura.





• Se establecieron condiciones de operación orientadas a reducir interferencias durante la ejecución del vuelo y a garantizar el desarrollo seguro de la operación aérea.

• La operación contempló medidas de control para responder ante eventuales cambios de condiciones durante la jornada de captura.

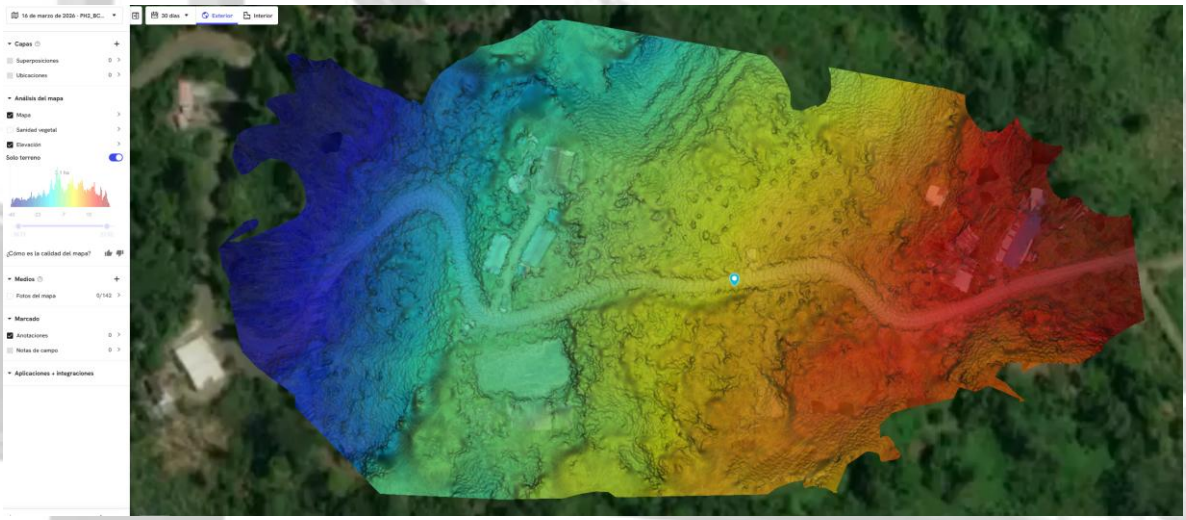


Ilustración 4 Selección del Sistema de Georeferenciación



Ilustración 5 Selección de Parámetros Dependientes de Vuelo

5.1. Marcación y Georreferenciación de Puntos de Control (GCP):

En campo, se establecieron y marcaron puntos de control terrestre (GCP) en sitios estables y visibles desde el aire, los cuales fueron medidos con equipo GNSS de doble frecuencia para asegurar una georreferenciación precisa. Estos puntos sirvieron de referencia para la corrección geométrica y la ortorrectificación de los productos generados en gabinete.

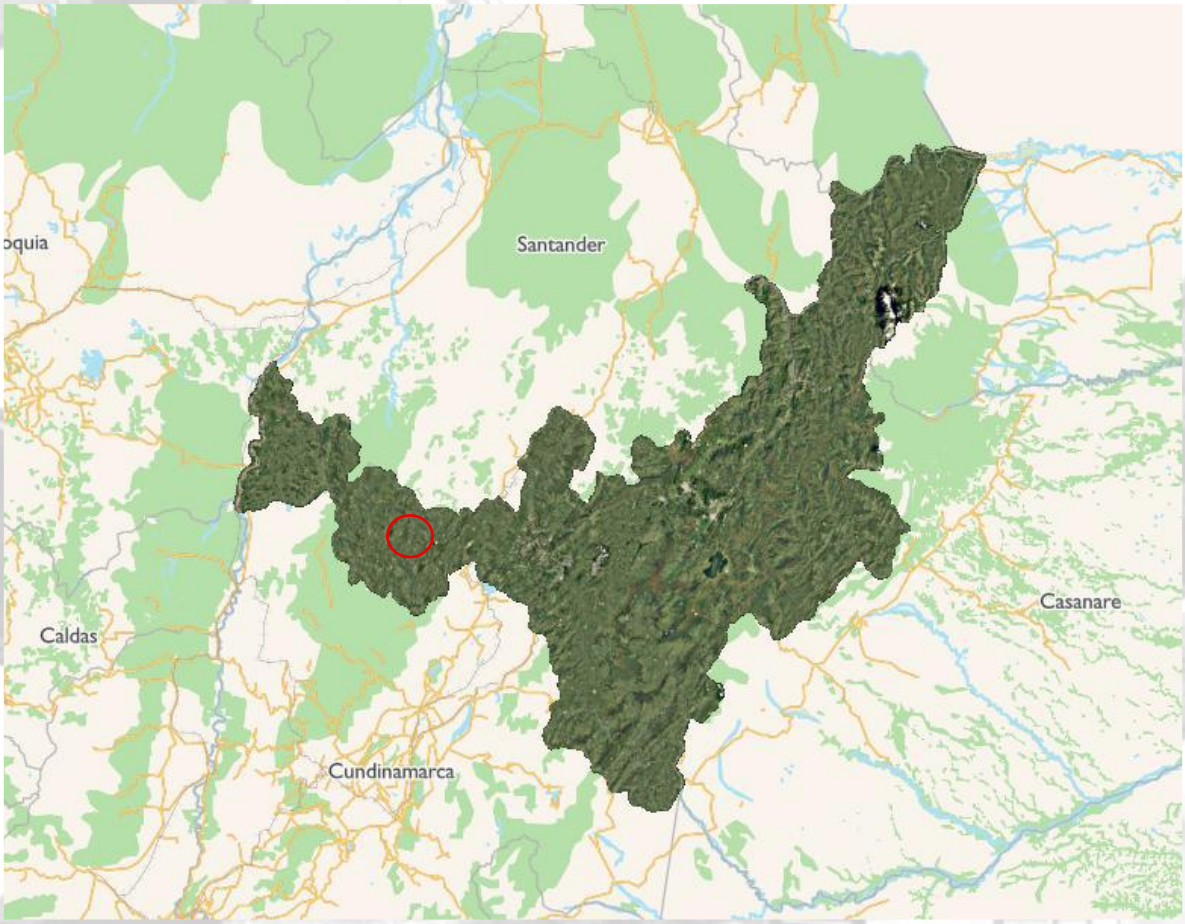


Ilustración 6 Localización Nacional

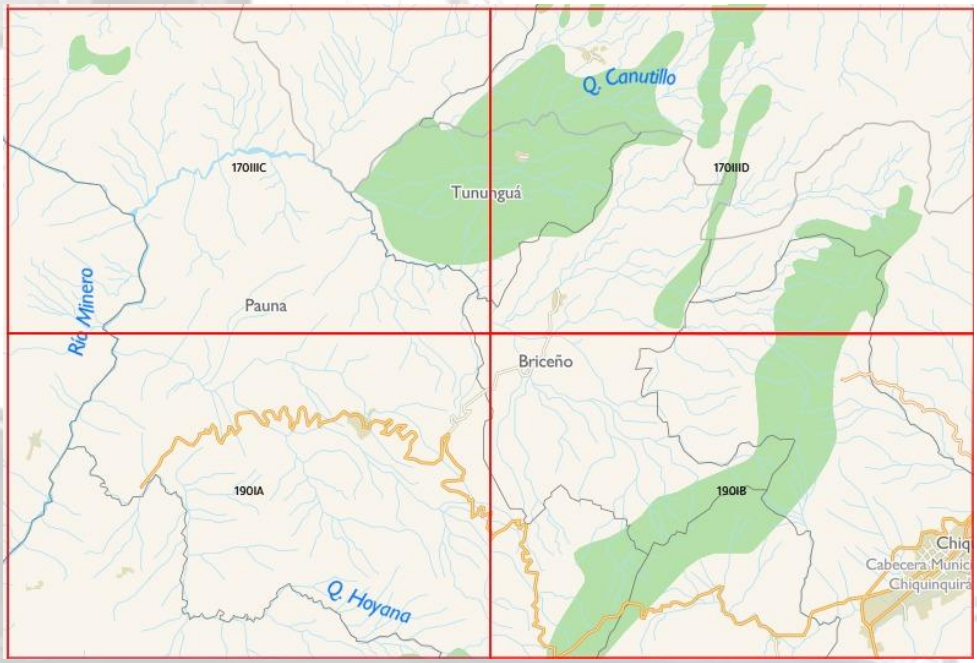


Ilustración 7 Localización Catastral IGAC. Fuente IGAC Consulta Catastral.

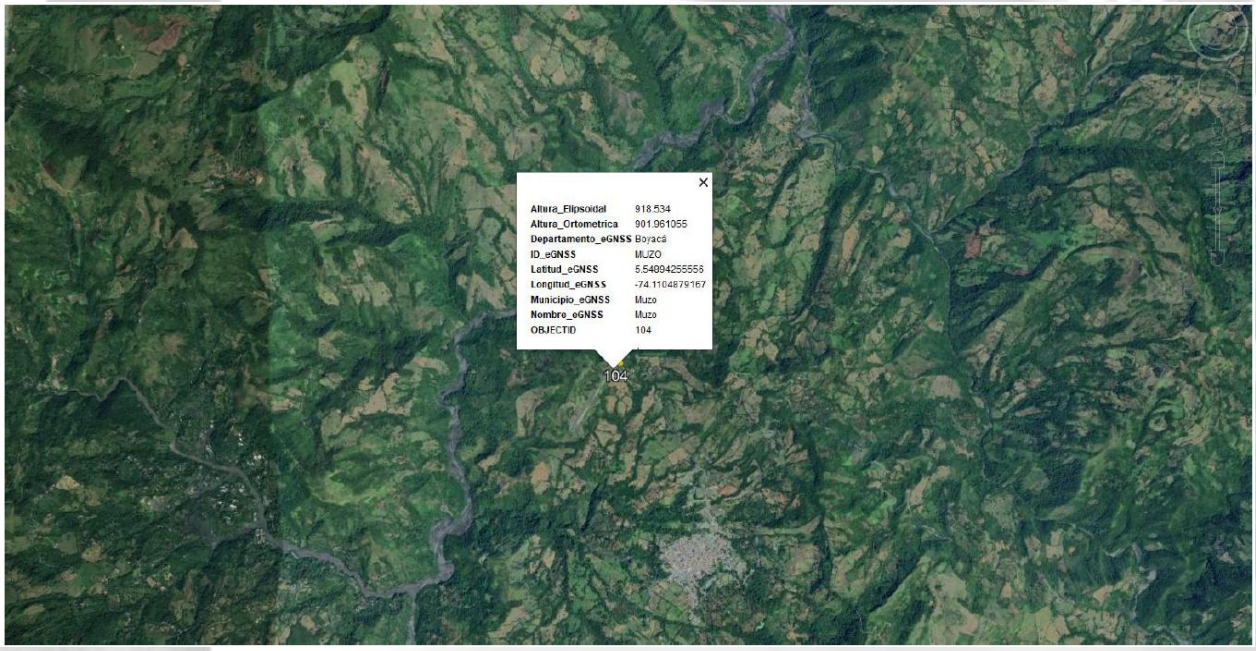


Ilustración 8 Localización Red pasiva GeoRED – IGAC Sobre Imagen Satelital Google Earth IMAGE 2025 CNES/Airbus – Image 2025 Maxar Technologies





5.2. Ejecución del Vuelo:

Para la obtención de la información planialtimétrica de los tramos en estudio se realizaron vuelos fotogramétricos con dron, cuyos datos fueron procesados en la plataforma **DroneDeploy**. La ejecución se desarrolló en dos campañas de levantamiento, realizadas el **31 de enero de 2026** y el **16 de marzo de 2026**, con fechas de procesamiento correspondientes al **13 de febrero de 2026** y **18 de marzo de 2026**, respectivamente.

