



FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS DIGITALES DE
TERRENO GENERADOS MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA CON
VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO Y TOPOGRAFÍA
TRADICIONAL EN OBRAS VIALES. HUANCAYO, 2018”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

MONGE VILLANUEVA GIULIANNA ALESSANDRA

ASESOR:

ING. GARCIA CORZO, AUGUSTO

HUANCAYO – PERÚ
2018

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el apoyo incondicional, por darme fuerza para culminar este trabajo y guiarme todo momento.

A mis profesores por su aporte en mi formación profesional

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS DIGITALES DE TERRENO GENERADOS MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA CON VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO Y TOPOGRAFÍA TRADICIONAL EN OBRAS VIALES. HUANCAYO, 2018” se ha realizado en Carretera Chupuro – Moya, Km 04+000, ubicado en la provincia de Huancayo, distrito de Chupuro, para el cual se ha planteado realizar la digitalización y vectorización de imágenes de las formas del terreno, obtenidas a través de una cámara aérea instalada en un UAV (Unmanned aerial vehicle). Vehículo aéreo no tripulado, denominado también dron.

El objetivo principal de la presente investigación es comprobar el resultado de medidas obtenidas en forma directa con una estación total, equipo que es catalogado como instrumento de alta precisión una vez configurado; con las medidas obtenidas de las fotos aéreas tomadas desde un Dron (UAV), y con el apoyo de un software especializado en este tema, con la finalidad de comparar la precisión adecuada. Estas se verificaron mediante una red abierta instalada con GPS diferencial. A partir de este procesamiento se puede obtener el modelamiento en forma virtual, así mismo la comparación de tiempo en cada una de las modalidades de trabajo, y así determinar la forma más adecuada para su ejecución.

La conclusión final nos da a conocer en un nivel de precisión, costo y tiempo en un 95% de confianza, en la comparación hecha tanto con la estación total, así como el procesamiento de las aerofotos obtenidas con el Dron (UAV). Esto quiere decir que

ambos métodos son similares estadísticamente en resultado de medidas.

Palabras clave:

Método, comparación, medición, fotogrametría, drone.

ABSTRACT

The present research work entitled "COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGITAL MODELS OF LAND GENERATED BY PHOTOGRAMMETRY WITH UNDERGROUND AERIAL VEHICLE AND TRADITIONAL TOPOGRAPHY IN ROAD WORKS, HUANCAYO, 2018" has been carried out in Carretera Chupuro - Moya, Km 04 + 000, located in the province of Huancayo, district of Chupuro, for which the digitalization and vectorization of images of the land forms has been considered, through an aerial camera installed in a UAV (unmanned aerial vehicle). Unmanned aerial vehicle, also robot drone.

The main objective of the current investigation is the result of the measures in direct form with a total station, equipment that is cataloged like instrument of high precision once configured; with the incorporated measurements of the photos taken from an unmanned aircraft (UAV), and with the support of a software specialized in this subject, in order to compare the appropriate accuracy. From this moment, modeling can be obtained in virtual form, likewise the comparison of time in each one of the working modalities, and thus determine the most suitable form for its execution.

The final conclusion gives us to know in a level of precision, cost and time in a 95% of confidence, in the measure that both with the total station, as the processing of the aircraft with the Drone (UAV). This means that both methods are statistically similar in result of measures.

Keywords:

Method, comparison, measurement, photogrammetry, drone

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE	vii
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE TABLAS.....	xv
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I : EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	- 17 -
1.1 Planteamiento De Problemas De Investigación	- 17 -
1.2 Formulación Del Problema	- 19 -
1.2.1 Problema General	- 19 -
1.2.2 Problemas Específicos	- 19 -
1.3 Objetivos De La Investigación.....	- 20 -
1.3.1 Objetivo General.....	- 20 -
1.3.2 Objetivos Específicos	- 20 -
1.4 Justificación E Importancia De La Investigación	- 21 -
1.4.1 Justificación	- 21 -
1.4.2 Importancia	- 21 -

1.5	Limitaciones De La Investigación	- 22 -
1.5.1	Espacial.....	- 22 -
1.5.2	Temporal.....	- 23 -
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		- 24 -
2.1	Antecedentes De La Investigación.....	- 24 -
2.1.1	Antecedente Internacional	- 24 -
2.1.2	Antecedente Nacional	- 24 -
2.1.3	Referencias Históricas	- 25 -
2.2	Bases Teóricas.....	- 26 -
2.2.1	Marco Legal.....	- 26 -
2.2.2	Drone	- 27 -
2.2.3	Fotogrametria.....	- 35 -
2.2.4	Fotografías Y Cámaras	- 43 -
2.2.5	Precisión Del Levantamiento.....	- 50 -
2.2.6	Imágenes Raw	- 50 -
2.2.7	Imagen Dgn.....	- 51 -
2.2.8	Imagen Jpg.....	- 51 -
2.2.9	Software De Fotogrametría.....	- 52 -
2.2.10	Etapa De Reconocimiento	- 57 -
2.2.11	Georreferenciacion.....	- 58 -
2.3	Definicion De Términos.....	- 58 -

2.3.1	Puntos De Control.....	- 58 -
2.3.2	Exactitud	- 58 -
2.3.3	Rendimiento.....	- 59 -
2.3.4	Costo	- 59 -
2.4	Hipotesis.....	- 60 -
2.4.1	Hipotesis general.....	- 60 -
2.4.2	Hipótesis específicas	- 60 -
2.5	Variables	- 61 -
2.5.1	Variable independiente	- 61 -
2.5.2	Variable dependiente	- 61 -
2.5.3	Operacionalización de Variables	- 62 -
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....		- 63 -
3.1	Diseño De Investigación	- 63 -
3.1.1	Tipo de Investigación.....	- 63 -
3.1.2	Nivel de Investigación	- 63 -
3.1.3	Métodos de Investigación	- 64 -
3.1.4	Diseño de Investigación.....	- 64 -
3.2	Población Y Muestra De La Investigación	- 64 -
3.2.1	Población	- 64 -
3.2.2	Muestra	- 64 -
3.3	Técnicas E Instrumentos Para La Recolección De Datos	- 65 -

3.3.1	Técnicas	- 65 -
3.3.2	Instrumentos.....	- 65 -
CAPITULO IV: RESULTADOS		- 66 -
5.1	GEORREFERENCIACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL	- 66 -
5.1.1	Ubicación de los puntos de control.....	- 66 -
5.1.2	Ubicación Política.....	- 66 -
5.1.3	Ubicación Geográfica	- 66 -
5.2	Equipos de ingeniería.....	- 68 -
5.3	Procedimiento y ejecución	- 68 -
5.3.1	Planeamiento.....	- 68 -
5.3.2	Trabajos De Campo	- 68 -
5.3.3	Calculos de Gabinete	- 69 -
5.4	Levantamiento Topografico.....	- 70 -
5.5	Levantamiento Fotogramétrico	- 71 -
5.5.1	Reconocimiento Del Área.....	- 72 -
5.5.2	Georreferenciación.....	- 73 -
5.5.3	Planificación De Vuelo	- 73 -
5.6	Recolección De Imágenes	- 79 -
5.7	Procesamiento De Imágenes	- 80 -
5.7.1	Flujo De Trabajo	- 81 -
5.8	Obtencion De Datos Con Estacion Total	- 100 -

5.9	Obtencion De Datos Con Vehículo Aéreo No Tripulado	100 -
5.10	Obtencion De Datos Con Gps Diferencial	100 -
5.11	Resumen De Puntos A Analizar Procesadas	101 -
5.12	Tratamiento Estadístico.....	104 -
5.12.1	Muestras Analizadas.....	104 -
5.12.2	Nivel De Significancia.....	105 -
5.12.3	Análisis Para La Exactitud.....	106 -
5.12.4	Análisis Para El Tiempo Utilizado En Campo	108 -
5.12.5	Análisis Para El Tiempo Utilizado En Gabinete	110 -
5.12.6	Análisis Para El Tiempo Utilizado En Gabinete	112 -
CAPITULO V: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS		114 -
6.1	Prueba De Hipótesis General	114 -
6.2	Prueba De Hipótesis Específicas.....	114 -
CONCLUSIONES		115 -
RECOMENDACIONES		116 -
FUENTES DE INFORMACIÓN		117 -
ANEXOS.....		120 -
1.	Matriz de consistencia	121 -
2.	Instrumentos de recolección de datos.....	122 -
a.	PUNTOS OBTENIDOS CON ESTACIÓN TOTAL.....	122 -
b.	PUNTOS OBTENIDOS CON FOTOGRAMETRÍA	143 -

3.	Fichas de validación de expertos.....	¡Error! Marcador no definido.
4.	Otros.....	- 153 -
a.	PANEL FOTOGRÁFICO	- 153 -

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. TIPOS DE DRONE	- 28 -
Ilustración 2. DRONE CONTROL REMOTO	- 29 -
Ilustración 3. Tipos de Escala	- 45 -
Ilustración 4. Entorno de AutoCAD Civil 3D	- 53 -
Ilustración 5. Interfaz de AGISOFT PHOTOSCAN	- 54 -
Ilustración 6. Entorno de ArcGIS.	- 55 -
Ilustración 7. Interfaz de PIX4D MAPPER	- 57 -
Ilustración 8. Ubicación de los Puntos de Control.....	- 67 -
Ilustración 9. Reconocimiento del área.....	- 71 -
Ilustración 10. Planificación de vuelo y captura de imágenes.....	- 71 -
Ilustración 11. Procesamiento de imágenes.....	- 72 -
Ilustración 12. Interfaz de la aplicación DroneDeploy	- 74 -
Ilustración 13. Crear nuevo proyecto.....	- 75 -
Ilustración 14. Parámetros de vuelo.....	- 76 -
Ilustración 15. Configuraciones avanzadas del plan de vuelo.	- 77 -
Ilustración 16. Guardar plan de vuelo e iniciar misión.....	- 79 -
Ilustración 17. Añadir fotografías del proyecto fotogramétrico	- 81 -
Ilustración 18. Ubicación de la carpeta contenedora de las fotografías.....	- 82 -
Ilustración 19. Orientar fotografías.....	- 83 -
Ilustración 20. Parámetro de orientación de fotografías	- 83 -
Ilustración 21. Creación de nube de puntos densa.....	- 84 -
Ilustración 22. Parámetros para la creación de nube de puntos densa.	- 85 -
<i>Ilustración 23. Nube de Puntos densa de la vía en estudio.</i>	<i>- 85 -</i>

Ilustración 24. Creación de mallas.....	- 87 -
<i>Ilustración 25. Parámetros para la creación de malla.</i>	- 88 -
Ilustración 26. Malla de la vía en estudio	- 88 -
Ilustración 27. Creación de textura.	- 91 -
Ilustración 28. Parámetros de creación de textura.	- 92 -
Ilustración 29. Malla con textura de la vía en estudio.	- 92 -
Ilustración 30. Creación de Modelo Digital de Elevación (DEM).	- 94 -
Ilustración 31. Parámetros para la creación del Modelo Digital de Elevación.	- 95 -
Ilustración 32. Mallas del Modelo Digital de Elevación de la vía en estudio.	- 95 -
Ilustración 33. Creación de Ortomosaico u Ortofotografía.	- 98 -
Ilustración 34. Parámetros para la creación de Ortomosaico.....	- 99 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de control en Coordenadas Geograficas Wgs-84, Y Utm-84	- 69 -
Tabla 2. PUNTOS TOMADOS CON ESTACION TOTAL.....	- 101 -
Tabla 3. PUNTOS TOMADOS CON VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO..	- 102 -
Tabla 4. CALCULO DE ERROR PLANIMÉTRICO Y ALTIMÉTRICO .	- 103 -
Tabla 5. Prueba “t” para la variable exactitud.....	- 107 -
Tabla 6. Cuadro 19: Resultados de la variable tiempo en campo.....	- 108 -
Tabla 7. Prueba “t” para la variable tiempo.....	- 109 -
Tabla 8. Resultados de tiempo empleado en gabinete	- 110 -
Tabla 9. Prueba “t” para la variable tiempo en gabinete	- 111 -
Tabla 10. Resultado de la variable costo en soles.....	- 112 -

INTRODUCCIÓN

Los estudios topográficos son fundamentales para representar gráficamente las características y detalles de un terreno, generando mapas topográficos que cumplen con muchas funciones dentro de la ingeniería en obras civiles, tales como diseño, replanteo, cálculos de volúmenes, superficies y distancias, entre otros.

Actualmente, en el Perú, los estudios topográficos, vienen realizándose tradicionalmente con estación total de precisión adecuada, pero con limitantes de accesibilidad en zonas accidentadas, rendimiento por jornada y poca densidad de puntos que caracterizan el terreno.

Sin embargo, nos encontramos en una época donde el avance vertiginoso de la tecnología permite aplicar métodos alternativos de obtención de datos y proceso de información confiable, por tanto, toca investigar éstos métodos alternativos a los ya estudiados y demostrados, para poder llegar a resultados óptimos en lo referente a un modelamiento de terreno.

La fotogrametría con drones es una de las alternativas a la topografía tradicional, ya que obtiene información detallada de un terreno de manera indirecta, es decir, mediante fotografías aéreas georreferenciadas.

Por ello, se hace necesario investigar los nuevos métodos con el objeto de llegar a un mismo fin en un tiempo y costo menor. Motivo por el cual se realizó la presente tesis titulada: “ANÁLISIS COMPARATIVO PARA LA GESTIÓN DE MODELOS DIGITALES DE TERRENO MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA CON VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO Y TOPOGRAFÍA TRADICIONAL EN OBRAS VIALES. HUANCAYO, 2018”

CAPÍTULO I : EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento De Problemas De Investigación

Con el avance de la tecnología y la llegada de nuevos sensores hará la captura de información es necesario estudiar ciertas ventajas y desventajas que ofrecen para la representación de modelos digitales de un terreno. En este estudio compararemos los resultados obtenidos por el método fotogramétrico y el método topográfico tradicional, analizando la exactitud, rendimiento y costos.

En la actualidad la topografía ha tenido evoluciones significativas, con técnicas e instrumentos que permiten realizar mediciones directas o indirectas de la superficie terrestre, de una manera más rápida y obteniendo resultados cada vez más precisos y confiables, lo que es requerido por el ingeniero civil para obtener la información necesaria para hacer un análisis de la superficie que permita realizar la planificación de los diversos tipos de proyectos civiles.

La ejecución de levantamientos topográficos en el país ha tenido avances significativos en los últimos años, permitiendo un análisis más completo de las superficies. El uso de equipos topográficos como la estación total es cada vez más común en la ejecución de los levantamientos topográficos; sin embargo, la aplicación de técnicas y equipos más avanzados para la obtención de datos de topografía es aún poco común en el país.

El uso de la estación total permite realizar mediciones precisas, pero las jornadas de realización de los levantamientos son largas, requieren de varias personas para su ejecución y pueden presentar situaciones donde el acceso de los topógrafos a los sitios donde se realizará la medición es difícil y puede suponer un riesgo. Esto supone un problema, pues la importancia de los datos obtenidos a partir de los levantamientos topográficos es notable en la formulación y ejecución de proyectos y existe la necesidad que la obtención de estos datos se dé en el menor tiempo posible y que estos sean confiables.

La demanda de estos datos topográficos es grande debido a la constante ejecución de proyectos de obra civil que requieren del conocimiento de la topografía de la superficie.

La elaboración de estudios preliminares, trazado de caminos, cálculos volumétricos, definición de curvas de nivel en zonas con difícil acceso, así como obtener una base de datos topográficos que cumpla con las exigencias de cada proyecto se facilita con la integración de nuevas tecnologías, como el uso de vehículos aéreos no tripulados o drones para aplicar técnicas fotogramétricas.

Sin embargo, en el país hay poco conocimiento sobre el uso de estas aeronaves y su uso en conjunto con los programas informáticos actualmente utilizados para hacer análisis fotogramétricos.

1.2 **Formulación Del Problema**

De las necesidades presentadas en el presente proyecto surgen las siguientes interrogantes principales y específicas:

1.2.1 **Problema General**

¿Qué método es más efectivo para la generación de modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018?

1.2.2 **Problemas Específicos**

- ¿Qué exactitudes se obtiene en los modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018?
- ¿Cuáles son los rendimientos en la generación de modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018?
- ¿En cuánto difieren los costos de generación de modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018?

1.3 Objetivos De La Investigación

1.3.1 Objetivo General

Determinar el método más efectivo para la gestión de modelos digitales de terreno: la fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado o la topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Comparar la exactitud de los modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018.
- Evaluar los rendimientos en la generación modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018.
- Estimar la diferencia de costos para la generación de modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con drones y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018.

1.4 Justificación E Importancia De La Investigación

1.4.1 Justificación

La presente investigación se justifica debido a que es necesario tener conocimiento de los factores que intervienen en la gestión de modelos digitales del terreno en un levantamiento fotogramétrico y topográfico, permitiéndonos determinar qué tan eficiente son estos métodos de captura de información cuando dicha información será utilizada en obras viales.

Dentro de diferentes cursos, laboratorios y talleres que se realiza en el área de topografía a nivel pregrado, se adquieren conocimientos, técnicas y métodos que van evolucionando conforme el tiempo avanza.

Con el avance de la tecnología para obtención de modelos digitales del terreno, es importante realizar estudios que determinen su efectividad y confiabilidad

1.4.2 Importancia

La presente investigación dará como resultado información actualizada sobre la exactitud, rendimiento y costo que influyen en la gestión de modelos digitales del terreno mediante los métodos fotogramétrico y topográfico tradicional aplicado a obras viales.

1.5 Limitaciones De La Investigación

1.5.1 Espacial

El presente estudio evalúa los modelos digitales de terreno limitándose a comparar sólo los siguientes aspectos: exactitud de medición, rendimiento y costo, en un tramo de carretera de 02 Km de longitud.

Para ello, se utilizará un vehículo aéreo no tripulado (UAV), comúnmente denominado dron modelo PHANTOM 4 PRO para el método fotogramétrico y una estación total TS06-2'' PLUS para el método topográfico. Como medición base se utilizará un GPS Diferencial.

No se cuenta con normativas o especificaciones que regulen la ejecución de vuelos fotogramétricos con vehículos aéreos no tripulados en la región, por lo que el procedimiento de ejecución del vuelo será ejecutado de acuerdo a principios establecidos en diversas fuentes bibliográficas.

Otra limitación es los recursos tecnológicos disponibles para la realización de la presente investigación, por ello sólo utilizaremos un vehículo aéreo no tripulado (UAV), comúnmente denominado dron, modelo PHANTOM 4 PRO y una estación total TS06-2'' PLUS para el trabajo de campo. Para el procesamiento de datos utilizaremos software's comerciales con licencia de prueba, tales como: Pix4D, Civil 3D, ArcGis y DroneDeploy.

1.5.2 Temporal

La presente investigación tendrá un tiempo de ejecución de cuatro meses, donde se realizará el levantamiento topográfico con drone además del procesamiento de datos y la redacción final del borrador.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes De La Investigación

2.1.1 Antecedente Internacional

- APLICACIÓN DE FOTOGRAMETRÍA AÉREA EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS MEDIANTE EL USO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS, Tesis De Grado Previa A La Obtención Del Título De Ingeniero Civil, Autores: Claros Zelaya, René Alberto, Guevara Aguilar, Alex Enrique, Pacas Cruz, Nelson Ricardo, agosto de 2016, El Salvador.
- EL USO DEL GPS EN RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA Y DE LAS POLIGONALES DE REFERENCIAS EN EL PROYECTO DE CARRETERAS, Tesis de Grado previa a la obtención del título de Ingeniero Topógrafo Y Geodesta, Autor: Elpidio Cruz Fuentes, año 2011, México.

2.1.2 Antecedente Nacional

- COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO UTILIZANDO LA FOTOGRAMETRIA CON DRONES AL METODO TRADICIONAL, Presentado por: Hilario Tacca QQuelca, para optar el título de: Ingeniero Topógrafo y Agrimensor, Año 2015, Puno – Perú.

- MTC. (2001a). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001: Ministeriode Transportes y Comunicaciones del Perú, Lima, Perú.

2.1.3 Referencias Históricas

HILARIO TACCA QQUELCA (2015), “COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO UTILIZANDO LA FOTOGRAMETRIA CON DRONES AL METODO TRADICIONAL”. TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE: INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO. PERÚ, 2015.

El objetivo principal esta investigación es comprobar el resultado de medidas obtenidas en forma directa con una estación total, equipo que es catalogado como instrumento de alta precisión una vez configurado; con las medidas obtenidas de las fotos aéreas tomadas desde un Drone (UAV) mediante fotogrametría.

En su conclusión final nos da a conocer que la precisión, costo y tiempo alcanza un 95% de confianza, en la comparación hecha tanto con la estación total, así como el procesamiento de las aerofotos obtenidas con el Drone (UAV). Esto quiere decir que ambos métodos son similares estadísticamente en resultado de medidas.

ELPIDIO CRUZ FUENTES (2011). “EL USO DEL GPS EN RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA Y DE LAS POLIGONALES DE REFERENCIAS EN EL PROYECTO DE CARRETERAS”, TESIS DE GRADO PREVIA A LA

OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO TOPÓGRAFO Y GEODESTA.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO.

Esta investigación tiene como objetivo mostrar en forma gráfica y teórica, la intervención del Ingeniero Topógrafo en el conocimiento de éstas en las técnicas de levantamientos del apoyo terrestre (Fotogramétrico y Poligonales) aplicado a un proyecto constructivo de carretera.

Con los valores obtenidos de la estación total y fotogrametría y después de hacer la comparativa, se llegó a la siguiente conclusión: “Finalmente el levantamiento fotogramétrico, la medición con receptores GPS y su transformación de UTM a TOPOGRAFICAS, nos proporcionan rapidez, seguridad y confianza de los datos que de ellos derivan, para realizar cualquier proyecto de infraestructura, economizando los costos de producción.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Marco Legal

2.2.1.1 Manual De Carreteras Diseño Geométrico. Dg 2014: Capítulo IX: Estudios de ingeniería básica. Sección Topografía

El presente manual, establece las características y requerimientos de un levantamiento topográfico para carreteras, comprendiendo básicamente lo siguiente:

Definición de la franja a levantar, teniendo en cuenta, la longitud del proyecto y considerando un ancho suficiente para poder efectuar variaciones del trazo.

Establecimiento de una red de puntos ubicados a distancias no mayores a 10 metros o según lo establezcan los documentos de la entidad contratante.

Colocación de BMs (Bench Mark) cada 500 m o a las distancias que establezca la entidad contratante, tomando como referencia las cotas de los hitos de control vertical del IGN, o con la aprobación de la entidad contratante, se podrá establecer la indicada cota de referencia mediante otro método.

Detalles planimétricos, altimétricos, planos topográficos, levantamientos complementarios y otros, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.

2.2.2 **Drone**

Es un pequeño tipo de aparato volador no tripulado y que puede ser controlado en forma remota; un drone puede ser usado en infinidad de tareas que el humano no puede o no quiere realizar, es también denominado UAV (unmanned aerial vehicle), cuya traducción es vehículo aéreo no tripulado, hoy en día los Drones son muy conocidos y vistos en diversos usos, uno, por ejemplo, es en eventos; recitales, desfiles de moda y hasta protestas, y también es utilizada por la ingeniería ya que es un instrumento que facilita muchos procesos. (BELIEVE, 2017, pág. 7)

Estos son pocos de los muchos usos que poseen hoy en día estos vehículos no tripulados conocidos como Drones, sin embargo, también se les encuentra utilidad tanto para

el control de incendios forestales, investigaciones arqueológicas, fines geológicos, como para usarlos como satélites, e incluso por diversión. (DRONES A. , 2017)

2.2.2.1 Tipos De Drones O Uavs

ALAS FIJAS	
MULTIROTOR	
MILITARES	

Ilustración 1. TIPOS DE DRONE

Fuente: Elaboración propia

DEFINICIONES BASICAS:

GPS: Global Position System (Sistema de posicionamiento global)

SIG: Sistema de Información Geográfica.

WiFi: Wireless Fidelity.

GNSS: Global Navigation Satellite System (Sistema global de navegación satelital).

UAV: Unmanned Aerial Vehicle (DRONE) Vehículo aéreo no tripulado.

CPU: Central Processing Unit.

FCS: Flight Control System.

HALE: Low altitude, long endurance.

EGNOS: European Geostationary Navigation Overlay System.

MALE: Medium altitude, long endurance.

GPRS: General Packet Radio Service.

VHF: Very High Frequency.

UHF: Ultra High Frequency.



Ilustración 2. DRONE CONTROL REMOTO

Fuente: DRONETOOLS

2.2.2.2 Usos Y Aplicaciones De Drones

Los drones o UAV tienen un gran potencial en áreas muy diversas, ya que puede desplazarse rápidamente sobre un terreno irregular o accidentado y superar cualquier tipo de obstáculo ofreciendo imágenes a vista de pájaro y otro tipo de información recogida por diferentes sensores. (FLORES, 2017, pág. 23)

Su diseño con cámaras y GPS incorporado y sensores de todo tipo, fue inicialmente desarrollado para ser usado en los círculos militares, como misiones espías y hasta portando misiles de guerra para disparar contra blancos teledirigidos. (CARVAJAL, 2017)

En los últimos años, gracias a que los precios de fabricación descendieron, se amplió el uso de estos y podemos disponer de esta tecnología para otras funciones como emplearlos para la ingeniería ya que es una herramienta de mucha ayuda. Tengamos en cuenta que comprar un dron es 60 veces más barato que un helicóptero y los costos operativos son muchísimos más bajos. (B., 2003)

Los drones son manejados con control remoto (tipo joystick) o a través de aplicaciones para Smartphone o tablets. Actualmente hay diferentes apps desarrolladas para iOS, Android y hasta Linux para pilotar un dron, sacar fotos y filmar. Las empresas que se dedican al desarrollo de este producto tienen como objetivo hacerlo cada vez más intuitivo y fácil de usar para todos los públicos. (BELIEVE, 2017, pág. 28)

Al momento ya tienen varias funciones ganadas dentro de la sociedad y otras tantas que están en plena fase de experimentación. Aquí las tareas que hasta el momento fueron probadas con drones:

EN EVENTOS

Los vemos en grandes eventos de filmación como en los mundiales de fútbol en sobrevolando la cancha, mostrando desde arriba el juego con los mejores ángulos,

como ninguna otra cámara podía. También en recitales, desfiles de moda y hasta en las protestas, son captados por estos minis helicópteros que como ventaja pueden volar más bajo y más cerca de la gente que un helicóptero real y tiene muchas más posibilidades de maniobra que un brazo de grúa. Los drones abren toda una nueva gama de posibilidades al periodismo fotográfico y al cineasta.

BÚSQUEDA DE PERSONAS DESAPARECIDAS

Uno o más drones de tipo helicópteros pueden buscar personas desaparecidas en lugares abiertos o de difícil acceso como zonas montañosas o nevadas. El reducido tamaño de estos UAV, permite tenerlos siempre disponibles en estaciones de montaña, reduciendo considerablemente el tiempo de búsqueda.

Los bajos costes de estos drones comparados con el coste de un helicóptero tradicional los hacen idóneos para esta tarea (un helicóptero tradicional es al menos de 30 a 60 veces más caro, y supone riesgo de vidas humanas, alto consumo de combustible, etc).

FOTOGRAFÍA, VIDEO Y CARTOGRAFÍA AÉREA

Existe un amplio mercado para estas aplicaciones: recuento de árboles en una finca afecta a subvenciones, realización de fotografías y vídeos publicitarios de carácter comercial para inmuebles, campos de golf, hoteles, etc. En este campo se consiguen las siguientes ventajas con el uso de nuestros UAVs:

Reducción general de precio, en especial frente a alternativas pilotadas.

Mejora de las prestaciones: mayor estabilidad (que permite mejores fotografías) sin renunciar al dinamismo (renuncia propia de los zeppelines) y posibilidad de vuelo a bajas velocidades y cerca del suelo o de obstáculos.

- Simplificación del proceso.
- Automatización del proceso cuando es necesario fotografiar un área más grande.
- Obtención de mapas 3D de un terreno.
- Reducción del tiempo de trabajo.
- Reducción de los efectivos humanos necesarios: Una única persona puede realizar el trabajo.

CONTROL FISCAL

En Argentina el gobierno se hizo eco de esta tecnología y los VANT se emplean para sobrevolar terrenos que fueron declarados al fisco como baldíos. El área se sobrevuela y se corrobora si efectivamente no están construidos.

