

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



**Levantamiento fotogramétrico comparando diferentes
alturas de vuelo y cantidad de puntos de control
usando drones y receptores GPS – 2023**

TESIS

Para optar título profesional de Ingeniero Agrícola

AUTOR:

Bach. Cabezas Ventura Marcos Brayan

Asesor:

Dr. José Modesto Carrillo Sarango

TUMBES – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



**Levantamiento fotogramétrico comparando diferentes
alturas de vuelo y cantidad de puntos de control
usando drones y receptores GPS – 2023**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Eber Ginés Tafur

(Presidente)

Código ORCID: 0000-0003-0366-4438

Mg. Cesar Yoel Feijoo Carrillo

(Secretario)

Código ORCID: 0009-0007-6197-123x

Dr. José Modesto Carrillo Sarango

(Asesor – Vocal)

Código ORCID: 0000-0003-0841-3064

Mg. Deciderio Atoche Ortiz

(accesitario)

Código ORCID: 0000-0002-3300-330

TUMBES – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



**Levantamiento fotogramétrico comparando diferentes
alturas de vuelo y cantidad de puntos de control
usando drones y receptores GPS – 2023**

Los suscritos declaramos que el proyecto de tesis es original en forma y estilo.

Autor.

Bach. Cabezas Ventura Marcos Brayan

Asesor.

Dr. José Modesto Carrillo Sarango

TUMBES – PERÚ

2025

CERTIFICACIÓN

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Asesor)

Docente principal de la Universidad Nacional de Tumbes, adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento Académico de Ingeniería Agrícola.

CERTIFICA:

La presente Tesis: **“Levantamiento fotogramétrico comparando diferentes alturas de vuelo y cantidad de puntos de control usando drones y receptores GPS – 2023”**, elaborado por el bachiller en Ingeniería Agrícola, Cabezas Ventura Marcos Brayan, ha sido asesorado y revisado por mi persona.



Dr. José Modesto Carrillo Sarango

Asesor de Tesis



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA



ANEXO VIII

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS
MODO PRESENCIAL**

En Tumbes, a los Ocho días, del mes de Setiembre, del año 2025; siendo las Doce horas con veinte minutos, en el Campus Universitario, de la Facultad de Ciencias Agrarias, en el ambiente del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, de forma presencial, se reunieron el Jurado calificador, designado con Resolución N°186-2024/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, de fecha 02 de octubre del año 2024, conformada por Dr. Eber Gibes Tafur (Presidente), Mg. Cesar Yoel Feijoo Carrillo (Secretario), Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Vocal) y Ing. Deciderio Atoche Ortiz (Accesitario), reconociendo en la misma resolución al Dr. José Modesto Carrillo Sarango como Asesor, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación del Informe Final de la Tesis "Levantamiento fotogramétrico comparando diferentes alturas de vuelo y cantidad de puntos de control usando drones y receptores GPS - 2023", para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, presentado por la Bach. MARCOS BRAYAN CABEZAS VENTURA, Declarado Aprobado por Anunimidad, con el calificativo Muy BUENO.

Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda NOTO para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Agrícola, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N°30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.


Siendo las 11:55 horas, con 10 minutos, del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 08 de Setiembre del año 2025.

DR. EBER GIBES TAFUR DNI N° <u>17542075</u> CODIGO ORCID <u>0000-0002-0266-4468</u> Presidente	MG. CESAR YOEL FEIJOO CARRILLO DNI N° <u>42766283</u> CODIGO ORCID <u>0009-0007-6197-123X</u> Secretario
DR. JOSÉ MODESTO CARRILLO SARANGO DNI N° <u>06773850</u> CODIGO ORCID <u>0000-0003-0201-3064</u> Vocal	ING. DECIDERIO ATOCHE ORTIZ DNI N° <u>00251292</u> CODIGO ORCID <u>0000-0002-3300-330X</u> Accesitario

Marcos Brayán Cabezas Ventura

Informe_Originalidad_Cabezas_Marcos

 Levantamiento fotogramétrico comparando diferentes alturas de vuelo y cantidad de puntos de control usando drones y receptores GPS...

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117531416273

Fecha de entrega

21 nov 2025, 14:34 GMT-5

Fecha de descarga

21 nov 2025, 14:41 GMT-5

Nombre del archivo

Informe_Originalidad_Cabezas_Marcos.docx

Tamaño del archivo

25.1 MB

69 páginas

5414 palabras

29.568 caracteres



Dr. José Modesto Carrillo Sarango
Docente - Asesor
Código ORCID: 0000-0003-0841-3064




17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)




Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 15%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)



Dr. José Modesto Carrillo Sarango
Docente - Asesor
Código ORCID: 0000-0003-0841-3064

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 15%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2023-12-29	7%
2	Internet	repositorio.continental.edu.pe	3%
3	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2022-07-21	2%
4	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	<1%
5	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
6	Internet	repositorio.unp.edu.pe	<1%
7	Internet	repository.ucc.edu.co	<1%
8	Trabajos del estudiante	Universidad de Oviedo on 2022-10-27	<1%
9	Trabajos del estudiante	uncedu on 2025-08-26	<1%
10	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2022-02-14	<1%
11	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-07-24	<1%


 <1%
 Dr. José Modesto Carrillo Sarango
 Docente - Asesor
 Código ORCID: 0000-0003-0841-3064
 <1%

12 Internet
repositorio.ulima.edu.pe

<1%


Dr. José Modesto Carrillo Sarango
Docente - Asesor
Código ORCID: 0000-0003-0841-3064

DEDICATORIA

A Dios,

Por ser mi guía, mi fuerza y mi refugio en cada etapa de este camino.

Gracias por darme la sabiduría cuando la necesité, el consuelo en los momentos de incertidumbre y la esperanza cuando las fuerzas parecían agotarse.

A mis padres,

Por su amor incondicional, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la honestidad y la perseverancia. Gracias por creer en mí incluso en los momentos en que yo mismo dudaba. Este logro es fruto de todo lo que me han dado.

A mi pareja,

Por estar a mi lado en cada etapa de este camino, por tu apoyo constante, tus palabras de aliento y tu paciencia infinita. Gracias por celebrar mis logros como tuyos y por ser mi refugio en los días difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fuerza, la salud y la claridad necesarias para seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida. Gracias por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme, con su ejemplo, que el esfuerzo y la perseverancia siempre dan frutos. Este logro es tan suyo como mío.

A mi pareja, por acompañarme con paciencia, comprensión y aliento durante todo este proceso. Tu presencia ha sido un gran sostén emocional y una fuente constante de motivación.

A todos quienes, de una u otra manera, formaron parte de este camino, mi más profundo agradecimiento.

INDICE GENERAL

I.INTRODUCCION	12
II.REVISION DE LA LITERATURA	13
Antecedentes de la investigación	13
III.MATERIALES Y METODOS.....	17
Materiales	17
Equipos.....	17
Programas	17
METODOS.....	18
Ubicación.....	18
Ubicación Geopolítica.....	18
Ubicación Geodésica.....	18
Calibración de sensores.....	20
Preparación de las baterías.....	20
Planificación de la misión de vuelo	20
Punto de despegue	21
Planificación de la misión de vuelo en la aplicación	22
Vuelos.....	22
Ubicación y colocación de puntos de apoyo y de control	23
Medición de los puntos de apoyo y Control	24
Almacenamiento de la información y procesamiento de la información.....	24
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
Caso 1	29
Caso 2	38
Caso 3	46
DISCUSION.....	56
V.CONCLUSIONES.....	57
VI.RECOMENDACIONES.....	57
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
VIII.ANEXOS	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de puntos de Apoyo y de control	21
Tabla 2 Cámaras.	30
Tabla 3 .coeficientes de calibración y matriz de correlación	31
Tabla 4. ECM de puntos de apoyo.....	32
Tabla 5. Puntos de apoyo	32
Tabla 6 Cámaras.	39
Tabla 7. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.	40
Tabla 8. ECM de puntos de apoyo.....	41
Tabla 9. Puntos de apoyo	41
Tabla 10. Cámaras.	47
Tabla 11. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.	48
Tabla 12. ECM de puntos de apoyo.....	49
Tabla 13. ECM de puntos de control de calidad.	49
Tabla 14. Puntos de apoyo.	50
Tabla 15. Puntos de control de calidad.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. GPS GEODESICOS DE DOBLE FRECUENCIA MARCA LEICA SYSTEM.....	15
Figura 2 SKI-Pro	16
Figura 3 Receptor Geodesico SR530.....	17
Figura 4 área de estudio.....	20
Figura 5 Puntos de apoyo y Control	24
Figura 6 Almacenamiento y clasificación de la información	25
Figura 7 Adición de Fotografías.....	26
Figura 8 Sistema de Coordenadas	26
Figura 9 Procesamiento Inicial	27
Figura 10 Creación de nube de puntos	27
Figura 11 Creación de textura	28
Figura 12 Creación de ortomosaico.....	28
Figura 13. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.....	30
Figura 14 Gráfico de residuales para Test_Pro (10.26 mm).....	31
Figura 15. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.....	32
Figura 16. Modelo digital de elevaciones	33
Figura 17. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.....	39
Figura 18. Gráfico de residuales para Test_Pro (10.26mm).....	40
Figura 19 . Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.....	41
Figura 20. Modelo digital de elevaciones.	42
Figura 21. Posiciones de Cámaras y solapamiento de imágenes.	47
Figura 22. Gráfico de residuales para Test_Pro (10.26mm).....	48
Figura 23. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.....	49
Figura 24. Modelo digital de elevaciones.	51

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 MODELO 3D.....	59
ANEXO 2 MATRIZ DE CONSISTENCIA	60
ANEXO 3 Calibración de Sensores.....	61
ANEXO 4 Carga de Baterías y Control Remoto.....	61
ANEXO 5 Método de Planificación.....	61
ANEXO 6 Punto de Despegue	62
ANEXO 7 Prueba de vuelo.....	62
ANEXO 8 Colocación del Yeso	62
ANEXO 9 Armado del equipo.....	62
ANEXO 10 Medición de Puntos	63
ANEXO 11 Ficha técnica DRONE MAVIC 2 PRO.....	64
ANEXO 12 Costos	67

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar cómo influyen la altura de vuelo y la cantidad de puntos de control en la precisión de los levantamientos fotogramétricos realizados con drones y receptores GPS. El estudio se llevó a cabo en el sector San Isidro, distrito de Corrales, región Tumbes, utilizando un dron DJI MAVIC 2 PRO y receptores GPS geodésicos marca Leica System. Se realizaron vuelos a diferentes alturas (80 m, 100 m y 120 m) y se utilizaron distintas cantidades de puntos de control distribuidos estratégicamente.

El enfoque metodológico consistió en la captura de imágenes aéreas, el procesamiento con software especializado (Agisoft Metashape y AutoCAD Civil 3D) y el análisis de la precisión de los modelos generados. Los resultados demostraron que existe una relación inversa entre la altitud de vuelo y la precisión del modelo: a mayor altura, menor resolución y precisión. Asimismo, se evidenció que el aumento en la cantidad de puntos de control mejora significativamente la exactitud del modelo fotogramétrico.

Esta investigación resalta la importancia de optimizar los parámetros de vuelo y la distribución de puntos de control para garantizar levantamientos topográficos eficientes, precisos y aplicables a la ingeniería agrícola. Se concluye que el uso de drones, acompañado de una adecuada planificación técnica, constituye una alternativa viable y rentable frente a los métodos tradicionales.

Palabras Clave: Levantamiento Topográfico, Dron, Receptor Geodésico, Vuelo, Fotogramétrico.

ABSTRACT

This research aims to analyze how flight altitude and the number of ground control points influence the accuracy of photogrammetric surveys conducted with drones and GPS receivers. The study was carried out in the San Isidro sector, Corrales district, Tumbes region, using a DJI MAVIC 2 PRO drone and Leica System geodetic GPS receivers. Flights were conducted at different altitudes (80 m, 100 m, and 120 m), with varying quantities of strategically distributed control points.

The methodological approach involved capturing aerial images, processing them using specialized software (Agisoft Metashape and AutoCAD Civil 3D), and analyzing the accuracy of the generated models. The results demonstrated an inverse relationship between flight altitude and model accuracy: higher altitudes yield lower resolution and accuracy. Additionally, increasing the number of control points significantly improved the photogrammetric model's precision.

This study highlights the importance of optimizing flight parameters and control point distribution to ensure efficient and precise topographic surveys applicable to agricultural engineering. It concludes that the use of drones, combined with proper technical planning, is a viable and cost-effective alternative to traditional methods.

Keywords: Topographic Survey, Drone, Geodetic Receiver, Flight, Photogrammetric.

I. INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico en el ámbito de las Ciencias Agrícolas ha generado importantes progresos, especialmente en los campos de la topografía y la geodesia., ha permitido la implementación de metodologías avanzadas, tales como la fotogrametría digital, los sistemas de posicionamiento global GNSS. Además, el uso de dichas tecnologías permite una optimización de los procesos en proyectos de ingeniería agrícola, al disminuir el tiempo requerido para la captura de información, reducir los costos operativos y mejorar la calidad, precisión y fiabilidad de los resultados obtenidos, tales como modelos digitales de elevación, ortofotos y mapas temáticos, los cuales son fundamentales para la planificación y gestión eficiente de recursos agrícolas.

El uso de tecnologías emergentes, como los vehículos aéreos no tripulados de largo alcance, comúnmente conocidos como drones, ha tenido un impacto significativo en diversas disciplinas. Estos dispositivos permiten realizar levantamientos fotogramétricos a través de imágenes tomadas desde distintos ángulos. Al identificar puntos comunes entre las fotografías, se generan nubes de puntos con información tridimensional que sirven para elaborar modelos digitales del terreno, ortomosaicos, cálculos de distancias, curvas de nivel, modelos digitales de superficie, así como estimaciones de áreas y volúmenes.

Este trabajo adquiere relevancia porque se enfocará en la realización de estudios topográficos utilizando dichas tecnologías, evaluando variables como la altitud de vuelo de los drones y la precisión con respecto a los puntos de control establecidos.

II. REVISION DE LA LITERATURA

II.1 Antecedentes de la investigación

Ayala (2018), “Evaluación de Levantamientos Topográficos con Drone y Estación Total, Quebrada Señor de Quinuapata del Distrito de Ayacucho” Se concluye que ambos instrumentos de levantamiento topográfico presentan un desempeño equivalente en la generación de datos espaciales, con un nivel de confianza estadística del 95%. Este grado de precisión respalda la idoneidad del uso de drones como herramientas efectivas para la realización de tareas de levantamiento topográfico mediante técnicas de fotogrametría.

Coello & Ballesteros (2015), “Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica” Se concluye que, al realizar vuelos a altitudes de 125 m y 300 m, se obtienen valores de GSD (Ground Sample Distance) de 4 cm y 9,6 cm, respectivamente. Esta resolución espacial implica que la precisión en la determinación de elevaciones a partir de los puntos generados es, en promedio, equivalente a 1,6 veces el valor del GSD, conforme a los principios métricos de la fotogrametría digital.

Jauregui (2008), Se sostiene que la topografía es tanto una ciencia como un arte dedicada a medir ángulos y distancias en áreas de pequeña escala, donde se pueden omitir inicialmente los efectos de la curvatura terrestre, para corregirlos posteriormente cuando sea necesario. Esta disciplina permite determinar la ubicación, dirección, elevación, superficie o volumen de puntos coordinados, utilizando esquemas y representaciones gráficas según las necesidades del proyecto.

Jiménez (2007), Se establece que la topografía es una disciplina aplicada que, a través de principios, métodos y herramientas especializadas, permite describir las formaciones naturales y las estructuras construidas por el ser humano en la superficie terrestre, así como determinar su ubicación relativa o absoluta.

López (1993), Se destaca que, aunque la fotografía surgió tardíamente en la historia de la civilización, su impacto ha sido inmenso. La idea de reproducir imágenes de forma mecánica era un anhelo antiguo, particularmente entre los pintores, quienes, al estudiar este objetivo, lograron descubrir principios fundamentales como la perspectiva, la proyección cónica y la geometría proyectiva.