Los vuelos se efectuaron con un dron equipado con sensor **DJI FC3411**, con resolución de **5472 x 3648 píxeles** y capacidad de captura aproximada de **20 MP**, garantizando imágenes de alta calidad y textura adecuada para el levantamiento fotogramétrico. El modo de procesamiento empleado en ambos casos fue **Standard**.

En la captura predominó el uso de imágenes **horizontales**, con una participación del **95 %** en la primera campaña y del **92 %** en la segunda, mientras que las imágenes **oblicuas** representaron el **4 %** y **8 %**, respectivamente. La proporción de imágenes **nadir** fue reducida, correspondiente al **1 %** en la primera campaña y **0 %** en la segunda, condición que puede generar limitaciones menores en la ortorrectificación de bordes o elementos verticales, sin comprometer la representación general del terreno.

Durante la operación aérea se mantuvieron condiciones técnicas adecuadas para la captura, evidenciadas en la calidad reportada de las imágenes como **High texture images**, lo cual favoreció el proceso de alineación y reconstrucción fotogramétrica. Así mismo, se registraron velocidades medias de obturación de **1/120 s** en la primera campaña y **1/500 s** en la segunda, permitiendo imágenes nítidas y con bajo riesgo de desenfoque por movimiento.

La altura y configuración de vuelo permitieron obtener productos con resoluciones espaciales de alto detalle. En la primera campaña se obtuvo un **GSD del ortomosaico de 0,0094 m/píxel** y un **GSD del modelo digital de elevación de 0,0099 m/píxel**; en la segunda campaña se obtuvo un **GSD del ortomosaico de 0,0112 m/píxel** y un **GSD del modelo digital de elevación de 0,0455 m/píxel**.

En total, en la primera campaña se capturaron **223 imágenes**, de las cuales se alineó correctamente el **91 %**, mientras que en la segunda campaña se capturaron **142 imágenes**, con un porcentaje de alineación del **96 %**. Estos valores permitieron reconstrucciones confiables para la obtención de ortomosaicos, modelos digitales y nube de puntos.





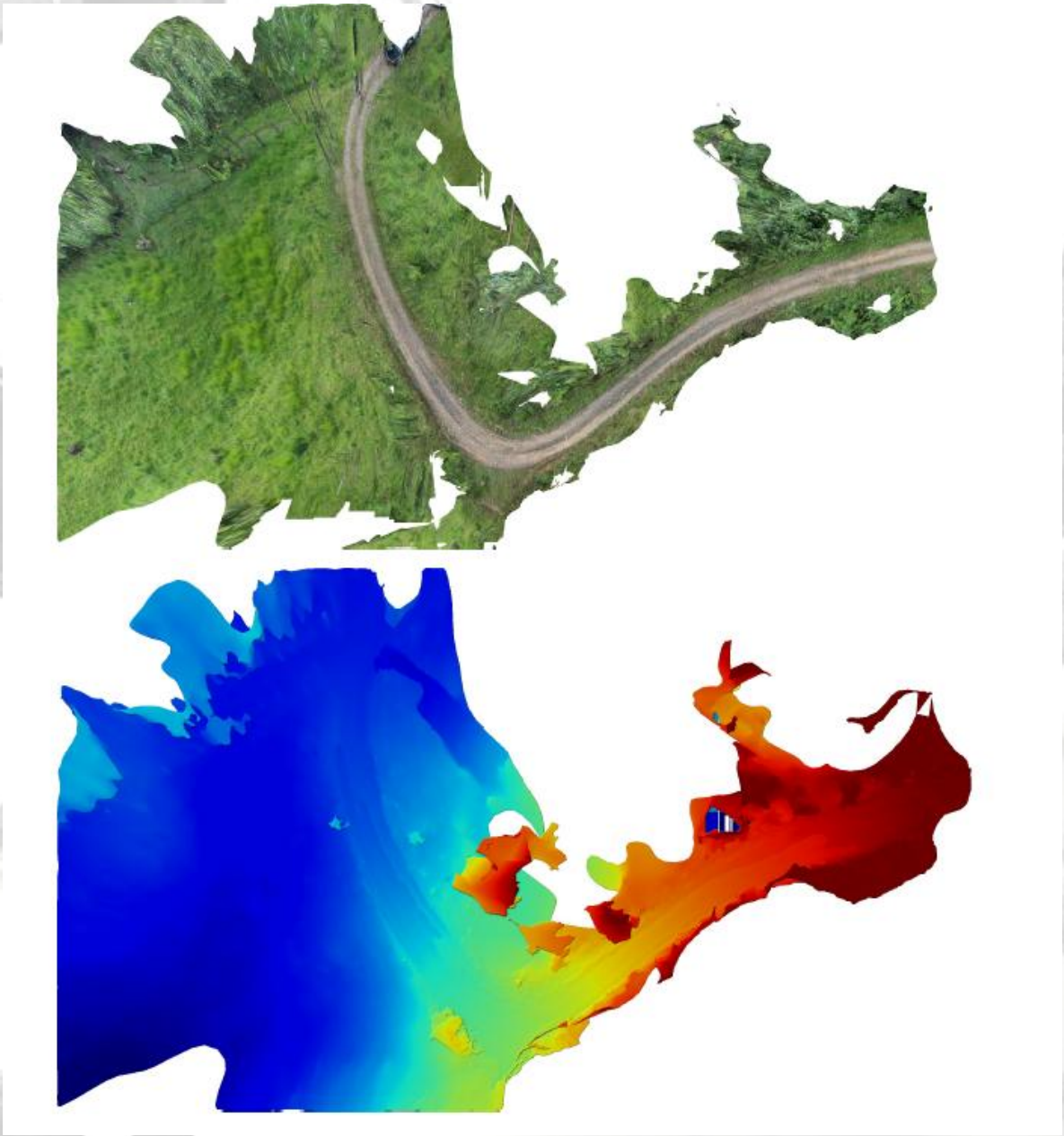
La densidad de la nube de puntos obtenida fue de aproximadamente **1.418,7 puntos/m²** en la primera campaña y **143,6 puntos/m²** en la segunda, con reconstrucciones de **5,3 millones** y **4,6 millones de puntos**, respectivamente. En cuanto a la precisión de posicionamiento de las cámaras, se registró un error medio cuadrático (**RMSE**) de aproximadamente **0,20 m** en la primera campaña y **0,41 m** en la segunda.

Adicionalmente, la cobertura del ortomosaico reportada fue de **17,43 %** en la primera campaña y **79,74 %** en la segunda, sobre áreas de levantamiento de aproximadamente **21.377,5 m²** y **40.416,0 m²**, respectivamente.

En conclusión, la ejecución del vuelo se desarrolló de manera satisfactoria, cumpliendo con los parámetros técnicos requeridos para la generación de **ortomosaicos**, **modelos digitales de elevación** y **nubes de puntos**, constituyéndose en una base técnica suficiente para el análisis topográfico y el desarrollo de los diseños geométricos de la vía en placa huella.









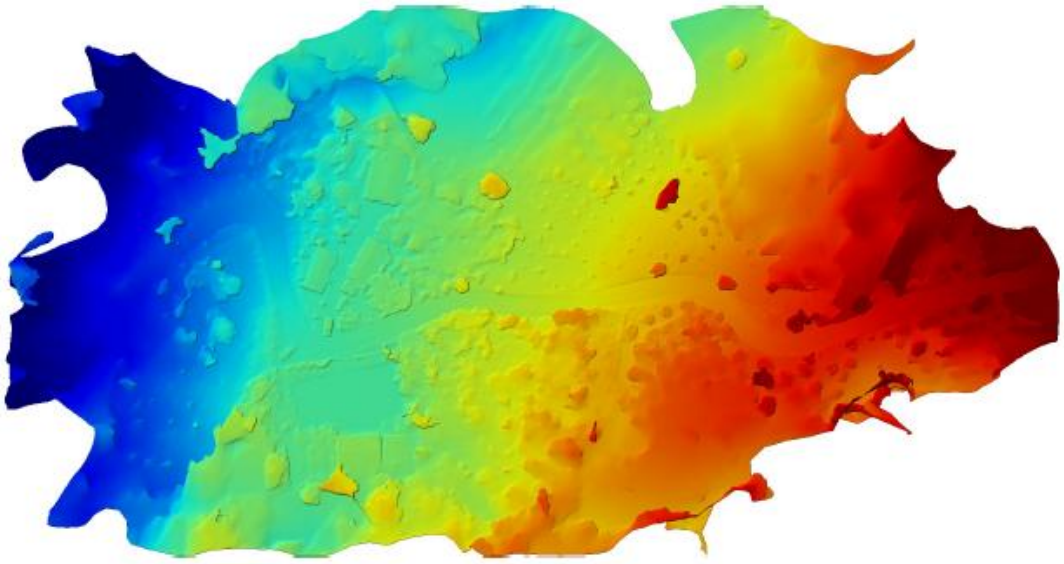
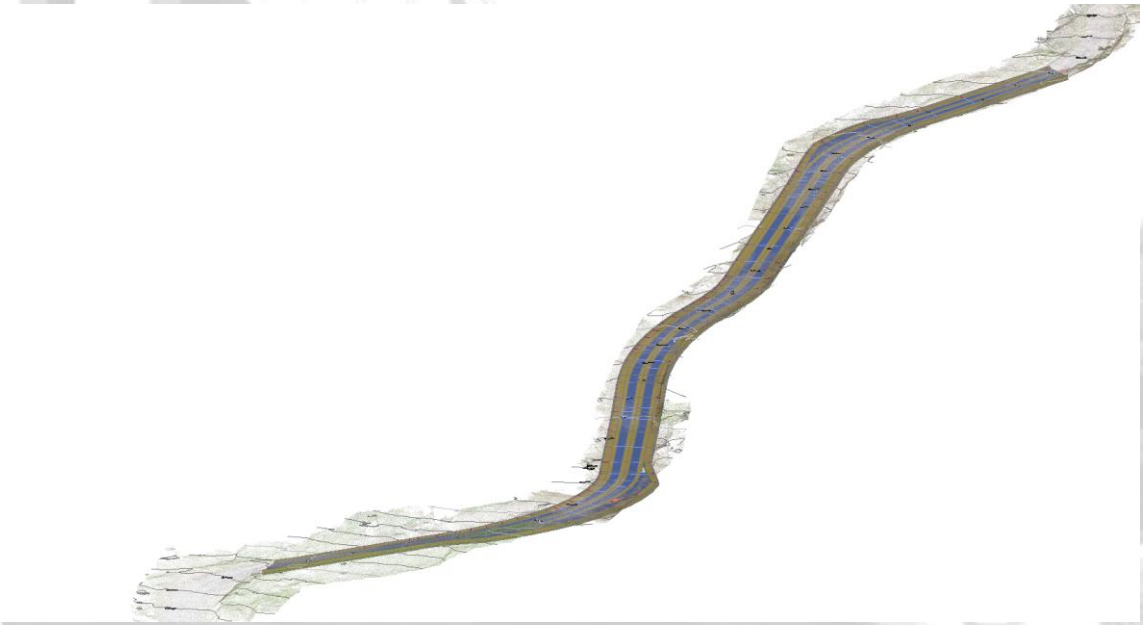