MEDIO AMBIENTE

Parametrización del índice de contaminación lumínica para elaborar mapas de polución lumínica y monitorizar la eficiencia de medidas ecoenergéticas; control y seguimiento de accidentes industriales con vertidos tóxicos en medios acuáticos y

terrestres; control de áreas de depósito y almacenaje de residuos industriales y de su tratamiento.

INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS

Son utilizados para buscar y analizar restos arqueológicos gracias a su capacidad de recorrer y tomar fotografías de áreas extensas. En Perú se utilizaron los VANT para estudiar las ruinas de Cerro Chepén obteniendo más de 700.000 fotografías en sólo diez minutos, casi 50 veces más fotos que las que se pueden obtener por otros medios.

COMO SATÉLITES

Se investiga la posibilidad de utilizar drones para crear redes de internet en áreas donde aún no llega. Estos drones funcionarían con energía solar y podrían cumplir las tareas de los satélites, pero más baratos y en una cobertura específica.

AGRICULTURA

Control y monitorización del estado de los cultivos mediante imágenes multiespectrales, control de la eficiencia de regadíos. Conteo y supervisión de producción agrícola subvencionada (por ejemplo, número de árboles).

GEOLOGÍA

Realización de mapas geológicos sedimentológicos, mineralógicos y geofísicos, control y monitorización de explotaciones mineras y su impacto ambiental: movimientos de tierras, producción de áridos, residuos metálicos, balsas de decantación, etc. Determinación y control a escala centimétrica de áreas con riesgos geológicos asociados o caracterización de zonas con riesgo de aludes utilizando imágenes multiespectrales para determinar la humedad de la nieve, cámaras térmicas para determinar su temperatura y técnicas estereoscópicas para determinar grosores.

CONSTRUCCIÓN E INSPECCIONES

Inspección de obras desde el aire, donde el acceso pueda ser restringido. Estimación de impacto visual de grandes obras.

APLICADA A INGENIERÍA CIVIL

Cada vez son más las aplicaciones y usos de los drones en el ámbito de la ingeniería civil. La construcción, gestión y mantenimiento de infraestructuras cada vez hacen más uso de aeronaves no tripuladas para obtener privilegiados puntos de vista, datos hasta ahora muy complicados de conseguir y para garantizar la seguridad a aquellas personas que trabajan en estas obras. (FUNSIN, 2017)

A continuación, enumeramos los usos más comunes de los drones en la ingeniería civil:

ANÁLISIS DEL SUELO Y TOPOGRAFÍA

Las obras lineales como carreteras o vías de tren necesitan un amplio trabajo previo en análisis del terreno. Desde la aparición de los drones en la ingeniería civil la realización de escaneo de terrenos es mucho más fácil (no es necesario definir una serie de puntos a medir como en la topografía tradicional sino que se modela de una vez todo el área de trabajo), rápido (los drones permiten una accesibilidad a lugares recónditos mucho más veloz), seguro (no es necesario que los operarios se acerquen a terrenos peligrosos) y barato (al ahorrar en tiempo y medidas de seguridad, los procesos se ven abaratados). (Brian Kerr, 2017)

2.2.3 Fotogrametría

(OTERO, 2005) “Técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto”.

(HERRERA, 1987) “Arte, ciencia y tecnología orientada a obtener información relevante de diversos objetos físicos de la corteza terrestre y de su medio ambiente, a través de procesos de medición e interpretación de imágenes fotográficas y de patrones de energía electromagnética radiante”.

La fotogrametría puede definirse como la técnica para obtener información cuantitativa y cualitativamente válida, a partir de fotografías. En esta aplicación se utiliza, principalmente, la fotografía aérea (realizada a bordo de vehículos aeronáuticos), pero en

casos especiales se emplea también la fotografía terrestre (realizada por cámaras emplazadas en la tierra). (-CUERVO, 1980, pág. 10)

La fotogrametría es un sistema de captura de información a distancia cuyos principios y particularidades se desarrollarán en los apartados siguientes; actualmente las técnicas de la fotogrametría se consideran integradas con las técnicas de percepción remota y las de fotointerpretación, tres técnicas que se complementan entre sí, no obstante, se puede afirmar que la fotogrametría se concreta en la interpretación cuantitativa de fotografías aéreas y otros materiales aerofotográficos con el objetivo primordial de obtener mapas. (ORTO, 2017, pág. 19)

2.2.3.1 Definición De La Fotogrametría

La fotogrametría viene a ser es la ciencia encargada de realizar mediciones e interpretarlas de manera confiada por medio de las fotografías, para de esa manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición), del objeto fotografiado. Esta definición es en esencia, la adoptada por la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS).

Etimológicamente, la fotogrametría se deriva de dos voces griegas $\phi\omega\tau\omicron\varsigma$ photos, que significa luz; $\gamma\rho\alpha\mu\alpha$, gramma, que significa lo que está dibujado o escrito, y $\mu\epsilon\tau\rho\nu$, metrón, que significa medir. Usando en conjunto esas palabras fotogrametría significa medir gráficamente por medio de la luz.

2.2.3.2 Fundamento De La Fotogrametría

(GAMBOA, 2003, pág. 32) “La fotogrametría consiste en proyectar de manera ortogonal sobre un plano de referencia, la imagen registrada en una fotografía, la cual ha sido proyectada sobre el negativo mediante la proyección central, que es la usada por los lentes”.

En fotogrametría se asume que la proyección central es perfecta, lo cual implica que:

- No existe la desviación de los rayos de luz que atraviesan los lentes de la cámara.
- La imagen se proyecta sobre una superficie perfectamente plana.
- La relación matemática que relaciona el objeto y su imagen se conoce con el nombre de principio de colinealidad.

2.2.3.3 Etapas De La Fotogrametría

El paso de una proyección central a una proyección ortogonal se realiza bien sea por la fotogrametría gráfica, prácticamente en desuso en nuestros días, o por la estereofotogrametría, la cual es usada actualmente en la inmensa mayoría de los trabajos fotogramétricos.

La fotogrametría gráfica, usando los principios de la geometría proyectiva, marcó el inicio de esta disciplina, ya que para la época era la única forma en que se podían restituir las fotografías. Esta modalidad se basa en la intersección de líneas que parten de dos estaciones diferentes, es decir de los puntos en que se tomaron las fotografías, hacia un punto común.

Actualmente, gracias a la capacidad de cálculo que ofrecen las computadoras, el uso de esta forma de restitución se ha convertido, para algunos casos especiales, en una alternativa que puede competir con la estereofotogrametría.

La fotogrametría analógica

Esta surge en la década de las treinta basadas en aparatos de restitución y es la responsable de la realización de la mayoría de la cartografía mundial. En ella, un par de fotografías es colocado en un aparato restituidor de tipo óptico o mecánico.

El operador realiza en forma manual la orientación interior y exterior para crear el modelo estereoscópico, debidamente escalado y nivelado.

La fotogrametría analítica

Esta surge en 1957 como un desarrollo natural de la interrelación entre los aparatos restituidores analógicos y el surgimiento de la computación.

En ella, la toma de información es analógica y el modelado geométrico es matemático.

Mediante el uso de un monocomparador o de un estereocomparador integrado en el restituidor, se miden las coordenadas x , y de los puntos pertinentes de las fotografías, La fotogrametría digital, actualmente en auge, surge como consecuencia del gran desarrollo de la computación, que permitió realizar todos los procesos fotogramétricos mediante el uso de computadores. Con la fotogrametría digital crecen las posibilidades de explotación de las imágenes, a la vez que se simplifican las tecnologías, permitiendo con ello la

generación automática de modelos de elevación del terreno, ortoimágenes y estereortoimágenes, generación y visualización de modelos tridimensionales etc.

2.2.3.4 Ventajas De La Fotogrametría

Como ventajas básicas de la fotogrametría sobre otros sistemas de captura de información se pueden señalar los siguientes:

- Se obtienen representaciones completas de los objetos (información objetiva).
- El registro es instantáneo.
- Reducción de costos. Está relacionado con el tamaño del área a restituir.
- A partir de las 200 ha. de superficie, el método fotogramétrico se torna competitivo frente al método topográfico, aumentando esta competitividad a medida que el área se hace más extensa.
- Se utilizan materiales relativamente económicos y de fácil manipulación y conservación. Existe la posibilidad de tratar objetos en movimiento.
- Velocidad de compilación. El tiempo requerido para realizar un mapa fotogramétrico es mínimo comparado con el que requiere el levantamiento topográfico y su posterior trabajo de gabinete Registro multitemporal. Es muy útil para verificar mapas fotogramétricos. Las fotos aéreas proveen un registro preciso de las características del terreno en la fecha en que fueron tomadas, lo cual permite realizar comparaciones entre fotos de otras fechas para evaluar cambios en el terreno.

- El proceso de captura de la información y el posterior de medida no perturba el objeto a estudiar.
- Proporciona grandes rendimientos. En definitiva, hay que esperar de la fotogrametría respecto a la topografía clásica, que tiene evidentemente campos de aplicación donde no es sustituible, mayor comodidad y economía, más facilidad y más rapidez.

La Fotogrametría se puede aplicar en regiones donde no pueden utilizarse los métodos clásicos, como, por ejemplo: en regiones intransitables, tales como: ciénagas, desiertos, selvas vírgenes, territorios azotados por alguna epidemia u ocupados por fuerzas enemigas, etc (CIBEPI, 2015).

2.2.3.5 Desventajas De La Fotogrametría

- La Visión de la superficie del terreno cuando existe densa cobertura vegetal es imposible ubicar la marca flotante sobre el terreno, por lo que se debe presumir una altura promedio de la vegetación con respecto al suelo. Sin embargo, como la cubierta vegetal tiende a suavizar los accidentes topográficos del terreno, siempre existirán errores en la ubicación de las curvas de nivel, aunque se pueda verificar la cota en los claros que existan en la vegetación.
- Ubicación de curvas de nivel sobre superficies planas. El determinar la trayectoria de una curva de nivel en un terreno plano tiene un alto grado de dificultad, debido a la imprecisión en la colocación de la marca flotante. En consecuencia, se colocan puntos acotados en la restitución o se complementa con trabajo de campo.

- El lugar debe ser inspeccionado para determinar aquellos elementos que no son visibles en forma satisfactoria, o que no cuya naturaleza exacta no puede ser determinada en el estereomodelo.
- Siempre es necesario realizar un control de campo.
- La aplicación de la fotogrametría requiere una inversión considerable de equipo y de personal especializado, por lo que su costo es elevado.
- Para realizar nuevos levantamientos se requiere la obtención de nuevas fotografías.

2.2.3.6 Divisiones De La Fotogrametría

(**HERRERA, 1987**). Frecuentemente la fotogrametría se divide en dos especialidades de acuerdo con el tipo de fotografía utilizada

2.2.3.6.1 Fotogrametría terrestre

La fotografía es usada en una posición tal que el eje de la cámara fotográfica resulta horizontal y paralelo al terreno o corteza terrestre.

2.2.3.6.2 Fotogrametría aérea

Fotografías obtenidas desde vehículos aéreos; el eje óptico de la cámara fotográfica resulta sensiblemente perpendicular al terreno o corteza terrestre.

El texto que nos ocupa se centra en esta última especialidad sin pretender profundizar en la complejidad de las técnicas fotogramétricas, sino que se referirá a aquellos principios

elementales necesarios para la manipulación técnica del material aerofotográfico y cartográfico que hace posible el desarrollo y aplicación de las mismas.

Por último, señalar que, dependiendo del método empleado, se pueden distinguir tres tipos diferentes de fotogrametría:

2.2.3.6.2.1 Fotogrametría analógica

Si se entiende por fotogrametría, como se ha comentado, la determinación precisa de un objeto en el espacio, mediante la utilización de fotografías aéreas, la fotogrametría analógica lo consigue mediante la utilización directa de dichas fotografías (formando modelos estereoscópicos), reconstruyendo el modelo espacial con sistemas ópticos o mecánicos. (GAMBOA, 2003)

2.2.3.6.2.2 Fotogrametría analítica

(OTERO, 2005) “En este caso el modelo espacial se reconstruye exclusivamente mediante programas informáticos que simulan dicha geometría”.

2.2.3.6.2.3 Fotogrametría digital

(OTERO, 2005) “Fotogrametría que utiliza como dato de entrada las fotografías aéreas previamente transformadas a formato digital, reconstruyendo así mismo el modelo espacial de forma numérica o digital; en este caso los conceptos relativos a tratamiento digital de imágenes cobran gran importancia”.

2.2.4 Fotografías Y Cámaras

“El sistema empleado en fotografía para la captación de imágenes consta de tres elementos: sensor, filtro y película”. (-CUERVO, 1980, pág. 31)

La recepción de radiaciones electromagnéticas en el espacio se caracteriza porque el emisor y el receptor no están en contacto. El receptor recibe el nombre de sensor remoto, que puede ser activo cuando lleva incorporada su propia fuente de radiación (caso del radar), o bien pasivo (caso de la cámara fotográfica) cuando capta radiaciones no emitidas por él.

El filtro tiene como función disminuir la influencia de la niebla atmosférica y limitar el paso de radiaciones luminosas de una determinada longitud de onda. Los filtros obligan a aumentar el tiempo de exposición en función del factor del filtro. La película está constituida por un soporte de gran estabilidad dimensional y por una emulsión. Las emulsiones, sensibles a ciertas regiones del espectro electromagnético, forman una imagen del terreno en la cual sus aspectos fisiográficos, iluminados directamente por el sol y por la luz que reflejan las nubes, aparecen diferenciados por los factores tono, textura y forma.

2.2.4.1 Fotografías

Una exposición fotográfica supone la incidencia de la luz sobre la emulsión durante un espacio de tiempo muy breve, lo cual produce un cambio en la emulsión, formándose una imagen latente a partir de la cual se obtiene la fotografía mediante el revelado.

2.2.4.1.1 Tipos De Fotografías Aéreas

Las fotografías aéreas se pueden clasificar de varias maneras en función del criterio empleado. Como tal puede tomarse el ángulo de exposición, las especificaciones o la forma en que se usan. A continuación, se exponen estas clasificaciones.

2.2.4.1.1.1 Por el ángulo de la fotografía

2.2.4.1.1.1.1 Fotografías verticales

Son aquellas tomadas con la cámara colocada de tal manera que el eje óptico de la lente, en el momento de la exposición, está paralelo a la línea zénit-nadir, es decir, vertical.

2.2.4.1.1.1.2 Fotografías oblicuas

Son fotografías obtenidas en condiciones de desviación angular deliberada del eje óptico respecto a la vertical. De acuerdo con ello, puede ocurrir que el horizonte sea visible en la fotografía o que no lo sea. Si es visible, se puede calcular el ángulo de inclinación.

En el pasado se usaron mucho las fotografías oblicuas, ya que un número pequeño de ellas cubre un área extensa, y en consecuencia son más baratas. También presentan una imagen del terreno más natural. Hoy día, sin embargo, se usan casi

exclusivamente las fotografías verticales, debido a las desventajas que presentan las oblicuas y que son las siguientes:

- La escala varía mucho en una fotografía en función de la proximidad del punto a la cámara.
- La dificultad para construir mapas con ellas es máxima.
- Solamente son útiles en áreas llanas, ya que la perspectiva impide la visión de ciertos puntos ocultos tras las elevaciones del terreno.

2.2.4.1.1.2 Por las especificaciones

2.2.4.1.1.2.1 Según la escala

Las fotografías pueden clasificarse por su escala. Las escalas de empleo más habitual en fotografía aérea están comprendidas entre 1:20.000 y 1:40.000. En el campo forestal y en la fotointerpretación y cartografía de otros recursos naturales se emplean usualmente escalas comprendidas entre 1:10 000 y 1:20 000, mientras que las escalas comprendidas entre 1:5 000 y 1:10 000 se usan con frecuencia para fotointerpretación detallada y para mapas de escala muy grande.



Ilustración 3. Tipos de Escala

Fuente: Otero (2005), Ciudad de Reus.

2.2.4.1.1.2.2 Según la lente y la cámara usada

Las distintas cámaras utilizadas en los vuelos fotogramétricos proporcionan fotografías de especificaciones bien distintas. Se puede encontrar una descripción de todas ellas más adelante en este capítulo, en el correspondiente apartado.

2.2.4.1.1.2.3 Según la estación del año

La estación en la que se toman las fotos afecta en gran medida a su valor. La época más adecuada de vuelo depende en parte de las condiciones climáticas locales y en parte del uso que se desee dar a las fotografías. Para la fotointerpretación, la estación tiene una importancia capital en regiones donde los árboles son de hoja caduca (bien por la existencia de una estación fría, o bien de una estación seca). La fotointerpretación en la época de falta de hojas, la fotointerpretación de la superficie del suelo y la elaboración de cartografía es más fácil, suponiendo que no esté cubierta de nieve o hielo y que los niveles de las aguas superficiales sean adecuados para los propósitos de la fotointerpretación.

2.2.4.1.1.2.4 Según la emulsión de la película

- Emulsiones fotográficas en blanco y negro.
- Emulsiones fotográficas en color.

Dentro de cada uno de los tipos anteriores encontramos emulsiones sensibles a longitudes de onda pertenecientes a la región visible o bien a la región infrarroja del espectro electromagnético, aunque ciertas emulsiones infrarrojas son también sensibles a determinadas longitudes de onda del espectro visible. Para seleccionar las longitudes de

onda que alcanzan la emulsión en función del propósito buscado, se emplean diferentes tipos de filtro.

2.2.4.1.1.2.5 Por la forma en que se usan las fotografías

Las fotografías aéreas normalmente se imprimen sobre papel o transparente. Actualmente tiene una gran importancia el soporte digital, que paulatinamente va desplazando a los anteriores. Las impresiones pueden ser:

- a. **No corregidas.** Son las más baratas, y fiel imagen del negativo. Son adecuadas para la mayoría de los usos y tienen un tamaño muy conveniente para su manejo en el campo y para su estudio con estereoscopio de bolsillo. Las impresiones pueden efectuarse sobre papel o material transparente. En este último caso, el nivel de detalle y la definición son superiores a las obtenidas sobre papel.
- b. **Compensadas (“ratioed”).** En las cuales las variaciones de escala entre fotografías han sido eliminadas. A causa de las variaciones en la altura de vuelo del avión y de la elevación del suelo, la escala de las fotografías puede variar considerablemente incluso dentro de una misma pasada.
- c. **Rectificadas.** en las cuales se ha eliminado el balanceo (“tilt”). Normalmente las fotografías se toman con el eje del cámara inclinado levemente respecto a la vertical, puesto que es casi imposible lograr su verticalidad en un aeroplano que se mueve y vibra. No existe ningún mecanismo que posibilite la obtención de fotografías perfectamente verticales. Sin embargo, si se conoce la magnitud y la dirección del balanceo, se pueden preparar impresiones rectificadas reproduciendo

un balanceo apropiado entre el negativo y el papel de impresión. Las fotografías rectificadas son, pues, fotografías corregidas a un plano horizontal de referencia.

- d. **Ampliadas.** Las fotografías ampliadas se pueden usar como parte de los archivos de gabinete. En ellas se puede identificar con facilidad límites de propiedades, zonas quemadas, zonas de corta, carreteras y líneas de teléfono. Las ampliaciones también se pueden usar como base para la elaboración de mapas de gran nivel de detalle. Sin embargo, también tienen desventajas: son demasiado grandes para su empleo en el campo y para su estudio con estereoscopio. Además, no contienen ninguna información que no pueda obtenerse mediante la observación bajo aumento de la fotografía original.
- e. **Mosaicos.** Cuando una serie de fotografías se ha reunido en una única fotografía compuesta. Cuando se prepara un mosaico grosero, con el fin de proporcionar un índice de las fotografías individuales, se le denomina “mosaico índice”. La imagen de cada fotografía en un mosaico índice está claramente etiquetada, de tal modo que el observador pueda determinar rápidamente qué fotografía cubre un área determinada. Los mosaicos preparados con más cuidado se pueden utilizar para el control de trabajos en áreas en las que no hay disponible una base cartográfica adecuada. Su ventaja es que suponen una representación continua del territorio, conveniente para su archivo y consulta. Sus desventajas son su coste y el hecho de que no pueden estudiarse estereoscópicamente, aunque existen también los estereomosaicos.
- f. **Impresiones tridimensionales.** Cuando un par de fotos se ha combinado para reproducir su visión estereoscópica.

2.2.4.2 Cámaras

Las cámaras fotográficas, como se ha indicado anteriormente, son sensores remotos pasivos, y una clasificación sencilla de las mismas puede ser la siguiente:

- a. **Panorámicas:** se caracterizan por cubrir superficies muy extensas en una sola exposición, barriendo el terreno de lado a lado en dirección perpendicular a la dirección de vuelo. Su poder de resolución es grande, pero sin embargo no tienen aplicaciones métricas por la dificultad de determinar con precisión las deformaciones geométricas que producen y de calibrar su orientación interna.
- b. **Multibanda:** están constituidas por un conjunto de cámaras cuyos disparos están sincronizados, obteniendo cada una de ellas una imagen del mismo territorio, aunque con distintas características puesto que la combinación de filtro y película es distinta en cada una de ellas.
- c. **Convencionales o aerofotogramétricas:** son cámaras cuyo empleo está indicado tanto con fines métricos como con fines de interpretación del significado de la información contenida en la fotografía. Hoy día son consideradas como las cámaras más versátiles, habiendo sido concebidas para su empleo en fotogrametría. Sus objetivos pueden prepararse para respuestas espectrales en la zona infrarroja, por lo que resultan muy útiles en el campo de la fotointerpretación.

2.2.5 Precisión Del Levantamiento

Cualquier levantamiento está sujeto a errores, los cuales pueden ser inherentes a la medida por el método o instrumento utilizado (error accidental), pueden deberse a un error en el mismo sentido y constante para un periodo de tiempo (error sistemático) o estar motivados simplemente por una equivocación (error grosero). (JIMINEZ, 2011)

Además, conviene no confundir precisión y exactitud de un levantamiento. La precisión se puede entender como el número de cifras decimales con las que se representa una determinada magnitud. La exactitud es la fidelidad en la ejecución de una medida, es decir, la diferencia entre el valor medio y el valor real o valor verdadero de la magnitud medida. (SAENZ, 2016)

Por otra parte, las características de un documento gráfico varían mucho según la utilización para la que se efectuó el levantamiento. Incluso para documentos de una misma categoría, la escala de trabajo condiciona el detalle mínimo a representar y su precisión. No hay que olvidar que una representación gráfica tiene generalmente una tolerancia establecida que no puede ser sobrepasada en el levantamiento en un determinado porcentaje (generalmente 90% de todos los elementos representados).

2.2.6 Imágenes Raw

El formato de imágenes raw (entiéndase como "formato de imagen sin modificaciones") es un formato de archivo digital de imágenes que contiene la totalidad de los datos de la imagen tal y como ha sido captada por el sensor digital de la cámara fotográfica.

Debido a que contiene la totalidad de los datos de la imagen captada por la cámara y una mayor profundidad de color (por lo general 36 a 48 bits/píxel), sus ficheros tienen un tamaño de archivo muy grande, a pesar de que, generalmente, usan compresión.

Las cámaras profesionales y semiprofesionales ofrecen por lo general la opción de grabar imágenes en este formato, además del formato JPG y eventualmente otros. También algunas cámaras compactas de gama alta ofrecen esta posibilidad.

2.2.7 Imagen Dgn

Se trata de un formato estándar, cada vez más aceptado, para almacenar los archivos RAW de cada cámara digital. Como sabemos, cada fabricante opta por un formato RAW propio y esto genera múltiples caminos, cerrados, y con garantías de futuro tan impredecibles y cambiantes como el mercado tecnológico actual. Cada formato RAW es propiedad de su marca, por lo que se hacía necesaria la existencia de un formato abierto, que fuese adoptado por la mayoría y así, lograr un estándar para todos y que facilite la transferencia, intercambio y almacenamiento de archivos fotográficos.

2.2.8 Imagen Jpg

También denominada JPEG (Joint Photographic Experts Group), Grupo Conjunto de expertos en Fotografía, es el nombre de un comité de expertos que creó un estándar de compresión y codificación de archivos e imágenes fija. Este comité fue integrado desde sus inicios por la fusión de varias agrupaciones en un intento de compartir y desarrollar su experiencia en la digitalización de imágenes. La ISO, tres años antes (abril de 1983), había iniciado sus investigaciones en el área.

Además de ser un método de compresión, es a menudo considerado como un formato de archivo. JPEG/Exif es el formato de imagen más común, utilizado por las cámaras fotográficas digitales y otros dispositivos de captura de imagen, junto con JPG/JFIF, que también es otro formato para el almacenamiento y la transmisión de imágenes fotográficas en la World Wide Web. Estas variaciones de formatos a menudo no se distinguen, y se llaman “JPEG”. Los archivos de este tipo se suelen nombrar con la extensión .jpg

2.2.9 Software De Fotogrametría

Tenemos a la mano una gran variedad de programas o software adecuados para el procesamiento o post procesamiento de información obtenida en campo, de los cuales varían de acuerdo a su ubicación y consentimiento según el fabricante, de los cuales podemos mencionar los siguientes sin desmerecer su grado de importancia ni costo:

2.2.9.1 Autocad Civil 3d

(Ingenieros, 2017). Es un potente software para computadora que sirve para el cálculo y diseño de infraestructura diversa, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía y redes de tuberías. Es un producto de Autodesk por lo comparte muchas herramientas con AutoCAD 2D y 3D, herramienta usada por muchos ingenieros y topógrafos.

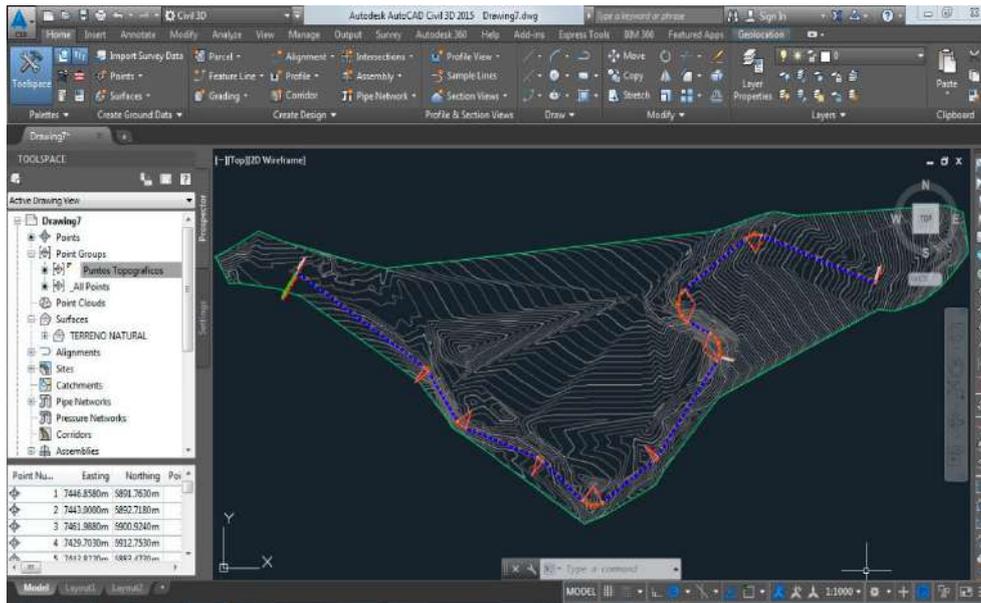


Ilustración 4. Entorno de AutoCAD Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

2.2.9.2 Agisoft Photoscan

Es un software de escritorio para procesar imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, generar una reconstrucción 3D del entorno. Existen dos versiones diferentes. La versión estándar está pensada para usuarios casuales que desean generar nubes de puntos a partir de múltiples imágenes. La versión profesional incluye funcionalidades específicas para la generación de productos geomáticos. (PRO, 2017)

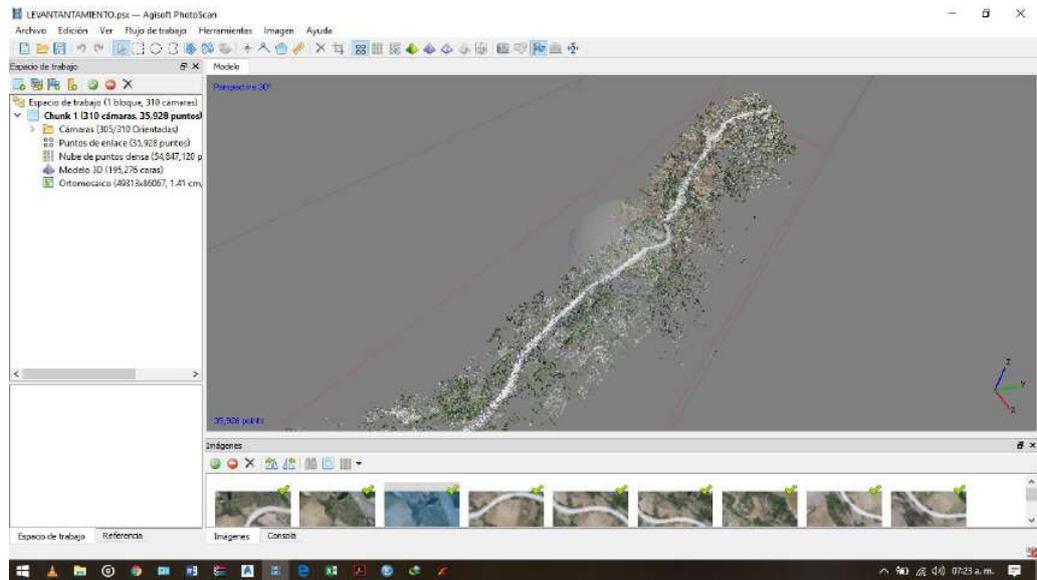


Ilustración 5. Interfaz de AGISOFT PHOTOSCAN

Fuente: Elaboración propia

2.2.9.3 Arcgis

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio. (ArcGIS Resources, 2017)

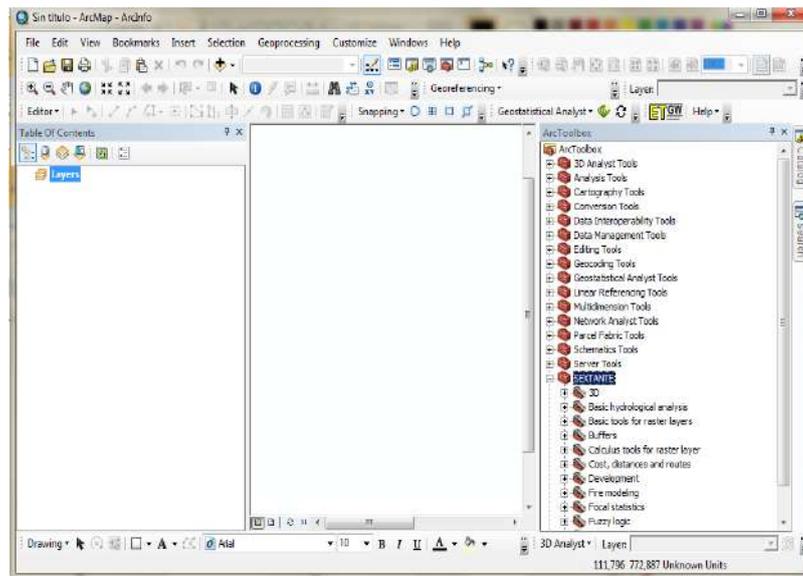


Ilustración 6. Entorno de ArcGIS.