Santamaría & Sanz (2011), Se señala que la fotogrametría es una ciencia que permite obtener la planta y el alzado de un terreno a partir de fotografías,

lo que facilita la elaboración de un plano topográfico. Estas imágenes pueden capturarse tanto desde el suelo como desde el aire, y se clasifican principalmente en dos tipos: fotogrametría terrestre y aérea.

Sánchez (2017), “Determinar el Grado de Confiabilidad del Levantamiento Topográfico con Drone en la Plaza San Luis” Se señala que la fiabilidad de un levantamiento topográfico realizado con dron está determinada por parámetros como la precisión y la exactitud del mismo. Estos factores permiten evaluar la calidad métrica de los datos obtenidos y determinar si los resultados generados son técnicamente confiables para su uso en aplicaciones geoespaciales.

Tacca (2015), “Comparación de Resultados Obtenidos de un Levantamiento Topográfico Utilizando la Fotogrametría con Drones al Método Tradicional” Los resultados obtenidos permiten concluir que tanto los datos recolectados en campo mediante el dron Phantom 2 como aquellos obtenidos a través de la estación total son georreferenciados y presentan un alto grado de concordancia en términos de precisión espacial. Sin embargo, el empleo del dron demuestra ser una alternativa más rentable, destacándose por su versatilidad operativa y una fiabilidad estimada en un 95%. Además, el uso de métodos indirectos, como los sistemas aéreos no tripulados (UAS), implica una reducción considerable de los costos en comparación con las técnicas tradicionales de levantamiento, sin comprometer la calidad de los resultados.

Figura 1. GPS GEODESICOS DE DOBLE FRECUENCIA MARCA LEICA SYSTEM

Especificaciones Técnicas	Características de recepción del SR520, SR530, MC500, RS500, GS50+	
<p>A continuación, se presentan las especificaciones técnicas del GPS System 500.</p>	<p>Recepción de satélites: Doble frecuencia</p> <p>Canales de recepción: 12 L1 rastreo continuo 12 L2 rastreo continuo</p> <p>Canales L1: Fase portadora, código P1, código C/A</p> <p>Canales L2: Fase portadora, código P2</p> <p>Medición de fase portadora L1, AS activado/desactivado: Fase portadora reconstruida mediante el código C/A</p> <p>L2, AS desactivado: Fase portadora reconstruida mediante el código P2</p> <p>L2, AS activado: Cambia automáticamente a la técnica auxiliar de código P patentado, siempre y cuando la fase portadora L2 esté reconstruida.</p>	<p>Mediciones de código L1, AS desactivado: Medidas de código suavizadas por la fase portadora: código C/A de correlación estrecha, código P1</p> <p>L1, AS activado: Medidas de código suavizadas por la fase portadora: Código C/A de correlación estrecha, técnica auxiliar de código P patentado</p> <p>L2, AS desactivado: Medidas de código suavizadas por la fase portadora: Código P2</p> <p>L1, AS activado: Medidas de código suavizadas por la fase portadora: Técnica auxiliar de código P2 patentado</p>

SKI-Pro: programa que trabaja intuitivamente con sus datos

Conjunto completo de programas

La elección del programa para datos GPS es tan importante como el sistema receptor.

SKI-Pro es un conjunto de programas que puede ejecutarse en plataformas Windows™ 95, 98, NT y 200, y es el complemento perfecto para los receptores SR530.

SKI-Pro: programa profesional de soporte para oficina

Procesa todo tipo de datos GPS: mediciones con una o doble frecuencia, con código, fase, estático, estático rápido, cinemático, cinemático sin inicialización estática (OTF). Importa datos en tiempo real y combina el tiempo real con resultados obtenidos a partir de post-proceso.

Fácil de aprender y usar

Ya que SKI-Pro está basado en una interfaz gráfica intuitiva y procedimientos estándar de operación de Windows™, es muy sencillo de aprender y de usar. Todos sus componentes tienen la misma presentación e interactúan en forma instantánea y transparente entre sí, bajo un ambiente multi tareas.

Una poderosa base de datos asegura el manejo de datos y proyectos sin mayor complicación. Los resultados se obtienen en coordenadas WGS84 y/o

coordenadas locales, y pueden exportarse a una gran variedad de sistemas. Los usuarios pueden definir sus propios formatos de entrada/salida.

Todo lo que usted necesita

Aunque SKI-Pro está diseñado para obtener un procesamiento preciso y rápido, con un mínimo de interacción con el operador, le permite al usuario avanzado realizar un análisis individual y detallado de los datos. Se pueden generar y grabar listas de códigos y atributos, definir proyecciones cartográficas, elipsoides, modelos geoidales, parámetros de transformación, etc., en SKI-Pro y transferirlas desde y hacia el receptor.

Componentes:

- Configuración
- Planeación
- Administrador de proyectos
- Importación de datos
- Procesamiento de datos
- Ajuste por mínimos cuadrados
- Visualización y edición
- Datums, modelos geoidales
- Proyecciones, elipsoides
- Sist. de Coordenadas específicos para ciertos países
- Transformaciones
- Generación de reportes
- Listas de códigos y atributos
- Importación de archivos de coordenadas
- RINEX
- Exportación a otros sistemas

Emc de línea base con SR530 y SKI-Pro

Estático: 3mm + 0.5ppm
 Para redes geodésicas

Se pueden obtener hasta 0.5ppm en líneas largas, con períodos largos de observación. En caso de líneas cortas, se pueden obtener precisiones milimétricas si se emplean antenas de bobina anular.

Estático rápido: 5mm + 0.5ppm Para control local

Con observaciones de unos cuantos minutos, únicamente se obtienen precisiones a nivel centimétrico en líneas de hasta 15 a 20 Km. Rápido y eficiente, es el mejor método para levantamientos de control, densificación, poligonación, control terrestre fotogramétrico, delimitación de fronteras, etc.

Cinemático, OTF 10mm + 1ppm Para levantamientos de detalle y topográficos

A todos los datos obtenidos de levantamientos parar y seguir, cinemático y cinemático sin inicialización estática (OTF) se les puede aplicar un proceso posterior con SKI-Pro. Puede rellenar los huecos que queden en levantamientos con tiempo real y post-procesar los resultados.

Código diferencial: 25cm Para trabajos GIS y de sísmica

Con mediciones de seudorangos de alta precisión, el SR530 puede realizar levantamientos diferenciales con código en tiempo real o con post-proceso con una precisión de hasta 25cm.

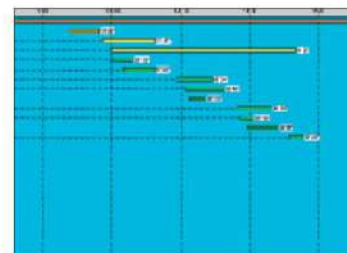
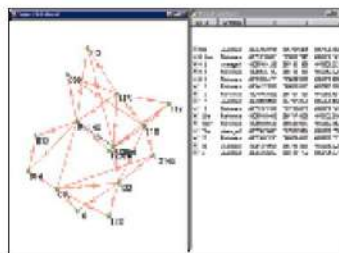
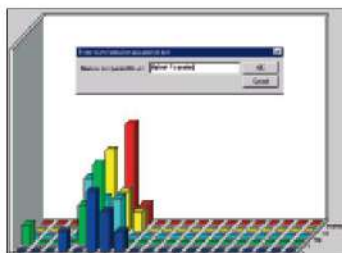


Figura 3 Receptor Geodesico SR530

Alta tecnología

- Doble frecuencia y RTK
- Tecnología ClearTrak™
- Rastreo perfecto
- Resistente a la interferencia de señal
- Reducción del efecto multitrayectoria
- Intervalo de la actualización de la posición de 10Hz.
- Retraso en la obtención de la posición < 0.03 seg.

La mayor precisión

- Solución de ambigüedades OTF rápida y fiable
- Precisión centimétrica RTK
- 5mm + 0.5ppm para estático rápido
- 3mm + 0.5ppm para estático

Sistema modular

- Pequeño, ligero y robusto
- Fácil de usar
- Terminal opcional
- Conector para radio módem y teléfono GSM
- Selección de antenas
- Baterías insertables
- Tarjetas PCMCIA flash

Todos los modos de medición

- Cinemático en tiempo real
- Estático, estático rápido
- Parar y seguir, cinemático
- Cinemático OTF
- DGPS y Navegación
- Post-proceso

Diversas Interfaces

- Cuatro puertos de comunicación
- Salida NMEA
- Ingreso de datos ASCII
- Salida PPS y marca de tiempo
- Comandos OWI

Para todo tipo de aplicaciones

- Control Geodésico
- Control terrestre para fotogrametría
- Levantamientos de detalle y topográficos
- Levantamientos catastrales
- Levantamientos para sismica
- Construcción e Ingeniería
- Replanteo
- Minería
- Control de maquinaria
- Hidrografía
- Cartografía GIS
- Estaciones de referencia
- Control de superficies y volúmenes
- Redes geodésicas
- Fotografía aérea

Receptor Geodésico SR530 para Tiempo Real 12 L1 + 12 L2, Código C/A, Código P, RTK



The image shows the Leica SR530 geodetic receiver system. At the top is the receiver unit, a white rectangular device with several ports labeled PORT 1, PORT 2/PWR, and PORT 1. It features a 'TERMINAL' port, a 'PWR' port, and an 'ANT' port. A 'LEICA SR530' label is visible on the top right. Below the receiver unit is the 'GPS SYSTEM 500' terminal, a red handheld device with a monochrome screen displaying a menu with options like 'MENU', '1. ID', '2. STATION', '3. STATION', '4. APPLICATIONS...', '5. UTILITIES...', '6. CONFIGURE', and '7. TRANSFER...'. The terminal has a full QWERTY keyboard and various function keys. A black antenna is attached to the top of the terminal. The background is a light blue gradient with a faint 'Geospatial' watermark.

Fuente: Manual Técnico Es- 2012 versión n-4.00 Leica

III. MATERIALES Y METODOS

Materiales

- lápiz
- Planos referenciales
- Libreta de apuntes
- Lapicero

Equipos

- ✓ Celular.
- ✓ batería
- ✓ control remoto
- ✓ cable de alimentación
- ✓ cargador de batería
- ✓ Power bank
- ✓ DJI MAVIC 2 PRO
- ✓ Receptor GPS Geodésico marca Leica System 530
- ✓ tarjeta microSD
- ✓ Computadora
- ✓ Laptop (gama alta).

Programas

- ✓ Autocad Civil 3D 2025 versión educativa
- ✓ DJIFlightPlanner Team
- ✓ Agisoft Metashape Professional 1.5.2. versión prueba
- ✓ Litchi for DJI Drones
- ✓ Google earth

METODOS

Para llevar a cabo la investigación, se plantea la siguiente metodología de trabajo con un área de 1.9823 Has aproximadamente.

Ubicación

Ubicación Geopolítica

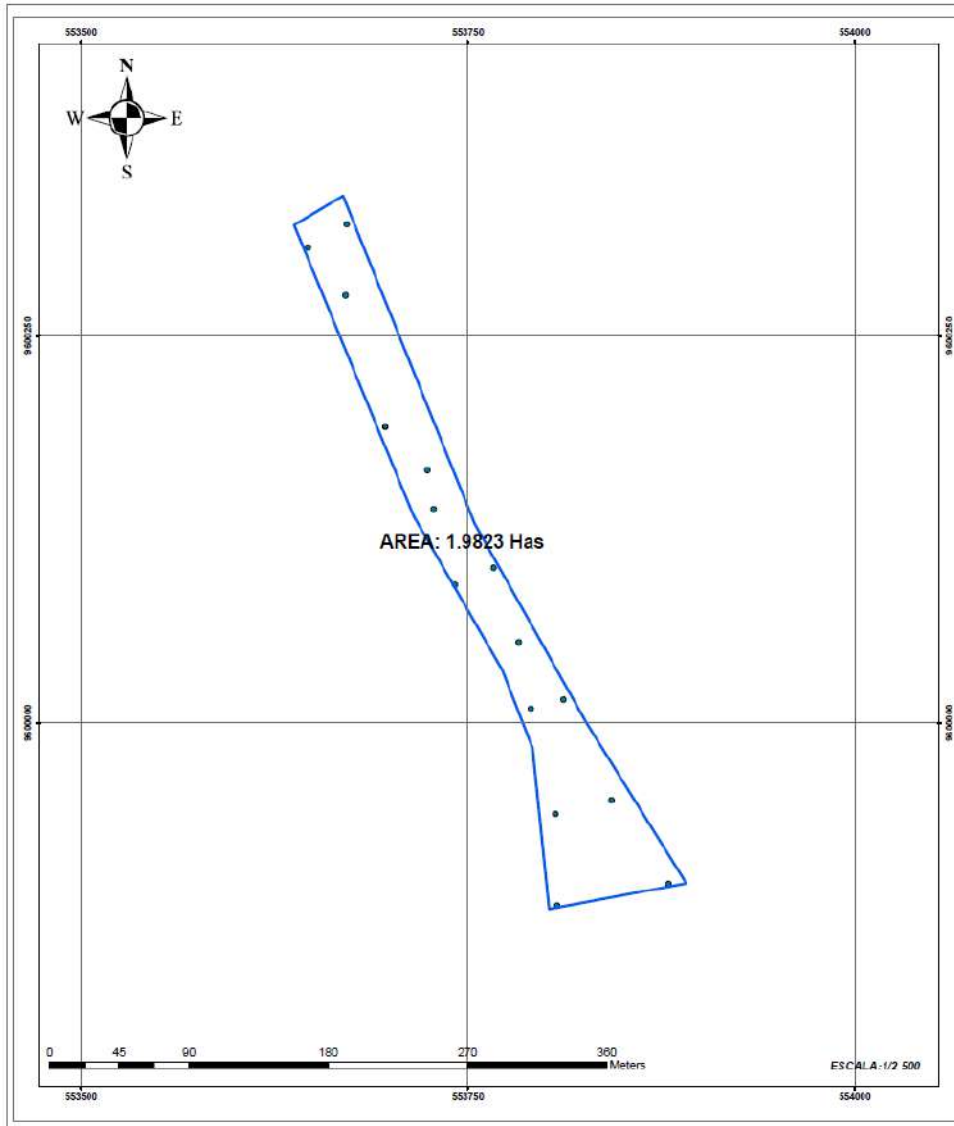
- Región: Tumbes
- Provincia: Tumbes
- Distrito: Corrales
- Sector: San Isidro



Ubicación Geodésica

E = 553810.47 m

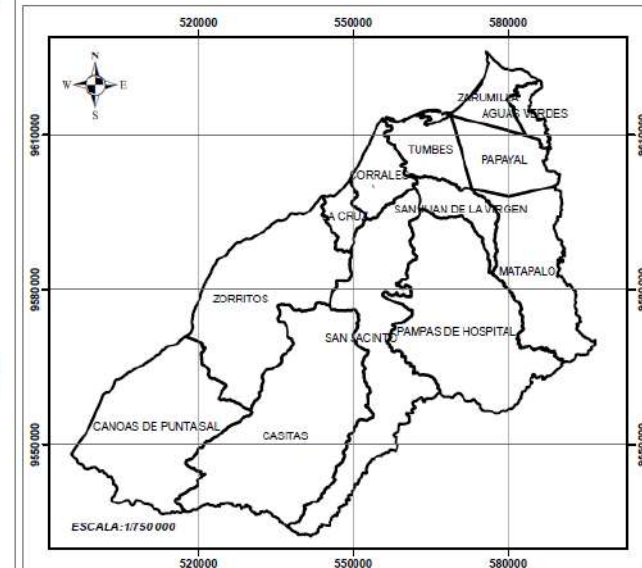
N = 9600004.34 m



PLANO DEL TERRENO

LEYENDA

- AREA DE ESTUDIO
- PUNTOS_DE_APOYO_Y_DE_CONTROL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

Ubicación Geopolítica

Región: Tumbes Provincia: Tumbes Distrito: Corrales Sector: San Isidro

AUTOR: Bach. Cabezas Ventura, Marcos Brayán

ASESOR: Dr. Carrillo Sarango, José Modesto

Calibración de sensores

Antes de iniciar la planificación del vuelo, se procederá a activar los sensores internos y externos del dron, tales como la brújula, el IMU, el gimbal y el sensor de visión. Un paso fundamental será actualizar el firmware del dron a la versión más estable disponible para asegurar la seguridad durante el vuelo. Además, se garantizará que el software de control de misión en el dispositivo móvil sea igualmente estable que el software del dron.