Ilustración 9 Vista 2D Fotos del Mapa



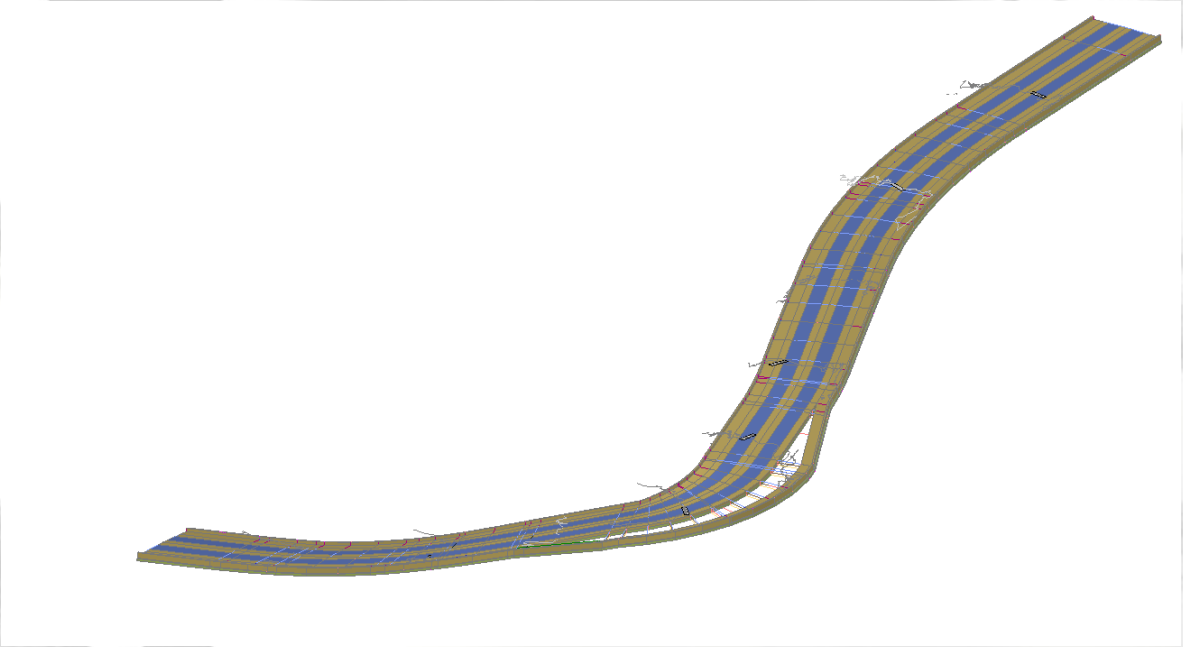


Ilustración 10 Vista 3D Fotos de Captura del Mapa

5.3. Descarga y Organización de Datos:

Las imágenes capturadas fueron descargadas de la memoria del dron y organizadas en carpetas específicas para su posterior procesamiento. Se verificó la integridad de cada archivo, comprobando la existencia de metadatos completos (coordenadas, altitud, orientación de cámara).

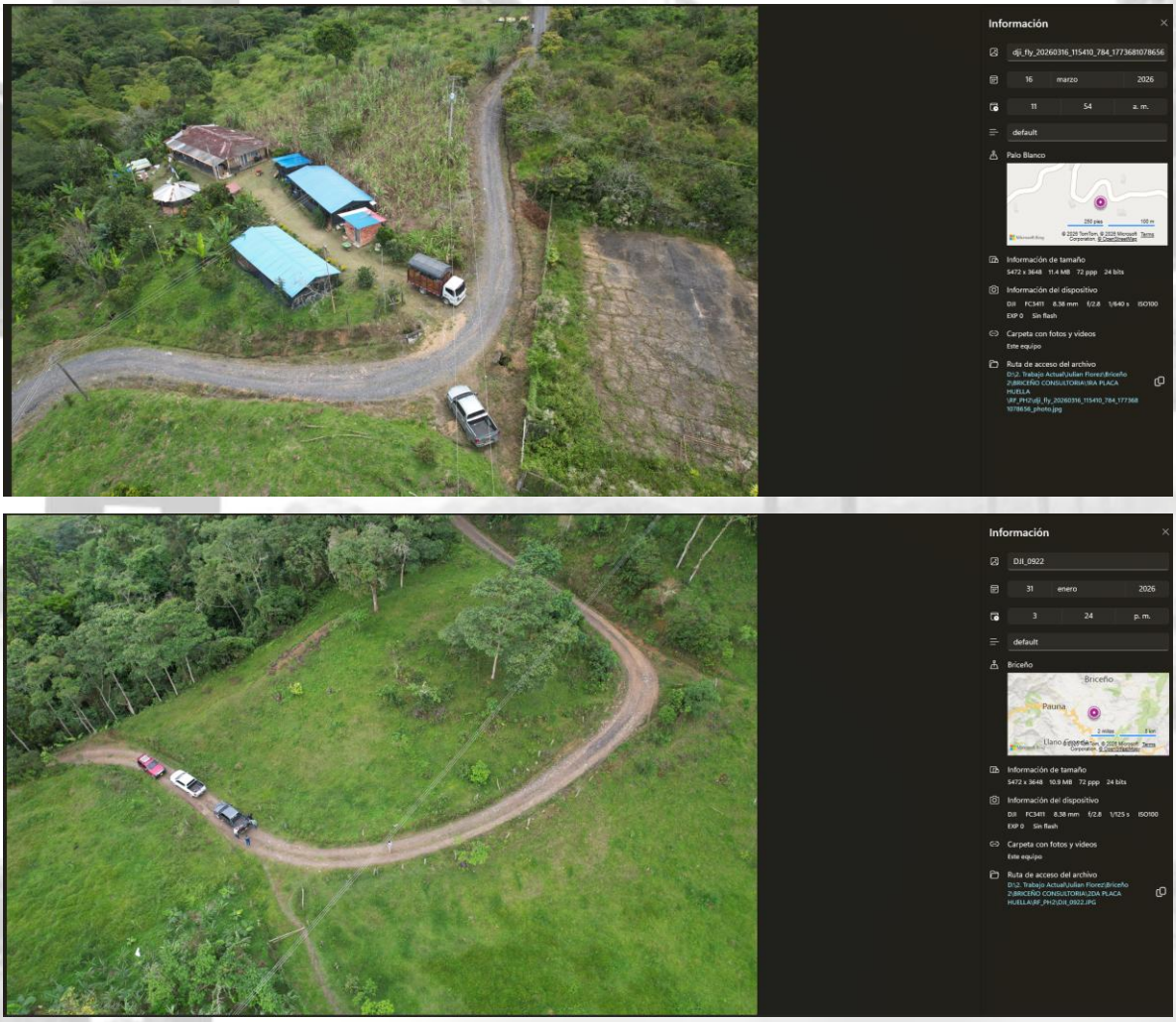


Ilustración 11 MetaData de Informacion GeoReferenciada de Imagen capturada por Dron DJI Mavic AIR 2s

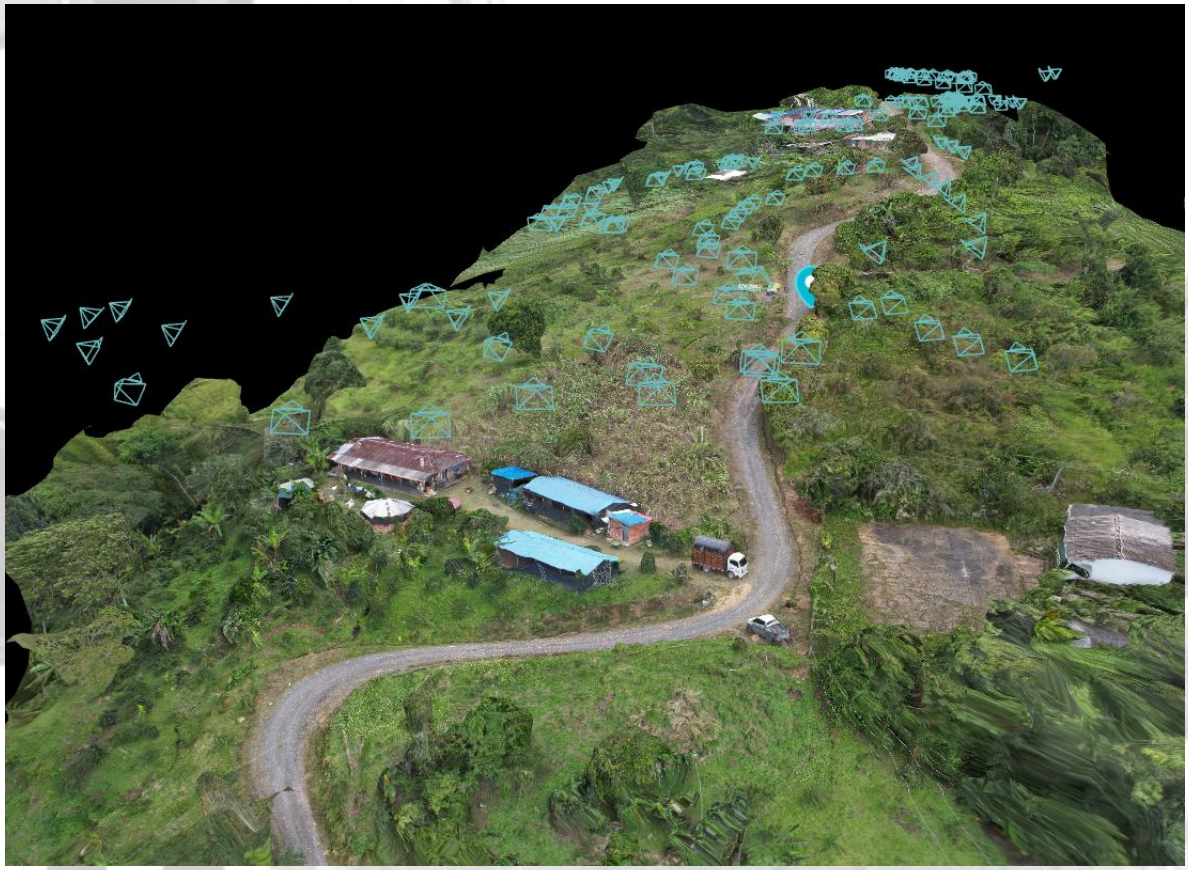


Ilustración 12 Verificacion de Ubicacion de Captura de Datos

5.4. Carga de Imágenes en Software de Procesamiento:

Las imágenes fueron cargadas en la plataforma DroneDeploy, configurando los parámetros de proyecto: sistema de referencia MAGNA-SIRGAS, altitud absoluta, escala deseada, y utilizando el motor de procesamiento estándar recomendado para ortofotomosaicos y Modelos Digitales de Elevación.