Fuente: Elaboración propia

2.2.9.4 Photomodeler Scanner

Photomodeler es un software de reconstrucción 3D a partir de fotografías de un objeto o edificio. Se basa en el modelo de malla de polígonos, por el cual se designan puntos manualmente en las fotografías (normalmente vértices), y el programa calcula el punto de vista de cada fotografía y sitúa el objeto en un espacio de tres dimensiones virtual mediante triangulación. El programa es capaz de orientar las fotografías, crear puntos, rectas y planos y extraer texturas de las fotografías. El resultado se puede exportar después a otros programas como AutoCAD, Image Model, Rhino, Google SketchUp, etc

2.2.9.5 Google Sketchup

Su principal característica es la de poder realizar diseños complejos en 3D de forma extremadamente sencilla. El programa incluye entre sus recursos un tutorial en vídeo para ir aprendiendo paso a paso cómo se puede ir diseñando y modelando el propio ambiente. Permite conceptualizar y modelar imágenes en 3D de edificios, coches, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante. Además, el programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar.

2.2.9.6 Photoshop

Es un editor de gráficos rasterizados desarrollado por Adobe Systems Incorporated. Usado principalmente para el retoque de fotografías y gráficos, su nombre en español significa literalmente "taller de fotos". Es líder mundial del mercado de las aplicaciones de edición de imágenes y domina este sector de tal manera que su nombre es ampliamente empleado como sinónimo para la edición de imágenes en general.

2.2.9.7 Pix4D Mapper

“Pix4D mapper es un software que permite convertir miles de imágenes aéreas oblicuas tomadas por UAV ligero o aeronave en ortomosaicos georeferenciados, modelos 3D de superficie y nubes de puntos”. (AERPAS, 2018)

Con su avanzada tecnología de triangulación aérea automática basada únicamente en el contenido de la imagen, Pix4D permite convertir la cámara del UAV en una herramienta de medición.

El software definitivo para evaluar, corregir y mejorar los proyectos directamente en el software e importar los resultados a cualquier solución profesional de GIS, CAD o paquete tradicional de software de fotogrametría. El costo de la licencia de este software oscila entre 8000 y 8500 dólares americanos. La siguiente imagen nos muestra el principio de toma de datos de este software.

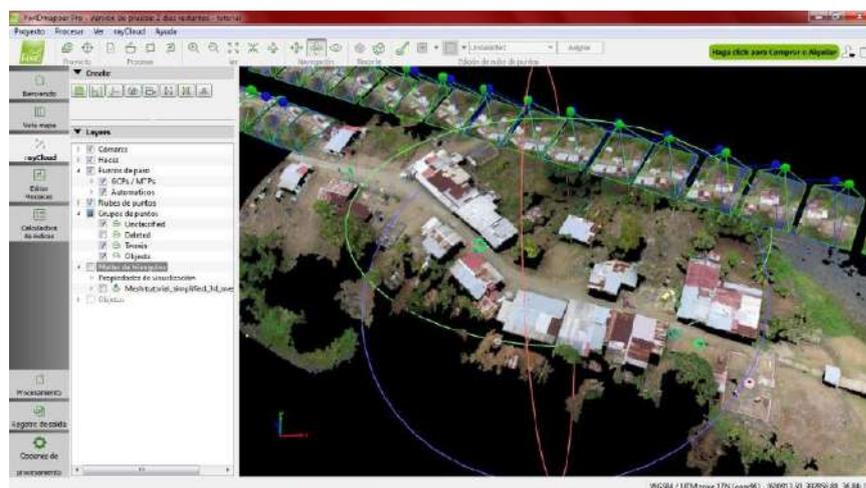


Ilustración 7. Interfaz de PIX4D MAPPING

Fuente: Elaboración propia

2.2.10 Etapa De Reconocimiento

Esta etapa es muy importante ya que determinará tanto el área a trabajar, la ubicación de los puntos de control terrestre (georeferenciación), así como la técnica de toma de puntos tanto de la forma directa con la estación total; así mismo como la técnica indirecta con la

aplicación del drone y la toma aérea. Esta fase es muy importante ya que es la que se está sustentando para poder aseverar que es el método más adecuado tanto económico como técnico en sus resultados finales. (TERNAYO, 2002, pág. 41)

2.2.11 Georreferenciación

Seguidamente se realiza la georreferenciación, acción muy importante ya que esta determina la posición y ubicación de los puntos de control con los cuales se enlaza el proyecto o la toma de datos de campo; así mismo estas se enlazarán a los puntos de control terrestre para que sean considerados en la toma aérea, previa señalización.

2.3 Definición De Términos

2.3.1 Puntos De Control

En los levantamientos topográficos para obras civiles es indispensable un adecuado control en las coordenadas horizontales y verticales, para ello es necesario recolectar puntos de control para complementar la topografía, que para fotogrametría deben ser perceptibles desde las fotografías aéreas.

2.3.2 Exactitud

(Wikipedia, 2017). “En ingeniería, ciencia, industria y estadística, se denomina exactitud a la capacidad de un instrumento de acercarse al valor de la magnitud real. La exactitud es diferente de la precisión”.

La exactitud depende de los errores sistemáticos que intervienen en la medición, denotando la proximidad de una medida al verdadero valor y, en consecuencia, la validez de la medida. (SAENZ, 2016)

Suponiendo varias mediciones, no estamos midiendo el error de cada una, sino la distancia a la que se encuentra la medida real de la media de las mediciones (cuán calibrado está el aparato de medición).

2.3.3 Rendimiento

Es la relación que existe entre el avance de una actividad en un tiempo definido.

Cabe destacar que el concepto de rendimiento también se encuentra vinculado al de eficiencia o al de efectividad. La eficiencia es la capacidad de lograr un resultado empleando la menor cantidad posible de recursos, mientras que la efectividad se centra directamente en la capacidad de obtener el efecto que se busca.

2.3.4 Costo

El costo o coste es el gasto económico que representa la realización de una actividad, bien o servicio.

2.4 Hipotesis

2.4.1 Hipotesis general

El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es más efectivo que la topografía tradicional en la generación de modelos digitales de terreno en obras viales.

2.4.2 Hipótesis específicas

- El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es menos exacto que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales. Huancayo, 2018.
- El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado tiene mayor rendimiento que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales. Huancayo, 2018.
- El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es menos costoso que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales. Huancayo, 2018.

2.5 Variables

2.5.1 Variable independiente

Se considera dos variables dependientes en este estudio, el método fotogramétrico y el método topográfico, con sus respectivos indicadores:

VI1: Método Fotogramétrico

- Altura de vuelo
- Resolución de Cámara

VI2: Método Topográfico

- Incertidumbre angular
- Experiencia de los operadores

2.5.2 Variable dependiente

La variable dependiente del presente estudio es: Generación de modelos digitales del terreno, cuyos indicadores son:

- Exactitud.
- Rendimiento.
- Costos

2.5.3 Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VI. Método Fotogramétrico	Método para obtener información cuantitativa y cualitativamente válida, a partir de fotografías.	<ul style="list-style-type: none"> • Altura de vuelo • Resolución de cámara 	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura de sensor de altura (m) • Píxeles por pulgada 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos
VI2. Método Topográfico	Método basado en estacionar en un punto conocido, un instrumento; del cual tenemos coordenadas (x,y,z) conocidas por lo que mediante ángulos y distancias tomo los datos.	<ul style="list-style-type: none"> • Incertidumbre angular • Experiencia de los operadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Error en grados • Bueno, regular y malo 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos
VD. Modelos Digitales del Terreno	Conjunto de capas que representan diferentes características superficiales del terreno derivadas de una capa de elevaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Exactitud • Rendimiento • Costos 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de error • Km por día • Soles 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño De Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

(Tan Malaga, 2008, pág. 147) Indica que “La investigación aplicada ha enfocado la atención sobre solución de teorías cual concierne solo a un grupo en particular mas no generaliza, se refiere a resultados inmediatos y busca perfeccionar a los individuos implicados en el proceso de investigación”

La investigación a ejecutarse analizará los resultados obtenidos por el método fotogramétrico y topográfico mediante experimentación en campo, por ello el tipo de investigación será Aplicada.

3.1.2 Nivel de Investigación

De acuerdo a las características de la investigación el estudio reúne las condiciones para ser una Investigación Coreelacional, porque busca relacionar las variables en estudio y los factores causantes de esa realidad.

3.1.3 Métodos de Investigación

El método científico consiste en el procedimiento planteado que se sigue en la investigación con el objetivo de descubrir las formas de existencia de procesos objetivos.

Bajo estas consideraciones en la presente investigación se aplicará el método científico.

3.1.4 Diseño de Investigación

El diseño de investigación es experimental se fundamenta en el método científico y emplea procesos lógicos como la deducción y la inducción.

Bajo estas consideraciones en la presente investigación se aplicará bajo el diseño experimental.

3.2 Población Y Muestra De La Investigación

3.2.1 Población

La población está representada por la carretera Chupuro – Moya.

Se eligió este sector debido a la orografía del terreno y su poco flujo vehicular.

3.2.2 Muestra

La muestra corresponde a un tramo de 2 Km.



Gráfico 1. Ubicación satelital del tramo de la carretera en estudio.

3.3 Técnicas E Instrumentos Para La Recolección De Datos

3.3.1 Técnicas

Se utilizó información recopilada por tres métodos de medición para contrastar la hipótesis propuesta. Se realizó una investigación correlacional de tipo aplicativo.

La técnica a utilizada es la observación directa de campo.

3.3.2 Instrumentos

- Guía de observación
- Fichas de recolección de datos
- Notas de campo
- Registros Anecdóticos
- Grabaciones
- Fotografías

CAPITULO IV: RESULTADOS

5.1 GEORREFERENCIACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

5.1.1 Ubicación de los puntos de control

Se determinó de las coordenadas geodésicas de 03 puntos de control, con GPS diferencial doble frecuencia, cada punto se lectura en modo estático.

5.1.2 Ubicación Política

- Departamento : Junín
- Provincia : Huancayo
- Distrito : Chupuro
- Lugar : Carretera Chupuro – Moya, Km 04+000

5.1.3 Ubicación Geográfica

- Carta Nacional : 25-m
- Nombre de Carta : Huancayo
- Escala : 1/100 000
- Zona : 18 Sur

Para una correcta calibración y precisión de levantamiento fotogramétrico, es necesario contar como mínimo con 3 puntos de control de precisión milimétrica.

Con un solo punto de control, la nube de puntos del levantamiento fotogramétrico sólo se ubica en un punto determinado, con dos puntos de control, se calibra a nivel longitudinal en el eje “x” y el eje “y”. Sin embargo, con tres puntos de control, la calibración se realiza en sus tres dimensiones (x,y,z). Si es posible, puede emplearse mas de tres puntos de control que aumentarán la precisión del levantamiento.

La distribución de los puntos de control en el terreno deberán cumplir las siguientes características: visibilidad aérea y distribución no colineal.

Para este estudio, se ubicó de la siguiente manera:



Ilustración 8. Ubicación de los Puntos de Control

Fuente: Elaboración propia

Las operaciones duraron solo un día, realizando en este día todos los trabajos de translocación de los puntos.

5.2 Equipos de ingeniería

El equipo utilizado para esta actividad fue 01 receptor GPS diferencial leica GS16 viva, de precisión en fase estática de 3 mm y 5 mm en horizontal y vertical respectivamente, y un 01 trípode de aluminio leica.

5.3 Procedimiento y ejecución

5.3.1 Planeamiento

En esta etapa se recopila información de los puntos en lectura para su pos procesamiento tanto como en el punto BM-01, BM-02 y luego el BM-03. Aproximadamente 2 horas cada punto.

5.3.2 Trabajos De Campo

Los puntos: BM-01, BM-02 y BM-03 se midieron con 2 horas a 2 hora 20 minutos como promedio, determinando de ésta manera los puntos de orden control. Las mediciones demandaron un aproximado de 8 horas.

Las Fluctuaciones de GDOP, han estado dentro de las establecidas, teniendo como valor predeterminado un GDOP de 5 segundos.

Para efectuar el posicionamiento de los puntos de control, se miden en sesiones continuas. Hallándose de ésta manera tridimensional la base. Posteriormente dicho base es ajustado a las coordenadas, teniendo como marco de referencia el ITRF94, época 1995.4.

5.3.3 Cálculos de Gabinete

La información obtenida en campo en los receptores se transfiere a una computadora para realizar el post proceso con el software Leica Infinity 4.0, obteniendo coordenadas cartesianas.

Los parámetros utilizados en los cálculos se encuentran en las hojas del reporte de cada punto.

Para el cálculo de las coordenadas en gabinete se ha eliminado los satélites que presentan señales con mucho ruido, así como los saltos de ciclo. Se han mantenido los valores por defecto para el RMS.

Las mediciones Diferenciales GPS, están afectadas por errores sistemáticos, cuyos errores son resueltos por el posicionamiento diferencial (relativo) en el modo estático.

Tabla 1. Puntos de control en Coordenadas Geograficas Wgs-84, Y Utm-84

PUNTO	BM - 01
-------	---------

COORDENADAS	UTM	COORDENADAS	GEOGRÁFICAS
NORTE WGS-84	8652224.77270	LATITUD WGS-84	12° 11' 30.52593"
ESTE WGS-84	474326.60798	LONGITUD WGS-84	75° 14' 09.62937"
ZONA	18 Sur	ALT. ELIPSOIDAL	3273.13893

PUNTO	BM - 02
-------	---------

COORDENADAS	UTM	COORDENADAS	GEOGRÁFICAS
NORTE WGS-84	8651891.02	LATITUD WGS-84	12° 11' 41.589743"
ESTE WGS-84	474551.7424	LONGITUD WGS-84	75° 14' 35.79555"
ZONA	18 Sur	ALT. ELIPSOIDAL	3225.3529

PUNTO	BM - 03
-------	---------

COORDENADAS	UTM	COORDENADAS	GEOGRÁFICAS
NORTE WGS-84	8651439.96461	LATITUD WGS-84	12° 11' 56.09032"
ESTE WGS-84	474847.22130	LONGITUD WGS-84	75° 13' 52.42255"
ZONA	18 Sur	ALT. ELIPSOIDAL	3240.45443

5.4 Levantamiento Topografico

Las coordenadas de los puntos de control obtenidas anteriormente, se utilizan como puntos de apoyo para poder realizar el estacionamiento del equipo de estacion total Leica TS 02 de 5 segundos y proceder al levantamiento topográfico.

5.5 Levantamiento Fotogramétrico

Un levantamiento fotogramétrico podemos realizarlo en tres fases claramente diferenciadas.

Fase 01:

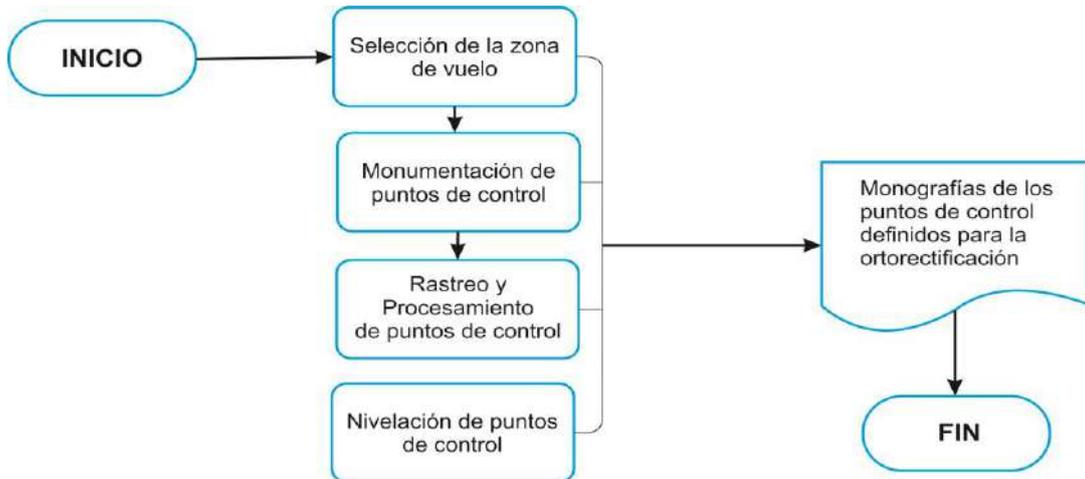


Ilustración 9. Reconocimiento del área

Fuente: Elaboración propia

Fase 02:

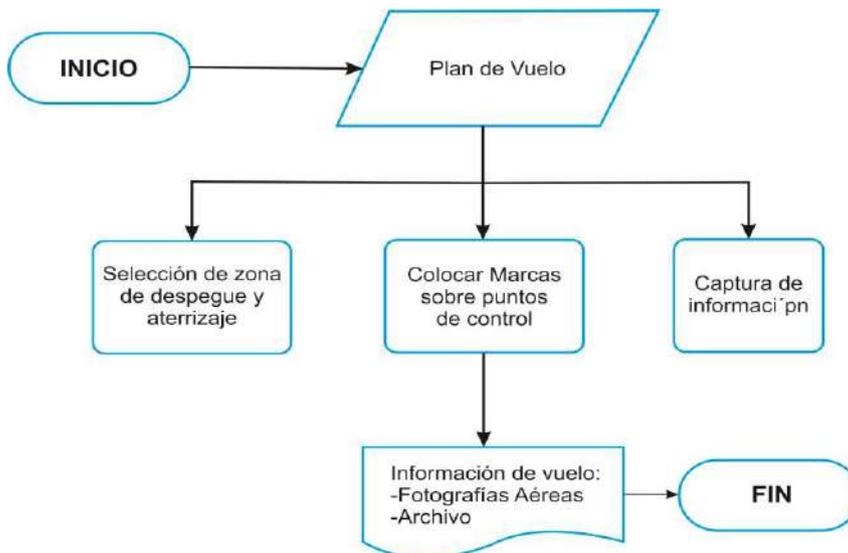


Ilustración 10. Planificación de vuelo y captura de imágenes.

Fuente: Elaboración propia

Fase 03:

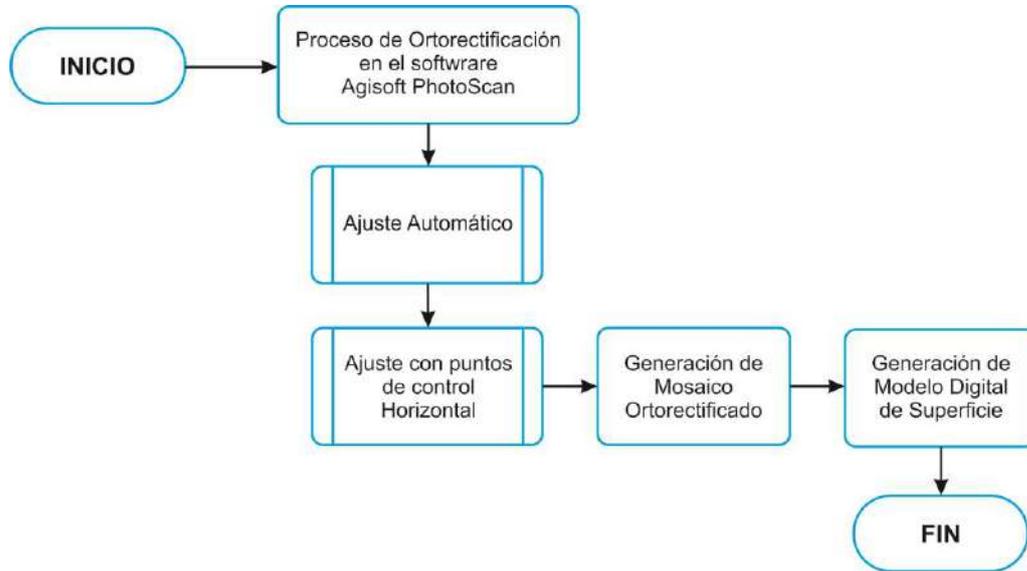


Ilustración 11. Procesamiento de imágenes.

Fuente: Elaboración propia

5.5.1 Reconocimiento Del Área

Esta etapa es muy importante ya que determinara tanto el área a trabajar, la ubicación de los puntos de control terrestre (georeferenciacion), así como la técnica de toma de puntos tanto de la forma directa con la estación total; así mismo como la técnica indirecta con la aplicación del drone y la toma aéreas. Esta fase es muy importante ya que es la que se está sustentando para poder aseverar que es el método más adecuado tanto económico como técnico en sus resultados finales.

5.5.2 Georreferenciación

Seguidamente se realiza la georeferenciación, acción muy importante ya que esta determina la posición y ubicación de los puntos de control con los cuales se enlaza el proyecto o la toma de datos de campo; así mismo estas se enlazarán a los puntos de control terrestre para que sean considerados en la toma aérea, previa señalización.

5.5.3 Planificación De Vuelo

Esta etapa puede ser realizada en campo o en gabinete, usando una aplicación tanto para computadoras o smartphone.

En este caso, utilizaremos el software DroneDeploy en un smartphone con sistema operativo Android.

La aplicación está disponible en Google Play:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dronedeploy.beta>

Secuencia para la creación del plan de vuelo:

1. Abrir la aplicación DroneDeploy en su dispositivo móvil. Esto lo llevará a la pantalla de inicio. Desde aquí, navegar hasta el ícono azul + en la esquina inferior derecha del panel.

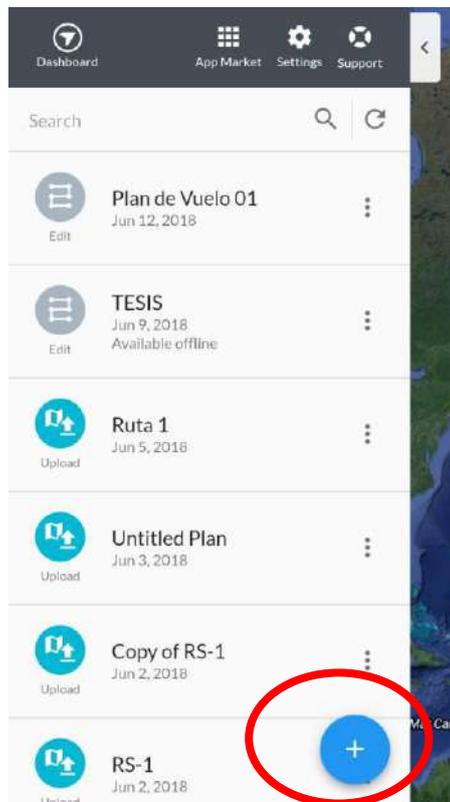


Ilustración 12. Interfaz de la aplicación DroneDeploy

Fuente: Elaboración propia

2. Seleccione la opción para Planificar un vuelo.

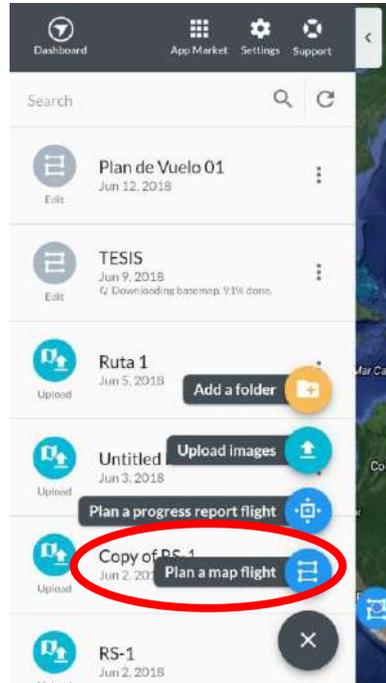


Ilustración 13. Crear nuevo proyecto

Fuente: Elaboración propia

3. Crear el plan. Aquí podemos configurar los parámetros de vuelo deseados, como la altitud y la dirección del vuelo. También puede alternar entre nuestras opcionales Modo 3D , Explorador de campo u Evitación de obstáculos. Tenga en cuenta que estas funciones solo están disponibles en drones más nuevos, como Phantom 4, Phantom 4 Pro, Inspire 2 y Mavic Pro.

Flight Altitude: Altura de vuelo. Para este estudio, la altura de vuelo es de 60 m.

Structures Mode: Activar para modelo de estructuras en 3D.

Live Map: Permite generar mapas, mientras el dron hace su recorrido. No utilizaremos esta función.

Obstacle Avoidance: Prevención de obstáculos. Ya que el Phantom 4 Pro tiene sensores de obstaculos, activaremos esta función.

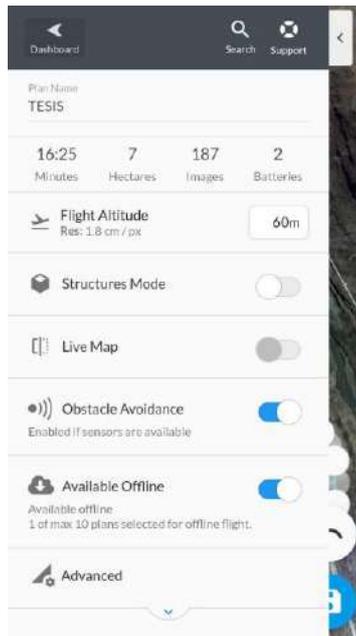


Ilustración 14. Parámetros de vuelo.

Fuente: Elaboración propia

4. Creamos un plan una vez que se haya navegado al área de interés. Puede arrastrar los controles para cambiar el tamaño y la forma área que recorrerá la aeronave.