Preparación de las baterías

Las baterías deben ser correctamente cargadas, tanto las del dron como las del control remoto, ya que su funcionamiento adecuado es esencial para garantizar el éxito del vuelo.

Cada batería del dron ofrece una autonomía aproximada de 25 minutos, dependiendo de factores como la velocidad del viento y la temperatura, y su tiempo de carga es de alrededor de 60 minutos.

La batería del control remoto tiene una duración aproximada de 240 minutos y también requiere aproximadamente 60 minutos para completarse. Además, se debe cargar completamente la batería del dispositivo móvil para evitar problemas durante el vuelo, ya que, al conectarlo al control remoto, el celular lo reconoce como una fuente de carga y comienza a recibir energía desde este.

Planificación de la misión de vuelo

Una planificación adecuada de la misión de vuelo es esencial para lograr resultados precisos.

Figura 4 área de estudio



Fuente: Google Earth Pro

COORDENADAS		
VERTICES	ESTE	NORTE
1	553880	9599896
2	553808	9599882
3	553742	9600089
4	553767	9600100
5	553647	9600307
6	553672	9600322
7	553791	9600009
8	553812	9600015
9	553697	9600191
10	553724	9600163
11	553807	9599941
12	553843	9599950
13	553783	9600052
14	553728	9600138
15	553671	9600276

Tabla 1. Coordenadas de puntos de Apoyo y de control

Punto de despegue

El punto de despegue elegido debe estar siempre cerca del área a sobrevolar para evitar que el dron pierda tiempo en desplazamientos innecesarios, además de ser un lugar desde el que se pueda mantener una visión directa del dron. En este caso, el punto de despegue se encuentra en el centro de la zona de estudio.

Aspectos adicionales a considerar al momento de planificar una misión de vuelo:

- Evaluar la extensión total del área que se va a cubrir.
- Configurar correctamente la inclinación de la cámara según los requerimientos del levantamiento.
- Asegurarse de contar con una tarjeta microSD con capacidad de almacenamiento suficiente.
- Comprobar la posible existencia de antenas u otros elementos que puedan generar interferencias en la comunicación entre el dron y el control remoto.
- Revisar las condiciones meteorológicas previstas para el día del vuelo.

- Delimitar el área de trabajo directamente en el software de planificación de vuelo, definiendo los parámetros técnicos correspondientes para la misión.

Planificación de la misión de vuelo en la aplicación

Para la planificación del vuelo se usará el programa **Google Earth**, luego de crear el vuelo se ha exportado en formato **kmz** hacia el programa **DJI FlightPlanner Team**, programa de pago de origen australiano, el cual nos permite dividir las misiones en el tiempo que requerimos de acuerdo a las características del dron, altura, traslape de fotos, etc.; luego exportamos la misión en formato **CSV** y el número de vuelos hacia el programa también de pago **Litchi for DJI Drones**, el cual permite enviar las misiones al equipo que se conecta al dron para realizar los vuelos.



Fuente: DJI

Vuelos

Se realizaron vuelos a diferentes alturas (80, 100 y 120 metros). Los vuelos se realizaron entre las 11:50 a.m. y las 1:00 p.m., ya que este es el horario más favorable.

Cuando el vuelo se realiza a favor del viento, las imágenes tomadas se dispersan, lo que reduce el número de fotografías por pasada y disminuye el solapamiento entre ellas. En cambio, al volar en contra del viento, las imágenes tienden a superponerse en exceso, lo que incrementa tanto el tiempo de vuelo como la cantidad de imágenes por pasada. Además, en este momento, la incidencia del sol es tal que no se generan sombras significativas de cerros, antenas, árboles o edificios.

Se usan alturas de **80, 100 y 120 metros** en levantamientos fotogramétricos con drones porque son valores que permiten un **equilibrio entre resolución, precisión, cobertura y normativa aeronáutica**. Te explico los principales motivos:

Normativa aeronáutica

En muchos países (incluido Perú, según la DGAC), la altura máxima de vuelo de drones para trabajos civiles es **120 m (400 pies)** sobre el terreno. Por eso, los estudios fotogramétricos suelen probar alturas desde valores menores (80, 100 m) hasta el límite permitido (120 m).

Resolución espacial (GSD - Ground Sample Distance)

A menor altura → mayor resolución (cada píxel representa menos centímetros en el terreno).

Ejemplo con un dron DJI Phantom:

80 m → GSD aprox. 2.5 – 3 cm/píxel.

100 m → GSD aprox. 3 – 3.5 cm/píxel.

120 m → GSD aprox. 4 – 5 cm/píxel.

Esto influye directamente en la **precisión planimétrica y altimétrica** de los productos (ortomosaico, MDT, curvas de nivel).

Cobertura por imagen y eficiencia

A mayor altura → cada foto cubre más superficie, por lo que se necesitan menos pasadas y el vuelo es más eficiente.

Ejemplo:

80 m → menor cobertura por imagen, más fotos y mayor tiempo de procesamiento.

120 m → más cobertura, menos fotos, más rapidez, pero menor detalle.

Precisión vs. economía

Se escogen estas tres alturas para **comparar**:

80 m: máxima precisión, pero mayor costo en tiempo y procesamiento.

100 m: punto intermedio, equilibrio entre precisión y cobertura.

120 m: máxima cobertura, menor resolución, pero dentro del límite legal.

Ubicación y colocación de puntos de apoyo y de control

Las ubicaciones de los puntos de apoyo se determinaron según la topografía del área de estudio, estos puntos proporcionarán precisión al modelo. Los puntos de control, que no serán incluidos en el procesamiento, se utilizarán para verificar la exactitud obtenida. En total, se establecerán 15 puntos, distribuidos entre puntos de apoyo y control.

Figura 5 Puntos de apoyo y Control



Fuente: Google Earth Pro

Se colocarán marcas de yeso en puntos específicos del área de estudio, las cuales servirán como puntos de referencia y control para el modelo. Estas marcas tendrán el tamaño necesario para ser claramente visibles en las imágenes obtenidas por el dron.

Además, no existe una metodología definida para la colocación de los puntos de control.

Estos se colocan ya con la experiencia que se ha tenido en campo y con las pruebas antes realizadas.

Medición de los puntos de apoyo y Control

Después de la ubicación y colocación del Yeso en los puntos de apoyo y de control, se procederá a la medición con la ayuda del equipo Receptor GPS Geodésico marca Leica System 530, constituye una etapa fundamental en los levantamientos fotogramétricos y geospaciales realizados con vehículos aéreos no tripulados (UAV), ya que permite vincular con alta precisión el modelo generado (ortomosaico, MDT, nube de puntos, etc.) al sistema de coordenadas geográficas o proyectadas de referencia.

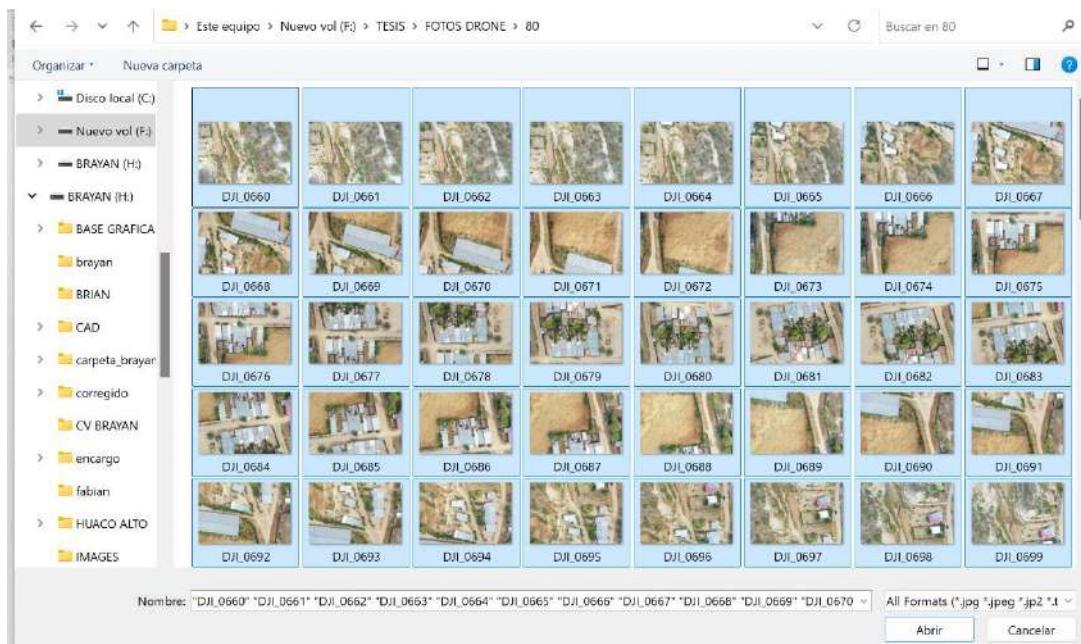
Almacenamiento de la información y procesamiento de la información.

Después de haber concluido con los vuelos, la información se graba de manera automática en la memoria del dron, esta data se ha descargado en una computadora de escritorio CPU (RAM, tarjeta de video, procesador) con las características necesarias para poder realizar el procesamiento de las fotos.

Las imágenes serán procesadas utilizando el software Agisoft Metashape Professional 1.5.2 (versión de prueba), en el cual se procederá a orientar las fotografías, definir el sistema de coordenadas del área de estudio, y realizar la generación de la nube de puntos, la malla, el modelo digital de elevaciones y el ortomosaico.

Después de la creación de la nube de puntos podremos realizar las curvas de nivel en este mismo programa o exportar la nube de puntos para ser realizadas en el programa AutoCAD Civil 3D.

Figura 6 Almacenamiento y clasificación de la información

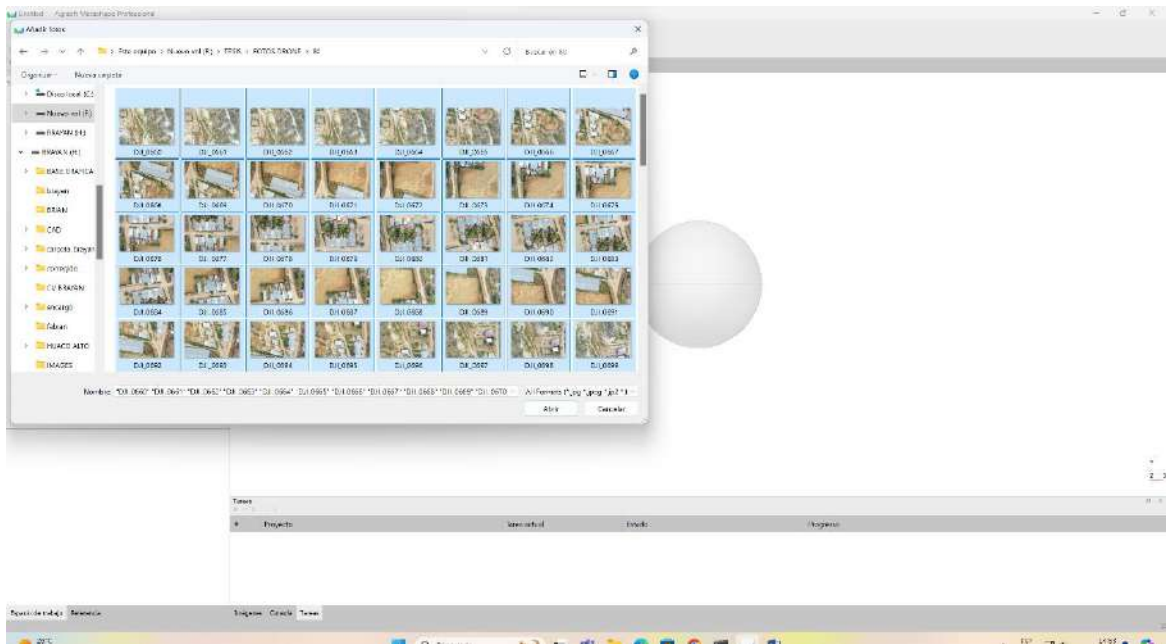


Fuente: DJI MAVIC 2 PRO

Procesamiento de la información

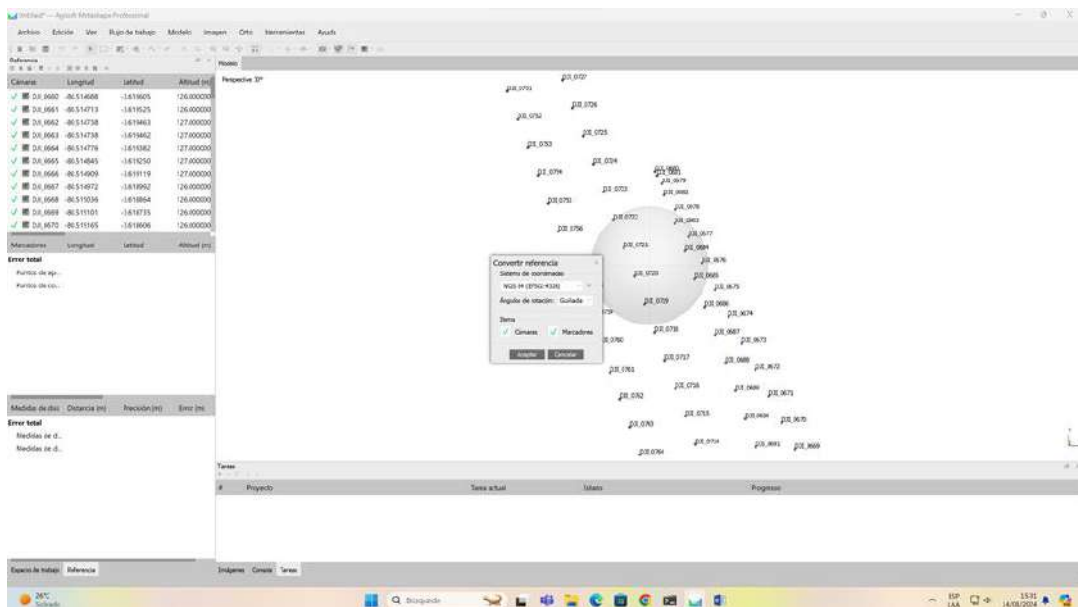
Las imágenes serán procesadas utilizando el software Agisoft Metashape Professional 1.5.2 (versión de prueba), en el cual se procederá a orientar las fotografías, definir el sistema de coordenadas del área de estudio, y realizar la generación de la nube de puntos, la malla, el modelo digital de elevaciones y el ortomosaico.