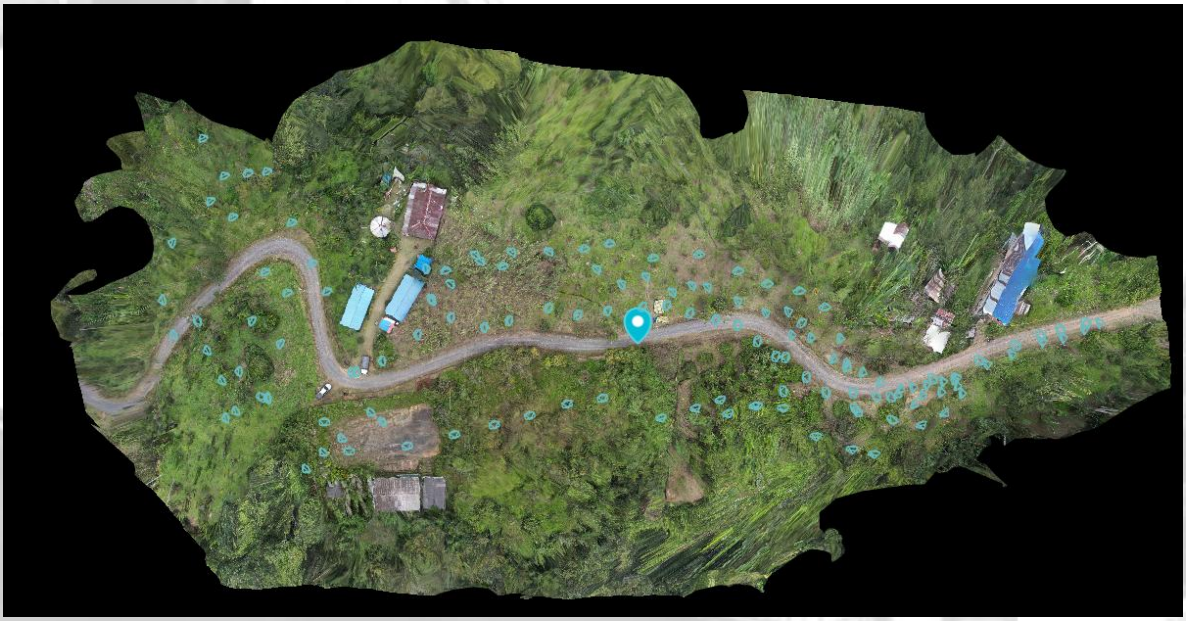


Ilustración 13 Carga de Imágenes

5.5. Alineación de Imágenes y Calibración de Cámara:

DroneDeploy ejecutó automáticamente el proceso de alineación de imágenes mediante la técnica de Estructura desde el Movimiento (SfM), logrando una tasa de alineación del 100%. La optimización de los parámetros de cámara presentó una variación mínima de 0.05% con respecto a los valores nominales del sensor DJI FC3411, garantizando así la estabilidad interna del modelo fotogramétrico.



PH2_BCO_BIM - PH2_BCO_BIM

Captured: Mar 16, 2026, Processed: Mar 18, 2026

Map Details Summary ⓘ

Project Name	PH2_BCO_BIM - PH2_BCO_BIM
Photogrammetry Engine	DroneDeploy Proprietary
Processing Mode	Standard
Date Of Capture	Mar 16, 2026
Date Processed	Mar 18, 2026
GSD Orthomosaic (GSD DEM)	0.44in/px (**DEM** 1.79in/px)
Area Bounds (Coverage)	435037.18ft^2 (79%)
Image Sensors	DJI - FC3411
Average GPS Trust	32.81ft



PLACA HUELLA 2 _ BRICEÑO - Map #1

Captured: Jan 31, 2026, Processed: Feb 13, 2026

Map Details Summary ⓘ

Project Name	PLACA HUELLA 2 _ BRICEÑO - Map #1
Photogrammetry Engine	DroneDeploy Proprietary
Processing Mode	Standard
Date Of Capture	Jan 31, 2026
Date Processed	Feb 13, 2026
GSD Orthomosaic (GSD DEM)	0.37in/px (**DEM** 0.39in/px)
Area Bounds (Coverage)	230108.01ft^2 (17%)
Image Sensors	DJI - FC3411
Average GPS Trust	32.81ft

Ilustración 14 Mapa de Detalle

Quality & Accuracy Summary ⓘ

Image Quality		High texture images
Median Shutter Speed		1/500
Images Uploaded (Aligned %)		142 (96%)
Camera Optimization		0.00% variation from reference intrinsics

Quality & Accuracy Summary ⓘ

Image Quality		High texture images
Median Shutter Speed		1/120
Images Uploaded (Aligned %)		223 (91%)
Camera Optimization		0.00% variation from reference intrinsics

Ilustración 15 Alineación y optimización de Parámetros de Cámara

5.6. Generación de Nube de Puntos Densa:

La generación de la nube de puntos se realizó mediante el procesamiento de las imágenes capturadas en los vuelos fotogramétricos, utilizando la plataforma DroneDeploy y técnicas de Structure from Motion (SfM). Este procedimiento permitió transformar las fotografías aéreas en un modelo tridimensional del terreno, representando la superficie y los elementos presentes dentro del área de estudio.

El proceso incluyó las siguientes etapas:

Alineación de cámaras: en la primera campaña se logró un 91 % de imágenes alineadas, equivalente a 203 de 223 imágenes; en la segunda campaña se obtuvo un 96 %, correspondiente a 137 de 142 imágenes, lo que garantizó una base adecuada para la reconstrucción tridimensional.
Calibración de cámara: en ambos levantamientos se reportó una variación de 0,00 % respecto a los parámetros intrínsecos de referencia, lo que evidencia estabilidad del sensor durante la captura.
Reconstrucción espacial: a partir de la correlación entre imágenes se generó la geometría base del modelo, registrándose un error medio cuadrático (RMSE) en la localización GPS de las cámaras de aproximadamente 0,20 m en la primera campaña y 0,41 m en la segunda.
Densificación: posteriormente se generó la nube de puntos densa, optimizando la representación espacial del terreno para su uso en productos topográficos y geométricos.





Resultados obtenidos

En la primera campaña se generó una nube compuesta por aproximadamente 5,3 millones de puntos, con una densidad promedio de 1.418,7 puntos/m².

En la segunda campaña se obtuvo una nube de aproximadamente 4,6 millones de puntos, con una densidad promedio de 143,6 puntos/m².

La diferencia en densidad se asocia a las condiciones de captura, la distribución de imágenes y la configuración del procesamiento aplicada en cada campaña, lo que incidió directamente en el nivel de detalle alcanzado por cada nube generada.

Importancia para el proyecto

La nube de puntos obtenida constituye una base fundamental para la generación de productos cartográficos y topográficos requeridos en el proyecto, tales como:

Ortomosaicos de alta resolución, con GSD aproximado de 0,0094 m/píxel en la primera campaña y 0,0112 m/píxel en la segunda.

Modelos Digitales de Elevación (DEM), con resoluciones de 0,0099 m/píxel y 0,0455 m/píxel, útiles para el análisis topográfico del corredor vial.

Curvas de nivel, perfiles y secciones transversales, que permiten definir con mayor precisión el comportamiento del terreno y respaldan el diseño geométrico de la solución vial tipo placa huella.





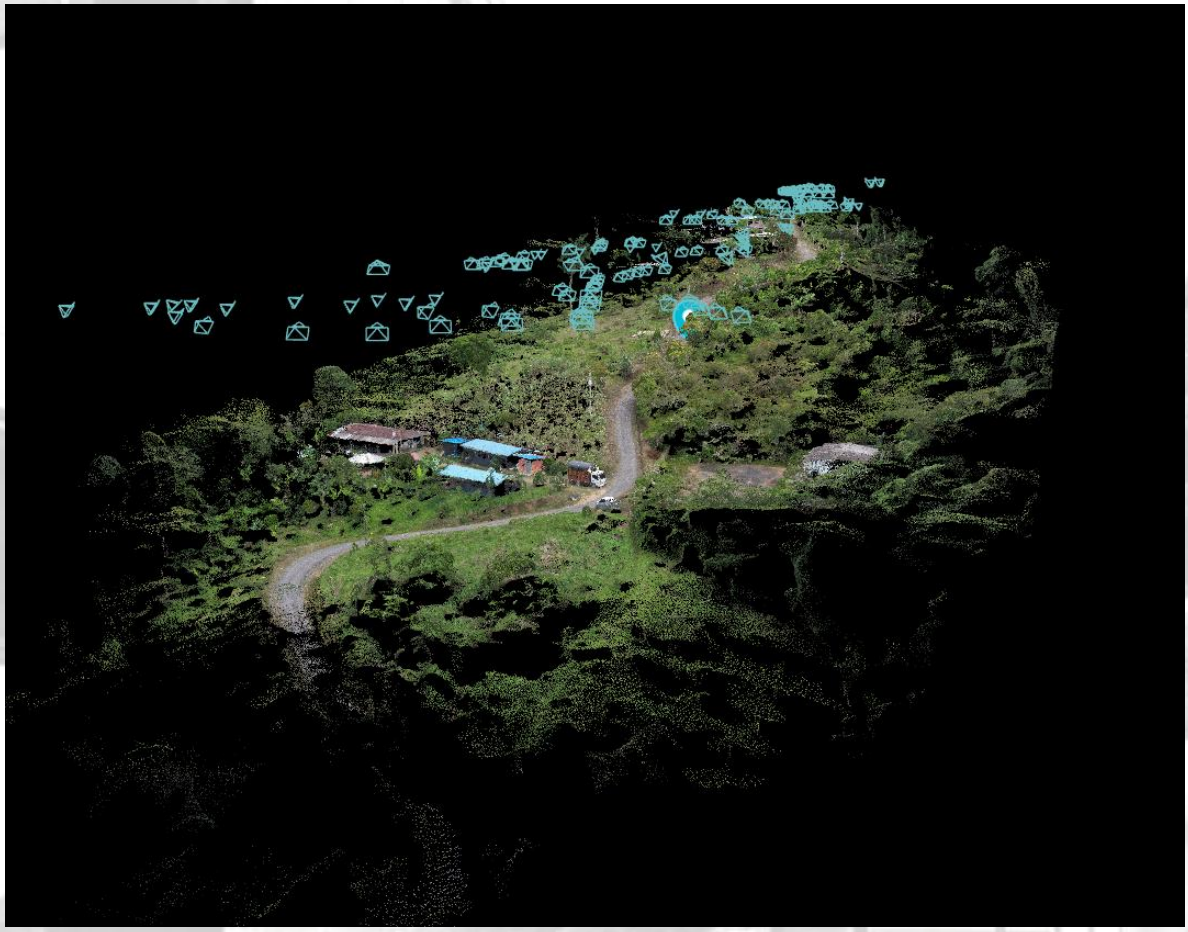


Ilustración 16 Generación de Nube de Puntos





5.7. Creación del Modelo Digital de Elevación (DEM):

A partir de la nube de puntos generada mediante técnicas de fotogrametría digital y procesada en la plataforma **DroneDeploy**, se construyeron los **Modelos Digitales de Elevación (DEM)** correspondientes a las campañas de levantamiento efectuadas. Estos modelos representan tridimensionalmente la superficie del terreno y constituyen una herramienta fundamental para el análisis topográfico y el diseño geométrico de la vía en placa huella.