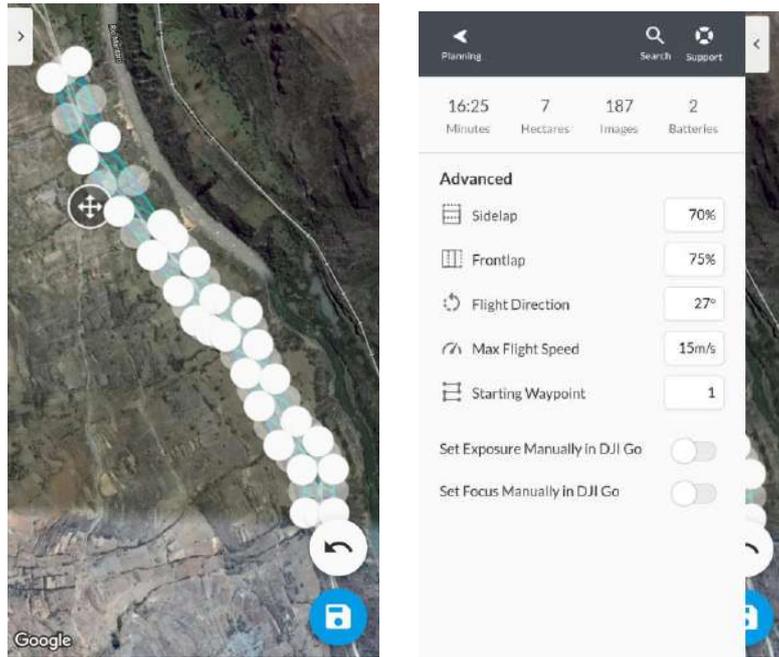


Ilustración 15. Configuraciones avanzadas del plan de vuelo.

Fuente: Elaboración propia.

Funciones Avanzadas: También podemos cambiar la configuración desde el escritorio en la pestaña "Avanzado".

La configuración avanzada se puede ajustar para ayudar a tomar mejores fotografías.

- **Aumento de la superposición lateral (sidelap) durante la planificación.**

Volar con más solapamiento entre cada tramo del vuelo es la forma más fácil de obtener características más parecidas en las imágenes, pero se logra a expensas de reducir el área que puede cubrir el dron en un solo vuelo. Elegimos 70 %.

- **Aumento de la superposición frontal (frente) durante la planificación**

Esto aumentará la cantidad de fotos tomadas durante cada etapa simplemente haciendo que la cámara tome fotos más rápidamente. Su cámara tendrá un límite estricto sobre la velocidad a la que puede funcionar, por lo que después de llegar a ese punto no verá ninguna otra mejora. Elegimos 75 %.

- **Starting Waypoint.**

Si desea comenzar su vuelo desde un cierto waypoint o continúa una misión, seleccione el waypoint desde el que desea que el dron inicie su mapeo. Utilizamos un solo waypoint, debido a que se está levantando el terreno en un solo vuelo.

- **Velocidad máxima de vuelo.**

Establecemos la velocidad máxima a la que puede volar el dron teniendo en cuenta que la velocidad máxima no denota la velocidad real del dron. La velocidad de vuelo del dron puede variar según los parámetros de vuelo, como la altitud y la configuración de superposición.

5. Una vez que esté satisfecho de que su plan cubra su área de interés, haga clic en el disco azul en la esquina inferior derecha de su pantalla para guardar y completar el plan de vuelo.



Ilustración 16. Guardar plan de vuelo e iniciar misión.

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Recolección De Imágenes

Para iniciar la misión, se deberá seguir las siguientes pasos:

- Colocar el dron en una zona libre de al menos 5 por 5 metros donde pueden llegar fácilmente la señal de GPS.

- Encender el dron.
- Encender el Control Remoto.
- Conectar el cable usb entre el smartphone y el control remoto.
- Iniciar la aplicación DroneDeploy y comenzar la misión.

Las imágenes capturadas en este levantamiento fueron de 187 en formato JPG.



Imágenes capturadas por la cámara del dron

Fuente: Elaboración propia

5.7 Procesamiento De Imágenes

El procesamiento de imágenes capturadas por el dron, se realizó utilizando el software Agisoft PhotoScan, siguiendo el siguiente flujo de trabajo que proporciona el software fotogramétrico.

5.7.1 Flujo De Trabajo

Antes de comenzar cualquier operación, es necesario señalar qué fotos se usarán como fuente para la reconstrucción en 3D. De hecho, las fotografías no se cargan en PhotoScan hasta que se necesiten. Por lo tanto, cuando "carga fotos", solo indica fotografías que se utilizarán para su posterior procesamiento.

Para cargar un conjunto de fotos, seleccione Agregar fotos ... del menú Flujo de trabajo o haga clic en el botón "Añadir fotos" de la barra de herramientas de Fotos en el Espacio de trabajo.

En el cuadro de diálogo Agregar fotos, busque la carpeta que contiene las imágenes y seleccione los archivos para procesar. Luego haz clic en el botón Abrir.

Las fotos seleccionadas aparecerán en el espacio de trabajo.

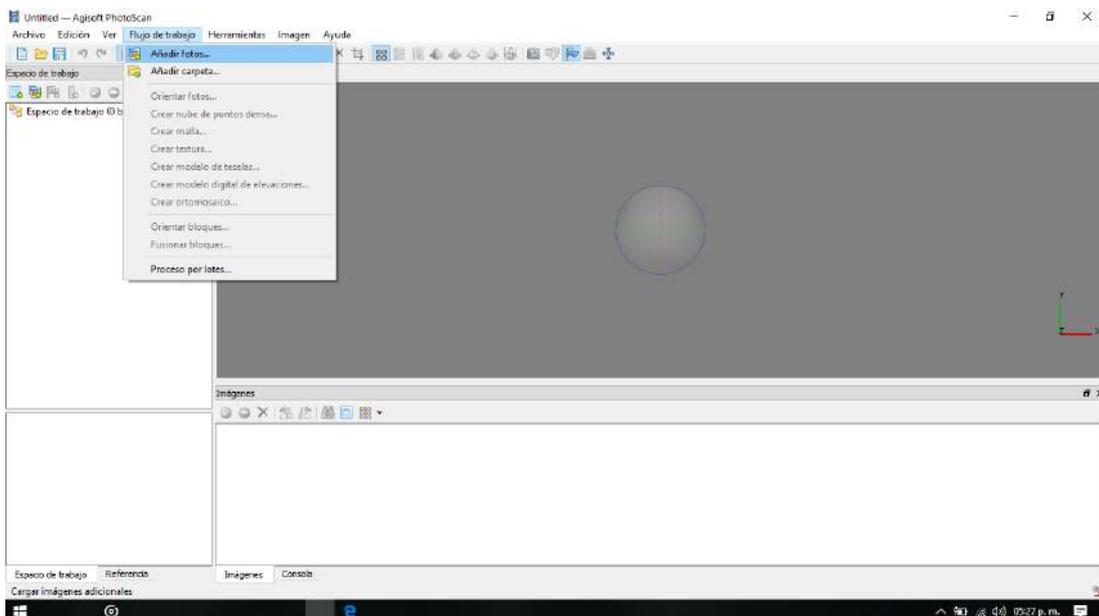


Ilustración 17. Añadir fotografías del proyecto fotogramétrico
Fuente: Elaboración propia

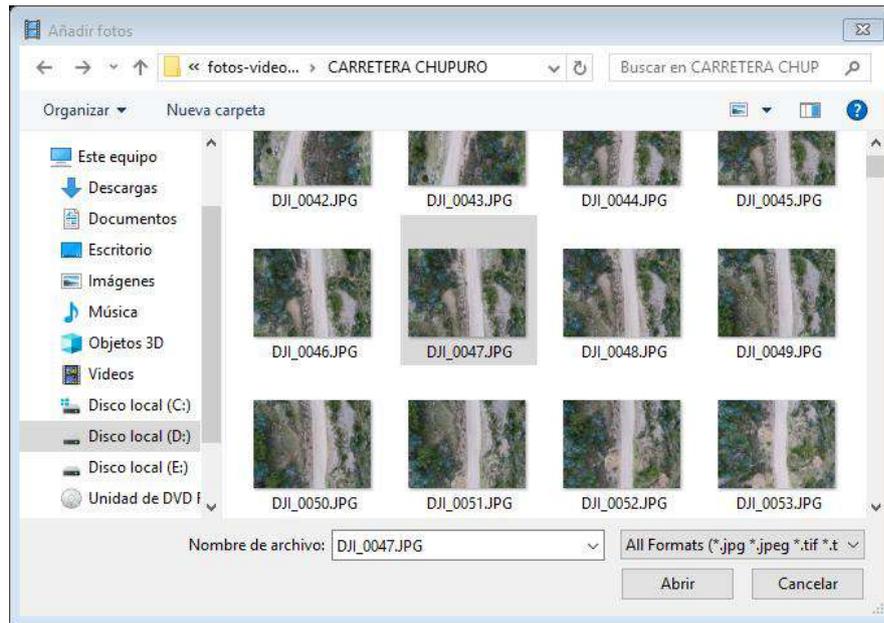


Ilustración 18. Ubicación de la carpeta contenedora de las fotografías.

Fuente: Elaboración propia

Una vez que las fotos se cargan en PhotoScan, deben estar alineadas u orientadas. En esta etapa, PhotoScan encuentra una cámara y un modelo de nube de puntos dispersos.

Para alinear un conjunto de fotos, seleccione el comando “Orientar fotos” del menú Flujo de trabajo. En el cuadro de diálogo Alinear fotos, seleccione las opciones de alineación deseadas.

El cuadro de diálogo de progreso aparecerá como el estado de procesamiento actual. Para cancelar el procesamiento, haga clic en el botón Cancelar.

Al completarse la alineación, se visualizarán las posiciones calculadas de la cámara y una nube de puntos dispersos. Puede inspeccionar la alineación y eliminar las fotos colocadas incorrectamente, en su caso.

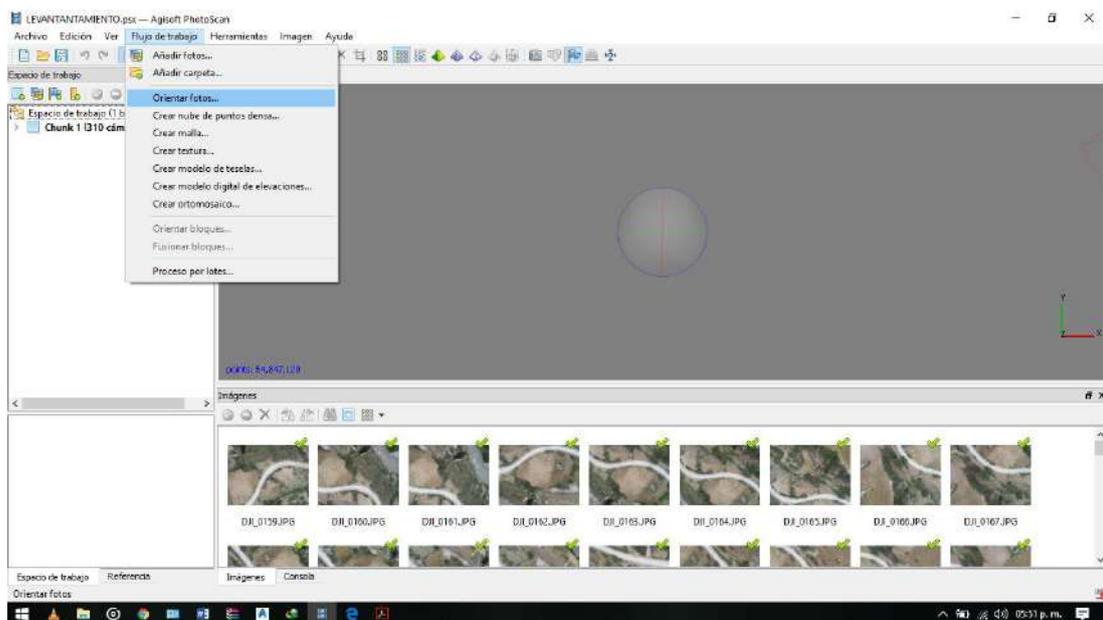


Ilustración 19. Orientar fotografías.

Fuente: Elaboración propia.

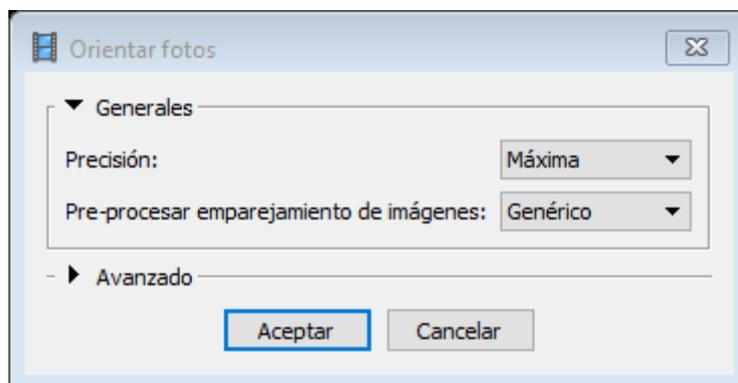


Ilustración 20. Parámetro de orientación de fotografías

Fuente: Elaboración propia.

PhotoScan le permite generar y visualizar un modelo de nube de puntos densos. En función de la categoría de habitación estimada, el programa calcula la información necesaria para combinarse en una única nube de puntos densa. PhotoScan tiende a producir nubes de

puntos extra densas, que son de casi la misma densidad, si no más densas, que las nubes de puntos LIDAR. Un punto de nube puede editarse y clasificarse dentro del entorno PhotoScan o exportarse a una herramienta externa para su posterior análisis.

Para construir una nube de puntos densa, en el cuadro de diálogo “Crear nube de puntos densa”, seleccione los parámetros de reconstrucción deseados. Haga clic en el botón Aceptar cuando termine.

El cuadro de diálogo de progreso aparecerá como el estado de procesamiento actual.

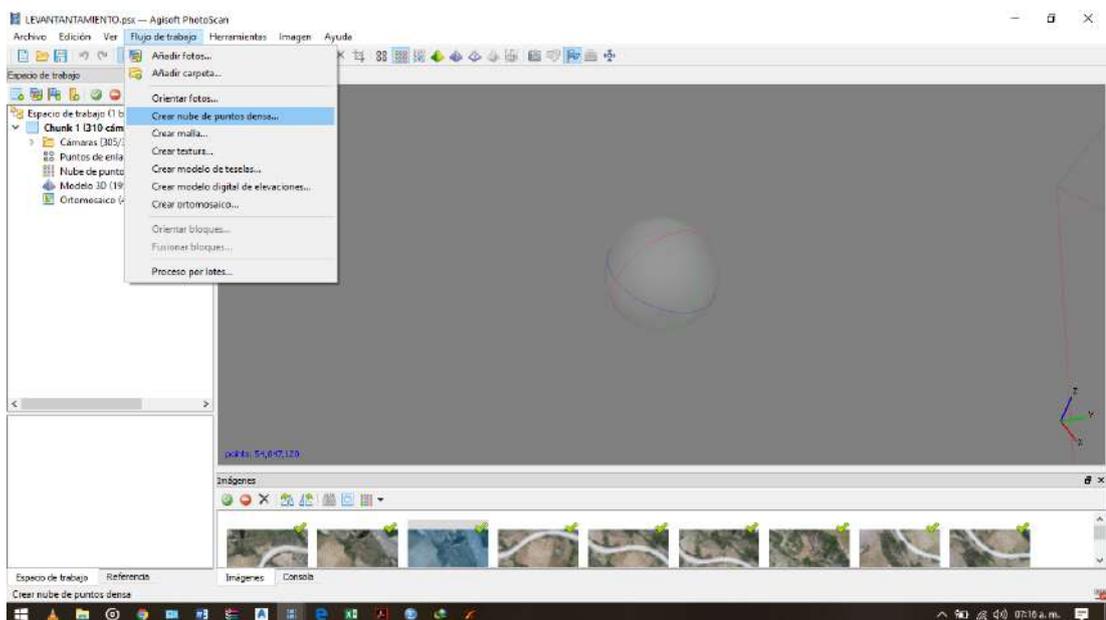


Ilustración 21. Creación de nube de puntos densa

Fuente: Elaboración propia.

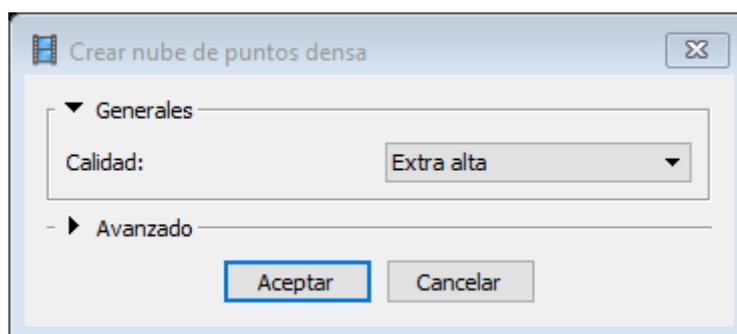


Ilustración 22. Parámetros para la creación de nube de puntos densa.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el resultado del proceso de creación de nube de puntos densa de la vía en estudio:

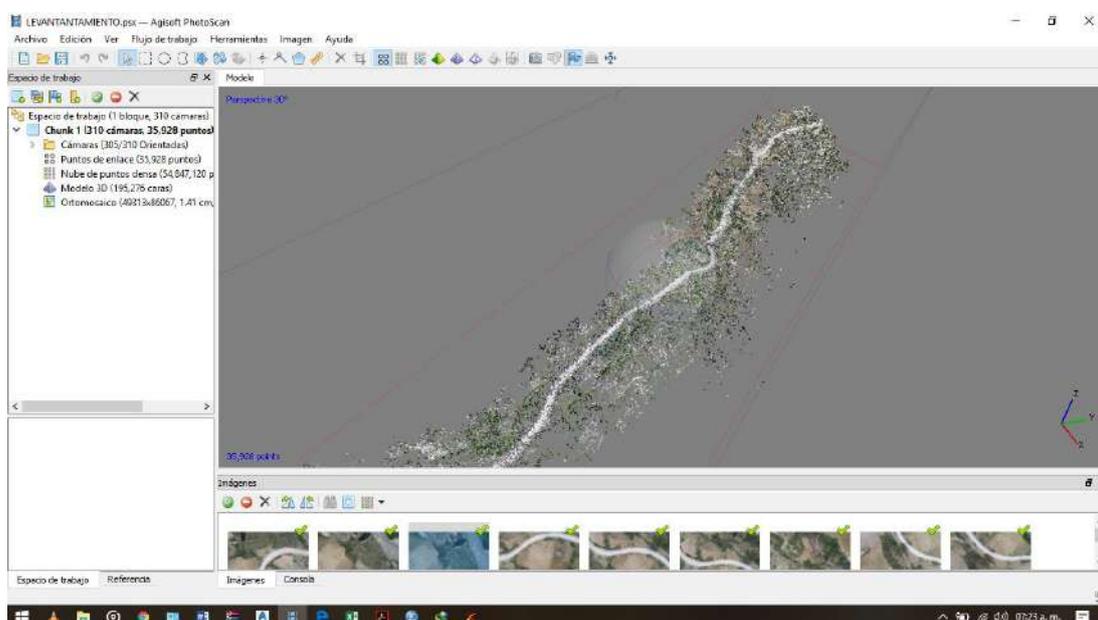


Ilustración 23. Nube de Puntos densa de la vía en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, creamos una malla a partir de la nube de puntos densa. Para construir una malla, verifique el cuadro delimitador del volumen de reconstrucción. Si el modelo ya se ha referenciado, el cuadro delimitador se colocará correctamente de forma automática. De lo contrario, es importante controlar su posición de forma manual.

Seleccione el comando “Crear malla” del menú Flujo de trabajo.

En el cuadro de diálogo Crear malla, seleccione los parámetros de reconstrucción deseados.

Haga clic en el botón Aceptar cuando termine.

El cuadro de diálogo de progreso aparecerá mostrando el estado de procesamiento actual.

PhotoScan admite varios métodos y configuraciones de reconstrucción, que ayudan a producir reconstrucciones óptimas para un conjunto de datos determinado:

Tipo de superficie. El tipo de superficie arbitraria se puede usar para modelar cualquier tipo de objeto. Debe seleccionarse para objetos cerrados, como estatuas, edificios, etc. No hace suposiciones sobre el tipo de objeto que se modela, lo que implica un costo de mayor consumo de memoria.

El tipo de superficie de campo de altura está optimizado para el modelado de superficies planas, como terrenos o relieves de base. Se debe seleccionar para el procesamiento de fotografía aérea ya que requiere una menor cantidad de memoria y permite un mayor procesamiento de conjuntos de datos.

Datos fuente. Especifica la fuente para el procedimiento de generación de malla. La nube dispersa se puede usar para la generación rápida de modelos 3D basada únicamente en la

nube de puntos dispersos. La configuración de nubes densas dará como resultado un tiempo de procesamiento más largo, pero generará una salida de alta calidad basada en la nube de puntos densos previamente reconstruida.

Conteo de polígonos. Especifica la cantidad máxima de polígonos en la malla final. Los valores sugeridos (Alto, Medio, Bajo) se calculan en función del número de puntos en la nube de puntos densos generada previamente: la ración es 1/5, 1/15 y 1/45, respectivamente. Presentan un número óptimo de polígonos para una malla con un nivel de detalle correspondiente. Todavía es posible que un usuario indique el número objetivo de polígonos en la malla final de acuerdo con su elección. Podría hacerse a través del valor personalizado del parámetro de recuento de polígonos. Tenga en cuenta que si bien una cantidad demasiado pequeña de polígonos probablemente resulte en una malla demasiado áspera, un número personalizado demasiado grande (más de 10 millones de polígonos) es probable que cause problemas de visualización del modelo en el software externo.

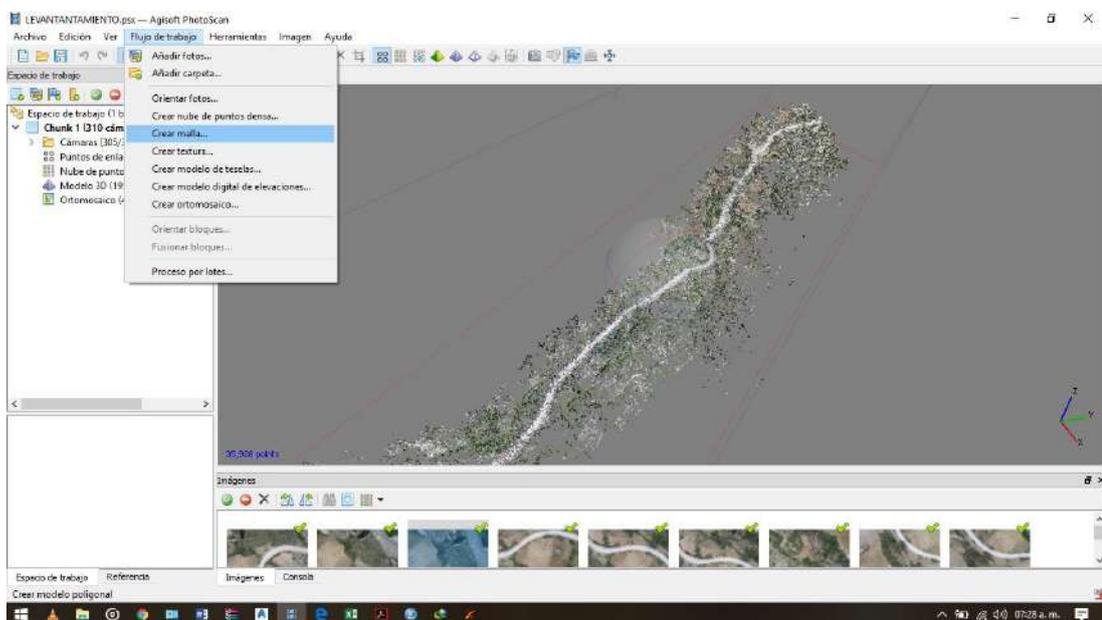


Ilustración 24. Creación de mallas.

Fuente: Elaboración propia.

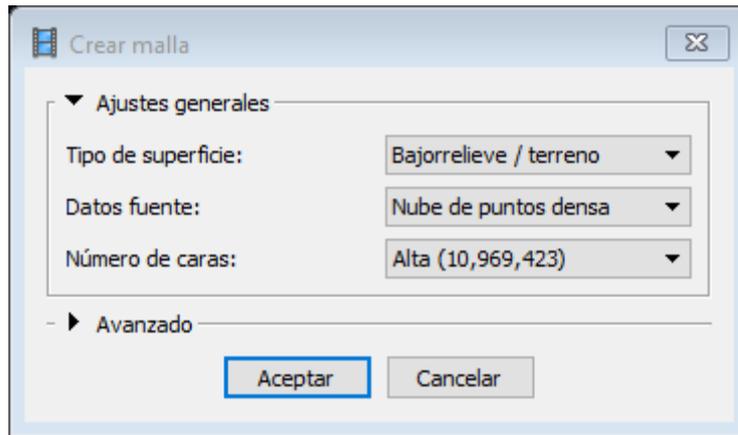


Ilustración 25. Parámetros para la creación de malla.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el resultado del proceso de creación de mallas de la vía en estudio:

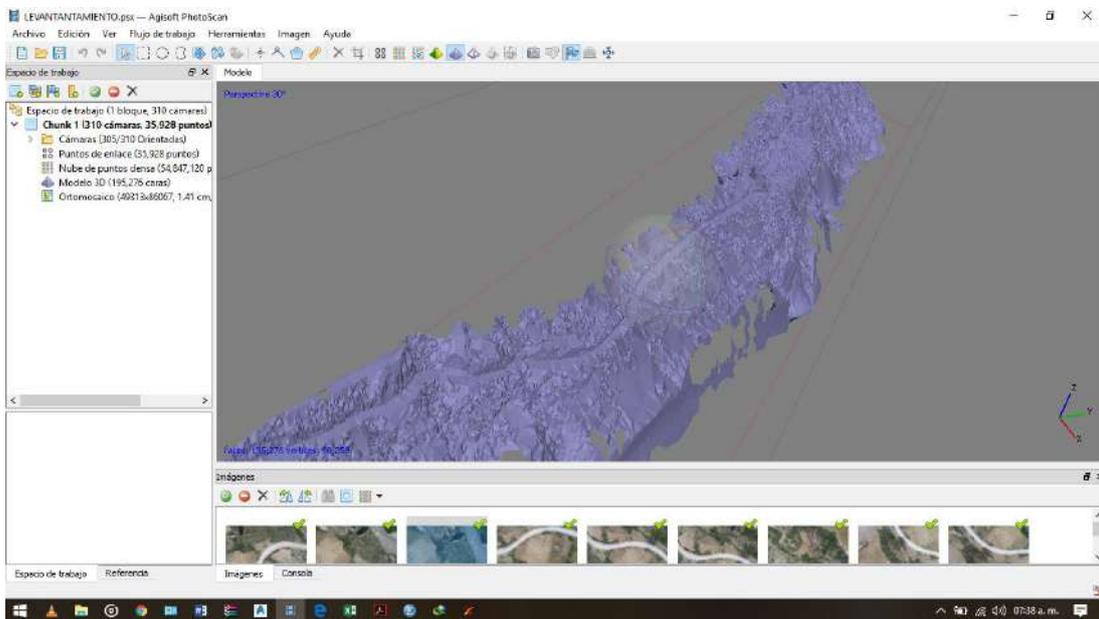


Ilustración 26. Malla de la vía en estudio

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso es crear la textura del modelo. Para ello, seleccione el comando “Crear textura” en el menú Flujo de trabajo y seleccione los parámetros de generación de textura deseados en el cuadro de diálogo Construir Textura.

Modos de mapeo de textura

El modo de asignación de textura determina cómo se empaquetará la textura del objeto en el atlas de textura. La selección adecuada del modo de mapeo de textura ayuda a obtener un empaquetamiento óptimo de la textura y, en consecuencia, una mejor calidad visual del modelo final.

Genérico. El modo predeterminado es el modo de mapeo genérico; permite parametrizar atlas de texturas para geometría arbitraria. No se hacen suposiciones sobre el tipo de escena a procesar; el programa intenta crear la textura más uniforme posible.

Ortofoto adaptativo. En el modo de mapeo adaptativo de ortofotos, la superficie del objeto se divide en la parte plana y las regiones verticales. La parte plana de la superficie se texturiza usando la proyección ortográfica, mientras que las regiones verticales se texturizan por separado para mantener una representación de textura precisa en dichas regiones. Cuando está en el modo de mapeo adaptativo de ortofotos, el programa tiende a producir una representación de la textura más compacta para escenas casi planas, al tiempo que mantiene una buena calidad de textura para las superficies verticales, como las paredes de los edificios.

Ortofoto. En el modo de mapeo de ortofotos, toda la superficie del objeto está texturizada en la proyección ortográfica. El modo de mapeo de ortofotos produce una representación

de texturas aún más compacta que el modo de ortofotos adaptativas a expensas de la calidad de la textura en las regiones verticales.

Esférico. El modo de mapeo esférico es apropiado solo para una cierta clase de objetos que tienen forma de bola. Permite exportar atlas de textura continua para este tipo de objetos, por lo que es mucho más fácil editarlos más tarde. Al generar textura en el modo de mapeo esférico.