Figura 7 Adición de Fotografías



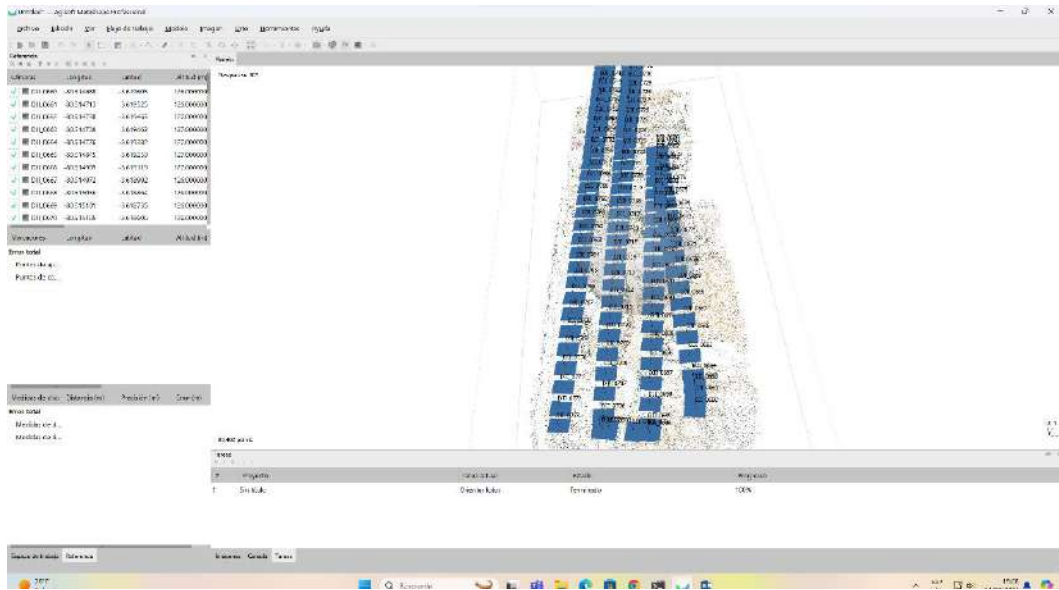
Fuente: Agisoft Metashape Professional 1.5.2

Figura 8 Sistema de Coordenadas



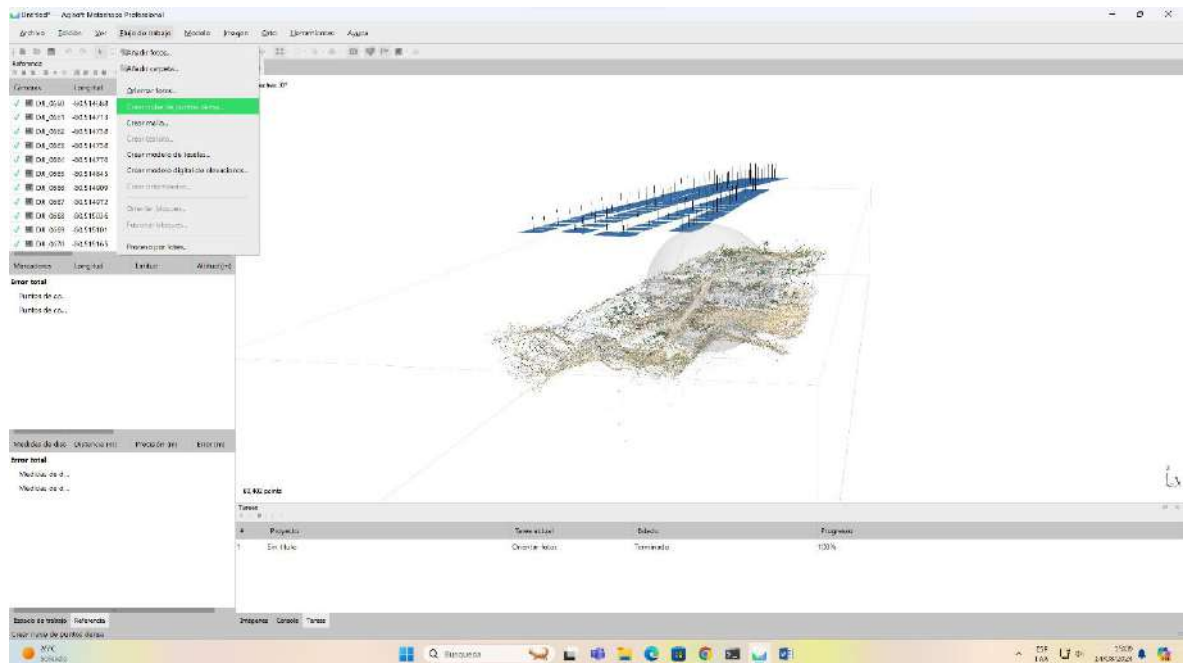
Fuente: Agisoft Metashape Professional 1.5.2

Figura 9 Procesamiento Inicial



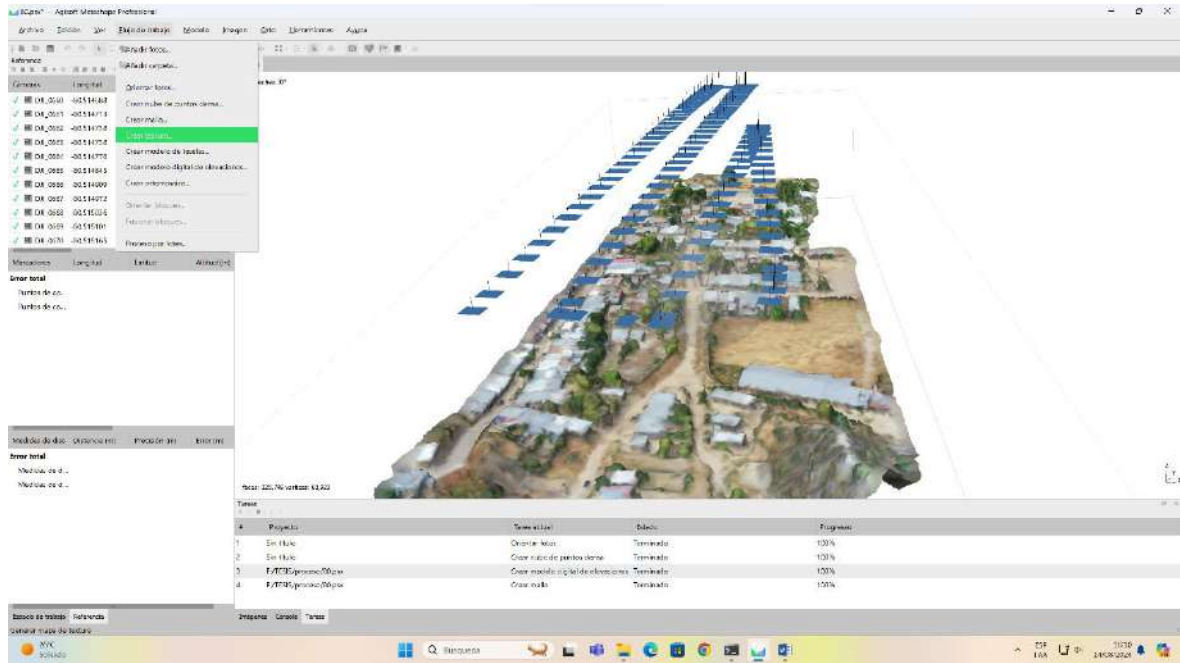
Fuente: Agisoft Metashape Professional 1.5.2

Figura 10 Creación de nube de puntos



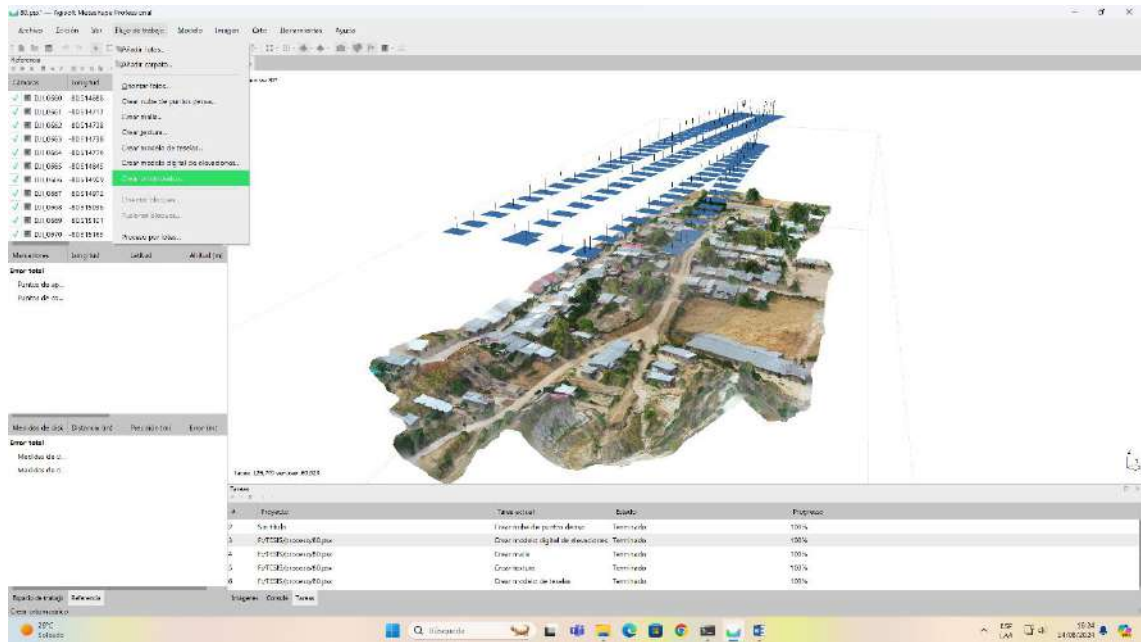
Fuente: Agisoft Metashape Professional 1.5.2

Figura 11 Creación de textura



Fuente: Agisoft Metashape Professional 1.5.2

Figura 12 Creación de ortomosaico



Fuente: Agisoft Metashape Professional 1.5.2

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

Se llevó a cabo un análisis comparativo de las diferencias en las coordenadas X, Y y Z entre los puntos de control y los puntos generados en los nueve modelos fotogramétricos, los cuales fueron obtenidos a partir de vuelos realizados a alturas de 80 m, 100 m y 120 m, procesados utilizando distintas cantidades de puntos de apoyo.

Caso 1

80

Informe de procesamiento



Datos del levantamiento

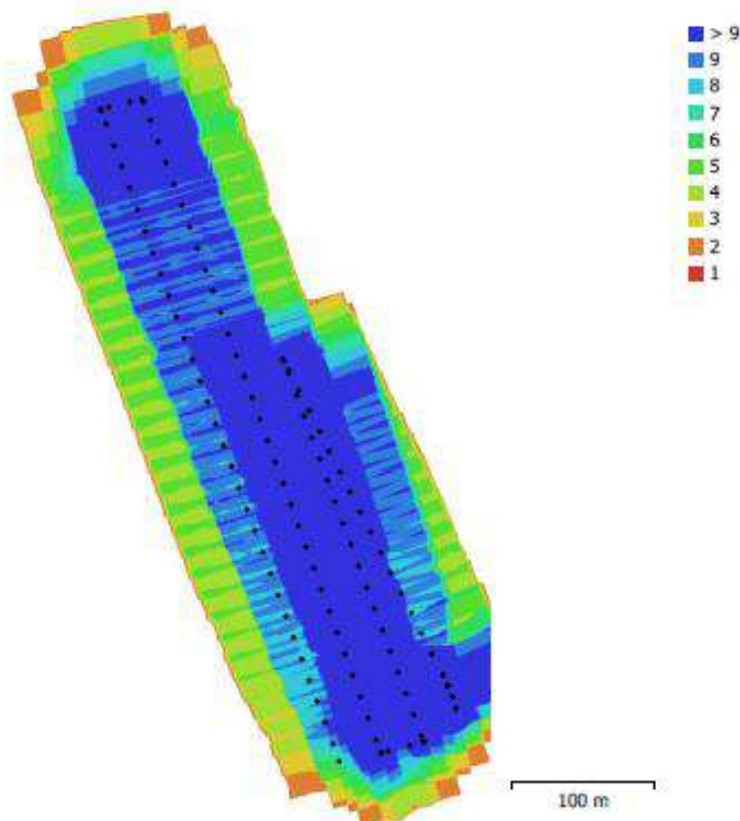


Figura 13. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 120

Altitud media de vuelo: 86.2 m

Resolución en terreno: 1.95 cm/pix

Área cubierta: 0.0929 km²

Imágenes alineadas: 120

Puntos de paso: 94,771

Proyecciones: 362,107

Error de reproyección: 1.12 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
Test_Pro (10.26mm)	5472 x 3648	10.26 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 2 Cámaras.

Calibración de cámara

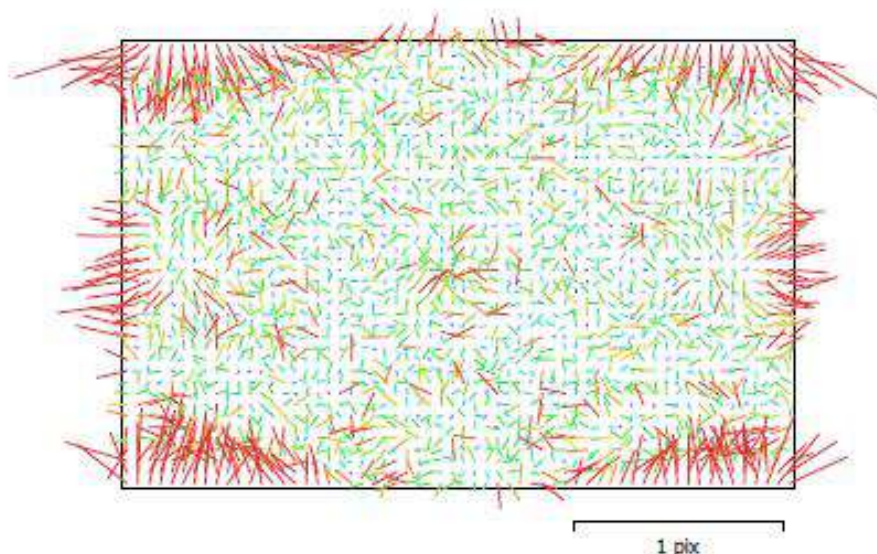


Figura 14 Gráfico de residuales para Test_Pro (10.26 mm)

Test_Pro (10.26mm)

120 imágenes, Correcciones adicionales

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	5472 x 3648	10.26 mm	2.41 x 2.41 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	4267.14	2.7	1.00	-0.13	-0.01	-0.07	0.09	-0.07	-0.02	0.00
Cx	-30.7716	0.33		1.00	0.07	-0.02	0.02	-0.01	0.96	0.05
Cy	8.93724	0.31			1.00	0.00	-0.01	0.01	0.07	0.98
K1	0.0057638	0.00056				1.00	-0.99	0.96	-0.01	0.00
K2	0.000308982	0.0015					1.00	-0.99	0.01	-0.01
K3	0.00553409	0.0013						1.00	-0.01	0.01
P1	0.000117758	4.2e-05							1.00	0.05
P2	0.000782435	4e-05								1.00

Tabla 3 .coeficientes de calibración y matriz de correlación

Puntos de control terrestre

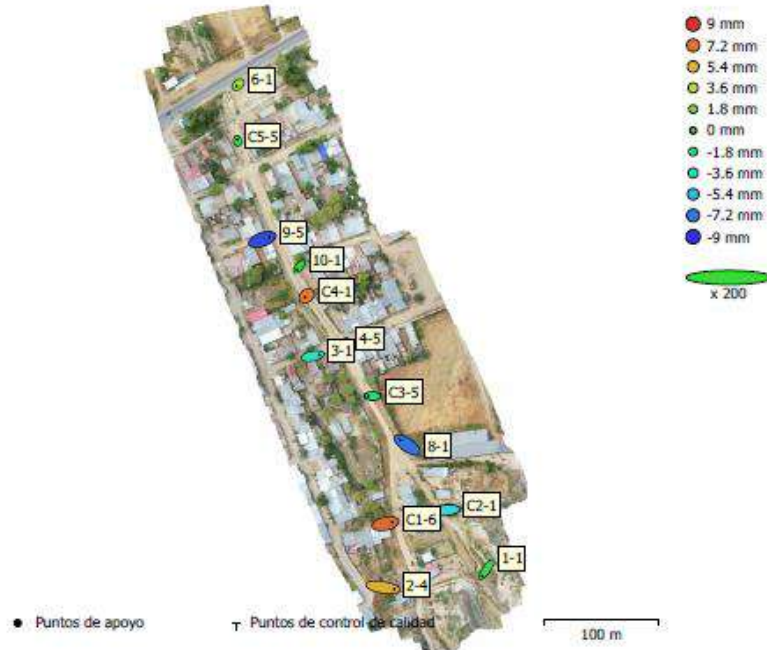


Figura 15. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
13	5.09446	2.57289	0.500913	5.70731	5.72925