El proceso se desarrolló de la siguiente manera:

- **Entrada de datos:** se utilizaron las nubes de puntos densificadas obtenidas a partir de la correlación fotogramétrica entre imágenes superpuestas, procesadas mediante técnicas de **Structure from Motion (SfM)**.
- **Generación del modelo digital:** el software construyó la superficie del terreno a partir de un mallado generado desde la nube de puntos, empleando interpolación sobre las geometrías obtenidas. En ambos casos el modelo fue reportado como **Generated from Mesh**.
- **Tipo de modelo:** se elaboraron modelos de elevación en **altitud absoluta**, lo cual permite su utilización directa en el análisis topográfico del corredor vial y en la generación de productos derivados.
- **Resolución espacial:** en la primera campaña el DEM alcanzó una resolución de **0,0099 m/píxel**, mientras que en la segunda campaña se obtuvo una resolución de **0,0455 m/píxel**.

Resultados

- La primera campaña presentó un área de cobertura aproximada de **21.377,5 m²**, con un ortomosaico de **0,0094 m/píxel** y un DEM de **0,0099 m/píxel**.
- La segunda campaña cubrió un área aproximada de **40.416,0 m²**, alcanzando un ortomosaico de **0,0112 m/píxel** y un DEM de **0,0455 m/píxel**.
- Ambos modelos permitieron representar la topografía del terreno dentro del corredor vial levantado, facilitando la interpretación de variaciones altimétricas y la identificación de sectores de interés para el diseño geométrico.

Importancia en el diseño geométrico

La creación de los modelos digitales de elevación permitió:

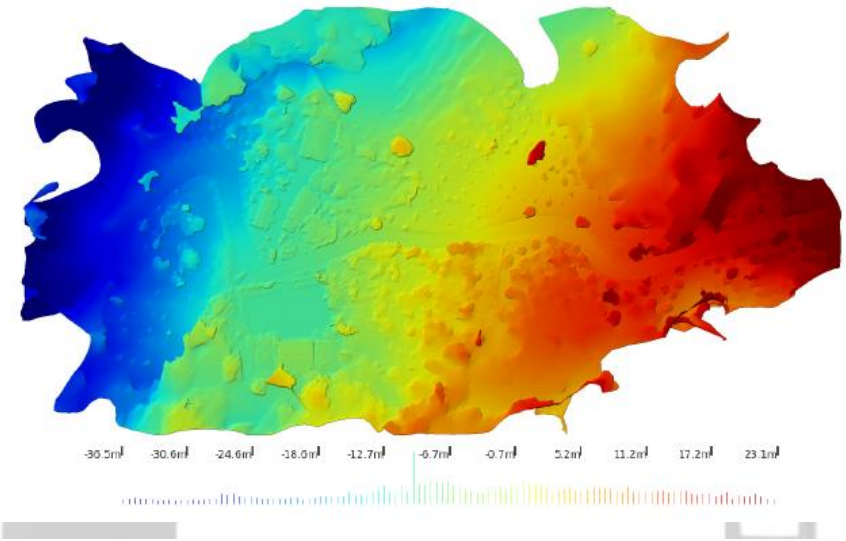
- Representar con precisión la morfología del terreno.
- Servir de base para la extracción de curvas de nivel, perfiles y secciones transversales.
- Identificar variaciones de pendiente y sectores con comportamiento topográfico relevante para el diseño.
- Proporcionar una base cartográfica digital para la planificación y formulación de la solución vial propuesta.





Digital Elevation Model ⓘ

Mode	Generated from Mesh
DEM GSD	**DEM** 1.79in/px
Relative/Absolute	Absolute Altitude



Digital Elevation Model ⓘ

Mode	Generated from Mesh
DEM GSD	**DEM** 0.39in/px
Relative/Absolute	Absolute Altitude

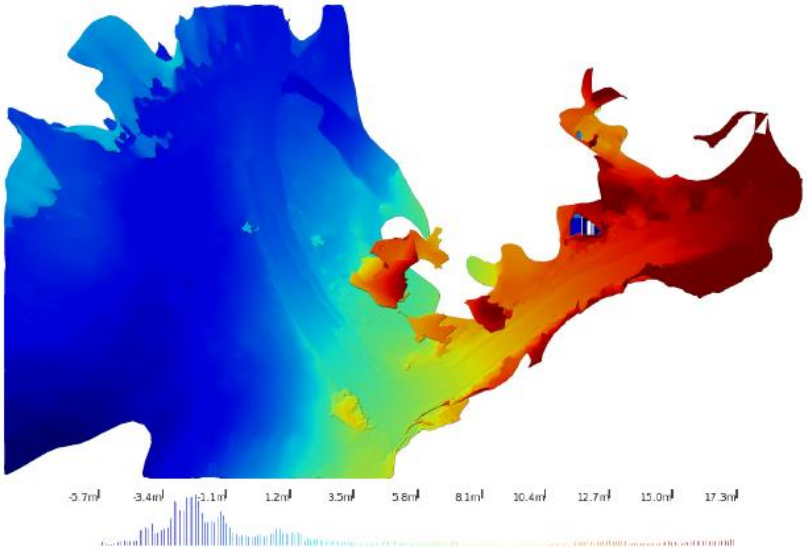


Ilustración 17 Generación de Modelo de Altitudes Absolutas







Ilustración 18 Exportación GeoReferenciada de Mapa TIFF - MAGNA SIRGAS/COLOMBIA BOGOTA ZONE

5.8. Generación del Ortofotomosaico:

La generación del ortomosaico se realizó a partir del procesamiento de las imágenes capturadas durante las campañas de vuelo fotogramétrico, empleando técnicas de fotogrametría digital en la plataforma **DroneDeploy**. El objetivo principal fue obtener una representación cartográfica continua, corregida geométricamente y georreferenciada, que sirviera como insumo base para el análisis del terreno y el diseño geométrico de la vía en placa huella.

El proceso de creación del ortomosaico incluyó las siguientes etapas:

- **Captura de imágenes:** en la primera campaña se utilizaron **223 fotografías**, mientras que en la segunda campaña se emplearon **142 imágenes**, obtenidas con sensor **DJI FC3411** y resolución de **5472 x 3648 píxeles**.
- **Alineación de imágenes:** se logró un porcentaje de alineación del **91 %** en la primera campaña y del **96 %** en la segunda, lo cual permitió una adecuada superposición y reconstrucción del mosaico fotogramétrico.
- **Correcciones geométricas:** durante el procesamiento se aplicaron ajustes de posición y orientación de cámara, registrándose errores medios cuadráticos (**RMSE**) en la localización GPS de aproximadamente **0,20 m** en la primera campaña y **0,41 m** en la segunda.
- **Homogeneización del producto:** el procesamiento permitió obtener un ortomosaico continuo con adecuada calidad visual, sustentado en imágenes clasificadas como **High texture images**, condición favorable para la correlación fotogramétrica.
- **Resolución espacial:** se obtuvo un **GSD del ortomosaico de 0,0094 m/píxel** en la primera campaña y de **0,0112 m/píxel** en la segunda, resoluciones adecuadas para el análisis geométrico del corredor vial.

Resultados obtenidos

- En la primera campaña se generó un ortomosaico con cobertura sobre un área aproximada de **21.377,5 m²**, equivalente al **17,43 %** del área de interés, con una densidad promedio de **24 imágenes por píxel**.
- En la segunda campaña el ortomosaico cubrió un área aproximada de **40.416,0 m²**, correspondiente al **79,74 %** del área de interés, con una densidad de **18 imágenes por píxel**.

Importancia para el proyecto

El ortomosaico constituye un insumo clave para:

- Identificar la traza vial y las condiciones actuales de la superficie.
- Facilitar la interpretación de elementos presentes en el corredor, como accesos, zonas verdes, edificaciones y variaciones del terreno.





- Servir como base para la generación de curvas de nivel, perfiles y secciones.
- Proporcionar una base cartográfica georreferenciada para el desarrollo del diseño geométrico de la placa huella.



Ilustración 19 Meta Data Orto mosaico GeoReferenciada

5.9. Control de Calidad de Productos:

El control de calidad de los productos generados, correspondientes al **ortomosaico**, la **nube de puntos** y el **modelo digital de elevación (DEM)**, se realizó a partir de los reportes de procesamiento fotogramétrico obtenidos en la plataforma **DroneDeploy**. El objetivo fue verificar la precisión, consistencia y confiabilidad de la información generada, garantizando que los insumos obtenidos fueran adecuados para el análisis topográfico y el diseño geométrico de la vía en placa huella.

Ortomosaico

- En la primera campaña se alcanzó una resolución espacial de **0,0094 m/píxel**, mientras que en la segunda campaña se obtuvo una resolución de **0,0112 m/píxel**, valores que permiten un nivel de detalle adecuado para la interpretación de rasgos superficiales y elementos del corredor vial.
- La cobertura del ortomosaico fue de **17,43 %** en la primera campaña y de **79,74 %** en la segunda, con densidades promedio de **24 imágenes por píxel** y **18 imágenes por píxel**, respectivamente.
- La revisión del producto permitió verificar continuidad visual general y condiciones adecuadas de reconstrucción, sustentadas en imágenes clasificadas como **High texture images**, favorables para el procesamiento fotogramétrico.

Nube de puntos

- En la primera campaña se generó una nube compuesta por aproximadamente **5,3 millones de puntos**, con una densidad de **1.418,7 puntos/m²**.





- En la segunda campaña se obtuvo una nube de aproximadamente **4,6 millones de puntos**, con una densidad de **143,6 puntos/m²**.
- La alineación de imágenes fue del **91 %** en la primera campaña y del **96 %** en la segunda, lo cual evidencia una base consistente para la reconstrucción tridimensional.

Modelos Digitales de Elevación (DEM)

- La primera campaña obtuvo un **DEM** con resolución de **0,0099 m/píxel**, mientras que en la segunda campaña la resolución fue de **0,0455 m/píxel**.
- En ambos casos los modelos fueron generados como productos de **altitud absoluta**, lo que garantiza su aplicabilidad en análisis topográfico y generación de productos derivados.
- La revisión visual de los modelos permitió confirmar una representación adecuada de las variaciones del terreno dentro del área levantada.

Precisión y errores

- Los errores medios cuadráticos (**RMSE**) en la localización GPS de las cámaras fueron de aproximadamente **0,020 m** en la primera campaña y **0,041 m** en la segunda.
- La calibración de cámara mostró una variación de **0,00 % respecto a los parámetros intrínsecos de referencia** en ambas campañas, lo cual evidencia estabilidad del sensor durante la captura.
- Las imágenes presentaron calidad alta, con velocidades medias de obturación de **1/120 s** en la primera campaña y **1/500 s** en la segunda, reduciendo el riesgo de desenfoque y favoreciendo la nitidez del producto final.

Síntesis del control de calidad

En términos generales, los productos generados presentan condiciones adecuadas de calidad para su utilización como insumo técnico en el proyecto. Los indicadores de alineación, resolución espacial, densidad de nube de puntos, calibración del sensor y precisión de posicionamiento permiten concluir que la información obtenida es consistente y confiable para el análisis topográfico y el desarrollo del diseño geométrico de la vía en placa huella.