Cámara única. El modo de asignación de cámara única permite generar textura desde una sola foto. La foto que se utilizará para texturizar se puede seleccionar de la lista 'Textura de'.

Parámetros de generación de textura

Los siguientes parámetros controlan varios aspectos de la generación de atlas de textura:

Mosaico: implica un enfoque en dos pasos: mezcla el componente de baja frecuencia para superponer imágenes para evitar el problema de línea de unión (el promedio ponderado, el peso depende de varios parámetros, incluida la proximidad del píxel en cuestión al centro de la imagen), mientras El componente de alta frecuencia, que está a cargo de los detalles de la imagen, se toma de una sola imagen, la que presenta una buena resolución para el área de interés mientras que la vista de la cámara es casi la normal a la superficie reconstruida en ese punto.

Promedio: utiliza el valor promedio ponderado de todos los píxeles de fotos individuales, el peso depende de los mismos parámetros que se consideran para el componente de alta frecuencia en modo mosaico.

Intensidad máxima: se selecciona la foto que tiene la intensidad máxima del píxel correspondiente.

Intensidad mínima: se selecciona la foto que tiene la intensidad mínima del píxel correspondiente.

Desactivado: la foto para tomar el valor del color del píxel se elige como la del componente de alta frecuencia en modo mosaico.

Tamaño de la textura:

Especifica el tamaño (ancho y alto) del atlas de textura en píxeles y determina el número de archivos para la textura a exportar. La exportación de textura a varios archivos permite archivar una mayor resolución de la textura del modelo final.

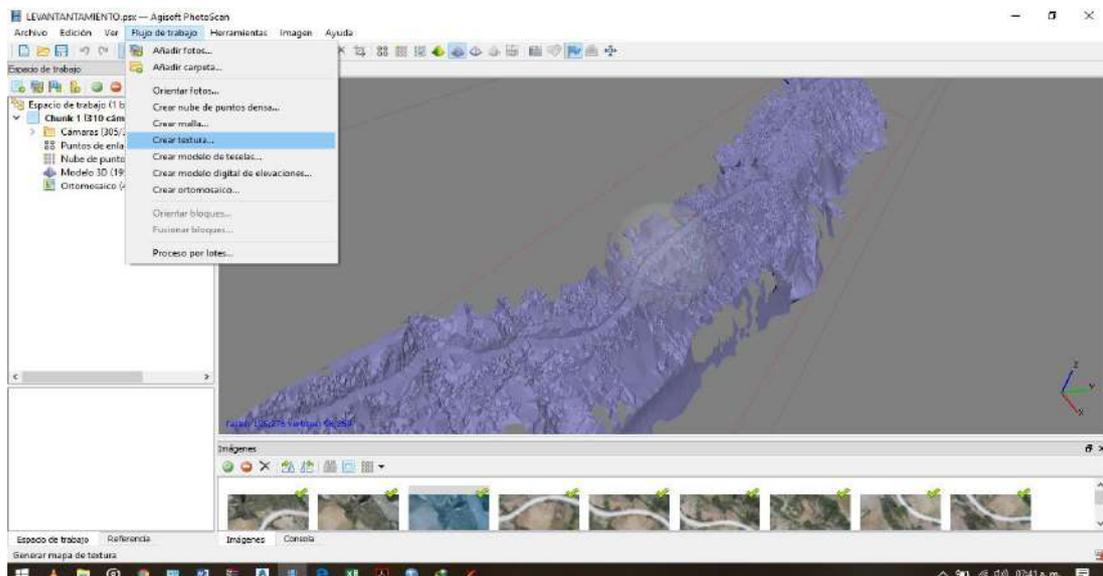


Ilustración 27. Creación de textura.
Fuente: Elaboración propia.

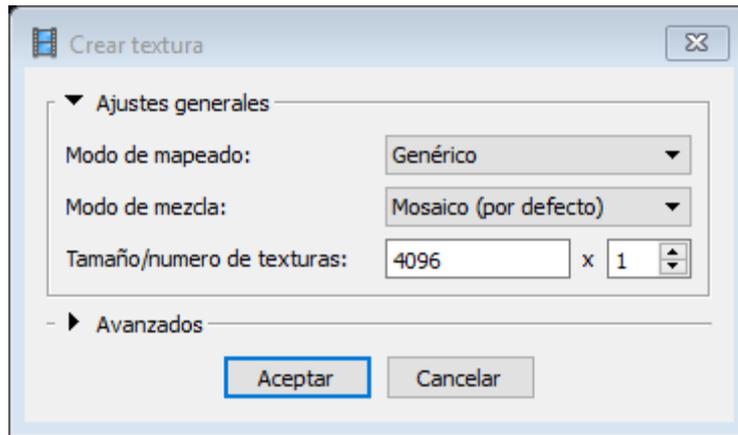


Ilustración 28. Parámetros de creación de textura.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el resultado del proceso de creación de textuta de la vía en estudio:

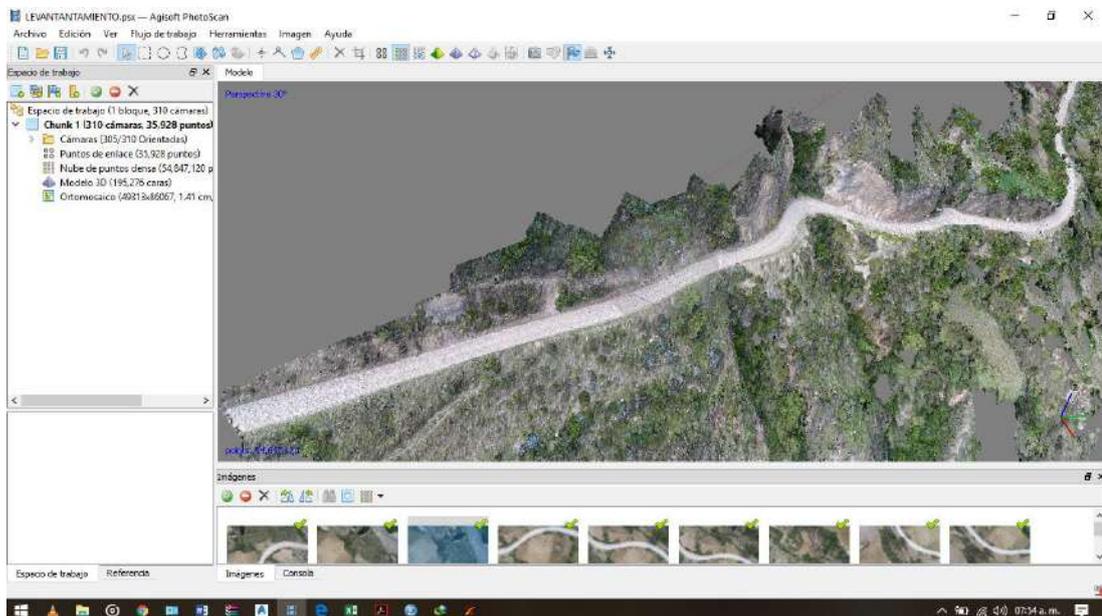


Ilustración 29. Malla con textura de la vía en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Construimos el Modelo Digital de Elevación Digital. PhotoScan permite generar y visualizar un modelo de elevación digital (DEM). Un DEM representa un modelo de superficie como una grilla regular de valores de altura. El DEM se puede rasterizar desde una nube de puntos densos, una nube de puntos dispersos o una malla. La mayoría de los resultados precisos se calculan en base a datos de nubes de puntos densos.

PhotoScan permite realizar mediciones de punto, distancia, área, volumen basadas en DEM, así como generar secciones transversales para una parte de la escena seleccionada por el usuario.

El DEM se puede calcular solo para modelos referenciados.

Parámetros:

Datos fuente. Se recomienda calcular DEM basado en datos de nubes de puntos densos. Los resultados preliminares de los datos de elevación se pueden generar a partir de una nube de puntos dispersos, evitando el paso Construir una nube densa por razones de limitación de tiempo.

Interpolación. Si el modo de interpolación está Deshabilitado, se obtienen resultados de reconstrucción precisos, ya que solo se reconstruyen las áreas correspondientes a los puntos de nubes de puntos densos. Con el modo de interpolación Activado (predeterminado) PhotoScan calculará DEM para todas las áreas de la escena que son visibles en al menos una imagen. Se recomienda la configuración habilitada (predeterminada) para la

generación de DEM. En el modo Extrapolado, el programa genera un modelo sin orificios con extrapolación de algunos datos de elevación.

Clases de puntos. El parámetro permite seleccionar una clase de punto (clases) que se usará para el cálculo de DEM.

Para generar un modelo de terreno digital (DTM), es necesario clasificar primero los puntos de nubes densas para dividirlos en al menos dos clases: puntos de tierra y el resto

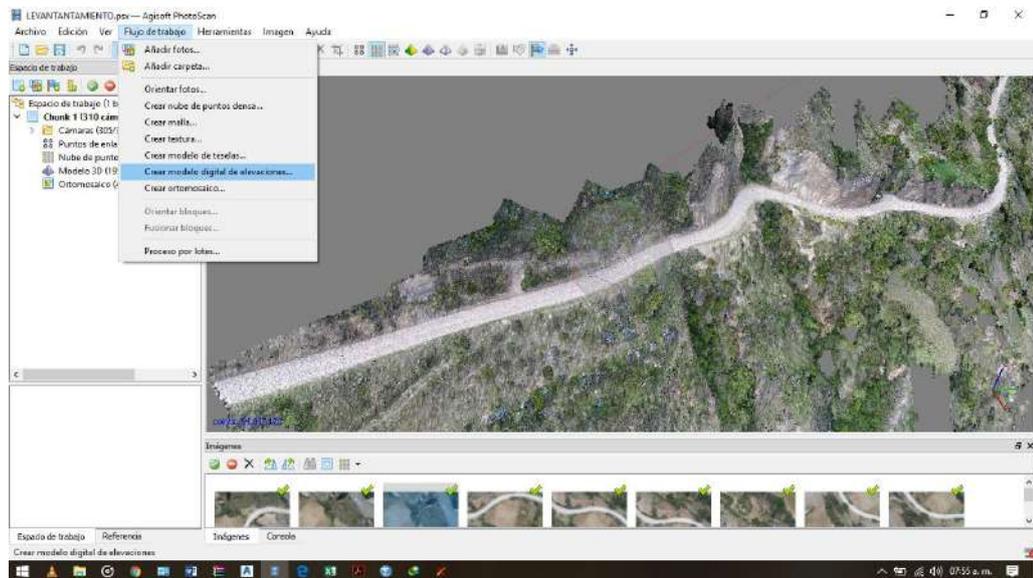


Ilustración 30. Creación de Modelo Digital de Elevación (DEM).

Fuente: Elaboración propia.

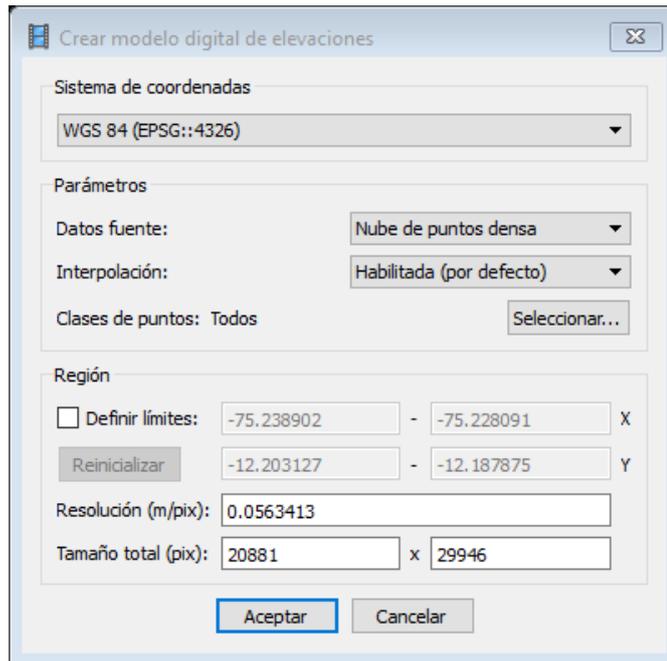


Ilustración 31. Parámetros para la creación del Modelo Digital de Elevación.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el resultado del proceso de creación del Modelo Digital de Elevación de la vía en estudio:

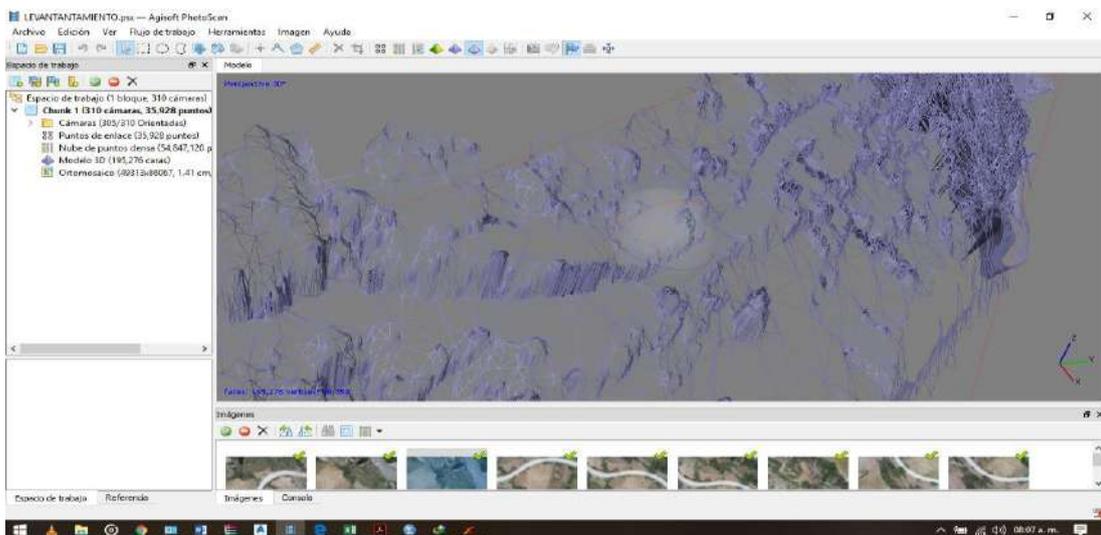


Ilustración 32. Mallas del Modelo Digital de Elevación de la vía en estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Construcción del ortomosaico u ortofotografía

La exportación ortomosaica se usa normalmente para la generación de imágenes de alta resolución basadas en las fotos de origen y el modelo reconstruido. La aplicación más común es el procesamiento de datos de levantamiento fotográfico aéreo, pero también puede ser útil cuando se requiere una vista detallada del objeto. PhotoScan permite realizar la edición de línea de costura ortomosaica para obtener mejores resultados visuales.

Parámetros.

Superficie. La creación ortomosaica basada en datos DEM es especialmente eficiente para escenarios de procesamiento de datos de levantamiento aéreo que permiten ahorrar tiempo en el paso de generación de malla. Alternativamente, el tipo de superficie de malla permite crear ortomosaicos para aplicaciones menos comunes, pero bastante demandadas, como la generación de ortomosaicos para fachadas de edificios u otros modelos que no se pueden referenciar en absoluto.

Modo de fusión:

Mosaico (predeterminado): implementa el enfoque con división de datos en varios dominios de frecuencia que se combinan de forma independiente. El componente de frecuencia más alta se mezcla solo a lo largo de la línea de costura, cada paso más alejado de la línea de unión, lo que da como resultado un menor número de dominios sujetos a mezcla.

Promedio: utiliza el valor promedio ponderado de todos los píxeles de fotos individuales.

Desactivado: el valor de color para el píxel se toma de la fotografía con la vista de la cámara casi a lo largo de la superficie normal a la reconstruida en ese punto.

Habilitar corrección de color. La función de corrección de color es útil para procesar conjuntos de datos con una variación de brillo extrema. Sin embargo, tenga en cuenta que el proceso de corrección de color ocupa bastante tiempo, por lo que se recomienda habilitar la configuración solo para los conjuntos de datos que probaron presentar resultados de mala calidad anteriormente.

Tamaño de píxel. El valor predeterminado para el tamaño de píxel en el cuadro de diálogo Exportar ortomosaica se refiere a la resolución de muestreo de suelo, por lo tanto, es inútil establecer un valor menor: el número de píxeles aumentaría, pero la resolución efectiva no lo haría. Sin embargo, si es significativo para el propósito, el usuario puede cambiar el valor de tamaño de píxel.

Max. dimensión (pix). El parámetro permite establecer la dimensión máxima para los datos ráster resultantes.

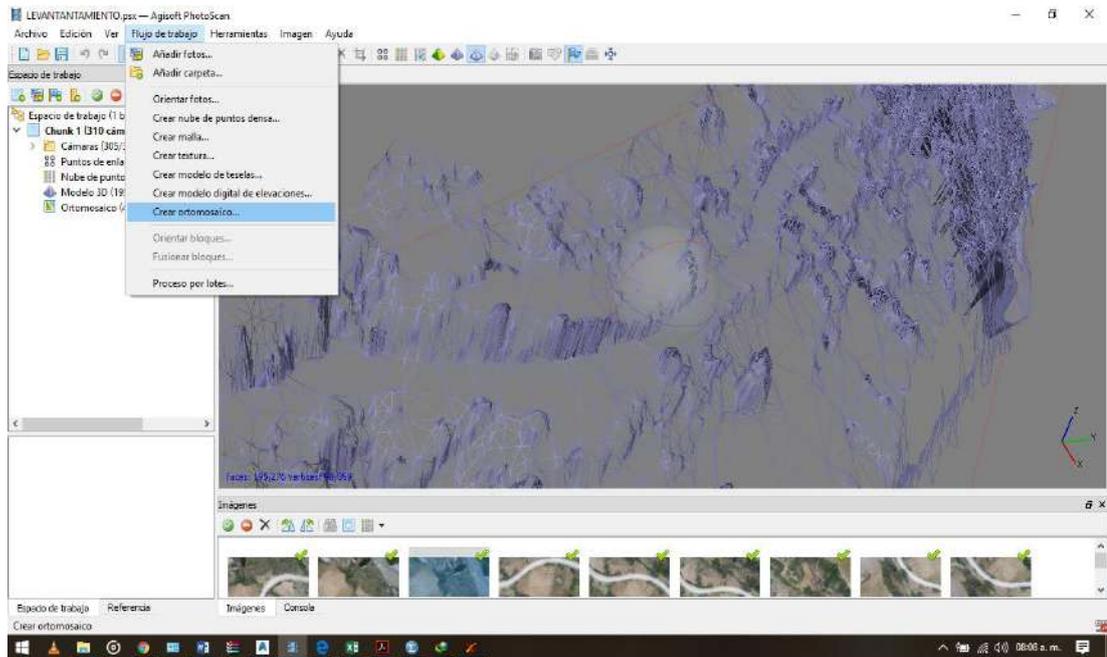


Ilustración 33. Creación de Ortomosaico u Ortofotografía.
Fuente: Elaboración propia.

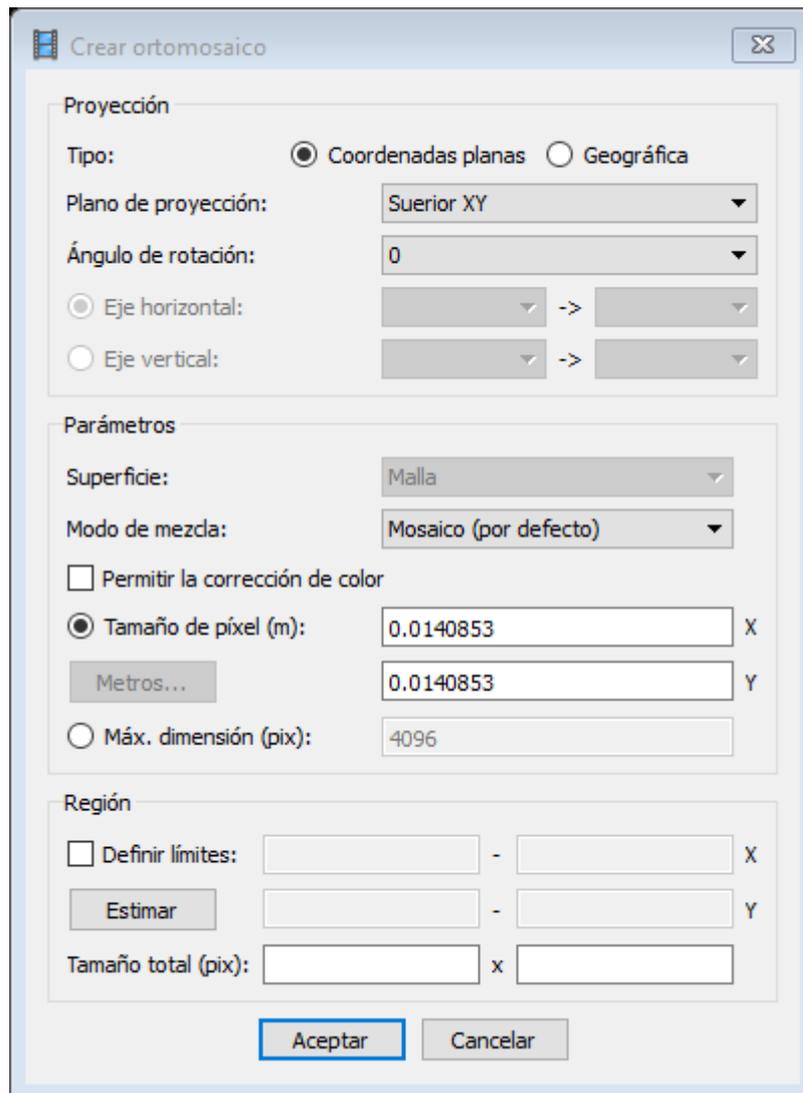


Ilustración 34. Parámetros para la creación de Ortomosaico.

Fuente: Elaboración propia.

5.8 Obtencion De Datos Con Estacion Total

La recopilación de información se ha realizado tomando medidas directas utilizando un prisma a una altura de 1.70 m, en las partes más resaltantes de las secciones de la vía, a cada 20 m en el eje longitudinal.

5.9 Obtencion De Datos Con Vehículo Aéreo No Tripulado

Planificado en recorrido aéreo del drone, se ha procedido a realizar las tomas fotográficas utilizando el drone Phantom 4 Pro con los requerimientos adecuados de altura de vuelo, traslape entre fotografías.

5.10 Obtencion De Datos Con Gps Diferencial

Se determinaron las coordenadas geodésicas de tres puntos de control, con GPS diferencial doble frecuencia, cada punto se lectura en modo estático, utilizando un receptor GPS diferencial Leica GS16 viva y un trípode de aluminio Leica.

5.11 Resumen De Puntos A Analizar Procesadas

Tabla 2. PUNTOS TOMADOS CON ESTACION TOTAL

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
1	474276.546	8652364.066	3230.9015
2	474280.346	8652344.757	3232.0813
3	474287.222	8652325.929	3233.6029
4	474291.991	8652305.811	3234.7578
5	474298.302	8652285.626	3236.0139
6	474305.029	8652266.398	3237.201
7	474312.375	8652247.236	3238.5947
8	474319.484	8652231.877	3239.5012
9	474324.988	8652211.67	3239.6966
10	474333.293	8652193.116	3239.2923
11	474341.831	8652175.525	3239.1724
12	474345.227	8652167.125	3238.7425
13	474352.784	8652157.829	3237.8433
14	474380.11	8652126.018	3236.3028
15	474364.755	8652143.264	3236.8513
16	474391.036	8652107.321	3235.3161
17	474396.727	8652088.257	3235.0707
18	474410.311	8652073.522	3234.226
19	474426.665	8652059.349	3233.2857
20	474438.666	8652040.324	3232.096
21	474449.839	8652021.908	3230.6196
22	474461.871	8652004.54	3229.7589
23	474473.811	8651988.036	3228.9079
24	474487.956	8651970.895	3227.4934
25	474501.073	8651954.459	3226.3877
26	474529.113	8651923.12	3225.0007
27	474543.303	8651907.77	3212.2909
28	474554.715	8651891.01	3211.5882
29	474565.122	8651873.145	3211.1693
30	474573.99	8651855.393	3210.6413
31	474581.919	8651836.854	3209.2319
32	474581.853	8651836.778	3209.2453
33	474592.419	8651819.724	3208.1961
34	474607.854	8651807.431	3207.0289
35	474627.025	8651801.175	3206.1362
36	474646.939	8651797.052	3205.7666
37	474655.648	8651793.164	3205.4928
38	474664.292	8651786.33	3205.3296
39	474669.115	8651777.507	3205.4143
40	474673.966	8651758.404	3205.0436
41	474675.076	8651748.185	3204.756
42	474681.848	8651729.885	3204.578
43	474688.461	8651716.238	3203.934
44	474695.157	8651699.547	3203.6126
45	474703.454	8651679.622	3202.7628
46	474709.996	8651660.551	3202.1221
47	474716.409	8651642.719	3201.4234
48	474727.255	8651623.334	3201.1202
49	474736.879	8651605.269	3201.0198
50	474746.47	8651586.621	3200.6738
51	474756.272	8651570.013	3200.2275
52	474766.363	8651552.736	3199.7227
53	474776.761	8651535.514	3198.7402
54	474789.909	8651521.406	3197.5898
55	474804.418	8651509.516	3197.2223
56	474826.163	8651476.393	3196.0492
57	474831.176	8651467.153	3195.7094
58	474834.499	8651457.421	3195.2791
59	474837.112	8651446.927	3195.1936
60	474838.57	8651436.203	3194.7941
61	474837.763	8651425.735	3194.5959

Tabla 3. PUNTOS TOMADOS CON VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACION				
				31	474581.955	8651836.894	3209.286
1	474276.582	8652364.1	3230.957	32	474581.893	8651836.81	3209.289
2	474280.387	8652344.794	3232.138	33	474592.468	8651819.756	3208.237
3	474287.262	8652325.96	3233.66	34	474607.895	8651807.465	3207.077
4	474292.031	8652305.842	3234.815	35	474627.061	8651801.222	3206.188
5	474298.342	8652285.666	3236.064	36	474646.979	8651797.092	3205.809
6	474305.066	8652266.442	3237.256	37	474655.685	8651793.208	3205.541
7	474312.418	8652247.283	3238.643	38	474664.332	8651786.362	3205.38
8	474319.519	8652231.912	3239.542	39	474669.159	8651777.54	3205.47
9	474325.03	8652211.716	3239.748	40	474674.011	8651758.441	3205.098
10	474333.339	8652193.156	3239.334	41	474675.126	8651748.223	3204.81
11	474341.874	8652175.57	3239.215	42	474681.894	8651729.929	3204.637
12	474345.276	8652167.163	3238.787	43	474688.502	8651716.281	3203.985
13	474352.826	8652157.867	3237.885	44	474695.196	8651699.585	3203.654
14	474380.148	8652126.054	3236.353	45	474703.5	8651679.667	3202.81
15	474364.802	8652143.311	3236.908	46	474710.044	8651660.598	3202.172
16	474391.084	8652107.37	3235.372	47	474716.456	8651642.76	3201.483
17	474396.769	8652088.306	3235.123	48	474727.29	8651623.382	3201.164
18	474410.358	8652073.559	3234.282	49	474736.92	8651605.31	3201.066
19	474426.711	8652059.38	3233.329	50	474746.516	8651586.67	3200.714
20	474438.71	8652040.368	3232.152	51	474756.312	8651570.06	3200.287
21	474449.876	8652021.956	3230.666	52	474766.398	8651552.778	3199.765
22	474461.903	8652004.583	3229.811	53	474776.794	8651535.564	3198.793
23	474473.849	8651988.07	3228.959	54	474789.955	8651521.443	3197.63
24	474487.992	8651970.94	3227.551	55	474804.453	8651509.556	3197.278
25	474501.108	8651954.503	3226.44	56	474826.195	8651476.431	3196.101
26	474529.146	8651923.159	3225.056	57	474831.222	8651467.2	3195.761
27	474543.352	8651907.801	3212.349	58	474834.545	8651457.463	3195.323
28	474554.765	8651891.045	3211.632	59	474837.149	8651446.959	3195.251
29	474565.167	8651873.189	3211.213	60	474838.61	8651436.242	3194.849
30	474574.03	8651855.442	3210.686	61	474837.802	8651425.771	3194.641