Tabla 4. ECM de puntos de apoyo

X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
1-1	-4.00943	-5.89564	-0.0856464	7.13032	3.118 (8)
2-4	9.87849	-1.63163	0.568805	10.0285	3.085 (8)
3-1	5.84931	1.06831	-0.358794	5.95688	1.670 (8)
4-5	-0.830015	2.97759	0.451153	3.12386	1.169 (9)
6-1	-1.48015	-1.40757	0.274657	2.06095	0.753 (10)
8-1	-6.18233	4.39638	-0.724018	7.6206	1.818 (9)
9-5	6.03902	2.22092	-0.831923	6.48802	1.809 (8)
10-1	-2.41464	-2.686	-0.0453929	3.61208	1.258 (8)
C1-6	6.00187	1.27992	0.751639	6.18269	1.395 (12)
C2-1	-7.21746	-0.648266	-0.461758	7.26121	1.777 (8)
C3-5	-3.99526	0.0558348	-0.166589	3.99913	1.314 (8)
C4-1	-1.41151	-1.10478	0.702451	1.92519	1.452 (8)
C5-5	-0.227888	1.37492	-0.0745792	1.39567	1.146 (8)
Total	5.09446	2.57289	0.500913	5.72925	1.774

Tabla 5. Puntos de apoyo

X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

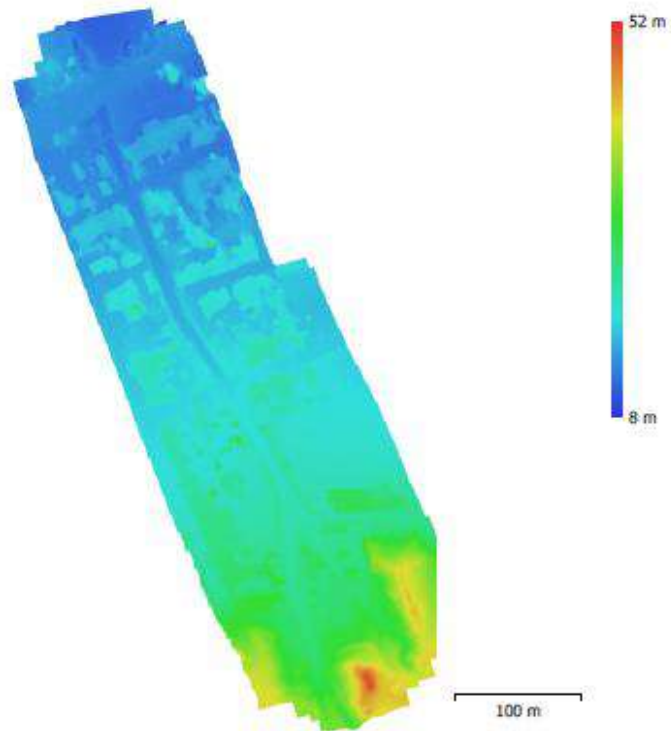


Figura 16. Modelo digital de elevaciones

Resolución: 7.78 cm/pix
Densidad de puntos: 165 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales

Cámaras	120
Cámaras orientadas	120
Marcadores	13
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

Puntos de paso

Puntos	94,771 de 118,326
RMS error de reproyección	0.178732 (1.12217 pix)
Error de reproyección máximo	1.30946 (37.0392 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	4.62133 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.27791

Parámetros de orientación

Precisión	Alta
Preselección genérica	Sí
Preselección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	20,000
Límite de puntos clave por megapixel	1,000
Puntos de paso por foto	4,000
Excluir puntos de paso inmóviles	Sí
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Excluir las esquinas	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	34 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	248.75 MB
Tiempo de orientación	53 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	254.11 MB

Parámetros de optimización

Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajustar correcciones adicionales	Sí
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Excluir las esquinas	No
Tiempo de optimización	15 segundos
Fecha de creación	2024:11:16 18:01:22
Versión del programa	2.1.2.18204
Tamaño de archivo	25.68 MB

Mapas de profundidad

Número	120
--------	-----

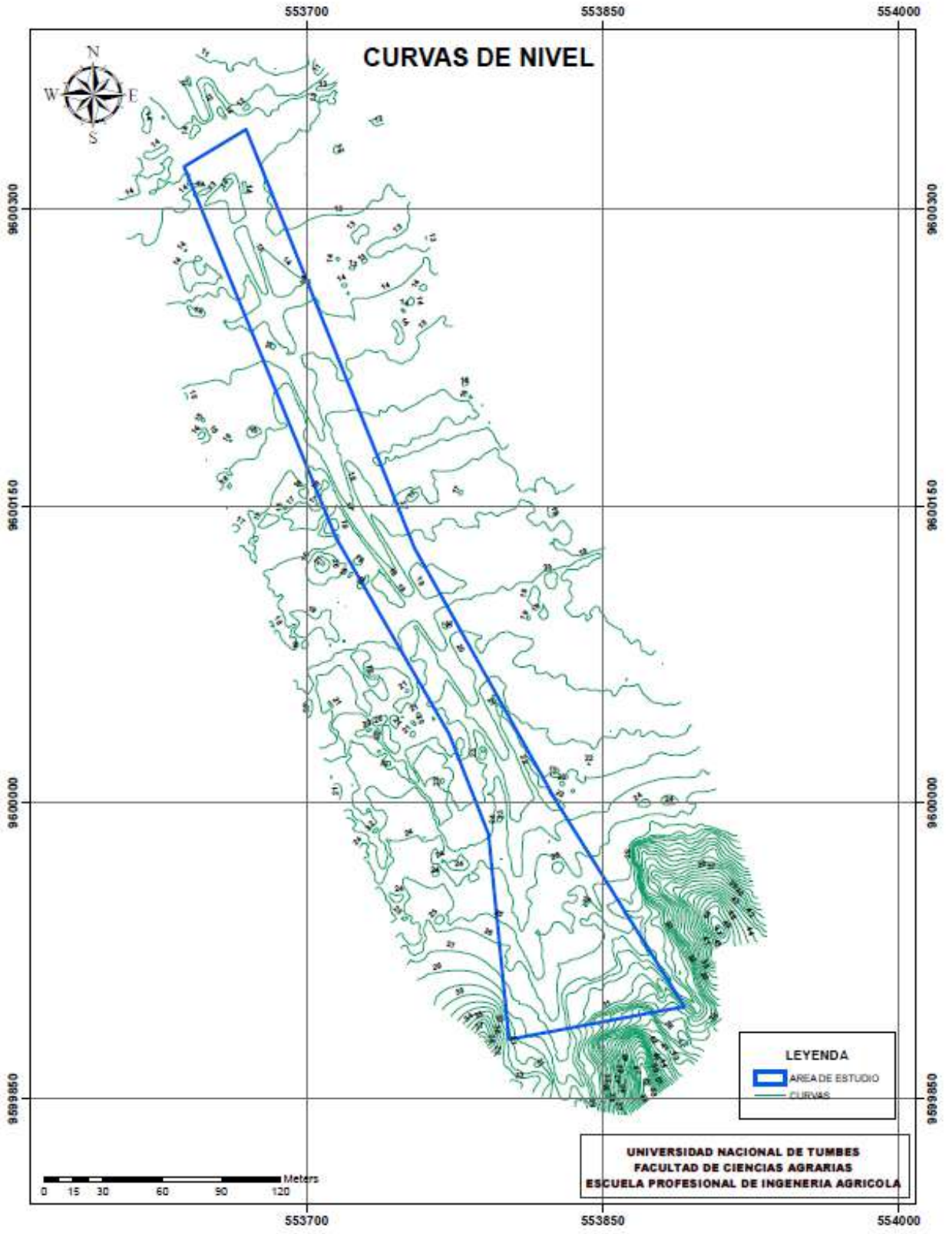
Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Media
Modo de filtrado	Moderado
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	1 minuto 54 segundos
Uso de memoria	1.06 GB
Fecha de creación	2024:11:16 18:43:57
Versión del programa	2.1.2.18204
Tamaño de archivo	212.99 MB

Nube de puntos

Puntos	19,882,805
Precisión de las coordenadas	1.95 cm
Atributos de los puntos	
Color	3 bandas, uint8
Normal	
Clases de puntos	
Terreno	8,410,047
Vegetación alta	3,774,299
Edificio	3,542,928
Firme de la carretera	2,709,258
Vehículo	732,765
Objetos hechos por el hombre	713,508
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Modo de filtrado	Moderado
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	1 minuto 54 segundos
Uso de memoria	1.06 GB
Parámetros de generación de la nube de puntos	
Tiempo de procesamiento	1 minuto 50 segundos
Uso de memoria	2.06 GB
Parámetros de clasificación de puntos	
Confianza	0
Tiempo de clasificación	1 minuto 21 segundos
Uso de memoria durante la clasificación	6.03 GB
Fecha de creación	2024:11:16 18:51:45
Versión del programa	2.1.2.18204
Tamaño de archivo	260.21 MB
Modelo	
Caras	3,516,627
Vértices	1,759,036
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Modo de filtrado	Moderado
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	1 minuto 54 segundos
Uso de memoria	1.06 GB
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Arbitrario
Origen de datos	Mapas de profundidad
Interpolación	Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	1 minuto 50 segundos
Uso de memoria	2.92 GB
Fecha de creación	2025:11:16 18:45:44
Versión del programa	2.1.2.18204
Tamaño de archivo	67.09 MB
MDE	
Tamaño	4,275 x 7,291
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Parámetros de reconstrucción	
Origen de datos	Nube de puntos
Interpolación	Habilitada
Clases fuente	Terreno, Firme de la carretera
Tiempo de procesamiento	34 segundos

Uso de memoria	181.21 MB
Fecha de creación	2024:11:16 18:54:55
Versión del programa	2.1.2.18204
Tamaño de archivo	72.06 MB
Ortomosaico	
Tamaño	17,301 x 29,607
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Colores	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	Modelo
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	3 minutos 9 segundos
Uso de memoria	1.38 GB
Fecha de creación	2024:11:16 18:57:09
Versión del programa	2.1.2.18204
Tamaño de archivo	1.10 GB
Sistema	
Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	2.1.2 build 18204
OS	Windows 64 bit
RAM	63.94 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i9-9900KF CPU @ 3.60GHz
GPU(s)	NVIDIA GeForce RTX 2060



Caso 2

100 mts

Informe de procesamiento



Datos del levantamiento

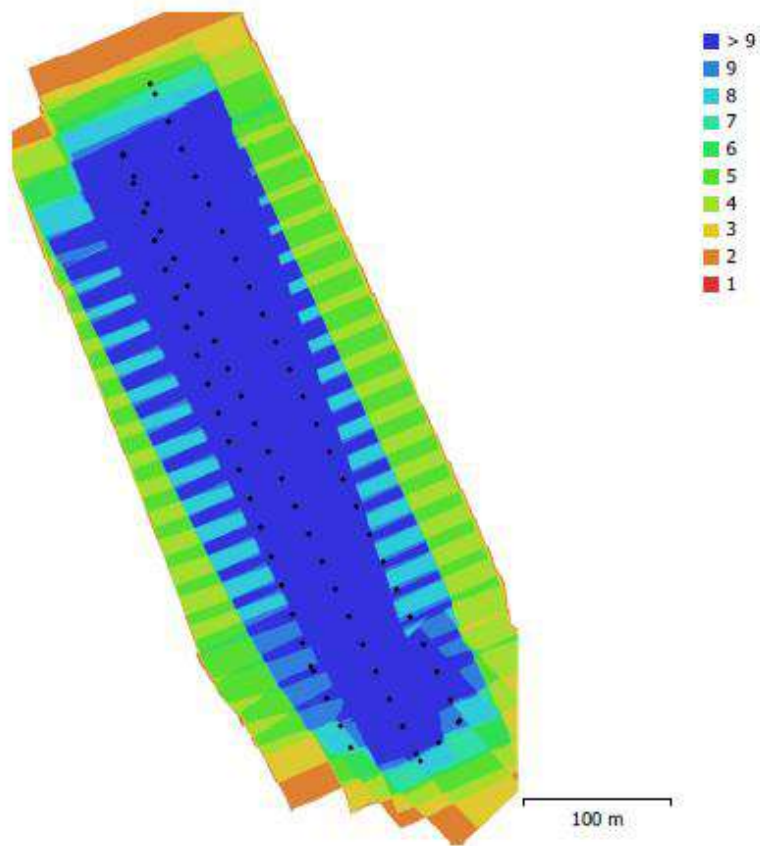


Figura 17. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes:	74	Imágenes alineadas:	74
Altitud media de vuelo:	114 m	Puntos de paso:	39,718
Resolución en terreno:	2.52 cm/pix	Proyecciones:	227,893
Área cubierta:	0.109 km ²	Error de reproyección:	0.618 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
Test_Pro (10.26mm)	5472 x 3648	10.26 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 6 Cámaras.

Calibración de cámara

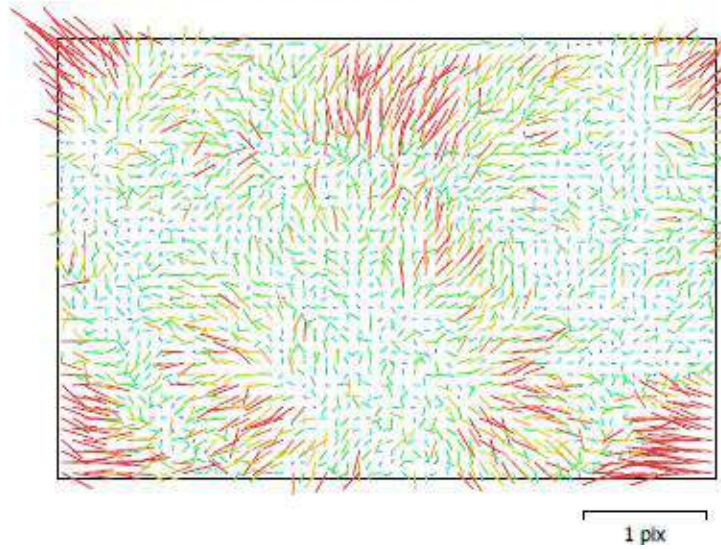


Figura 18. Gráfico de residuales para Test_Pro (10.26mm)

Test_Pro (10.26mm)

74 imágenes

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	5472 x 3648	10.26 mm	2.41 x 2.41 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	4351.25	3.9	1.00	-0.60	0.41	-0.26	-0.07	0.03	0.14	-0.05	-0.06	-0.17	0.39
Cx	-29.9042	0.1		1.00	-0.25	0.33	0.16	-0.04	-0.07	0.02	0.04	0.52	-0.24
Cy	13.3166	0.081			1.00	-0.24	0.12	0.02	0.05	-0.01	-0.03	-0.06	0.55
B1	-14.8188	0.055				1.00	0.05	-0.02	-0.04	0.02	0.01	0.09	-0.14
B2	-0.605038	0.047					1.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.07	-0.00
K1	0.000626133	0.00012						1.00	-0.96	0.92	-0.88	0.01	0.02
K2	0.0283014	0.00081							1.00	-0.98	0.94	-0.04	0.05
K3	-0.0137998	0.0021								1.00	-0.99	0.02	-0.02
K4	-0.0203263	0.0019									1.00	-0.00	-0.03
P1	-0.000472239	3.5e-06										1.00	-0.06
P2	0.00125135	2.8e-06											1.00

Tabla 7. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Puntos de control terrestre

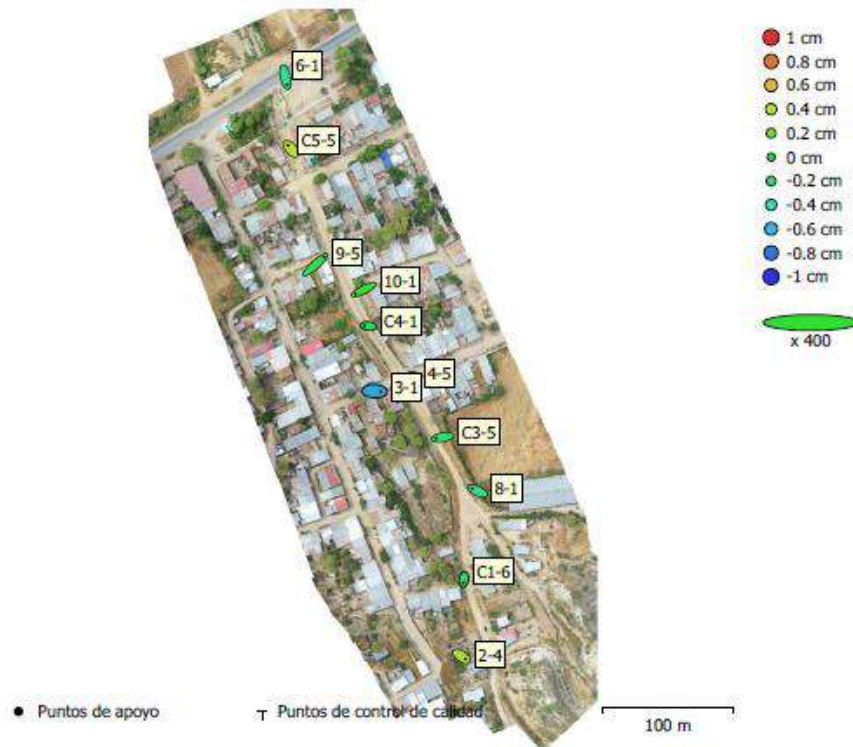


Figura 19 . Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
11	2.19032	1.63859	0.387512	2.73541	2.76272

Tabla 8. ECM de puntos de apoyo.