5.10. Exportación de Productos Finales:

Con el fin de garantizar la utilización práctica de los resultados obtenidos en los vuelos fotogramétricos y su integración dentro de los procesos de análisis topográfico y diseño geométrico, los productos finales fueron generados y dispuestos en formatos digitales georreferenciados compatibles con plataformas de fotogrametría, sistemas de información geográfica y software de ingeniería.

Los principales productos finales obtenidos fueron los siguientes:

Ortomosaico

- **Tipo de producto:** ortomosaico georreferenciado.
- **Resolución espacial:** en la primera campaña se obtuvo una resolución de **0,0094 m/píxel**, mientras que en la segunda campaña se alcanzó una resolución de **0,0112 m/píxel**.
- **Aplicaciones:** base cartográfica para identificación de la traza vial, análisis superficial del terreno y reconocimiento de elementos presentes en el corredor levantado.

Nube de puntos

- **Tipo de producto:** nube de puntos tridimensional generada a partir del proceso de densificación fotogramétrica.
- **Características:**
  - Primera campaña: aproximadamente **5,3 millones de puntos**, con densidad de **1.418,7 puntos/m²**.
  - Segunda campaña: aproximadamente **4,6 millones de puntos**, con densidad de **143,6 puntos/m²**.
- **Aplicaciones:** generación de superficies tridimensionales, apoyo para interpretación del relieve y base para productos topográficos derivados.

Modelos Digitales de Elevación (DEM)

- **Tipo de producto:** modelo digital de elevación generado a partir de malla derivada de la nube de puntos.
- **Resolución:**
  - Primera campaña: **0,0099 m/píxel**.
  - Segunda campaña: **0,0455 m/píxel**.
- **Referencia altimétrica:** ambos productos fueron generados en **altitud absoluta**.
- **Aplicaciones:** análisis topográfico, interpretación de pendientes y soporte para la generación de productos derivados del terreno.

Productos derivados

A partir de los ortomosaicos, nubes de puntos y modelos digitales de elevación se cuenta con insumos base para la elaboración de:

- curvas de nivel,





- perfiles longitudinales,
- secciones transversales,
- superficies de apoyo para modelación y diseño geométrico.

Estos productos sirven como soporte para la representación planialtimétrica del corredor vial y para el desarrollo de los diseños asociados a la solución tipo placa huella.

Consideraciones de calidad y uso

Los productos generados presentan condiciones adecuadas de resolución, alineación y consistencia para su utilización dentro del proyecto. En la primera campaña se reportó una alineación de imágenes del **91 %** y en la segunda del **96 %**, con calibración de cámara sin variación respecto a los parámetros intrínsecos de referencia (**0,00 %**) y errores RMSE de aproximadamente **0,020 m** y **0,041 m**, respectivamente.

En consecuencia, los productos finales constituyen una base técnica suficiente para el análisis topográfico del área levantada y para la estructuración de los diseños geométricos requeridos en el proyecto.

3DMODEL_PH_BVT_PH1	24/03/2026 12:59 a. m.	Carpeta de archivos	
DTM_PH_BVT_PH1	24/03/2026 1:00 a. m.	Carpeta de archivos	
E_TOOLBOX_PH_BVT_PH1	24/03/2026 1:01 a. m.	Carpeta de archivos	
NAT_MOD3D_PH1_BCO	27/03/2026 12:43 a. m.	Carpeta de archivos	
NDVI_PH_BVT_PH1	24/03/2026 1:02 a. m.	Carpeta de archivos	
NP_PH_BVT_PH1	24/03/2026 1:26 p. m.	Carpeta de archivos	
OFT_PH_BVT_PH1	24/03/2026 1:03 a. m.	Carpeta de archivos	
PL_PH1_BCO	25/03/2026 10:01 a. m.	Carpeta de archivos	
RF_PH2	18/03/2026 4:27 p. m.	Carpeta de archivos	
points	18/03/2026 9:20 p. m.	Estado de capa de...	117,152 KB
report TRAMO 1	24/03/2026 12:58 a. m.	Documento Adob...	1,740 KB

DTM_PH2_BCO	5/03/2026 3:00 p. m.	Carpeta de archivos	
Elevacion_PH2_BCO	5/03/2026 2:59 p. m.	Carpeta de archivos	
MOD_NAT_PH2_BCO	26/03/2026 10:52 p. m.	Carpeta de archivos	
MOD3D_PH2_BCO	5/03/2026 2:59 p. m.	Carpeta de archivos	
NP_PH2_BCO	24/03/2026 1:23 p. m.	Carpeta de archivos	
OrtoFoto_PH2_BCO	5/03/2026 2:59 p. m.	Carpeta de archivos	
RF_PH2	1/03/2026 11:14 p. m.	Carpeta de archivos	
Sanidad Vegetal_PH2_BCO	5/03/2026 3:00 p. m.	Carpeta de archivos	
report TRAMO 2	24/02/2026 6:03 p. m.	Documento Adob...	1,421 KB

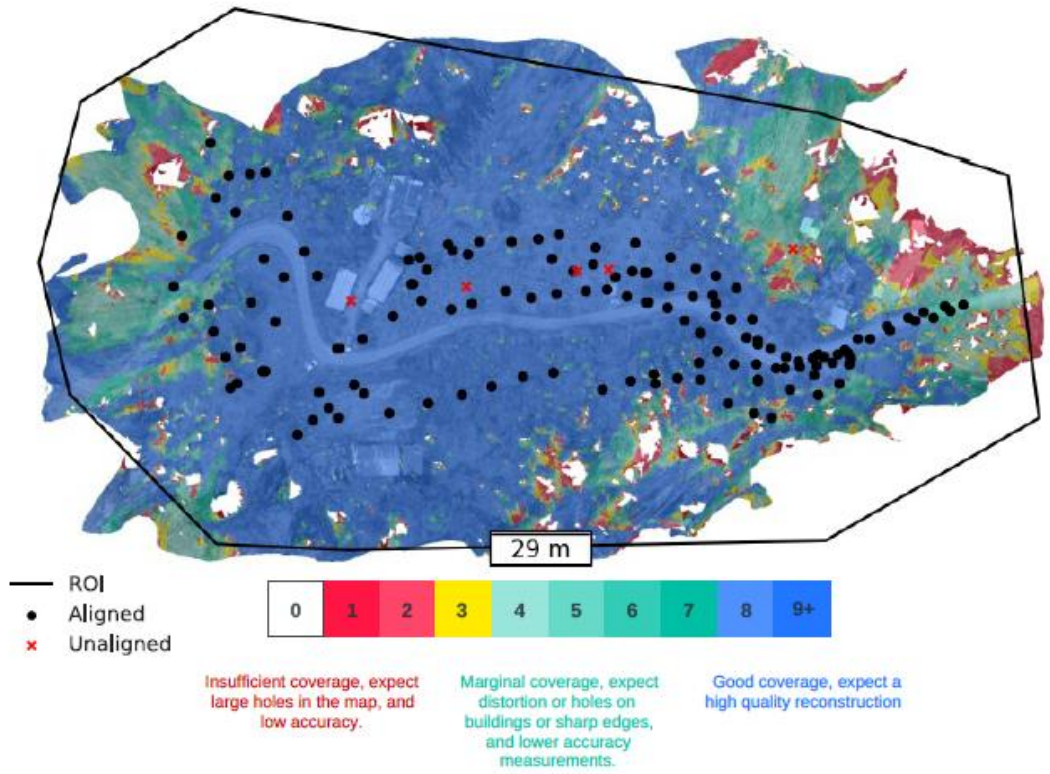


"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com **3204444700**



Orthomosaic Coverage ⓘ



Sensor(s) Used	DJI - FC3411
Image Count (by sensor)	142
Image Resolution	5472x3648 (~20MP)
Orthomosaic coverage (% of area of interest)	79.74
Average Orthomosaic Image Density within Structured Area	18 images/pixel
Median Shutter Speed	1/500

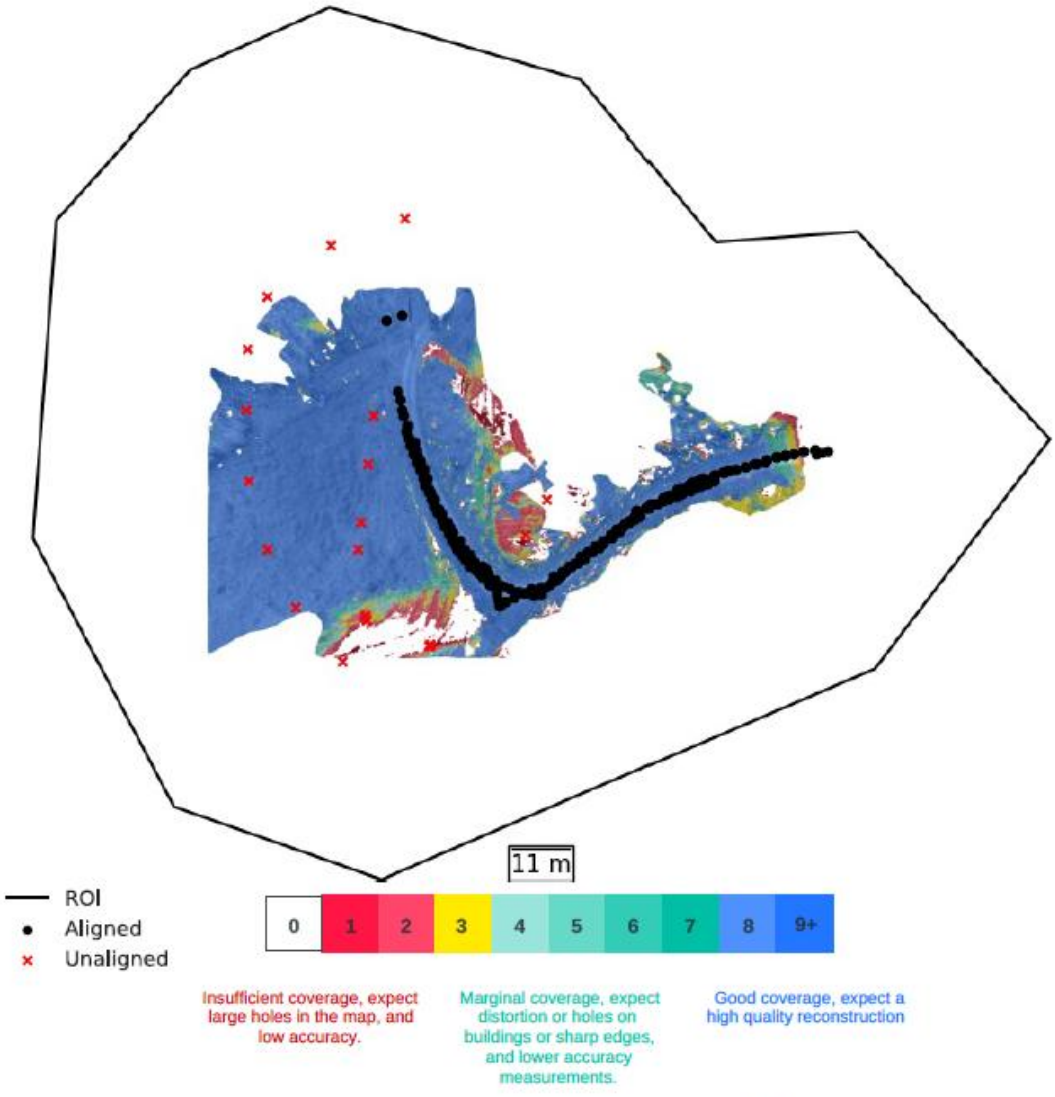
Structure from Motion ⓘ

Aligned Cameras	96% 137/142
RMSE of Camera GPS Location	**X** 1.11ft **Y** 1.31ft **Z** 1.60ft **RMSE** 1.36ft
MAD of Camera GPS Location	**X** 0.75ft **Y** 1.02ft **Z** 1.02ft **MAD** 0.93ft