Tabla 4. CALCULO DE ERROR PLANIMÉTRICO Y ALTIMÉTRICO

PTO	Δ NORTE	Δ ESTE	Δ ELEVACION	ERROR PLANIMÉTRICO	ERROR ELTIMÉTRICO	ERROR TRIDIMENSIONAL
1	0.034	0.036	0.055	0.050	0.055	0.074
2	0.037	0.041	0.057	0.055	0.057	0.079
3	0.031	0.040	0.057	0.051	0.057	0.076
4	0.031	0.040	0.057	0.051	0.057	0.076
5	0.040	0.040	0.050	0.057	0.050	0.076
6	0.044	0.037	0.055	0.057	0.055	0.080
7	0.047	0.043	0.048	0.064	0.048	0.080
8	0.035	0.035	0.041	0.049	0.041	0.064
9	0.046	0.042	0.051	0.062	0.051	0.081
10	0.040	0.046	0.042	0.061	0.042	0.074
11	0.045	0.043	0.043	0.062	0.043	0.075
12	0.038	0.049	0.044	0.062	0.044	0.076
13	0.038	0.042	0.042	0.057	0.042	0.070
14	0.036	0.038	0.050	0.052	0.050	0.073
15	0.047	0.047	0.057	0.066	0.057	0.087
16	0.049	0.048	0.056	0.069	0.056	0.088
17	0.049	0.042	0.052	0.065	0.052	0.083
18	0.037	0.047	0.056	0.060	0.056	0.082
19	0.031	0.046	0.043	0.055	0.043	0.070
20	0.044	0.044	0.056	0.062	0.056	0.084
21	0.048	0.037	0.046	0.061	0.046	0.076
22	0.043	0.032	0.052	0.054	0.052	0.075
23	0.034	0.038	0.051	0.051	0.051	0.072
24	0.045	0.036	0.058	0.058	0.058	0.081
25	0.044	0.035	0.052	0.056	0.052	0.077
26	0.039	0.033	0.055	0.051	0.055	0.075
27	0.031	0.049	0.058	0.058	0.058	0.082
28	0.035	0.050	0.044	0.061	0.044	0.075
29	0.044	0.045	0.044	0.063	0.044	0.077
30	0.049	0.040	0.045	0.063	0.045	0.077

PTO	Δ NORTE	Δ ESTE	Δ ELEVACION	ERROR PLANIMÉTRICO	ERROR ELTIMÉTRICO	ERROR TRIDIMENSIONAL
31	0.040	0.036	0.054	0.054	0.054	0.076
32	0.032	0.040	0.044	0.051	0.044	0.067
33	0.032	0.049	0.041	0.059	0.041	0.071
34	0.034	0.041	0.048	0.053	0.048	0.072
35	0.047	0.036	0.052	0.059	0.052	0.079
36	0.040	0.040	0.042	0.057	0.042	0.071
37	0.044	0.037	0.048	0.057	0.048	0.075
38	0.032	0.040	0.050	0.051	0.050	0.072
39	0.033	0.044	0.056	0.055	0.056	0.078
40	0.037	0.045	0.054	0.058	0.054	0.080
41	0.038	0.050	0.054	0.063	0.054	0.083
42	0.044	0.046	0.059	0.064	0.059	0.087
43	0.043	0.041	0.051	0.059	0.051	0.078
44	0.038	0.039	0.041	0.054	0.041	0.068
45	0.045	0.046	0.047	0.064	0.047	0.080
46	0.047	0.048	0.050	0.067	0.050	0.084
47	0.041	0.047	0.060	0.062	0.060	0.086
48	0.048	0.035	0.044	0.059	0.044	0.074
49	0.041	0.041	0.046	0.058	0.046	0.074
50	0.049	0.046	0.040	0.067	0.040	0.078
51	0.047	0.040	0.059	0.062	0.059	0.086
52	0.042	0.035	0.042	0.055	0.042	0.069
53	0.050	0.033	0.053	0.060	0.053	0.080
54	0.037	0.046	0.040	0.059	0.040	0.071
55	0.040	0.035	0.056	0.053	0.056	0.077
56	0.038	0.032	0.052	0.050	0.052	0.072
57	0.047	0.046	0.052	0.066	0.052	0.084
58	0.042	0.046	0.044	0.062	0.044	0.076
59	0.032	0.037	0.057	0.049	0.057	0.075
60	0.039	0.040	0.055	0.056	0.055	0.078
61	0.036	0.039	0.045	0.053	0.045	0.070
PROMEDIO	0.040	0.041	0.050	0.058	0.050	0.077

5.12 Tratamiento Estadístico

5.12.1 Muestras Analizadas.

Las tomas de datos de campo han sido realizadas con la experiencia y conocimiento de la formación Universitaria y con la experiencia de campo del responsable de este informe,

esto con el fin de poder captar las diferencias, la medida tomada por el método de base X1, para contrastar con los datos del método Y1.

El diseño estadístico de “t” student, muestras apareadas para comparar ambas variables se considera una variable nueva, $D=X-Y$, notamos d a la media muestral x_1-y_1, \dots, x_n-y_n i $(S_d n - 1)^2$.

El método estadístico de prueba es:

$$t = \frac{d - D_0}{S_d \sqrt{\frac{1}{n}}}$$

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : Hipótesis Nula : $u_1 = u_2$

H_1 : Hipótesis Nula : $u_1 = u_2$

5.12.2 Nivel De Significancia

El nivel de significancia que se ha tomado en cuenta para la demostración de las hipótesis para la presente investigación, en la prueba estadística fue de un nivel de:

Alfa = 0.05 de nivel de significancia

5.12.3 Análisis Para La Exactitud

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS:

H₀: No existen diferencias significativas entre medidas tridimensionales obtenidos por la estación total frente a las obtenidas con el vehículo aéreo no tripulado.

H₁: Existen diferencias significativas entre medidas tridimensionales obtenidos por la estación total frente a las obtenidas con el vehículo aéreo no tripulado.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS

Tratamiento A: Estación Total Leica

Tratamiento B: Fotogrametría con Drone Phantom 4 Pro

Tabla 5. Prueba “t” para la variable exactitud

Estadísticas de muestra única

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Error tridimensional	61	.07682	.005309	.000680

Prueba de muestra única

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Error tridimensional	113.016	60	.000	.076820	.07546	.07818

Si Sig. (bilateral) > alfa se acepta la hipótesis nula.

Como 0.000 no es mayor a 0.05, se acepta la H1 y se descarta la H0.

RESULTADO DE LA INVESTIGACION BAJO LOS SIGUIENTES TERMINOS

“Con el método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado se se obtienen similares resultados, siendo menos exacto que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales. Huancayo, 2018.

5.12.4 Análisis Para El Tiempo Utilizado En Campo

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS:

H₀: No existe diferencias significativas entre el tiempo empleado en campo en el levantamiento con la estación total frente a al vehículo aéreo no tripulado.

H₁: Existe diferencias significativas entre el tiempo empleado en campo en el levantamiento con la estación total frente a al vehículo aéreo no tripulado.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS

Tratamiento A: Estación Total Leica

Tratamiento B: Fotogrametría con Drone Phantom 4 Pro

Tabla 6. Cuadro 19: Resultados de la variable tiempo en campo.

Tratamiento	A (horas)	B (h)	Diferencia (h)
Levantamiento 01	8.00	1.00	7.00
Levantamiento 02	8.00	1.20	6.80

El estadístico adecuado es el “t” para dos muestras suponiendo varianzas desiguales.

Tabla 7. Prueba “t” para la variable tiempo

Estadísticas de muestra única

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
DifHora	2	6.9000	.14142	.10000

Prueba de muestra única

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
DifHora	69.000	1	.009	6.90000	5.6294	8.1706

RESULTADO DE LA INVESTIGACION BAJO LOS SIGUIENTES TERMINOS

“El tiempo empleado en campo con método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es mucho menor que el tiempo empleado en la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales. Huancayo, 2018”

5.12.5 Análisis Para El Tiempo Utilizado En Gabinete

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS:

H₀: No existe diferencias significativas entre el tiempo empleado en gabinete en el levantamiento con la estación total frente a al vehículo aéreo no tripulado.

H₁: Existe diferencias significativas entre el tiempo empleado en gabinete en el levantamiento con la estación total frente a al vehículo aéreo no tripulado.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS

Tratamiento A: Estación Total Leica

Tratamiento B: Fotogrametría con Drone Phantom 4 Pro

Tabla 8. Resultados de tiempo empleado en gabinete

Tratamiento	A (horas)	B (h)	Diferencia (h)
Levantamiento 01	3.00	14.00	11.00
Levantamiento 02	3.00	14.5	11.50

El estadístico adecuado es el “t” para dos muestras suponiendo varianzas iguales.

Tabla 9. Prueba “t” para la variable tiempo en gabinete

Estadísticas de muestra única

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
DifHora	2	11.2500	.35355	.25000

Prueba de muestra única

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
DifHora	45.000	1	.014	11.25000	8.0734	14.4266

Por lo cual se deduce que existe una diferencia en el tiempo empleado en el procesamiento en gabinete.

RESULTADO DE LA INVESTIGACION BAJO LOS SIGUIENTES TERMINOS

“El tiempo empleado en gabinete con método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es mucho mayor que el tiempo empleado en la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales. Huancayo, 2018”

5.12.6 Análisis Para El Tiempo Utilizado En Gabinete

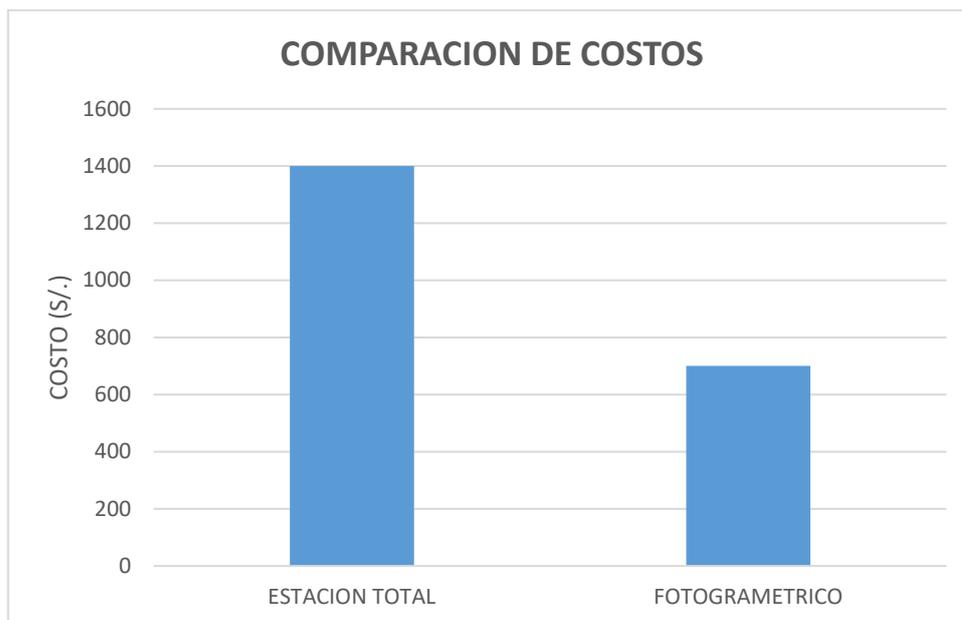
Por haberse realizado el gasto en conjunto de los tratamientos, no se ha podido contar con más variables para poder cuantificar más, solo se puede contar con gastos totales del gasto por método, los siguientes gráficos muestran los resultados de los mismos:

Tratamiento A: Corresponde al costo resultante del levantamiento topográfico con estación total.

Tratamiento B: Corresponde al costo resultante del levantamiento con vehículo aéreo no tripulado.

Tabla 10. Resultado de la variable costo en soles

Tratamiento	A	B	Diferencia
Costos (S/.)	1400.00	700.00	700



RESULTADO DE LA INVESTIGACION BAJO LOS SIGUIENTES TERMINOS

“El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es menos costoso que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales. Huancayo, 2018”

CAPITULO V: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

6.1 Prueba De Hipótesis General

El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es más efectivo que la topografía tradicional en la generación de modelos digitales de terreno en obras viales.

6.2 Prueba De Hipótesis Específicas

- El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es menos exacto que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales.
- El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado tiene un menor rendimiento en gabinete, ya que el tiempo empleado en el método fotogramétrico es mas de cuatro veces el tiempo empleado en el método tradicional.
- El costo generado por el método fotogramétrico representa una reducción del 50% del costo realizado en el método tradicional.

CONCLUSIONES

Del Trabajo de investigación realizado se puede concluir:

- Los datos obtenidos en campo tomados con el drone Phantom 4 Pro y las medidas obtenidas con la estación total, tienen resultados muy similares en exactitud plana, altimétrica y tridimensional, siendo los errores: 0.058 m, 0.050 m y 0.077 m respectivamente, determinándose que el método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es menos exacto que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales con un 95% de confianza.
- El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado tiene mayor rendimiento en campo que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales, con una duración de la actividad de 1.00 h frente a 8.00 h efectuado por el método tradicional con un 95% de confianza. Sin embargo, tiene un menor rendimiento en gabinete, ya que el tiempo empleado para el procesamiento en el método fotogramétrico es 14.00 h y en el método tradicional fue de 3.00 h, con un 95% de confianza.
- El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es menos costoso que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales, con un costo de S/. 700.00 frente a S/.1400.00 respectivamente para el tramo en estudio, representando una reducción del 50% del costo realizado en el método tradicional.

RECOMENDACIONES

Con la realización del presente trabajo puedo dar las siguientes recomendaciones:

- Para mantener una precisión adecuada en un levantamiento fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado, se recomienda tener puntos de control de alta precisión para su posterior corrección en la etapa de procesamiento de imágenes. Otra consideración es la altura de vuelo, que es inversamente proporcional a la precisión.
- Se recomienda contar con una computadora con un procesador potente para reducir el tiempo de procesamiento en gabinete y de esta manera incrementar el rendimiento en un levantamiento fotogramétrico.
- El costo para un levantamiento fotogramétrico es menor que un levantamiento tradicional, sin embargo, se recomienda realizarse en una topografía con poca vegetación que interfiera con la superficie del terreno, ya que el costo de procesamiento se incrementa para áreas con vegetación densa.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. AERPAS. (2018). PIX4D FOTOGRAMETRIAS CON UAVS. En AERPAS.
2. *ArcGIS Resources*. (2017). Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/help/gettingstarted/articles>
3. B., V. (2003). FOTOGRAMETRIA Y SU USO. En V. B., *INTRODUCCION A LA FOTOGRAMETRIA*.
4. BELIEVE, S. (2017). DRONES Y SU USO. En S. BELIEVE, *HANDBOOK DEL PILOTO DE DRONES* (pág. 300).
5. BRAND, W. (2016). DRONES POR DUMMIES. En W. BRAND, *GEOMATICA*.
6. Brian Kerr, O. (2017). Levantamiento Topográfico Aéreo . En O. Brian Kerr, *Levantamiento Topográfico Aéreo Hecho Por Un UAV*.
7. CARVAJAL, E. M. (2017). PILOTOS DE RPAS MULTICOPTERO. En E. M. CARVAJAL, *GUIA DE REFERENCIA DE DRONES*.
8. CIBEPI. (2015). VEHICULO AEREOS NO TRIPULADOS, DRONES Y SUS SISTEMAS DE COMUNICACION. *CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICA*.
9. CUERVO, L. (1980). FOTOGRAFIAS Y CAMARAS. En L. -CUERVO.
10. Dionne, J. F. (2015). Levantamiento Topográfico Aereo. En J. F. Dionne, *Levantamiento Topográfico Aereo TRIMBLE UX5*.
11. DRONES, A. (2017). DRONE NUEVAS TECNOLOGIAS. En A. DRONES, *DRONE NUEVAS TECNOLOGIAS*.
12. DRONES, S. (2016). Servicios Tecnológicos Aéreos por Radiocontrol con Drones. *FOTOGRAMETRIA*.

13. FLORES, T. (2017). EL DRON Y SU APLICACION. En T. FLORES, *EL DRON APLICADO AL SECTOR AUDIOVISUAL*.
14. FUNSIN. (2017). APLICACIONES DE LOS DRONES EN LA INGENIERIA. *GEOMATICA*.
15. GAMBOA, J. M. (2003). *FUNDAMENTOS DE FOTOGRAMETRIA AEREA*.
16. GIS&Beers. (10 de Abril de 2016). Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/pix4d-para-drones/>
17. HERRERA. (1987). FOTOGRAMETRIA. En HERRERA, *SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA*.
18. Ingenieros, C. (2017). Obtenido de <https://www.cidhma.edu.pe/autocad-civil-3d-es-un-potente-software-para-computadora-lo-sabias/>
19. JIMINEZ. (2011). LEVANTAMIENTO CON VEHICULOS AEREOS .
20. ORTO, I. (2017). Drones en la Fotogrametria Automatica y la Nube de Puntos. En D. Y. FOTOGRAMETRIA, *Drones en la Fotogrametria Automatica y la Nube de Puntos* (pág. 29).
21. OTERO, I. (2005). FOTOGRAMETRIA. En I. OTERO, *FOTOGRAMETRIA Y TELEDETECCIÓN* (pág. 134).
22. PRO, P. S. (2017). LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICA CON DRONES. *DRONES Y FOTOGRAFIA*.
23. R., P. (1994). FOTOGRAMETRIA TY TELEDETECCION. En P. R., *SISTEMA DE CAPTURA*.
24. Runco. (2017). <http://www.runco.com.ar/pix4dmapper.html>. Obtenido de <http://www.runco.com.ar/pix4dmapper.html>

25. SAENZ, O. (2016). PRECISION CON DRONES. En O. SAENZ, *AGRICULTURA DE PRECISION CON DRONES*.
26. TERNAYO, C. (2002). FOTOGRAMETRIA Y TOPOGRAFIA. En C. TERNAYO, *FOTOGRAMETRIA Y TOPOGRAFIA EN LA PRACTICA MODERNA*.
27. *Wikipedia*. (7 de Noviembre de 2017). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Resoluci%C3%B3n_de_imagen

ANEXOS

1. Matriz de consistencia

"ANÁLISIS COMPARATIVO PARA LA GESTIÓN DE MODELOS DIGITALES DE TERRENO MEDIANTE FOTOGAMETRÍA CON VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO Y TOPOGRAFÍA TRADICIONAL EN OBRAS VIALES. HUANCAYO, 2018"						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><u>PROBLEMA GENERAL</u></p> <p>¿Qué método es más efectivo para la generación de modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018?</p> <p><u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué exactitudes se obtiene en los modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018? - ¿Cuáles son los rendimientos en la generación de modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018? - ¿En cuánto difieren los costos de generación de modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018? 	<p><u>OBJETIVO GENERAL</u></p> <p>Determinar el método más efectivo para la gestión de modelos digitales de terreno: la fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado o la topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018.</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Comparar la exactitud de los modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018. - Evaluar los rendimientos en la generación modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018. - Estimar la diferencia de costos para la generación de modelos digitales de terreno mediante fotogrametría con drones y topografía tradicional en obras viales. Huancayo, 2018. 	<p><u>HIPÓTESIS GENERAL</u></p> <p>El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es más efectivo que la topografía tradicional en la generación de modelos digitales de terreno en obras viales.</p> <p><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es menos exacto que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales. Huancayo, 2018. - El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado tiene mayor rendimiento que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales. Huancayo, 2018. - El método fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado es menos costoso que la topografía tradicional para la gestión de modelos digitales de terreno en obras viales. Huancayo, 2018. 	<p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u></p> <p>VI1: Método Fotogramétrico</p> <p>VI2: Método Topográfico</p> <p><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></p> <p>VD: Generación de modelos digitales del terreno</p>	<p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura de vuelo • Resolución de Cámara • Incertidumbre angular • Experiencia de los operadores <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exactitud • Rendimiento. • Costos 	<ul style="list-style-type: none"> - Lectura de sensor de altura (m) - Píxeles por pulgada - Error en grados - Bueno, regular y malo - Porcentaje de error - Km por día - Soles 	<p><u>MÉTODO</u></p> <p>Método científico</p> <p><u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u></p> <p>Aplicada</p> <p><u>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.</u></p> <p>Experimental</p> <p><u>POBLACIÓN</u></p> <p>La población está representada por la carretera Chupuro – Moya. Se eligió este sector debido a la orografía del terreno y su poco flujo vehicular.</p> <p><u>MUESTRA</u></p> <p>La muestra corresponde a un tramo de 2 Km.</p> <p><u>INSTRUMENTOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Guía de observación - Fichas de recolección de datos - Notas de campo - Registros Anecdóticos - Grabaciones - Fotografías <p><u>TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN:</u></p> <p>Se utilizó información recopilada por tres métodos de medición para contrastar la hipótesis propuesta. Se realizó una investigación correlacional de tipo aplicativo. La técnica a utilizada es la observación directa de campo.</p>

2. Instrumentos de recolección de datos

a. PUNTOS OBTENIDOS CON ESTACIÓN TOTAL

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
1	8652224.773	474326.608	3239.396	HITO-1
2	8652315.210	474292.560	3234.353	REFERENCIA
3	8652361.062	474269.225	3230.962	PT
4	8652361.235	474269.907	3230.867	CU
5	8652361.473	474270.578	3230.906	BCAR
6	8652362.534	474273.040	3230.928	EJE
7	8652363.509	474274.993	3230.961	BCAR
8	8652364.260	474276.769	3230.803	HT
9	8652364.066	474276.546	3230.902	DRON
10	8652360.201	474266.433	3235.971	HT
11	8652359.020	474263.584	3238.205	TN
12	8652364.656	474280.461	3228.231	TN
13	8652342.898	474275.648	3232.006	PT
14	8652343.050	474275.955	3231.946	CU
15	8652343.061	474275.950	3231.946	BCAR
16	8652343.220	474276.299	3232.049	BCAR
17	8652343.916	474278.198	3231.995	EJE
18	8652344.727	474280.053	3231.980	BCAR
19	8652345.020	474280.681	3231.842	HT
20	8652344.757	474280.346	3232.081	DRON
21	8652345.102	474283.154	3229.929	TN
22	8652342.383	474273.405	3234.164	TN
23	8652341.035	474262.034	3244.920	TN
24	8652324.129	474281.431	3233.384	PT
25	8652324.172	474281.691	3233.302	CU
26	8652324.413	474282.017	3233.471	BCAR
27	8652325.003	474284.345	3233.485	EJE
28	8652325.683	474286.760	3233.543	BCAR
29	8652326.314	474288.194	3233.486	HT
30	8652325.929	474287.222	3233.603	DRON
31	8652327.459	474292.011	3229.608	TN
32	8652322.778	474279.271	3239.905	HT
33	8652328.698	474295.407	3226.763	TN
34	8652320.835	474273.816	3242.769	TN
35	8652097.205	474405.053	3234.731	AUX-1
36	8651910.060	474546.551	3225.321	AUX-2
37	8651770.686	474673.427	3218.044	AUX-3
38	8652063.382	474423.262	3233.537	AUX-4
39	8652304.358	474286.982	3234.606	PT
40	8652304.386	474287.208	3234.538	CU

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
41	8652304.475	474287.596	3234.678	BCAR
42	8652305.180	474289.672	3234.663	EJE
43	8652305.625	474291.175	3234.706	BCAR
44	8652305.811	474291.991	3234.758	DRON
45	8652306.019	474292.392	3234.566	HT
46	8652306.778	474293.263	3233.165	TN
47	8652303.094	474283.867	3239.936	HT
48	8652301.278	474279.747	3244.616	TN
49	8652308.346	474296.738	3230.628	TN
50	8652308.966	474304.307	3226.231	TN
51	8652284.266	474292.928	3235.936	PT
52	8652284.292	474293.267	3235.912	CU
53	8652284.286	474293.514	3236.020	BCAR
54	8652284.880	474295.647	3235.979	EJE
55	8652285.525	474297.859	3235.997	BCAR
56	8652286.671	474300.172	3235.915	HT
57	8652285.626	474298.302	3236.014	DRON
58	8652288.231	474303.427	3231.789	TN
59	8652281.762	474281.536	3248.641	TN
60	8652289.270	474308.474	3228.652	TN
61	8652284.197	474292.418	3236.812	TN
62	8652282.217	474285.586	3245.387	TN
63	8652283.971	474289.303	3239.152	TN
64	8652264.550	474299.395	3236.849	PT
65	8652264.699	474299.878	3236.838	CU
66	8652264.793	474300.521	3237.070	BCAR
67	8652265.579	474302.688	3237.085	EJE
68	8652266.474	474305.048	3237.079	BCAR
69	8652267.108	474307.097	3236.920	HT
70	8652266.398	474305.029	3237.201	DRON
71	8652261.767	474291.938	3247.650	TN
72	8652262.737	474293.883	3244.861	HT
73	8652270.506	474318.409	3226.426	TN
74	8652268.860	474314.159	3229.824	TN
75	8652244.864	474306.243	3238.211	PT
76	8652244.979	474306.638	3238.204	CU
77	8652245.204	474307.404	3238.524	BCAR
78	8652246.004	474309.611	3238.540	EJE
79	8652247.186	474311.998	3238.488	BCAR
80	8652248.024	474313.661	3238.316	HT

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
81	8652247.236	474312.375	3238.595	DRON
82	8652248.100	474315.025	3237.137	PT
83	8652250.016	474318.380	3232.216	TN
84	8652241.143	474300.586	3248.368	TN
85	8652242.434	474305.175	3246.436	HT
86	8652245.006	474306.440	3238.185	PT
87	8652230.262	474311.767	3239.283	PT
88	8652230.394	474312.236	3239.227	CU
89	8652230.471	474312.865	3239.426	BCAR
90	8652231.032	474316.199	3239.443	EJE
91	8652231.620	474318.932	3239.434	BCAR
92	8652232.845	474321.379	3239.413	HT
93	8652231.877	474319.484	3239.501	DRON
94	8652233.536	474323.213	3238.046	TN
95	8652229.116	474310.259	3246.162	HT
96	8652229.542	474326.671	3238.563	HT
97	8652227.363	474304.274	3249.522	TN
98	8652220.339	474330.672	3238.994	HT
99	8652217.405	474330.375	3239.002	HT
100	8652213.443	474327.734	3239.149	HT
101	8652211.035	474325.742	3239.172	HT
102	8652209.387	474319.268	3239.346	PT
103	8652209.500	474319.683	3239.344	CU
104	8652209.921	474320.488	3239.608	BCAR
105	8652210.755	474322.483	3239.568	EJE
106	8652211.514	474324.518	3239.572	BCAR
107	8652211.757	474325.516	3239.669	TN
108	8652211.670	474324.988	3239.697	DRON
109	8652207.148	474311.206	3249.478	TN
110	8652208.089	474315.755	3248.448	HT
111	8652208.866	474325.751	3239.068	HT
112	8652204.185	474327.643	3239.181	HT
113	8652201.335	474329.080	3239.283	HT
114	8652198.588	474332.945	3238.958	HT
115	8652197.943	474338.545	3238.106	HT
116	8652193.518	474341.914	3238.231	HT
117	8652188.710	474345.131	3237.326	HT
118	8652190.380	474327.546	3239.196	PT
119	8652190.796	474328.277	3239.102	CU
120	8652191.131	474328.946	3239.320	BCAR

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
121	8652192.067	474330.938	3239.326	EJE
122	8652192.993	474332.884	3239.299	BCAR
123	8652193.124	474333.315	3239.301	TN
124	8652193.116	474333.293	3239.292	DRON
125	8652194.934	474336.124	3239.106	TN
126	8652186.674	474319.934	3249.384	TN
127	8652188.189	474325.925	3245.731	HT
128	8652182.263	474345.675	3237.719	HT
129	8652176.105	474344.415	3238.761	HT
130	8652176.665	474345.964	3237.421	PT
131	8652173.460	474336.480	3238.866	PT
132	8652173.563	474336.756	3238.899	CU
133	8652173.884	474337.703	3239.217	BCAR
134	8652174.463	474339.187	3239.225	EJE
135	8652175.315	474341.284	3239.175	BCAR
136	8652175.525	474341.831	3239.172	DRON
137	8652171.790	474334.634	3245.818	HT
138	8652169.201	474328.949	3249.703	TN
139	8652168.962	474328.103	3250.944	TN
140	8652191.102	474344.742	3234.728	TN
141	8652170.738	474344.266	3238.957	HT
142	8652170.996	474345.643	3237.939	TN
143	8652164.707	474340.880	3238.826	PT
144	8652165.001	474341.343	3238.750	CU
145	8652165.079	474341.961	3238.924	BCAR
146	8652165.887	474343.323	3238.823	EJE
147	8652166.889	474344.755	3238.718	BCAR
148	8652167.184	474345.423	3238.717	HT
149	8652167.125	474345.227	3238.743	DRON
150	8652163.083	474338.918	3245.913	HT
151	8652160.151	474356.928	3234.742	TN
152	8652159.834	474334.394	3248.765	TN
153	8652158.005	474331.731	3251.593	TN
154	8652153.793	474348.125	3237.687	PT
155	8652154.169	474348.490	3237.646	CU
156	8652154.917	474349.271	3237.971	BCAR
157	8652156.036	474350.737	3237.897	EJE
158	8652157.223	474352.286	3237.859	BCAR
159	8652157.917	474353.008	3237.703	HT
160	8652157.829	474352.784	3237.843	DRON