X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
2-4	1.51438	-1.02238	0.341055	1.85874	1.291 (11)
3-1	2.3853	-0.101131	-0.659625	2.47689	0.907 (14)
4-5	2.69023	1.79261	0.870406	3.34789	0.880 (14)
6-1	0.667557	-2.92765	-0.257825	3.01384	1.385 (8)
8-1	-2.05149	0.963197	-0.234228	2.27842	1.174 (7)
9-5	3.44671	3.07386	-0.0721203	4.61883	1.324 (13)
10-1	-3.2921	-1.63155	0.0213234	3.67428	1.197 (14)
C1-6	-0.149255	-1.23652	-0.149014	1.25437	0.599 (13)
C3-5	-2.582	-0.45909	-0.160042	2.62738	1.168 (10)
C4-1	-1.4456	0.17541	-0.0979184	1.45949	0.812 (13)
C5-5	-1.18373	1.37324	0.397986	1.85618	1.137 (13)
Total	2.19032	1.63859	0.387512	2.76272	1.082

Tabla 9. Puntos de apoyo

X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

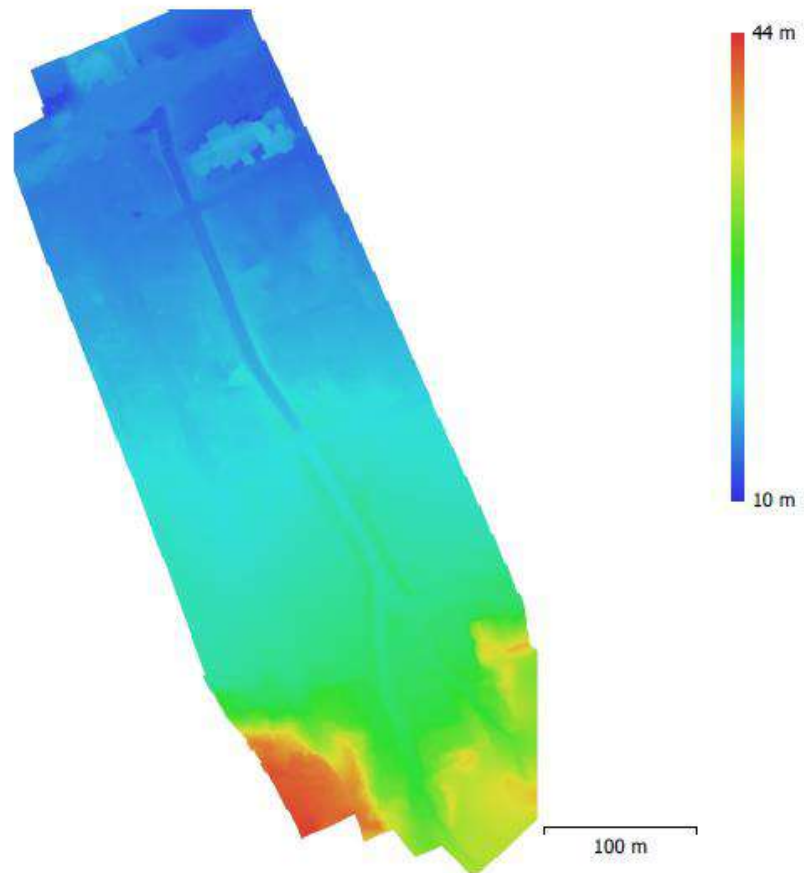


Figura 20. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 10.1 cm/pix
Densidad de puntos: 98.6 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales

Cámaras	74
Cámaras orientadas	74
Marcadores	11
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

Puntos de paso

Puntos	39,718 de 52,661
RMS error de reproyección	0.207286 (0.617636 pix)
Error de reproyección máximo	1.69424 (28.8861 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	2.67583 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	6.01694

Parámetros de orientación

Precisión	Alta
Preselección genérica	Sí
Preselección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	80,000
Límite de puntos clave por megapixel	1,000
Puntos de paso por foto	4,000
Excluir puntos de paso inmóviles	Sí
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	1 minuto 34 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	1.25 GB
Tiempo de orientación	26 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	332.47 MB

Parámetros de optimización

Parámetros	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Excluir las esquinas	No
Tiempo de optimización	1 segundo
Fecha de creación	2024:11:16 09:59:06
Versión del programa	2.1.3.18946
Tamaño de archivo	5.90 MB

Mapas de profundidad

Número	74
--------	----

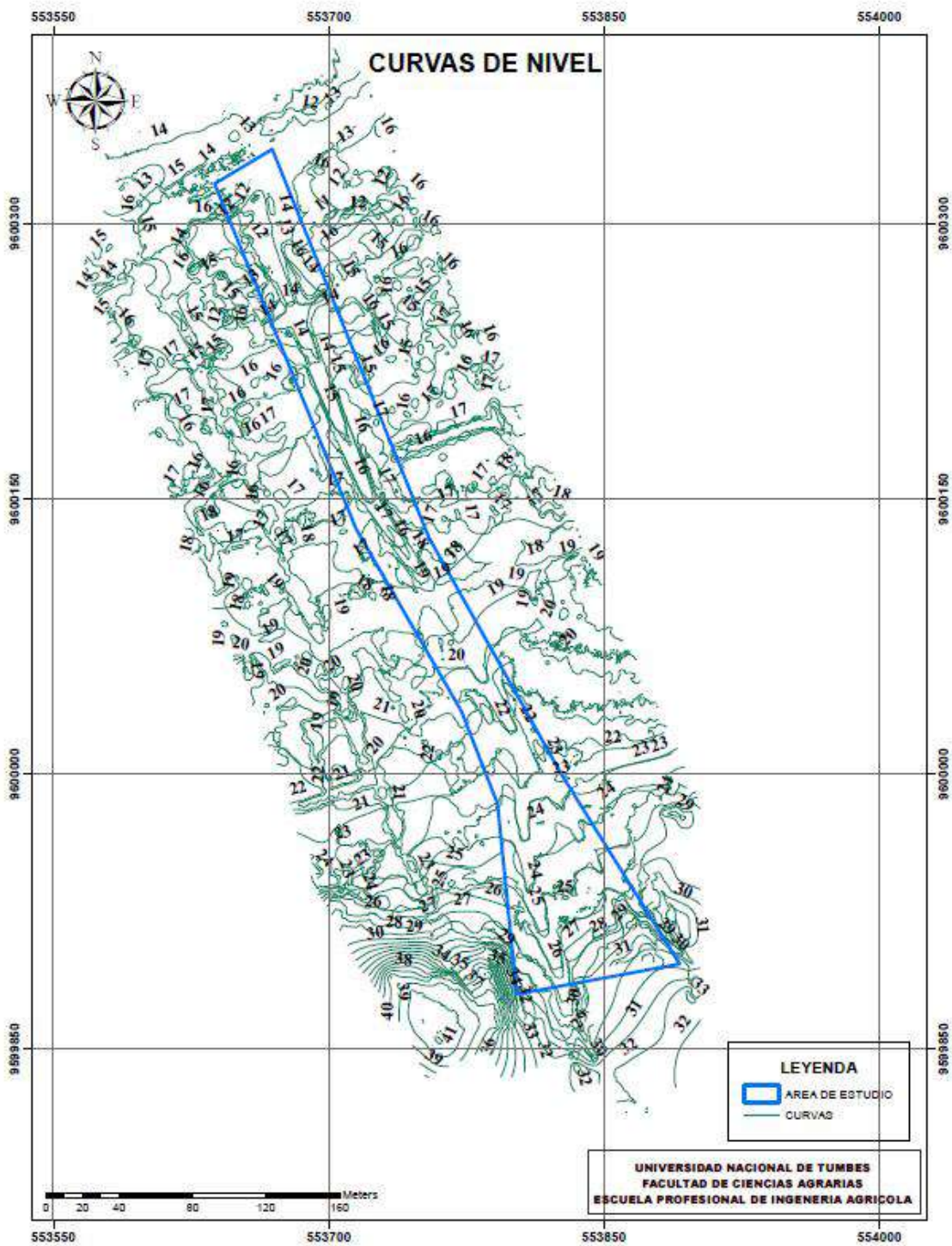
Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Media
Modo de filtrado	Moderado
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	1 minuto 19 segundos
Uso de memoria	1.08 GB
Fecha de creación	2024:11:16 19:23:49
Versión del programa	2.1.2.18204
Tamaño de archivo	148.30 MB

Nube de puntos

Puntos	14,548,519
Precisión de las coordenadas	2.52 cm

Atributos de los puntos	
Color	3 bandas, uint8
Normal	
Clases de puntos	
Creado (nunca clasificado)	8,959,224
Terreno	5,582,777
Punto enterrado (ruido)	6,518
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Modo de filtrado	Moderado
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	1 minuto 19 segundos
Uso de memoria	1.08 GB
Parámetros de generación de la nube de puntos	
Tiempo de procesamiento	1 minuto 8 segundos
Uso de memoria	1.77 GB
Parámetros de clasificación de puntos de terreno	
Ángulo máximo (deg)	15
Ángulo máximo de pendiente del terreno (deg)	40
Distancia máxima (m)	0.2
Tamaño de célula (m)	50
Tiempo de clasificación	1 minuto 15 segundos
Uso de memoria durante la clasificación	592.65 MB
Fecha de creación	2024:11:16 19:24:58
Versión del programa	2.1.2.18204
Tamaño de archivo	190.09 MB
MDE	
Tamaño	3,420 x 5,635
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Parámetros de reconstrucción	
Origen de datos	Nube de puntos
Interpolación	Habilitada
Clases fuente	Terreno
Tiempo de procesamiento	6 segundos
Uso de memoria	119.32 MB
Fecha de creación	2024:11:16 19:28:47
Versión del programa	2.1.2.18204
Tamaño de archivo	49.25 MB
Ortomosaico	
Tamaño	13,680 x 22,540
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Colores	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	1 minuto 14 segundos
Uso de memoria	983.92 MB
Fecha de creación	2024:11:16 19:29:31
Versión del programa	2.1.2.18204
Tamaño de archivo	745.64 MB
Sistema	
Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	2.1.2 build 18204
OS	Windows 64 bit
RAM	63.94 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i9-9900KF CPU @ 3.60GHz
GPU(s)	NVIDIA GeForce RTX 2060



Caso 3

Reporte 120

Informe de procesamiento



Datos del levantamiento

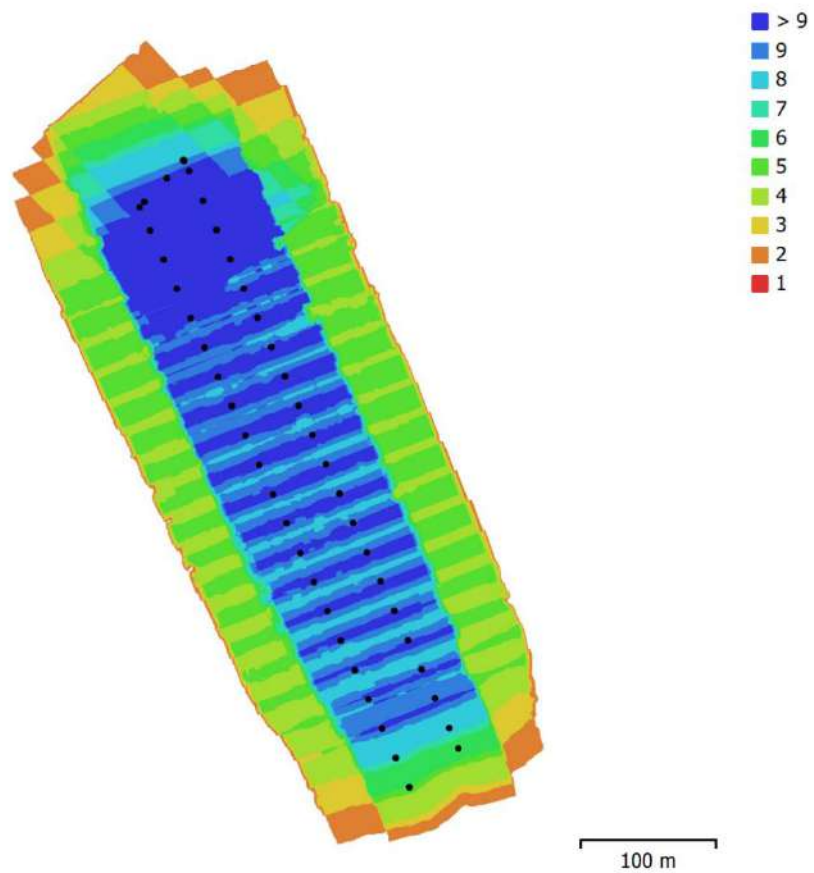


Figura 21. Posiciones de Cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 46	Imágenes alineadas: 46
Altitud media de vuelo: 135 m	Puntos de paso: 34,561
Resolución en terreno: 3.01 cm/pix	Proyecciones: 142,421
Área cubierta: 0.120 km ²	Error de reproyección: 0.531 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
Test_Pro (10.26mm)	5472 x 3648	10.26 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 10. Cámaras.