Orthomosaic Coverage ⓘ



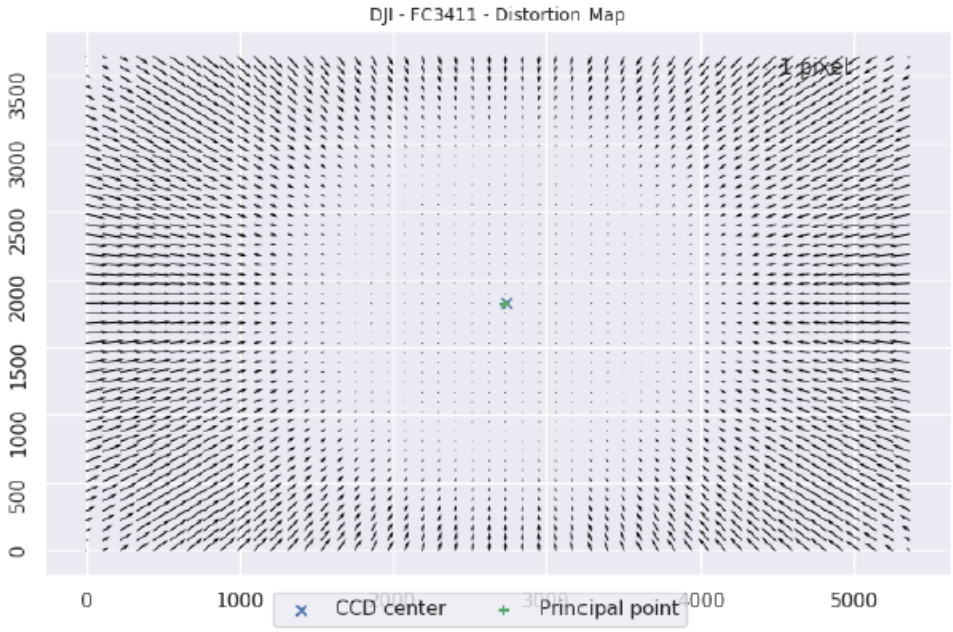
Sensor(s) Used		DJI - FC3411
Image Count (by sensor)		223
Image Resolution		5472x3648 (~20MP)
Orthomosaic coverage (% of area of interest)		17.43
Average Orthomosaic Image Density within Structured Area		24 images/pixel
Median Shutter Speed		1/120





Camera Calibration ⓘ

Camera Optimization	0.00% variation from reference intrinsics



Densification and Meshing ⓘ

Nadir Images	0% Nadir images are needed to make a good orthomosaic
Oblique images	8%
Horizontal images	92% Horizontal images can cause problem with reconstruction if they view the sky.
Total Points	4.6 million
Point Cloud Density	13.34 points/ft^2



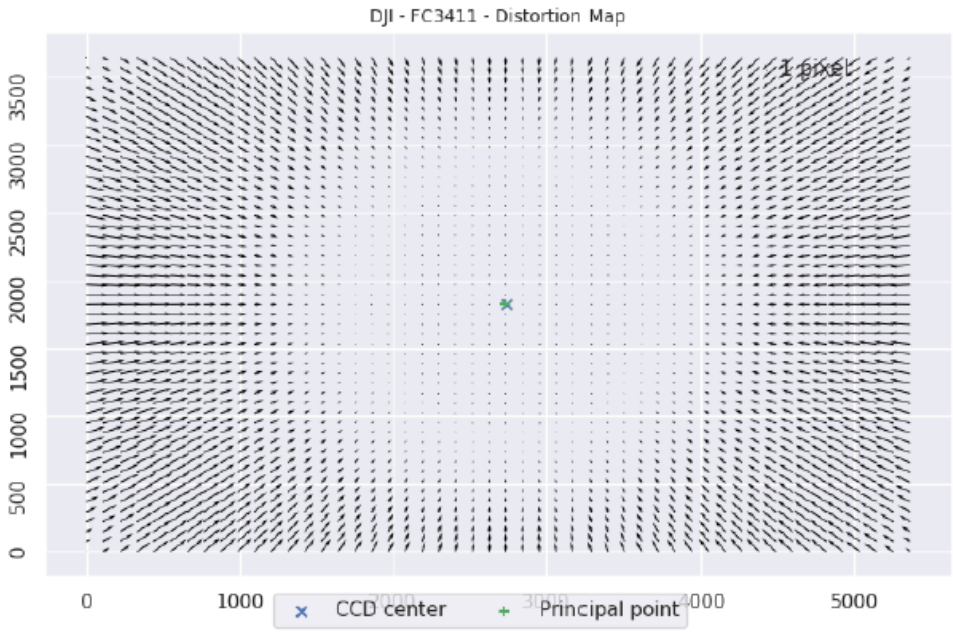


Structure from Motion ⓘ

Aligned Cameras		91% 203/223
RMSE of Camera GPS Location		**X** 0.86ft **Y** 0.66ft **Z** 0.29ft **RMSE** 0.65ft
MAD of Camera GPS Location		**X** 0.59ft **Y** 0.35ft **Z** 0.13ft **MAD** 0.36ft

Camera Calibration ⓘ

Camera Optimization		0.00% variation from reference intrinsics



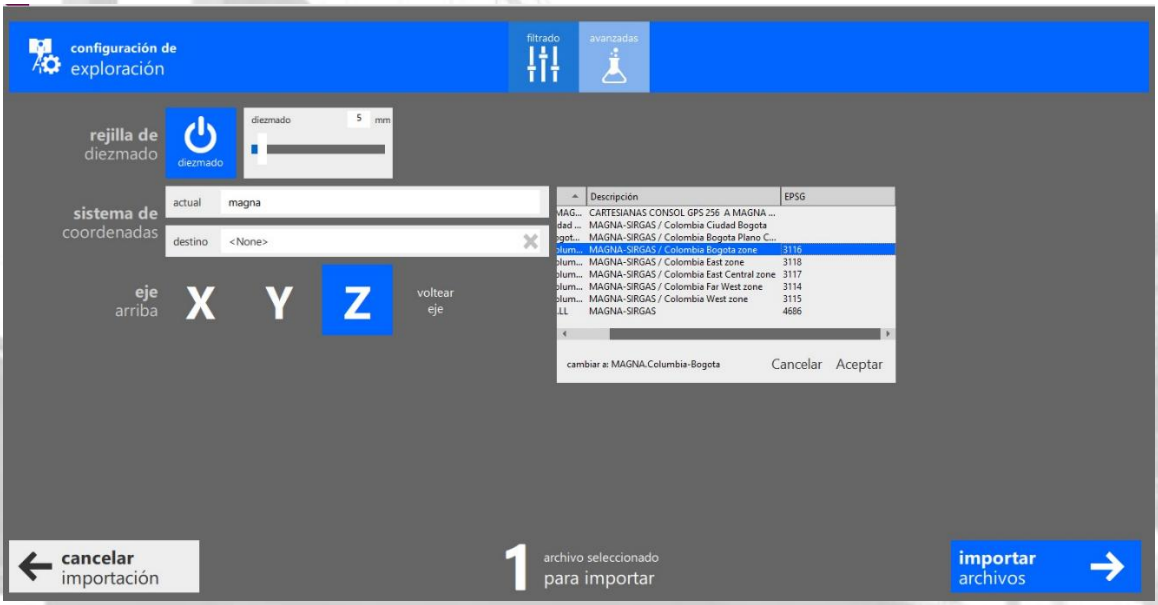
Densification and Meshing ⓘ

Nadir Images		1% Nadir images are needed to make a good orthomosaic
Oblique images		4%
Horizontal images		95% Horizontal images can cause problem with reconstruction if they view the sky.
Total Points		5.3 million
Point Cloud Density		131.80 points/ft^2





6. *Procesamiento de Nube de Puntos Con ReCap PRO*



7. *EQUIPOS*

Para la ejecución del levantamiento topográfico, se emplearon equipos y herramientas de última tecnología, seleccionados de acuerdo con los requerimientos técnicos establecidos en la Guía GU-DP-02 de Elaboración de Estudios Topográficos y las necesidades específicas del proyecto. Los equipos garantizaron la captura precisa de datos geoespaciales, así como su posterior procesamiento y validación.

- **Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV):**
  - **Marca:** DJI
  - **Modelo:** Mavic Air 2S
  - **Sensor:** DJI FC3411
  - **Resolución de Imagen:** 20 Megapíxeles
  - **Resolución Capturada:** 2736 x 1539 píxeles (~4 MP)
  - **Sistema GNSS Integrado:** GPS/GLONASS
  - **Capacidad de Vuelo:** Hasta 30 minutos por batería





- **Velocidad de Obturación:** 1/640 promedio

Este equipo permitió la captura de imágenes aéreas con alta resolución espacial y precisión posicional, adecuadas para generar productos fotogramétricos como ortofotomosaicos y modelos digitales de elevación.



- **Receptor GNSS de Doble Frecuencia:**
  - **Uso:** Georreferenciación de puntos de control terrestre (GCP)
  - **Precisión:** Centimétrica (±1 cm horizontal, ±2 cm vertical)
  - **Aplicación:** Asegurar la exactitud de los productos generados mediante correcciones diferenciales de posición.

Este equipo es fundamental para ajustar y validar la ortorrectificación de las imágenes capturadas por el dron.

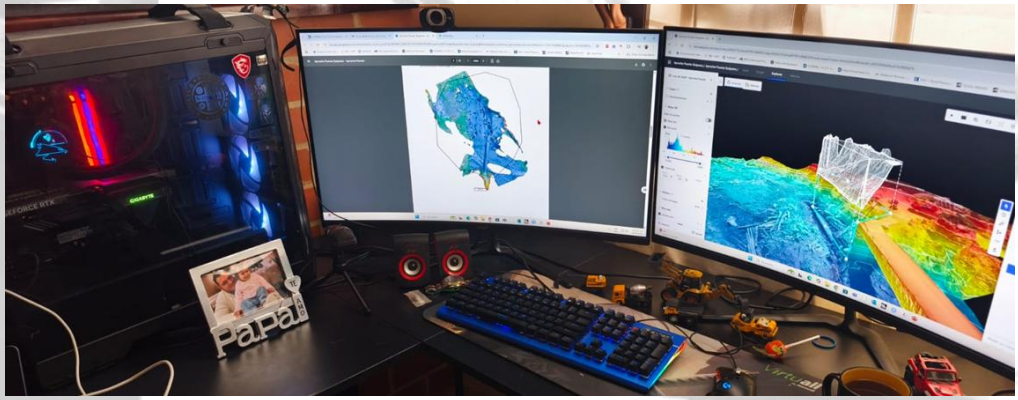
- **Software de Procesamiento Fotogramétrico:**
  - **Plataforma:** DroneDeploy
  - **Motor de Fotogrametría:** Proprietary Standard Mode
  - **Aplicaciones:** Alineación de imágenes (SfM), generación de nubes de puntos densas, modelos digitales de elevación (DEM), ortofotomosaicos, cálculo de errores (RMSE) y optimización de parámetros de cámara.