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
161	8652145.480	474367.732	3234.601	TN
162	8652147.568	474337.572	3250.774	TN
163	8652149.019	474341.668	3247.735	TN
164	8652151.261	474345.022	3245.246	HT
165	8652148.533	474370.699	3229.880	TN
166	8652150.592	474374.686	3228.664	TN
167	8652135.412	474351.219	3246.390	TN
168	8652139.093	474388.612	3227.145	TN
169	8652134.240	474382.008	3229.128	PT
170	8652139.346	474357.985	3240.205	HT
171	8652120.694	474366.852	3237.666	PT
172	8652122.044	474370.810	3236.359	HT
173	8652122.472	474371.775	3235.951	TN
174	8652122.588	474372.205	3235.790	CU
175	8652124.031	474375.305	3235.971	EJE
176	8652125.308	474377.755	3236.103	BCAR
177	8652126.171	474379.590	3236.117	HT
178	8652126.018	474380.110	3236.303	DRON
179	8652128.194	474382.430	3234.046	TN
180	8652139.812	474360.488	3236.489	PT
181	8652140.071	474360.841	3236.497	CU
182	8652140.426	474361.236	3236.667	BCAR
183	8652141.763	474362.664	3236.755	EJE
184	8652143.028	474364.219	3236.799	BCAR
185	8652143.935	474365.398	3236.597	HT
186	8652143.264	474364.755	3236.851	DRON
187	8652118.136	474365.230	3244.581	HT
188	8652109.017	474366.807	3249.921	TN
189	8652090.813	474357.404	3262.030	HT
190	8652093.817	474360.394	3241.778	PT
191	8652097.357	474368.338	3239.101	HT
192	8652111.586	474394.563	3233.454	PT
193	8652097.546	474370.276	3237.050	PT
194	8652098.265	474372.706	3235.634	TN
195	8652101.065	474377.809	3235.405	TN
196	8652116.047	474400.344	3229.841	TN
197	8652119.071	474405.014	3228.237	TN
198	8652103.039	474381.388	3235.411	CU
199	8652103.197	474381.666	3235.545	BCAR
200	8652104.626	474385.018	3235.532	EJE

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
201	8652105.925	474388.060	3235.477	BCAR
202	8652107.506	474391.563	3235.255	TN
203	8652108.873	474394.606	3235.302	HT
204	8652107.321	474391.036	3235.316	DRON
205	8652078.225	474380.562	3250.876	HT
206	8652079.802	474381.683	3239.066	PT
207	8652081.269	474383.798	3236.679	TN
208	8652082.470	474385.744	3235.473	TN
209	8652085.428	474390.165	3235.151	TN
210	8652085.711	474390.513	3235.010	CU
211	8652085.736	474390.852	3235.146	BCAR
212	8652087.411	474393.737	3235.050	EJE
213	8652088.334	474396.436	3234.970	BCAR
214	8652089.586	474399.258	3234.917	HT
215	8652088.257	474396.727	3235.071	DRON
216	8652096.788	474413.823	3230.808	TN
217	8652096.503	474411.927	3231.299	TN
218	8652094.738	474407.373	3234.244	HT
219	8652093.843	474405.113	3234.348	HT
220	8652092.323	474400.744	3235.185	HT
221	8652088.723	474399.426	3234.693	HT
222	8652084.587	474400.264	3234.767	HT
223	8652079.576	474403.225	3234.510	HT
224	8652082.356	474408.560	3233.871	HT
225	8652083.763	474414.630	3233.108	HT
226	8652079.044	474396.476	3234.650	ALC-E
227	8652081.656	474401.334	3234.578	ALC-S
228	8652065.131	474393.312	3246.306	TN
229	8652067.744	474399.194	3242.164	TN
230	8652069.094	474403.259	3239.029	HT
231	8652069.533	474405.021	3234.166	PT
232	8652069.797	474405.302	3234.096	CU
233	8652070.401	474406.039	3234.340	BCAR
234	8652071.720	474407.840	3234.256	EJE
235	8652072.975	474409.514	3234.212	BCAR
236	8652075.159	474412.764	3233.897	TN
237	8652077.943	474417.046	3233.483	HT
238	8652079.573	474421.782	3230.195	TN
239	8652073.522	474410.311	3234.226	DRON
240	8652054.314	474419.458	3233.080	PT

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
241	8652054.646	474419.882	3232.946	CU
242	8652055.155	474420.526	3233.170	BCAR
243	8652056.307	474422.665	3233.186	EJE
244	8652058.090	474425.022	3233.242	BCAR
245	8652059.294	474426.810	3233.211	HT
246	8652059.349	474426.665	3233.286	DRON
247	8652064.564	474435.360	3225.039	TN
248	8652060.470	474427.566	3232.198	TN
249	8652047.067	474408.746	3243.024	TN
250	8652050.584	474414.024	3238.478	TN
251	8652052.902	474417.184	3236.611	HT
252	8652037.111	474433.678	3231.796	PT
253	8652037.251	474433.916	3231.755	CU
254	8652037.606	474434.482	3231.882	BCAR
255	8652038.667	474436.458	3231.881	EJE
256	8652039.803	474438.109	3231.994	BCAR
257	8652040.478	474439.128	3232.006	HT
258	8652040.324	474438.666	3232.096	DRON
259	8652035.976	474432.029	3238.004	HT
260	8652034.404	474428.918	3241.267	TN
261	8652047.990	474451.450	3220.715	TN
262	8652031.625	474424.120	3244.957	TN
263	8652018.457	474431.272	3245.409	TN
264	8652019.249	474436.172	3241.633	TN
265	8652019.650	474446.203	3230.497	PT
266	8652019.727	474446.357	3230.482	CU
267	8652019.872	474446.569	3230.562	BCAR
268	8652020.889	474448.152	3230.535	EJE
269	8652021.758	474449.519	3230.558	BCAR
270	8652022.150	474449.961	3230.408	HT
271	8652021.908	474449.839	3230.620	DRON
272	8652023.152	474451.831	3228.538	TN
273	8652026.912	474456.378	3223.432	TN
274	8652028.682	474461.536	3221.774	TN
275	8652018.720	474438.067	3240.446	TN
276	8652022.237	474441.563	3236.299	HT
277	8652002.417	474457.311	3229.549	PT
278	8652002.556	474457.564	3229.574	CU
279	8652002.537	474457.967	3229.689	BCAR
280	8652003.400	474459.856	3229.708	EJE

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
281	8652004.358	474461.627	3229.703	BCAR
282	8652004.673	474462.257	3229.551	HT
283	8652004.540	474461.871	3229.759	DRON
284	8652007.593	474467.538	3224.775	PT
285	8652002.319	474456.470	3230.847	HT
286	8652011.227	474475.452	3223.685	TN
287	8652000.229	474452.212	3233.803	TN
288	8652014.326	474481.967	3222.785	TN
289	8651998.304	474449.027	3236.891	TN
290	8651983.041	474469.579	3228.712	PT
291	8651983.250	474469.908	3228.628	CU
292	8651983.725	474470.542	3228.806	BCAR
293	8651984.804	474472.590	3228.718	EJE
294	8651986.351	474474.676	3228.649	BCAR
295	8651986.782	474475.452	3228.680	HT
296	8651988.036	474473.811	3228.908	DRON
297	8651996.283	474486.107	3223.531	TN
298	8651976.783	474454.689	3236.336	TN
299	8651992.195	474480.100	3224.715	TN
300	8651980.394	474459.564	3233.820	TN
301	8651988.961	474476.850	3226.189	PT
302	8651983.940	474465.849	3230.967	HT
303	8651973.336	474492.197	3224.385	PT
304	8651956.758	474470.631	3235.315	TN
305	8651960.313	474474.938	3233.912	TN
306	8651975.424	474495.786	3223.065	PT
307	8651977.931	474501.659	3221.868	TN
308	8651968.067	474479.749	3231.201	TN
309	8651966.886	474483.473	3227.136	PT
310	8651967.210	474483.634	3227.051	CU
311	8651967.485	474484.141	3227.311	BCAR
312	8651969.011	474485.967	3227.357	EJE
313	8651970.623	474487.936	3227.407	BCAR
314	8651971.377	474488.835	3227.321	HT
315	8651970.895	474487.956	3227.493	DRON
316	8651963.160	474515.914	3220.185	TN
317	8651943.318	474478.209	3236.509	TN
318	8651959.934	474510.699	3221.307	TN
319	8651946.453	474482.794	3235.053	TN
320	8651949.959	474487.824	3233.115	HT

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
321	8651947.003	474490.621	3226.902	PT
322	8651949.453	474495.209	3226.467	TN
323	8651950.493	474496.150	3226.052	CU
324	8651950.870	474497.232	3226.256	BCAR
325	8651952.102	474499.307	3226.221	EJE
326	8651954.125	474501.189	3226.286	BCAR
327	8651955.512	474502.896	3226.068	HT
328	8651954.459	474501.073	3226.388	DRON
329	8651943.895	474524.399	3222.047	TN
330	8651947.395	474529.463	3220.992	TN
331	8651935.459	474508.368	3225.292	PT
332	8651935.651	474508.748	3225.236	CU
333	8651936.097	474509.624	3225.507	BCAR
334	8651938.278	474513.847	3225.386	BCAR
335	8651939.000	474515.280	3225.439	TN
336	8651929.798	474494.846	3230.286	TN
337	8651941.486	474517.685	3225.177	TN
338	8651941.411	474517.705	3225.182	HT
339	8651933.847	474502.185	3226.906	TN
340	8651934.674	474507.013	3226.362	HT
341	8651930.212	474540.863	3221.521	TN
342	8651938.557	474505.995	3225.574	ALC-E
343	8651941.286	474511.207	3225.475	ALC-S
344	8651908.043	474511.348	3230.541	TN
345	8651910.942	474515.586	3228.890	TN
346	8651931.889	474537.261	3221.775	TN
347	8651937.901	474544.134	3220.042	TN
348	8651910.050	474546.560	3225.313	A2
349	8651873.614	474565.906	3223.761	A5
350	8651827.820	474578.127	3224.691	A6
351	8651925.067	474531.980	3224.866	HT
352	8651923.120	474529.113	3225.001	DRON
353	8651922.984	474528.986	3224.916	BCAR
354	8651920.796	474526.854	3224.832	EJE
355	8651918.662	474524.455	3224.838	BCAR
356	8651917.853	474523.453	3224.530	CU
357	8651917.379	474523.137	3224.572	PT
358	8651915.671	474521.764	3225.454	PT
359	8651915.325	474521.165	3226.752	HT
360	8651903.596	474536.049	3224.200	PT

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
361	8651903.786	474536.393	3211.688	CU
362	8651904.200	474536.907	3211.843	BCAR
363	8651905.717	474539.318	3211.973	EJE
364	8651907.301	474542.225	3212.040	BCAR
365	8651907.770	474543.303	3212.291	DRON
366	8651909.140	474545.495	3212.685	TN
367	8651911.122	474547.176	3212.353	HT
368	8651912.051	474549.964	3210.843	PT
369	8651914.774	474554.012	3209.811	TN
370	8651901.884	474534.478	3213.674	HT
371	8651897.620	474529.815	3215.019	TN
372	8651895.673	474526.327	3216.578	TN
373	8651916.690	474557.380	3208.495	TN
374	8651919.436	474561.156	3207.860	TN
375	8651886.977	474548.436	3211.093	PT
376	8651887.233	474548.747	3211.049	CU
377	8651887.584	474549.689	3211.231	BCAR
378	8651888.896	474551.996	3211.386	EJE
379	8651890.667	474554.340	3211.499	BCAR
380	8651891.010	474554.715	3211.588	DRON
381	8651892.642	474557.461	3211.567	TN
382	8651878.880	474537.334	3217.398	TN
383	8651893.924	474559.986	3211.838	HT
384	8651881.062	474541.631	3215.731	TN
385	8651885.433	474547.048	3212.853	HT
386	8651891.020	474551.742	3225.353	HITO-2
387	8651870.461	474559.373	3210.652	PT
388	8651870.705	474559.625	3210.605	CU
389	8651871.104	474560.372	3210.767	BCAR
390	8651872.043	474562.745	3210.873	EJE
391	8651872.899	474564.941	3210.997	BCAR
392	8651873.593	474566.353	3211.197	HT
393	8651873.145	474565.122	3211.169	DRON
394	8651874.985	474568.840	3209.510	PT
395	8651870.044	474558.794	3211.101	POSTE SENAL
396	8651869.537	474557.944	3212.435	HT
397	8651867.602	474554.526	3214.175	TN
398	8651867.328	474553.885	3214.567	TN
399	8651853.148	474568.392	3209.894	PT
400	8651853.377	474568.729	3209.815	CU

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
401	8651853.779	474569.485	3210.153	BCAR
402	8651854.473	474571.231	3210.198	EJE
403	8651855.124	474573.535	3210.343	BCAR
404	8651855.732	474574.805	3210.310	HT
405	8651855.393	474573.990	3210.641	DRON
406	8651849.435	474558.889	3217.093	TN
407	8651852.157	474561.737	3214.536	TN
408	8651854.918	474566.260	3211.263	HT
409	8651834.719	474576.323	3209.143	PT
410	8651834.897	474576.666	3209.060	CU
411	8651835.311	474577.646	3209.267	BCAR
412	8651835.750	474579.523	3209.189	EJE
413	8651836.518	474581.213	3209.181	BCAR
414	8651837.086	474582.345	3209.056	HT
415	8651836.854	474581.919	3209.232	DRON
416	8651831.858	474576.369	3212.275	HT
417	8651826.464	474564.771	3221.782	TN
418	8651896.279	474562.942	3210.001	PT
419	8651898.107	474567.478	3209.045	TN
420	8651899.526	474571.245	3208.752	TN
421	8651882.882	474581.085	3207.084	TN
422	8651878.581	474574.965	3208.062	TN
423	8651858.780	474580.926	3206.556	PT
424	8651861.296	474586.723	3205.922	TN
425	8651863.067	474591.718	3204.899	TN
426	8651834.239	474576.700	3209.083	PT
427	8651834.415	474577.052	3209.028	CU
428	8651834.689	474577.804	3209.256	BCAR
429	8651835.504	474579.539	3209.197	EJE
430	8651836.492	474581.385	3209.166	BCAR
431	8651836.990	474582.333	3209.043	HT
432	8651836.778	474581.853	3209.245	DRON
433	8651830.171	474570.370	3216.170	TN
434	8651845.266	474595.073	3204.355	TN
435	8651841.925	474589.611	3205.385	TN
436	8651840.242	474586.744	3205.606	PT
437	8651816.770	474587.615	3208.023	PT
438	8651816.911	474587.953	3208.019	CU
439	8651817.319	474588.432	3208.304	BCAR
440	8651818.401	474590.287	3208.128	EJE

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
441	8651819.649	474591.941	3208.112	BCAR
442	8651820.474	474593.035	3208.167	HT
443	8651819.724	474592.419	3208.196	DRON
444	8651822.427	474594.326	3205.852	PT
445	8651815.743	474586.923	3211.007	HT
446	8651825.331	474599.030	3205.096	TN
447	8651814.034	474583.275	3212.102	TN
448	8651828.493	474603.353	3204.032	TN
449	8651811.432	474581.324	3214.634	TN
450	8651801.442	474604.071	3208.253	HT
451	8651802.120	474604.590	3206.862	PT
452	8651802.449	474604.888	3206.832	CU
453	8651803.206	474605.483	3207.141	BCAR
454	8651805.108	474606.671	3206.987	EJE
455	8651806.956	474607.574	3206.903	HT
456	8651808.043	474608.316	3206.860	HT
457	8651807.431	474607.854	3207.029	DRON
458	8651810.102	474609.411	3205.463	PT
459	8651818.356	474614.785	3204.331	TN
460	8651791.576	474596.961	3212.314	TN
461	8651814.070	474611.529	3205.078	TN
462	8651796.480	474599.754	3209.203	PT
463	8651794.160	474625.668	3207.204	HT
464	8651795.371	474625.985	3205.756	PT
465	8651795.856	474626.143	3205.761	CU
466	8651795.857	474626.111	3205.769	BCAR
467	8651796.840	474626.363	3206.066	BCAR
468	8651798.805	474626.873	3206.003	EJE
469	8651800.672	474627.219	3206.009	BCAR
470	8651801.777	474627.484	3205.947	HT
471	8651801.175	474627.025	3206.136	DRON
472	8651804.239	474627.980	3204.429	PT
473	8651786.490	474623.764	3208.348	TN
474	8651809.924	474629.881	3203.921	TN
475	8651777.550	474620.527	3210.143	TN
476	8651770.973	474634.175	3210.030	TN
477	8651777.291	474640.183	3208.386	TN
478	8651791.493	474644.053	3206.515	HT
479	8651791.773	474644.293	3205.130	PT
480	8651792.012	474644.443	3205.082	CU

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
481	8651792.316	474644.652	3205.213	BCAR
482	8651794.307	474645.608	3205.358	EJE
483	8651796.653	474646.840	3205.669	BCAR
484	8651798.164	474647.583	3205.852	HT
485	8651797.052	474646.939	3205.767	DRON
486	8651802.052	474649.483	3203.557	PT
487	8651789.230	474643.643	3206.659	TN
488	8651805.454	474651.900	3202.352	TN
489	8651809.593	474653.511	3201.415	TN
490	8651783.634	474640.892	3207.549	TN
491	8651786.975	474651.125	3206.388	HT
492	8651787.581	474651.722	3205.018	PT
493	8651787.861	474652.020	3204.963	CU
494	8651788.261	474652.396	3205.032	BCAR
495	8651790.363	474653.777	3205.227	EJE
496	8651792.593	474655.220	3205.451	BCAR
497	8651794.401	474656.239	3205.454	TN
498	8651793.164	474655.648	3205.493	DRON
499	8651804.824	474661.856	3203.782	TN
500	8651799.361	474658.902	3204.561	TN
501	8651784.033	474650.310	3207.204	TN
502	8651777.444	474646.235	3207.987	TN
503	8651773.842	474644.675	3208.712	TN
504	8651781.189	474657.579	3206.967	HT
505	8651781.790	474658.497	3204.981	PT
506	8651781.989	474658.735	3204.843	CU
507	8651782.300	474659.164	3204.912	BCAR
508	8651784.040	474661.278	3205.117	EJE
509	8651785.818	474663.592	3205.374	BCAR
510	8651787.510	474665.955	3205.354	TN
511	8651788.322	474667.565	3205.307	HT
512	8651786.330	474664.292	3205.330	DRON
513	8651770.231	474644.627	3209.256	TN
514	8651774.392	474649.649	3208.329	TN
515	8651779.865	474656.108	3207.417	TN
516	8651774.632	474662.531	3207.141	HT
517	8651775.042	474663.260	3204.842	PT
518	8651775.242	474663.380	3204.802	CU
519	8651775.442	474664.011	3204.905	BCAR
520	8651776.358	474666.510	3205.049	EJE

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
521	8651777.377	474669.095	3205.329	BCAR
522	8651779.214	474671.958	3205.052	HT
523	8651777.507	474669.115	3205.414	DRON
524	8651770.745	474655.796	3208.284	TN
525	8651765.616	474648.757	3209.534	TN
526	8651778.233	474670.498	3205.593	TN
527	8651695.367	474688.996	3205.871	AUX-7
528	8651512.986	474800.430	3197.413	AUX-8
529	8651601.294	474732.144	3204.097	AUX-9
530	8651756.912	474666.179	3207.972	HT
531	8651756.966	474666.897	3204.802	PT
532	8651757.286	474668.225	3204.496	CU
533	8651757.441	474669.137	3204.803	BCAR
534	8651758.067	474671.739	3204.874	EJE
535	8651758.285	474673.624	3204.918	BCAR
536	8651758.404	474673.966	3205.044	DRON
537	8651758.376	474675.151	3205.114	TN
538	8651758.635	474676.210	3205.047	HT
539	8651755.164	474659.107	3209.192	TN
540	8651753.497	474655.643	3209.559	TN
541	8651747.046	474666.834	3207.675	HT
542	8651747.311	474668.515	3204.310	PT
543	8651747.361	474668.851	3204.296	CU
544	8651747.632	474670.543	3204.762	BCAR
545	8651747.963	474672.742	3204.695	EJE
546	8651748.179	474674.673	3204.680	BCAR
547	8651748.185	474675.076	3204.756	DRON
548	8651748.362	474675.840	3204.831	TN
549	8651747.898	474677.152	3204.368	HT
550	8651735.544	474706.657	3185.626	TN
551	8651769.168	474677.675	3202.978	TN
552	8651741.238	474670.397	3203.037	ALC-E
553	8651740.703	474676.126	3202.634	ALC-S
554	8651747.139	474660.540	3208.837	TN
555	8651746.811	474655.504	3209.282	TN
556	8651735.508	474670.195	3205.574	PT
557	8651734.737	474669.454	3207.246	HT
558	8651735.927	474671.841	3204.417	PT
559	8651736.037	474672.226	3204.390	CU
560	8651736.268	474673.018	3204.624	BCAR

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
561	8651736.948	474674.769	3204.589	EJE
562	8651737.721	474676.830	3204.486	BCAR
563	8651738.090	474677.501	3204.336	HT
564	8651732.479	474663.670	3208.601	TN
565	8651729.697	474659.390	3209.490	TN
566	8651721.683	474662.477	3209.279	TN
567	8651724.082	474666.994	3208.008	TN
568	8651726.653	474674.746	3206.747	HT
569	8651726.867	474676.427	3204.220	PT
570	8651727.098	474676.736	3204.135	CU
571	8651727.377	474677.291	3204.367	BCAR
572	8651728.474	474679.356	3204.356	EJE
573	8651729.688	474681.474	3204.389	BCAR
574	8651731.318	474685.001	3204.344	HT
575	8651729.885	474681.848	3204.578	DRON
576	8651713.374	474681.743	3205.520	HT
577	8651713.937	474682.693	3203.649	PT
578	8651714.183	474683.100	3203.599	CU
579	8651714.495	474683.519	3203.765	BCAR
580	8651715.368	474685.904	3203.868	EJE
581	8651716.110	474688.015	3203.873	BCAR
582	8651716.238	474688.461	3203.934	DRON
583	8651716.729	474690.037	3203.742	HT
584	8651717.086	474691.387	3202.753	TN
585	8651711.302	474676.553	3206.366	TN
586	8651710.446	474674.660	3206.981	TN
587	8651696.711	474690.025	3203.182	PT
588	8651696.902	474690.271	3203.190	CU
589	8651697.294	474690.965	3203.451	BCAR
590	8651697.898	474693.147	3203.474	EJE
591	8651699.045	474694.851	3203.489	BCAR
592	8651699.547	474695.157	3203.613	DRON
593	8651699.496	474696.140	3203.389	HT
594	8651695.891	474689.132	3205.221	TN
595	8651695.358	474686.906	3205.987	TN
596	8651692.346	474680.181	3209.376	TN
597	8651677.790	474698.103	3202.587	PT
598	8651677.820	474698.282	3202.431	CU
599	8651678.265	474698.936	3202.605	BCAR
600	8651678.887	474701.117	3202.706	EJE

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
601	8651679.475	474702.912	3202.718	BCAR
602	8651679.622	474703.454	3202.763	DRON
603	8651680.061	474704.427	3202.602	HT
604	8651680.110	474706.307	3201.403	TN
605	8651671.739	474683.593	3211.515	TN
606	8651675.070	474691.910	3207.710	TN
607	8651676.747	474696.743	3206.089	HT
608	8651659.485	474704.933	3204.092	PT
609	8651659.099	474705.035	3201.885	PT
610	8651659.170	474705.391	3201.809	CU
611	8651659.190	474705.719	3201.946	BCAR
612	8651659.614	474707.557	3201.991	EJE
613	8651660.247	474709.320	3202.028	BCAR
614	8651660.551	474709.996	3202.122	DRON
615	8651660.742	474710.964	3202.013	HT
616	8651660.507	474711.889	3201.163	TN
617	8651657.642	474702.808	3207.833	HT
618	8651656.082	474697.177	3208.815	TN
619	8651655.787	474691.887	3210.310	TN
620	8651640.209	474711.936	3201.221	PT
621	8651640.322	474712.300	3201.190	CU
622	8651640.332	474712.312	3201.190	CU
623	8651640.706	474713.036	3201.389	BCAR
624	8651641.557	474714.323	3201.370	EJE
625	8651642.473	474715.968	3201.335	BCAR
626	8651642.924	474716.722	3201.254	HT
627	8651642.719	474716.409	3201.423	DRON
628	8651701.036	474702.506	3197.583	TN
629	8651682.677	474710.407	3195.011	TN
630	8651680.811	474705.840	3201.416	TN
631	8651682.425	474710.511	3196.091	TN
632	8651680.789	474705.474	3201.692	TN
633	8651682.867	474713.247	3192.061	TN
634	8651664.100	474722.246	3189.205	TN
635	8651661.176	474711.673	3201.245	PT
636	8651661.335	474711.988	3200.613	PT
637	8651649.330	474729.956	3187.275	TN
638	8651643.945	474719.469	3198.942	PT
639	8651638.870	474710.339	3205.006	HT
640	8651635.051	474703.294	3208.038	TN

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
641	8651633.662	474695.084	3212.878	TN
642	8651620.591	474721.735	3200.990	PT
643	8651620.765	474722.198	3200.796	CU
644	8651621.236	474722.863	3201.068	BCAR
645	8651622.156	474724.760	3201.069	EJE
646	8651623.180	474726.774	3201.064	BCAR
647	8651623.842	474728.143	3200.732	HT
648	8651623.334	474727.255	3201.120	DRON
649	8651614.214	474707.533	3211.673	TN
650	8651617.273	474713.612	3207.723	TN
651	8651619.988	474719.783	3205.228	HT
652	8651628.960	474735.501	3193.904	TN
653	8651632.202	474743.209	3185.256	TN
654	8651595.526	474715.320	3211.928	TN
655	8651598.286	474722.377	3208.430	TN
656	8651602.069	474730.775	3204.677	HT
657	8651602.808	474732.342	3200.623	PT
658	8651602.789	474732.545	3200.575	CU
659	8651603.062	474733.006	3200.784	BCAR
660	8651604.279	474734.740	3200.933	EJE
661	8651605.202	474736.802	3200.942	BCAR
662	8651606.078	474738.094	3200.662	HT
663	8651605.269	474736.879	3201.020	DRON
664	8651609.561	474746.094	3191.424	TN
665	8651606.871	474740.415	3198.274	PT
666	8651611.447	474751.110	3188.238	TN
667	8651576.581	474723.783	3212.153	TN
668	8651579.269	474730.073	3207.797	TN
669	8651582.560	474739.677	3204.551	HT
670	8651584.160	474741.186	3200.436	PT
671	8651584.305	474741.733	3200.292	CU
672	8651584.724	474742.621	3200.623	BCAR
673	8651585.652	474744.507	3200.611	EJE
674	8651586.611	474746.388	3200.587	BCAR
675	8651587.492	474747.917	3200.409	HT
676	8651586.621	474746.470	3200.674	DRON
677	8651593.055	474761.319	3191.360	TN
678	8651587.952	474751.566	3196.676	PT
679	8651590.500	474755.647	3193.637	TN
680	8651555.995	474732.753	3211.207	TN