Calibración de cámara

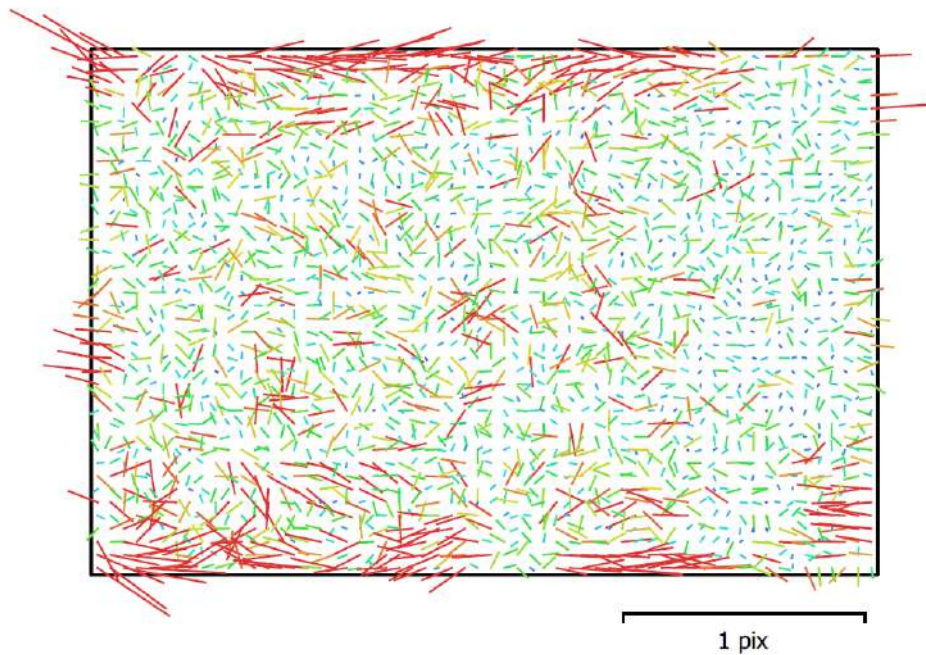


Figura 22. Gráfico de residuales para Test_Pro (10.26mm)

Test_Pro (10.26mm)

46 imágenes, Correcciones adicionales

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	5472 x 3648	10.26 mm	2.41 x 2.41 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	4292.43	2.7	1.00	-0.03	0.07	-0.10	0.15	-0.17	0.04	0.03
Cx	-18.8124	0.42		1.00	0.05	-0.09	0.06	-0.04	0.92	0.04
Cy	15.7138	0.51			1.00	0.05	-0.03	0.03	0.08	0.98
K1	-0.000769811	0.00063				1.00	-0.98	0.93	-0.01	0.05
K2	0.0268919	0.0017					1.00	-0.99	0.02	-0.04
K3	-0.0228653	0.0015						1.00	-0.03	0.03
P1	0.0010483	5.2e-05							1.00	0.06
P2	0.00146866	6.5e-05								1.00

Tabla 11. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Puntos de control terrestre

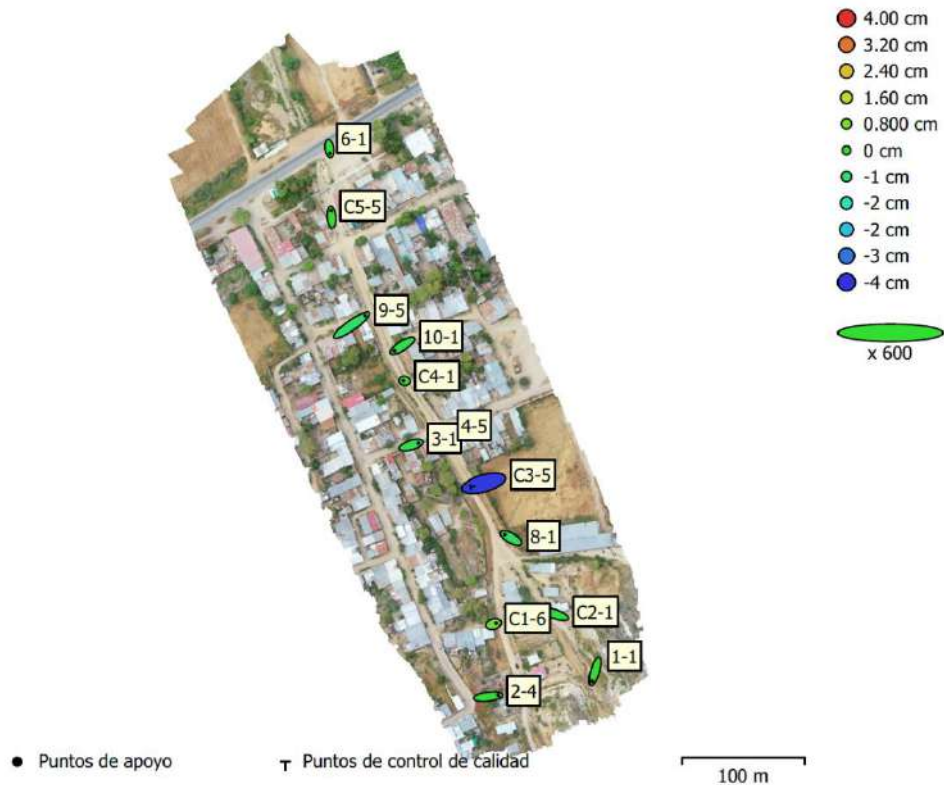


Figura 23. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
12	1.92658	1.38718	0.354648	2.37402	2.40036

Tabla 12. ECM de puntos de apoyo

X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
1	3.63256	1.04512	3.90306	3.77992	5.43338

Tabla 13. ECM de puntos de control de calidad.

X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
1-1	-0.800714	-2.69453	-0.0170265	2.81104	2.140 (5)
2-4	2.75411	0.341681	-0.0531499	2.77574	1.994 (6)
3-1	2.0115	0.600418	-0.324656	2.12415	1.008 (9)
4-5	1.98121	0.556359	0.344864	2.08655	0.909 (9)
6-1	0.192768	-1.28451	0.0317985	1.29929	1.145 (10)
8-1	-1.65847	0.9368	-0.489478	1.96664	0.783 (9)
9-5	3.68215	2.57322	-0.636744	4.53709	2.150 (7)
10-1	-2.17694	-1.3776	-0.312529	2.5951	1.029 (10)
C1-6	0.745659	0.204775	0.698046	1.04173	0.945 (10)
C2-1	-2.56158	0.857892	-0.111146	2.70371	1.041 (9)
C4-1	-0.347069	0.0657462	0.191813	0.40196	0.494 (10)
C5-5	-0.140479	1.79298	0.0414649	1.79895	1.057 (10)
Total	1.92658	1.38718	0.354648	2.40036	1.230

Tabla 14. Puntos de apoyo.

X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
C3-5	-3.63256	-1.04512	-3.90306	5.43338	0.866 (9)
Total	3.63256	1.04512	3.90306	5.43338	0.866

Tabla 15. Puntos de control de calidad.

X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

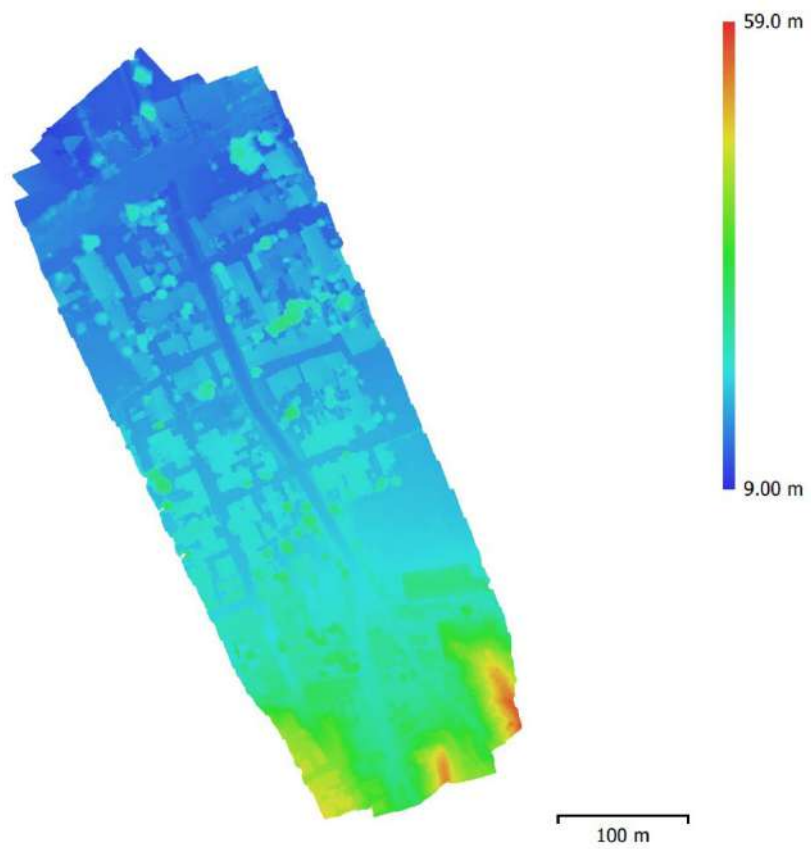


Figura 24. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 12.0 cm/pix
Densidad de puntos: 69.2 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales

Imágenes	46
Imágenes alineadas	46
Marcadores	13
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Sistema de coordenadas de cámara	WGS 84 (EPSG::4326)
Sistema de coordenadas de marcadores	WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

Formas

Cadena poligonal	1369
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)

Puntos de paso

Puntos	34,561 de 44,025
Colores de puntos	3 bandas, uint8
RMS error de reproyección	0.151374 (0.531038 pix)
Error de reproyección máximo	1.18944 (20.3408 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	2.92208 pix
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.48641

Parámetros de orientación

Precisión	Alta
Preselección genérica	Sí
Preselección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	40,000
Límite de puntos clave por megapixel	1,000
Puntos de paso por foto	4,000
Excluir puntos de paso inmóviles	Sí
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	2 minutos 45 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	707.82 MB
Tiempo de orientación	52 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	31.12 MB

Parámetros de optimización

Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajustar correcciones adicionales	Sí
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Excluir las esquinas	No
Tiempo de optimización	16 segundos
Fecha de creación	2024:10:04 21:59:39
Versión del programa	2.1.3.18946
Tamaño de archivo	3.94 MB

Mapas de profundidad

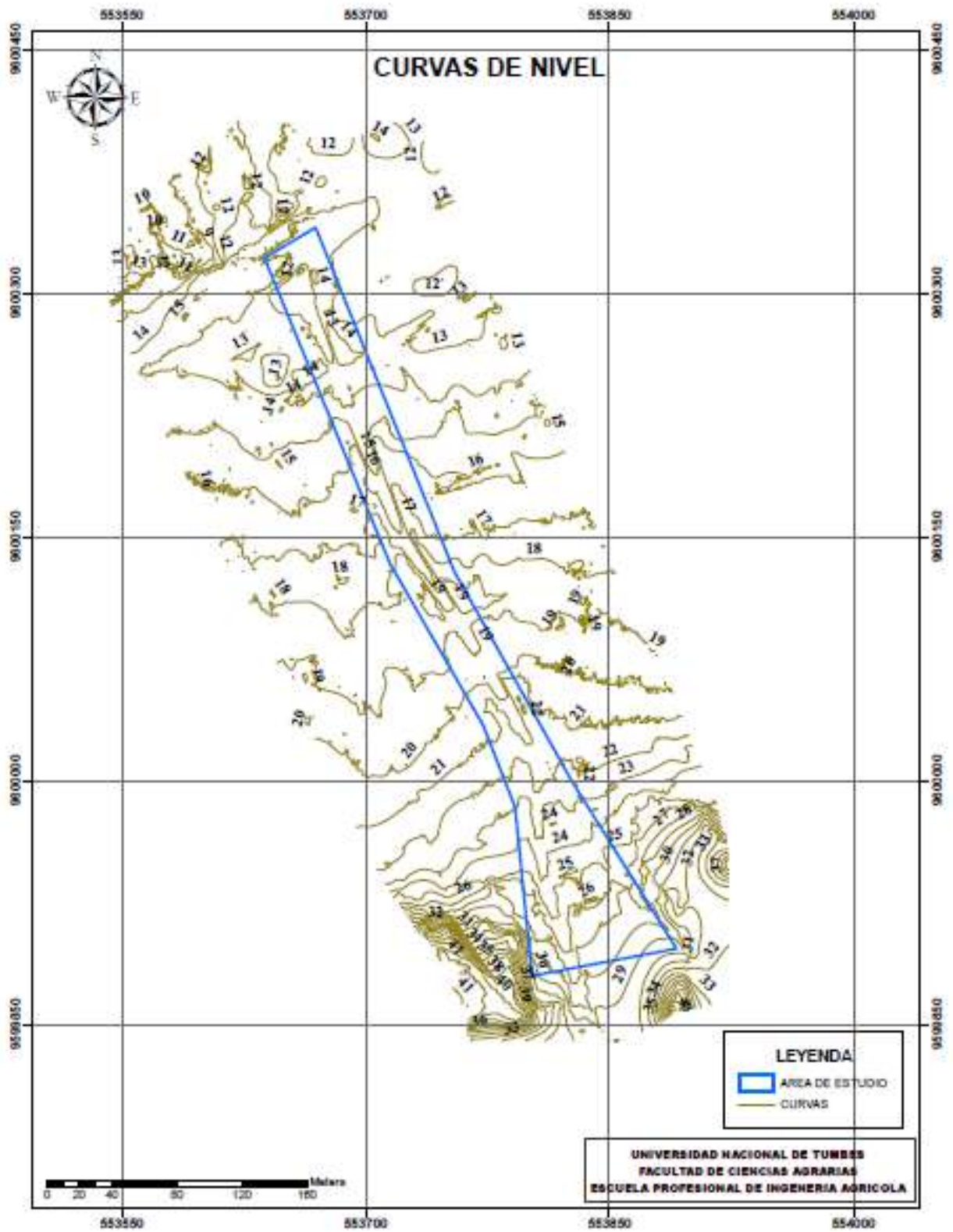
Número	46
--------	----

Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Media
Modo de filtrado	Moderado
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	2 horas 11 minutos
Uso de memoria	627.22 MB

Fecha de creación	2025:10:05 00:47:54
Versión del programa	2.1.3.18946
Tamaño de archivo	93.16 MB
Nube de puntos	
Puntos	11,234,259
Precisión de las coordenadas	3.01 cm
Atributos de los puntos	
Color	3 bandas, uint8
Normal	
Clases de puntos	
Creado (nunca clasificado)	6,717,667
Sin asignar	84,800
Terreno	4,425,430
Punto enterrado (ruido)	6,362
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Modo de filtrado	Moderado
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	2 horas 11 minutos
Uso de memoria	627.22 MB
Parámetros de generación de la nube de puntos	
Origen de datos	Mapas de profundidad
Tiempo de procesamiento	1 minuto 47 segundos
Uso de memoria	926.97 MB
Parámetros de clasificación de puntos de terreno	
Ángulo máximo (deg)	15
Ángulo máximo de pendiente del terreno (deg)	30
Distancia máxima (m)	0.3
Tamaño de célula (m)	50
Tiempo de clasificación	1 minuto 6 segundos
Uso de memoria durante la clasificación	456.65 MB
Fecha de creación	2024:10:05 02:38:06
Versión del programa	2.1.3.18946
Tamaño de archivo	146.90 MB
Modelo	
Caras	1,352,740
Vértices	676,581
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Modo de filtrado	Moderado
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	2 horas 11 minutos
Uso de memoria	627.22 MB
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Arbitrario
Origen de datos	Mapas de profundidad
Interpolación	Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	4 minutos 23 segundos
Uso de memoria	992.43 MB
Fecha de creación	2024:10:21 21:15:04
Versión del programa	2.1.3.18946
Tamaño de archivo	29.03 MB
MDE	
Tamaño	3,254 x 4,923

Resolución	12.0 cm/pix
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Parámetros de reconstrucción	
Origen de datos	Nube de puntos
Interpolación	Habilitada
Clases fuente	Creado (nunca clasificado), Sin asignar, Terreno
Tiempo de procesamiento	33 segundos
Uso de memoria	218.73 MB
Fecha de creación	2024:10:21 21:08:28
Versión del programa	2.1.3.18946
Tamaño de archivo	39.00 MB
Ortomosaico	
Tamaño	3,714 x 5,514
Resolución	12.0 cm/pix
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Colores	3 bandas, uint8
Ortofotos individuales	4.30 MB
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	Nube de puntos
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	11 segundos
Uso de memoria	664.13 MB
Fecha de creación	2024:10:05 02:52:24
Versión del programa	2.1.3.18946
Tamaño de archivo	16.42 MB
Sistema	
Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	2.1.3 build 18946
OS	Windows 64 bit
RAM	15.90 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i5-3570 CPU @ 3.40GHz
GPU(s)	Ninguno



DISCUSION

- En concordancia con lo reportado por **López (2020)** en la Universidad Nacional de Piura, se verificó que a menores alturas de vuelo se logra una mayor precisión geométrica en la restitución fotogramétrica. Al igual que en dicho estudio, el vuelo a 80 m proporcionó los menores errores residuales en la comparación con puntos de control obtenidos mediante GPS geodésico, confirmando la relación directa entre resolución espacial y exactitud métrica.
- De manera similar, **Ramírez (2021)** en su tesis de la Universidad Nacional Agraria La Molina, encontró que los vuelos a 100 m representaban un equilibrio entre cobertura y precisión, lo que coincide con los hallazgos del presente trabajo. En ambos casos, se comprobó que esta altura es adecuada para aplicaciones de catastro rural y planificación agrícola, donde se requiere buena precisión sin elevar demasiado los costos de procesamiento.
- Sin embargo, los resultados difieren parcialmente de los obtenidos por **Sánchez (2019)** en la Universidad Nacional de Cajamarca, donde se reportó que la diferencia de precisión entre vuelos a 100 y 120 m era mínima y no significativa estadísticamente. En el presente estudio, por el contrario, se evidenció que los errores en el vuelo a 120 m aumentaron respecto a los de 100 m, lo que podría atribuirse a las condiciones topográficas particulares de la zona de estudio en Corrales (San Isidro), caracterizada por variaciones en relieve y cobertura vegetal que afectan el solapamiento y la reconstrucción tridimensional.
- Asimismo, comparando con la investigación de **García (2022)**, quien evaluó vuelos con drones DJI Phantom 4 sin RTK, se reafirma que la precisión depende no solo de la altura de vuelo, sino también del número y distribución de puntos de control en tierra. En este trabajo se pudo constatar que, a pesar de no contar con sistema RTK, la correcta colocación de puntos de control permitió alcanzar precisiones compatibles con estándares de levantamientos catastrales.
- Los resultados obtenidos evidencian que una menor cantidad de puntos de apoyo conlleva a una reducción en la precisión, y que un incremento en la altura de vuelo también repercute negativamente en la exactitud de los datos.