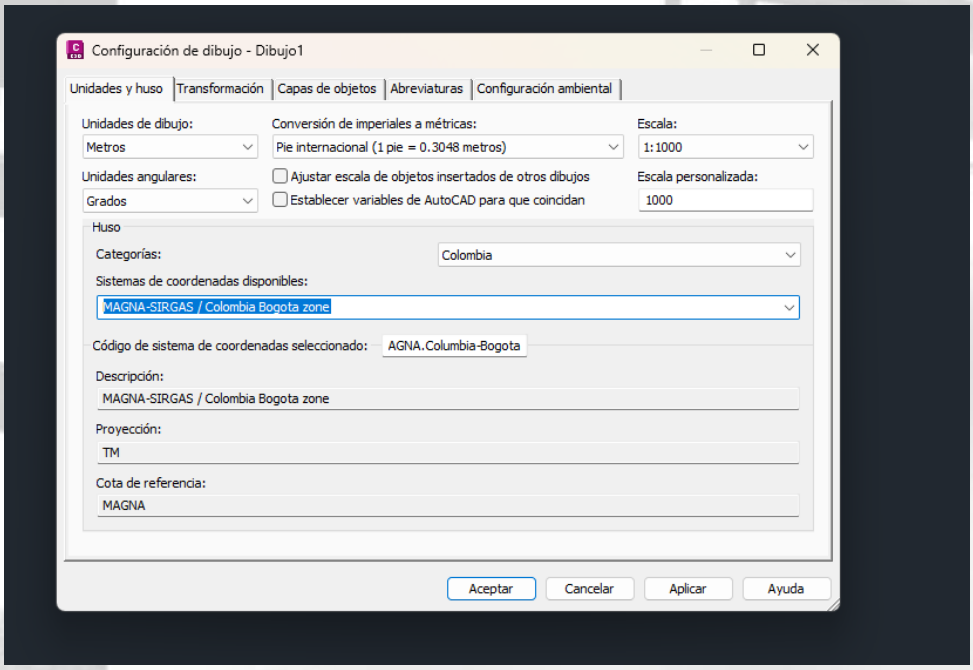
Este software garantiza un procesamiento eficiente y automatizado, generando productos de alta calidad y precisión conforme a los requisitos técnicos del proyecto.





- **Equipo de Cómputo:**
  - **Especificaciones:** Procesador Intel Core i7, 32 GB RAM, tarjeta gráfica NVIDIA RTX, almacenamiento SSD 1TB
  - **Uso:** Procesamiento de datos, análisis de resultados y edición de productos cartográficos.
    Este equipo permitió el manejo fluido de grandes volúmenes de datos generados durante la fase de procesamiento fotogramétrico.







"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."



8. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Los vuelos fotogramétricos ejecutados en las dos campañas de levantamiento permitieron la obtención de insumos de alto valor técnico para el desarrollo del diseño geométrico de la vía en placa huella en el municipio de Briceño, Boyacá. A continuación, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis de los resultados:

- **Calidad de la captura fotogramétrica:**
  Las imágenes capturadas con el sensor **DJI FC3411** presentaron alta calidad y textura adecuada, lo cual permitió un procesamiento confiable en la plataforma DroneDeploy. El porcentaje de alineación alcanzó valores de **91 % en la primera campaña** y **96 % en la segunda**, evidenciando una mejora en la configuración y ejecución del segundo levantamiento.
- **Resolución espacial alcanzada:**
  Los ortomosaicos generados presentan resoluciones de **0,0094 m/píxel** y **0,0112 m/píxel**, lo cual garantiza un nivel de detalle adecuado para análisis topográficos y geométricos. En cuanto a los Modelos Digitales de Elevación (DEM), se obtuvieron resoluciones de **0,0099 m/píxel** en la primera campaña y **0,0455 m/píxel** en la segunda, evidenciando diferencias en el nivel de detalle entre ambos levantamientos.
- **Cobertura del área de interés:**
  La cobertura del ortomosaico en la primera campaña fue de aproximadamente **17,43 %**, mientras que en la segunda campaña alcanzó un **79,74 %**, lo cual representa una mejora significativa en la representación del área de estudio y en la utilidad del producto para fines de diseño.
- **Precisión de posicionamiento:**
  Los errores medios cuadráticos (**RMSE**) en la localización de cámaras fueron de aproximadamente **0,20 m** en la primera campaña y **0,41 m** en la segunda, valores que se encuentran dentro de rangos aceptables para levantamientos fotogramétricos sin apoyo de puntos de control terrestre (GCP).
- **Generación de nubes de puntos:**
  En la primera campaña se generó una nube de aproximadamente **5,3 millones de puntos**, con una densidad de **1.418,7 puntos/m²**, mientras que en la segunda campaña se obtuvo una nube de aproximadamente **4,6 millones de puntos**, con una densidad de **143,6 puntos/m²**. Esto indica que la primera campaña presenta mayor densidad y detalle en la representación del terreno, aunque la segunda ofrece una mejor cobertura espacial.
- **Ortomosaicos y continuidad visual:**
  Los ortomosaicos generados presentan una adecuada continuidad visual y condiciones





favorables para la interpretación del terreno, sustentadas en la calidad de las imágenes capturadas y en el procesamiento fotogramétrico realizado.

- **Aplicación en diseño geométrico:**
  Los productos obtenidos (ortomosaico, DEM y nube de puntos) constituyen una base cartográfica confiable para el desarrollo del diseño geométrico, permitiendo la definición de ejes, análisis de pendientes, generación de perfiles y apoyo en la modelación del terreno.

ING. OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO

MP. 25202-385834 CND

ESPECIALISTA EN INFRAESTRUCTURA VIAL

ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS

MASTER BIM DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VIAS, CARRETERAS Y AUTOPISTAS







REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

UNIVERSIDAD
COOPERATIVA DE COLOMBIA

Personería Jurídica, Resolución 24195 del 20 de Diciembre de 1985 del Ministerio de Educación Nacional
Resolución No. 503 del 7 de Mayo de 1974 de la Superintendencia Nacional de Cooperativas
Resolución No. 1830 del 31 de Julio de 2002, emanada del Ministerio de Educación Nacional

En atención a que

OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO

con cédula de ciudadanía No. 1.120.373.527 de Granada

Cumplió satisfactoriamente los requisitos académicos exigidos
por la Universidad, le confiere el título de

INGENIERO CIVIL

En testimonio de ello le expide el presente diploma y se firma en
Villavicencio el día 23 de Marzo de 2018

VALIDO
PARA HOJA DE VIDA

Director(a) Sede

Rector(a)

Gloria Patricia Ruiz J
Secretario(a) General

Libro de Registros No. 0021020181 Folio No. 012 Registro No. 0115 Refrendado en Villavicencio el día 22 de Marzo de 2018

Registros y Diplomas: Sirley Yasmin Cortés Rocha

027488



Uptc
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Creada mediante Decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

Teniendo en cuenta que:

Omar Jhon Byron Ortiz Mariño

C. C. Nº 1.120.373.527 de Granada

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Especialista
en Infraestructura Vial

En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA

en Tunja, a los 11 días del mes de diciembre de 2019

VALIDO
PARA HOJA DE VIDA

Admisiones y Control
de Registro Académico
Diploma No. 12090
Libro de Registro No. 34
Folio No. 443
Fecha 11-12-201

Rector

Secretario General

Decano

Coordinador



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com **3204444700**



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

Uptc
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Creada mediante decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

Teniendo en cuenta que:

Omar Jhon Byron Ortiz Mariño

C. C. Nº 1.120.373.527 de Granada

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Especialista en Estructuras

En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA

en Tunja, a los 17 días del mes de febrero de 2022

VALIDO
PARA HOJA DE VIDA

Admisiones y Control
de Registro Académico
Diploma No. 136009
Libro de Registro No. 61
Folio No. 98
Fecha 17-02-2022

Rector

Secretario General

Decano

Jefe Departamento

eadic | Engineering, Training & Development Solutions

El Director,
en nombre de Escuela Abierta de Desarrollo en Ingeniería y Construcción EADIC, expide el presente diploma de:

Máster BIM en Diseño y Construcción de Vías, Carreteras y Autopistas (Título propio)

con 60 créditos ECTS impartido por EADIC junto con la

UCAM Universidad Católica de Murcia

a favor de

Omar Jhon Ortiz Mariño

con Número de identidad **1120373527**,

por haber acreditado convenientemente los requisitos exigidos por la normativa correspondiente a los estudios propios de esta Escuela.

Madrid, a 30 de noviembre 2024

el Director General

Ricardo Carramiñana Alonso

Bentley Training Partner AUTODESK

eadic

LINA LIZBETH SANTAMARÍA GUTIÉRREZ, Responsable del Departamento de Formación de la Escuela Abierta en Desarrollo de Ingeniería y Construcción SL (EADIC SL).

CERTIFICA

Que D./Dña. Omar Jhon Byron Ortiz Mariño , con nº documento identidad 1120373527, ha finalizado exitosamente el **Máster BIM en Diseño y Construcción de Vías, Carreteras y Autopistas (Título propio)** en su modalidad de estudio teleformación (En linea) desde el 31-07-2023 hasta el 30-08-2024, impartido por EADIC. Las notas finales de cada módulo del máster realizado son las siguientes:

Nombre de la asignatura o módulo	Notas obtenidas			Créditos ECTS*
Diseño preliminar de carreteras con InfraWorks	Total Módulo 1	Estado M 1	Baremo 1	6
	8.5	Superado	Notable	
Planificación y diseño de carreteras	Total Módulo 2	Estado M 2	Baremo 2	6
	9.0	Superado	Sobresaliente	
Túneles, puentes y viaductos	Total Módulo 3	Estado M 3	Baremo 3	6
	9.1	Superado	Sobresaliente	
Pavimentos flexibles, rígidos y reciclado de firmes	Total Módulo 4	Estado M 4	Baremo 4	6
	7.2	Superado	Notable	
Captura masiva de datos del terreno con RPAS	Total Módulo 5	Estado M 5	Baremo 5	6
	7.8	Superado	Notable	
BIM aplicado a Obra civil con Autodesk Civil 3D	Total Módulo 6	Estado M 6	Baremo 6	6
	7.7	Superado	Notable	
Diseño preliminar de carreteras con OpenRoads ConceptStation	Total Módulo 7	Estado M 7	Baremo 7	6
	8.6	Superado	Notable	
BIM aplicado a obra civil con Bentley OpenRoads	Total Módulo 8	Estado M 8	Baremo 8	6
	8.3	Superado	Notable	
Trabajo Final de Máster	Total Módulo 9	Estado M 9	Baremo 9	12
	9.5	Superado	Sobresaliente	

*Cada crédito corresponde a un total de 25 horas

Lina Santamaria
Departamento de Formación
Oficina: +34 913 930 319

eadic



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."











"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com **3204444700**



COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4384378

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1120373527, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-385894 desde el 12 de Abril de 2018, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 476.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintisiete (27) días del mes de Marzo del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Micrositе/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.