V. CONCLUSIONES

- La reducción de la altura de vuelo permitió obtener imágenes con mayor resolución espacial, lo cual favoreció la generación de productos cartográficos más precisos y detallados, como ortofotos y modelos digitales de elevación.
- El incremento en la cantidad de puntos de apoyo contribuyó significativamente a mejorar el proceso de georreferenciación y ajuste del modelo fotogramétrico, reduciendo errores sistemáticos y aumentando la confiabilidad de los resultados.
- Una altura de vuelo de 80 metros resulta ser la más eficiente para la ejecución de levantamientos fotogramétricos.

VI. RECOMENDACIONES

- Es fundamental complementar el uso de tecnologías fotogramétricas con drones con los métodos tradicionales de topografía terrestre, dado que la topografía convencional presenta limitaciones en zonas de difícil acceso o de alto riesgo para el personal técnico. Sin embargo, la topografía con drones, si bien permite operar en estas áreas de manera más segura y eficiente, aún no alcanza los niveles de precisión que ofrece la topografía clásica en ciertos contextos específicos.
- Es imprescindible llevar a cabo una planificación detallada de la misión de vuelo, considerando variables climatológicas como la velocidad del viento, la temperatura y la humedad relativa, así como la hora del día en la que se efectuará el levantamiento.
- Un aspecto clave a considerar es el número de puntos de apoyo, el cual depende directamente del tamaño del área a levantar y la altura de vuelo.
- Se recomienda minimizar el intervalo de tiempo entre vuelos sucesivos, a fin de evitar variaciones en las condiciones de iluminación que puedan generar diferencias de tonalidad en las imágenes captadas.
- Verificar con anticipación si el área de estudio se localiza dentro de una zona con restricciones o prohibiciones de vuelo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. (formato apa)

1. **Ayala, M. (2018).** Evaluación de Levantamientos Topográficos con Drone y Estación Total, Quebrada Señor de Quinuapata del distrito de Ayacucho, Perú. Trujillo.
2. **Coello, A., & Ballesteros, G. (2015).** Fotogrametría de UAV de Ala Fija y Comparación con Topografía Clásica. Madrid.
3. **Jauregui, L. (28 de Octubre de 2008).** webdelprofesor.ula.ve. Obtenido de http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones/Topografia%eda/TEMA_1.pdf
4. **Jiménez, G. (2007).** civilgeeks.com. Obtenido de http://www.mediafire.com/download/wcday29cvyx9cnu/Topografia_para_ing_civile_s.pdf
5. **López, M. (1993).** Introducción a la Fotogrametría. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
6. **Santamaría, J., & Sanz, T. (2011).** Fundamentos de Fotogrametría. Logroño: Universidad de la Rioja.
7. **Sánchez, I. (2017).** Determinar el Grado de Confiabilidad del Levantamiento Topográfico con Dron en la Plaza San Luis. Ancash.
8. **Tacca, H. (2015).** Comparación de Resultados Obtenidos de un Levantamiento Topográfico Utilizando la Fotogrametría con Drones al Método Tradicional. Puno.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1 MODELO 3D



ANEXO 2 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
Levantamiento fotogramétrico comparando diferentes alturas de vuelo y cantidad de puntos de control usando drones y receptores GPS – 2023	¿Determinar cómo la altura de vuelo y la cantidad de puntos de control afectan la precisión y la calidad de los levantamientos fotogramétricos realizados con drones y receptores GPS?	OBJETIVO GENERAL	<p>Hipótesis sobre la altura de vuelo:</p> <p>•H1: a mayor altura de vuelo, la precisión del modelo fotogramétrico disminuirá debido a la menor resolución de los datos capturados.</p> <p>Hipótesis sobre la cantidad de puntos de control:</p> <p>•H2: un mayor número de puntos de control mejorara la precisión del modelo fotogramétrico, ya que proporcionara más referencias para la calibración del modelo.</p> <p>Hipótesis correlacional:</p> <p>H3: Se establece una relación inversa entre la altitud de vuelo y la precisión del modelo fotogramétrico, lo que implica que, a medida que aumenta la altura de vuelo, la precisión del modelo disminuye. Contrariamente, se evidencia una relación directa entre el número de puntos de control utilizados y la precisión del modelo, lo que indica que un mayor número de puntos de control mejora la exactitud y fiabilidad del modelo fotogramétrico resultante.</p>	Independiente
		Determinar levantamiento fotogramétrico comparando diferentes alturas de vuelo y cantidad de puntos de control usando drones y receptores GPS – 2023		-Altura de vuelo. -Cantidad de puntos de control
		OBJETIVO ESPECIFICO		Dependiente
		<p>- Determinar la correlación entre la altura de vuelo y el error de posición en los modelos fotogramétricos generados.</p> <p>- Analizar la cantidad de puntos de control afecta la precisión de los levantamientos a diferentes alturas de vuelo.</p>		- Precisión del Modelo Fotogramétrico

ANEXO 3 Calibración de Sensores



ANEXO 4 Carga de Baterías y Control Remoto



ANEXO 5 Método de Planificación.



ANEXO 6 Punto de Despegue



ANEXO 7 Prueba de vuelo



ANEXO 8 Colocación del Yeso



ANEXO 9 Armado del equipo



ANEXO 10 Medición de Puntos



ANEXO 11 Ficha técnica DRONE MAVIC 2 PRO

Cámara Mavic 2 Pro

Sensor	CMOS de 1" Píxeles efectivos: 20 millones
Lente	Campo de visión (FOV): aproximadamente 77° Formato equivalente a 35 mm: 28 mm Apertura: f/2,8-f/11 Alcance de disparo: 1 m a ∞
Rango ISO	Vídeo: 100-6400 Foto: 100-3200 (automático) 100-12800 (manual)
Velocidad de obturación	Obturador electrónico: 8-1/8000 s
Tamaño de imagen fija	5472×3648
Modos de fotografía fija	Disparo único Disparo en ráfaga: 3/5 fotogramas Horquillado automático de exposición (AEB): 3/5 fotogramas horquillados con un intervalo de polarización de 0,7 EV (JPEG: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s RAW: 5/7/10/15/20/30/60 s)
Resolución de vídeo	Resolución de pantalla: 3840 × 2160 24/25/30p Resolución de pantalla: 2688 × 1512 24/25/30/48/50/60p
Velocidad de bits máxima del vídeo	100 Mbps
Modo de color	Dlog-M (10 bits), compatible con vídeo HDR (HLG 10 bits)
Sistema de archivos compatible	FAT32 (≤ 32 GB) exFAT (> 32 GB)
Formato de la fotografía	JPEG/DNG (sin procesar)
Formato de vídeo	MP4 / MOV (MPEG-4 AVC/H.264, HEVC/H.265)

Aeronave

Peso de despegue	Mavic 2 Pro: 907 g Mavic 2 Zoom: 905 g
Dimensiones	Plegado: 214×91×84 mm (largo×ancho×alto) Desplegado: 322×242×84 mm (largo×ancho×alto)
Distancia diagonal	354 milímetros
Velocidad máxima de ascenso	5 m/s (modo S) 4 m/s (modo P)
Velocidad máxima de descenso	3 m/s (modo S) 3 m/s (modo P)
Velocidad máxima (cerca del nivel del mar, sin viento)	72 km/h (modo S)
Altitud máxima de despegue	6000 metros
Tiempo máximo de vuelo (sin viento)	31 minutos (a una velocidad constante de 25 km/h)
Tiempo máximo de vuelo estacionario (sin viento)	29 minutos
Distancia máxima de vuelo (sin viento)	18 km (a una velocidad constante de 50 km/h)
Resistencia a la velocidad máxima del viento	29-38 kilómetros por hora
Ángulo de inclinación máximo	35° (modo S, con control remoto) 25° (modo P)
Velocidad angular máxima	200°/s
Rango de temperatura de funcionamiento	-10°C a 40°C
Frecuencia de funcionamiento	2,400 - 2,483 GHz 5,725 - 5,850 GHz
Potencia de transmisión (PIRE)	2,400 - 2,483 GHz FCC: ≤26 dBm CE: ≤20 dBm SRRC: ≤20 dBm MIC: ≤20 dBm 5,725-5,850 GHz FCC: ≤26 dBm CE: ≤14 dBm SRRC: ≤26 dBm

Cardán

Gama mecánica	Inclinación: -135-45° Giro: -100-100°
Rango controlable	Inclinación: -90-30° Giro: -75-75°
Estabilización	3 ejes (inclinación, balanceo, movimiento horizontal)
Velocidad máxima de control (inclinación)	120°/s
Rango de vibración angular	±0,01° (Mavic 2 Pro) ±0,005° (Mavic 2 Zoom)

Control remoto

Frecuencia de funcionamiento	2,400 - 2,483 GHz; 5,725 - 5,850 GHz
Distancia máxima de transmisión (sin obstáculos, sin interferencias)	2,400 - 2,483 GHz; 5,725 - 5,850 GHz FCC: 10 000 m CE: 6 000 m SRRC: 6 000 m MIC: 6 000 m
Rango de temperatura de funcionamiento	0°C - 40°C
Potencia de transmisión (PIRE)	2,400 - 2,483 GHz FCC: ≤26 dBm CE: ≤20 dBm SRRC: ≤20 dBm MIC: ≤20 dBm 5,725-5,850 GHz FCC: ≤26 dBm CE: ≤14 dBm SRRC: ≤26 dBm
Batería	3950 mAh
Corriente/voltaje de funcionamiento	1800 mA - 3,83 V
Tamaño de dispositivo móvil compatible	Longitud máxima: 160 mm; espesor máximo: 6,5-8,5 mm
Tipos de puertos USB compatibles	Lightning, Micro USB (Tipo B), USB-C

Sistema global de navegación por satélite (GNSS)	GPS+GLONASS
Rango de precisión de vuelo estacionario	Vertical: ±0,1 m (cuando el posicionamiento de visión está activo) ±0,5 m (con posicionamiento GPS) Horizontal: ±0,3 m (cuando el posicionamiento de visión está activo) ±1,5 m (con posicionamiento GPS)
Almacenamiento interno	8 GB

Sistema de detección

Sistema de detección	Detección de obstáculos omnidireccional ¹
Adelante	Rango de medición de precisión: 0,5 - 20 m Rango de detección: 20 - 40 m Velocidad de detección efectiva: ≤ 14 m/s Campo de visión: horizontal: 40°, vertical: 70°
Hacia atrás	Rango de medición de precisión: 0,5 - 16 m Rango de detección: 16 - 32 m Velocidad de detección efectiva: ≤ 12 m/s Campo de visión: horizontal: 60°, vertical: 77°
Hacia arriba	Rango de medición de precisión: 0,1 - 8 m
Hacia abajo	Rango de medición de precisión: 0,5 - 11 m Rango de detección: 11 - 22 m
Lados	Rango de medición de precisión: 0,5 - 10 m Velocidad de detección efectiva: ≤ 8 m/s Campo de visión: horizontal: 80°, vertical: 65°
Entorno operativo	Adelante, Atrás y Laterales: Superficie con patrón claro e iluminación adecuada (lux > 15) Hacia arriba: Detecta superficies reflectantes difusas (>20%) (paredes, árboles, personas, etc.) Hacia abajo: Superficie con patrón claro e iluminación adecuada (lux > 15) Detecta superficies reflectantes difusas (>20%) (paredes, árboles, personas, etc.)

Aporte	100-240 V, 50/60 Hz, 1,8 A
Producción	Principal: 17,6 V = 3,41 A o 17,0 V = 3,53 A USB: 5 V = 2 A
Voltaje	17,6 ± 0,1 V
Potencia nominal	60 vatios

APLICACIÓN

Sistema de transmisión de vídeo	OcuSync 2.0
Nombre	DJI GO 4
Calidad de visualización en vivo	Control remoto: 720p a 30 fps / 1080p a 30 fps DJI Goggles: 720p a 30 fps / 1080p a 30 fps DJI Goggles RE: 720p a 30 fps / 1080p a 30 fps
Latencia (dependiendo de las condiciones ambientales y del dispositivo móvil)	120-130 ms
Velocidad de bits máxima de visualización en vivo	12 Mbps

Batería de vuelo inteligente

Capacidad	3850 mAh
Voltaje	15,4 V
Voltaje máximo de carga	17,6 V
Tipo de batería	Batería de polímero de litio de 4S
Energía	59,29 Wh
Peso neto	297 gramos
Rango de temperatura de carga	5°C a 40°C
Potencia máxima de carga	80 vatios

Tarjetas SD compatibles

Tarjetas SD compatibles	Micro SD™ Admite una tarjeta microSD con capacidad de hasta 128 GB. Se requiere una tarjeta microSD con clasificación de velocidad UHS-I 3.
Tarjetas microSD recomendadas	32 GB Sandisk V30 Sandisk Extreme V30 Pro 64 GB Sandisk Extreme Pro V30 128 GB Sandisk Extreme V30 Sandisk Extreme Pro V30 Kingston Canvas Go! Kingston Canvas React

ANEXO 12 Costos

RUBROS	PARCIAL	TOTAL
ASISTENTE	S/300	S/1,500
PAPEL BOND A4	S/60	S/60
LAPTOP DE INGENIERO	S/7,600.00	S/7,600.00
INTERNET	S/90	S/270.00
MOVILIDAD	S/300	S/3,000.00
EQUIPO TOPOGRAFICO	\$ 200.00	S/1,429.98
DRONE	S/400.00	S/4,000.00
SEGURIDAD DE CAMPO	S/300.00	S/2,000.00
MEMORIA MICRO SD	S/100.00	S/200.00
CELULAR	S/2,000.00	S/2,000.00
AGISOFT METASHAPE PROFESSIONAL 1.5.2	S/350	S/350
IMPRESIÓN DEL PROYECTO	S/160.00	S/160.00
TOTAL		S/22,570