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
681	8651560.455	474740.288	3206.427	TN
682	8651564.303	474747.426	3204.544	TN
683	8651566.574	474750.088	3202.678	HT
684	8651567.182	474751.250	3199.838	PT
685	8651567.370	474751.664	3199.706	CU
686	8651567.779	474752.514	3200.007	BCAR
687	8651568.694	474754.168	3200.124	EJE
688	8651569.871	474756.025	3200.136	BCAR
689	8651570.670	474757.431	3200.093	HT
690	8651570.013	474756.272	3200.228	DRON
691	8651572.853	474761.166	3196.315	PT
692	8651574.590	474765.249	3195.060	TN
693	8651576.876	474770.366	3194.004	TN
694	8651540.847	474742.268	3211.605	TN
695	8651545.196	474751.312	3207.044	TN
696	8651549.183	474759.859	3202.981	HT
697	8651549.913	474761.416	3199.494	PT
698	8651550.038	474761.728	3199.394	CU
699	8651550.505	474762.324	3199.621	BCAR
700	8651551.419	474764.117	3199.661	EJE
701	8651552.620	474766.139	3199.663	BCAR
702	8651553.484	474767.719	3199.561	HT
703	8651554.778	474770.025	3198.410	TN
704	8651552.736	474766.363	3199.723	DRON
705	8651561.925	474783.640	3192.724	TN
706	8651558.985	474778.918	3193.319	TN
707	8651557.355	474776.085	3193.660	TN
708	8651527.584	474756.227	3207.853	TN
709	8651529.623	474762.397	3205.616	TN
710	8651532.042	474771.214	3200.621	HT
711	8651532.578	474772.152	3198.635	PT
712	8651532.928	474772.565	3198.532	CU
713	8651533.370	474773.211	3198.758	BCAR
714	8651534.291	474774.813	3198.633	EJE
715	8651535.293	474776.407	3198.574	BCAR
716	8651536.200	474777.691	3198.833	HT
717	8651535.514	474776.761	3198.740	DRON
718	8651539.413	474781.503	3195.412	PT
719	8651541.932	474786.353	3194.210	TN
720	8651543.688	474790.178	3193.780	TN

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
721	8651539.966	474767.868	3197.034	ALC-E
722	8651541.534	474773.180	3196.525	ALC-S
723	8651524.218	474792.859	3195.293	PT
724	8651527.154	474797.895	3194.075	TN
725	8651529.220	474801.777	3193.715	TN
726	8651529.678	474774.326	3198.587	A10
727	8651512.125	474773.608	3202.668	TN
728	8651514.147	474778.144	3201.030	HT
729	8651514.603	474779.445	3199.452	PT
730	8651517.272	474784.433	3198.299	HT
731	8651517.824	474785.205	3197.071	PT
732	8651517.945	474785.417	3196.984	CU
733	8651518.756	474786.234	3197.412	BCAR
734	8651519.909	474788.009	3197.415	EJE
735	8651521.255	474789.698	3197.446	BCAR
736	8651521.695	474790.176	3197.397	HT
737	8651521.406	474789.909	3197.590	DRON
738	8651494.210	474789.383	3202.752	TN
739	8651504.329	474799.549	3196.731	PT
740	8651504.505	474799.759	3196.548	CU
741	8651504.989	474800.077	3196.687	BCAR
742	8651507.055	474801.838	3196.873	EJE
743	8651508.665	474803.496	3196.982	BCAR
744	8651511.116	474806.376	3196.909	HT
745	8651509.516	474804.418	3197.222	DRON
746	8651513.177	474809.139	3195.367	HT
747	8651512.257	474807.320	3195.432	PT
748	8651511.983	474807.025	3196.324	HT
749	8651499.151	474792.073	3199.052	PT
750	8651501.882	474795.284	3198.828	TN
751	8651504.315	474798.331	3198.403	HT
752	8651482.307	474797.574	3204.029	TN
753	8651484.155	474800.195	3201.798	PT
754	8651486.507	474804.538	3199.668	TN
755	8651489.767	474809.832	3197.998	HT
756	8651490.607	474811.194	3196.271	PT
757	8651490.836	474811.480	3196.251	CU
758	8651490.891	474811.762	3196.362	BCAR
759	8651492.020	474813.589	3196.532	EJE
760	8651493.284	474815.587	3196.554	BCAR

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
761	8651493.655	474816.391	3196.320	HT
762	8651495.598	474820.443	3191.544	PT
763	8651497.118	474823.475	3189.819	TN
764	8651469.184	474806.642	3201.669	TN
765	8651471.937	474813.631	3200.329	TN
766	8651473.219	474820.418	3197.178	HT
767	8651473.277	474821.657	3195.636	PT
768	8651473.439	474821.797	3195.575	CU
769	8651473.695	474822.245	3195.763	BCAR
770	8651474.761	474823.882	3195.916	EJE
771	8651476.153	474825.877	3195.988	BCAR
772	8651476.811	474826.792	3195.805	HT
773	8651476.393	474826.163	3196.049	DRON
774	8651479.383	474830.190	3191.569	PT
775	8651480.169	474833.017	3190.578	TN
776	8651481.707	474836.243	3187.725	TN
777	8651464.189	474824.898	3198.671	HT
778	8651464.696	474825.868	3195.288	PT
779	8651464.845	474826.142	3195.216	CU
780	8651464.917	474826.470	3195.386	BCAR
781	8651465.758	474828.450	3195.556	EJE
782	8651466.776	474830.468	3195.694	BCAR
783	8651467.374	474832.157	3195.467	HT
784	8651467.153	474831.176	3195.709	DRON
785	8651469.821	474837.081	3189.755	PT
786	8651470.348	474838.686	3188.122	TN
787	8651461.896	474819.145	3199.818	TN
788	8651459.230	474813.402	3200.648	TN
789	8651512.986	474800.430	3197.413	TN
790	8651439.671	474841.544	3194.801	AUX-B11
791	8651770.686	474673.427	3205.596	TN
792	8651370.652	474819.922	3209.291	AUX-B12
793	8651455.359	474828.491	3199.596	HT
794	8651455.651	474829.420	3194.992	PT
795	8651455.719	474829.667	3194.919	CU
796	8651455.825	474830.008	3195.044	BCAR
797	8651456.535	474832.127	3195.171	EJE
798	8651457.225	474833.921	3195.279	BCAR
799	8651457.421	474834.499	3195.279	DRON
800	8651457.465	474835.165	3195.100	HT

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
801	8651457.781	474837.914	3192.784	PT
802	8651458.261	474839.635	3191.949	TN
803	8651446.460	474831.704	3194.667	PT
804	8651446.492	474831.976	3194.656	CU
805	8651446.481	474832.372	3194.735	BCAR
806	8651446.666	474834.463	3194.855	EJE
807	8651446.863	474836.769	3195.037	BCAR
808	8651447.299	474838.217	3195.217	HT
809	8651447.480	474838.919	3194.224	PT
810	8651446.927	474837.112	3195.194	DRON
811	8651449.136	474843.463	3191.222	HT
812	8651447.689	474840.855	3192.881	TN
813	8651436.320	474830.373	3195.070	PT
814	8651436.142	474832.162	3194.176	CU
815	8651436.079	474832.477	3194.302	BCAR
816	8651436.100	474835.390	3194.592	EJE
817	8651436.130	474837.716	3194.780	BCAR
818	8651436.486	474840.696	3194.595	HT
819	8651436.203	474838.570	3194.794	DRON
820	8651437.497	474847.617	3190.682	TN
821	8651436.662	474843.960	3192.886	TN
822	8651425.258	474847.468	3189.816	TN
823	8651425.688	474845.157	3191.619	PT
824	8651427.029	474830.724	3193.868	PT
825	8651426.940	474831.122	3193.851	CU
826	8651426.851	474831.357	3193.980	BCAR
827	8651426.112	474834.261	3194.236	EJE
828	8651425.740	474836.454	3194.365	BCAR
829	8651425.735	474837.763	3194.596	DRON
830	8651425.890	474840.887	3194.370	HT
831	8651425.768	474839.145	3194.374	TN
832	8651452.590	474822.558	3200.363	TN
833	8651444.392	474828.818	3201.600	HT
834	8651437.065	474829.336	3202.313	HT
835	8651435.457	474821.591	3202.899	TN
836	8651426.512	474826.658	3203.190	HT
837	8651426.161	474819.903	3203.500	TN
838	8651425.036	474817.035	3204.774	TN
839	8651439.965	474847.221	3206.681	HITO-3

b. PUNTOS OBTENIDOS CON FOTOGRAMETRÍA

Quality Report



Generated with Pix4Dmapper Pro version 4.1.15 Preview

! **Important:** Click on the different icons for:

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

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

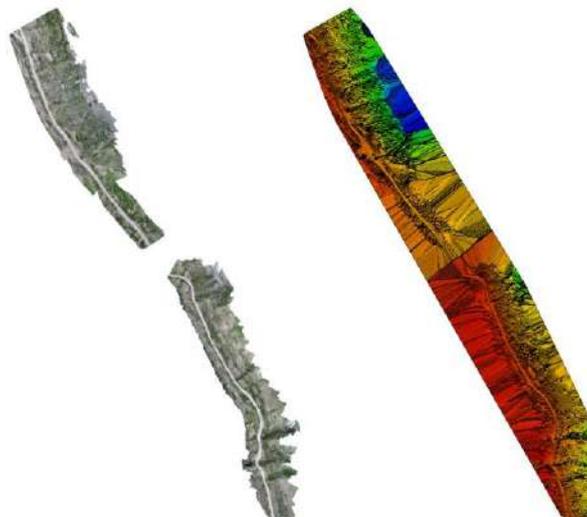
Summary **i**

Project	CARRETERA CHUPURO
Processed	2018-02-06 13:33:52
Camera Model Name(s)	FC6310_8.8_4864x3648 (RGB), FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.10 cm / 0.43 in
Area Covered	0.140 km ² / 14.0366 ha / 0.05 sq. mi. / 34.7032 acres
Time for Initial Processing (without report)	02h:52m:51s

Quality Check **i**

? Images	median of 60794 keypoints per image	✓
? Dataset	670 out of 673 images calibrated (99%), all images enabled, 2 blocks	⚠
? Camera Optimization	12.39% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	⚠
? Matching	median of 12252.3 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, no 3D GCP	⚠

? Preview **i**



Calibration Details



Number of Calibrated Images	670 out of 673
Number of Geolocated Images	673 out of 673

Initial Image Positions

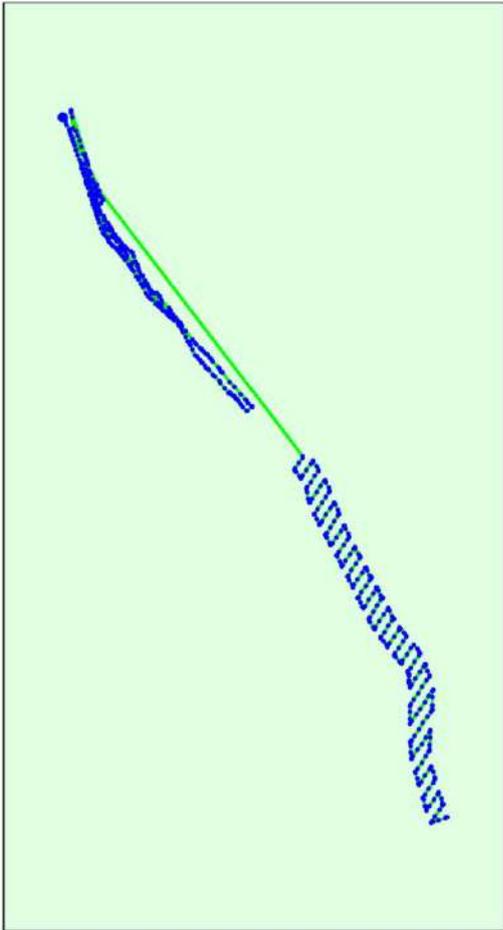
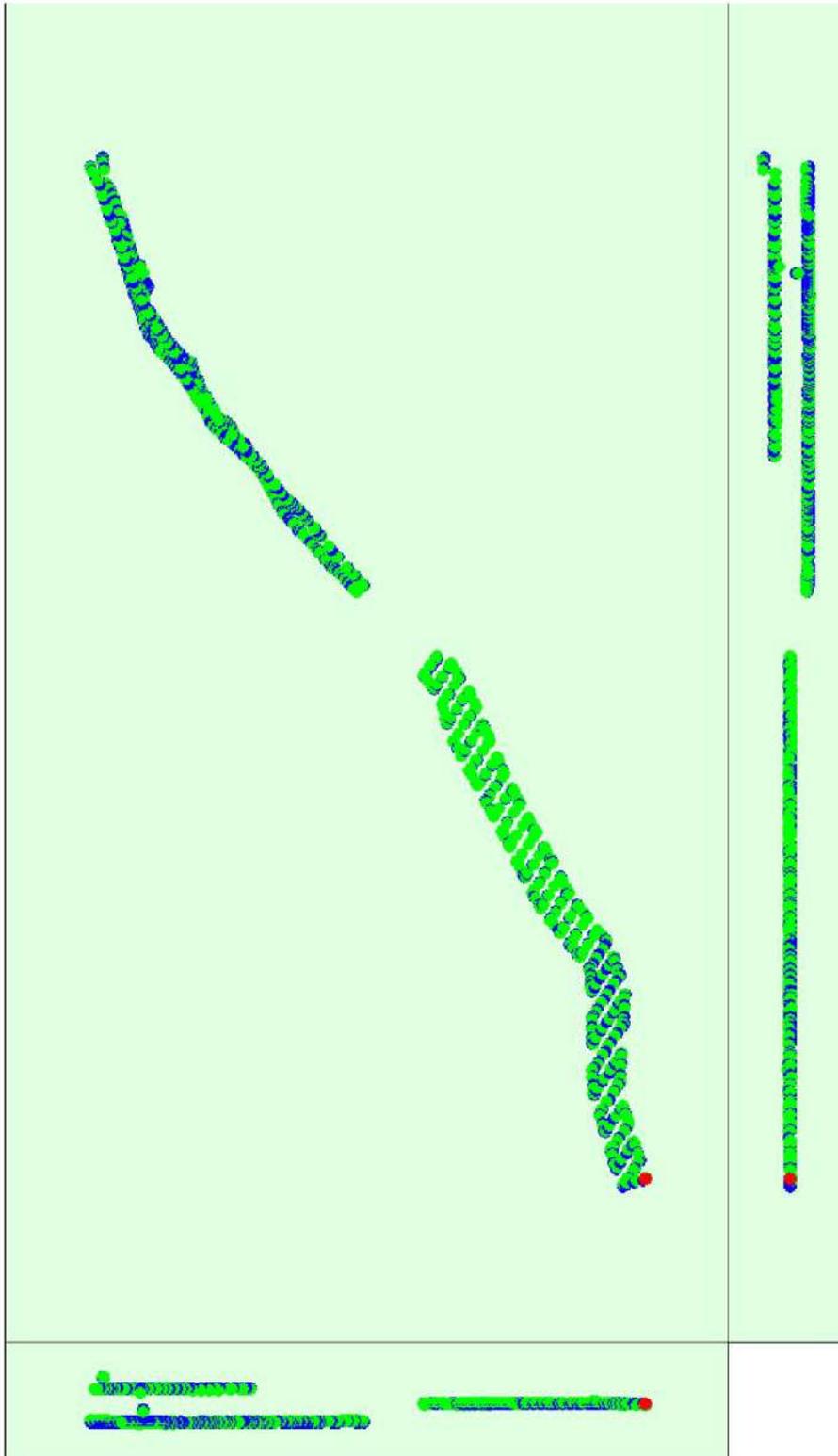


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 10x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images. Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Absolute camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.128	0.124	0.269	0.270	0.240	0.033
Sigma	0.030	0.028	0.071	0.144	0.117	0.003

Overlap

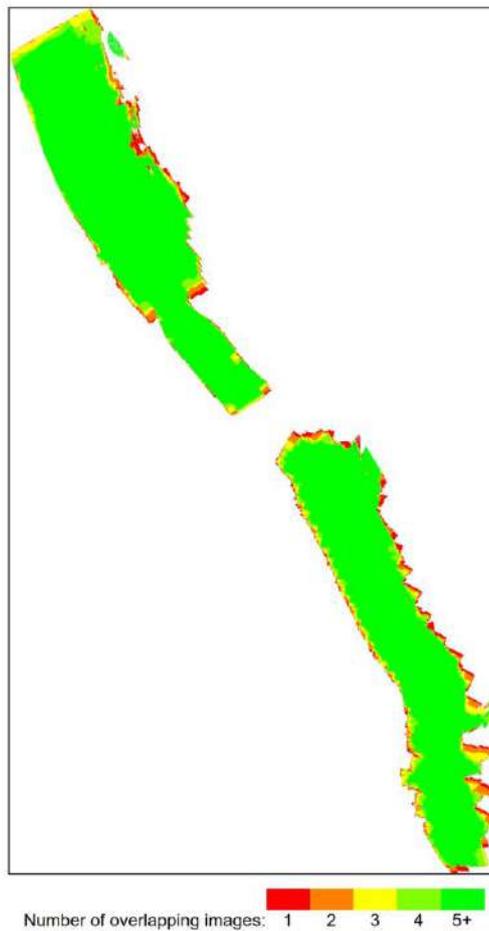


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint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

Bundle Block Adjustment Details



Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	8913129
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	2836409
Mean Reprojection Error [pixels]	0.125

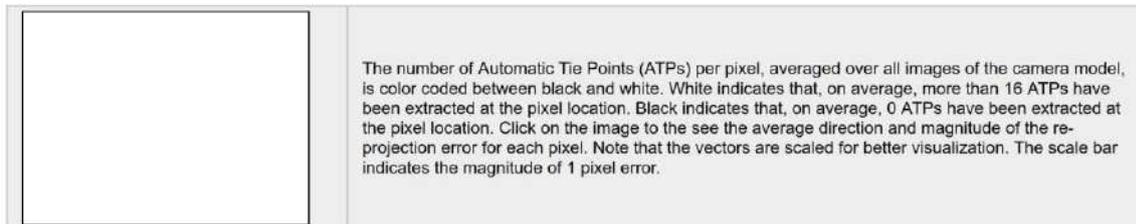
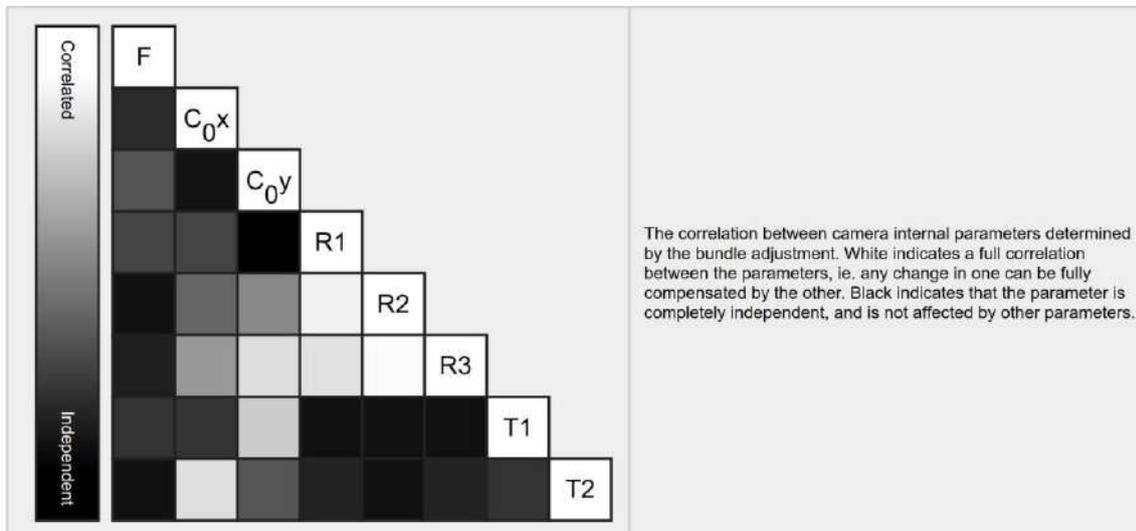
? Internal Camera Parameters

FC6310_8.8_4864x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 11.407 [mm] x 8.556 [mm]



EXIF ID: FC6310_8.8_4864x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3666.955 [pixel] 8.600 [mm]	2432.001 [pixel] 5.704 [mm]	1823.999 [pixel] 4.278 [mm]	0.004	-0.017	0.019	-0.000	0.000
Optimized Values	4116.627 [pixel] 9.655 [mm]	2438.570 [pixel] 5.719 [mm]	1825.479 [pixel] 4.281 [mm]	0.000	-0.041	0.054	0.000	0.000
Uncertainties (Sigma)	1.252 [pixel] 0.003 [mm]	0.070 [pixel] 0.000 [mm]	0.061 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000



? Internal Camera Parameters

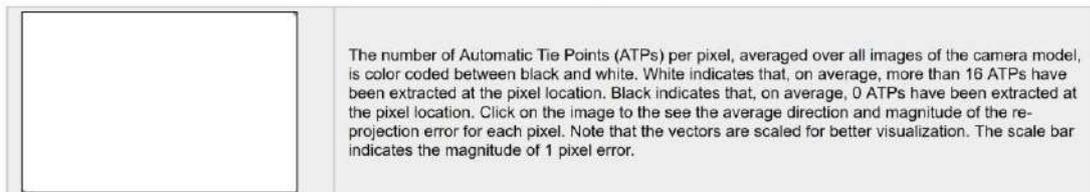
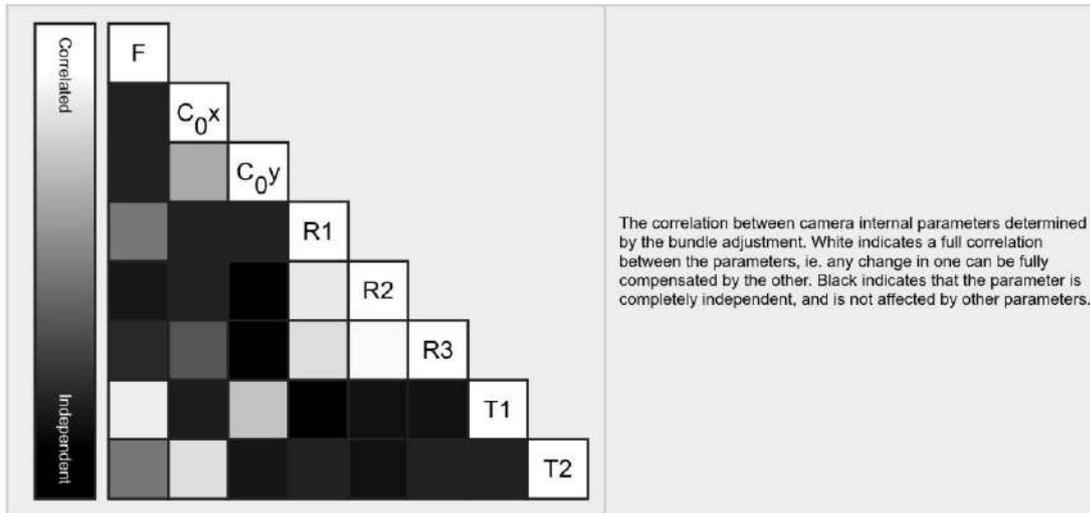
FC6310_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]



EXIF ID: FC6310_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
--	--------------	-------------------	-------------------	----	----	----	----	----

Initial Values	3668.759 [pixel] 8.604 [mm]	2736.001 [pixel] 6.417 [mm]	1823.999 [pixel] 4.278 [mm]	0.003	-0.008	0.008	-0.000	0.000
Optimized Values	4128.528 [pixel] 9.683 [mm]	2742.591 [pixel] 6.432 [mm]	1819.649 [pixel] 4.268 [mm]	-0.003	-0.018	0.022	0.000	0.000
Uncertainties (Sigma)	4.688 [pixel] 0.011 [mm]	0.161 [pixel] 0.000 [mm]	0.122 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000



? 2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	60794	12252
Min	22429	67
Max	79993	33961
Mean	61211	13303

2D Keypoints Table for Camera FC6310_8.8_4864x3648 (RGB)

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	59735	18046
Min	49409	4440
Max	72138	33961
Mean	59992	18389

2D Keypoints Table for Camera FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	63654	6689
Min	22429	67
Max	79993	33671

Mean	62482	8001
------	-------	------

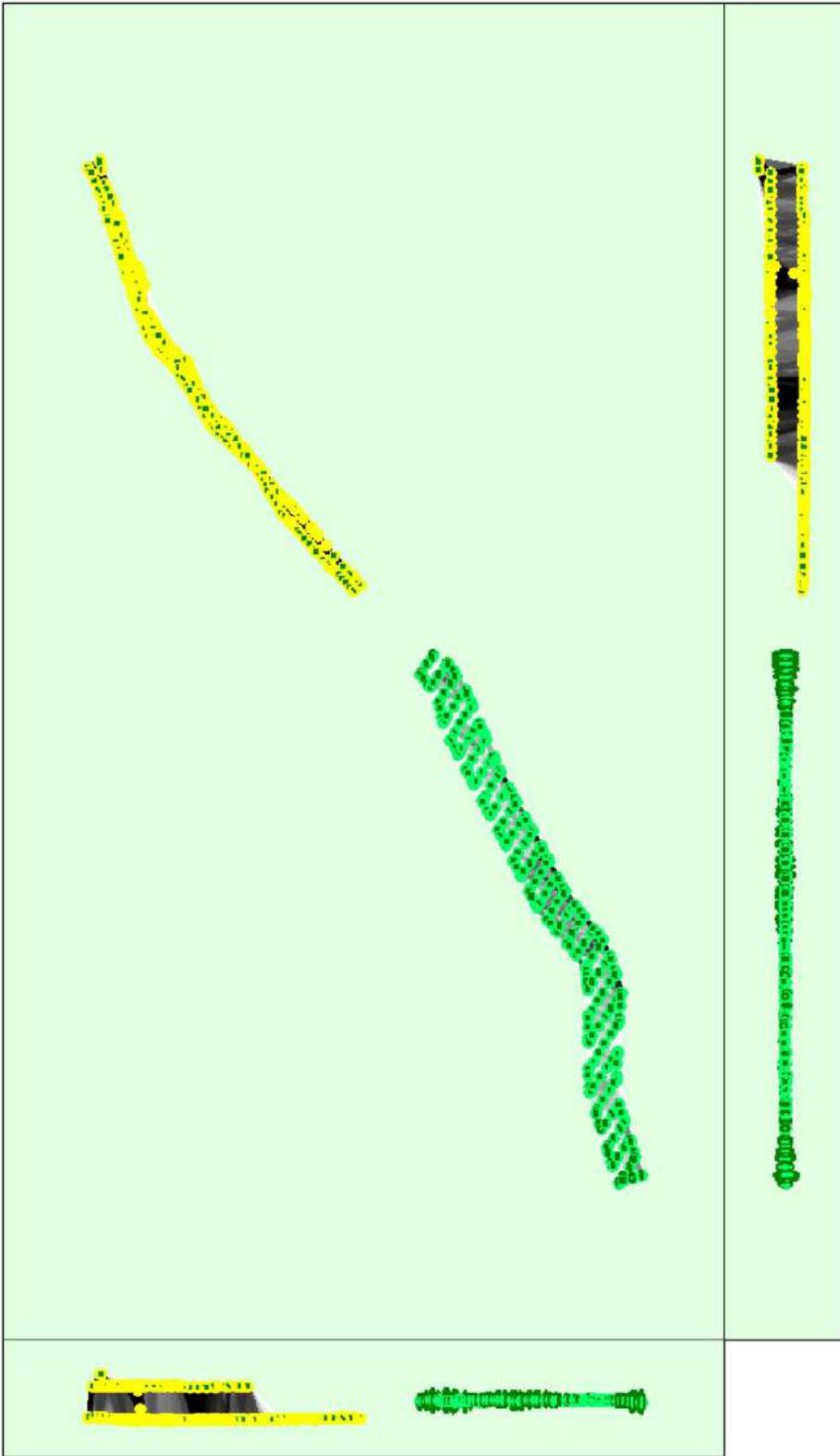
Median / 75% / Maximal Number of Matches Between Camera Models

	FC6310_8.8_4864...(RGB)	FC6310_8.8_5472...(RGB)
FC6310_8.8_4864x3648 (RGB)	484 / 1368 / 24318	
FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)		55 / 224 / 24598

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	1650422
In 3 Images	547041
In 4 Images	252153
In 5 Images	129664
In 6 Images	75315
In 7 Images	49330
In 8 Images	32911
In 9 Images	23137
In 10 Images	16942
In 11 Images	12710
In 12 Images	9834
In 13 Images	7522
In 14 Images	6001
In 15 Images	4611
In 16 Images	3772
In 17 Images	3146
In 18 Images	2739
In 19 Images	2189
In 20 Images	1610
In 21 Images	1251
In 22 Images	882
In 23 Images	689
In 24 Images	560
In 25 Images	470
In 26 Images	383
In 27 Images	269
In 28 Images	182
In 29 Images	173
In 30 Images	116
In 31 Images	92
In 32 Images	79
In 33 Images	69
In 34 Images	55
In 35 Images	26
In 36 Images	21
In 37 Images	11
In 38 Images	12
In 39 Images	9
In 40 Images	7
In 41 Images	2
In 42 Images	2

2D Keypoint Matches



Uncertainty ellipses 100x magnified

Number of matches 25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Geolocation Details

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.15	0.45	0.00
-6.00	-3.00	1.49	5.97	0.00
-3.00	0.00	53.73	35.07	54.03
0.00	3.00	43.28	53.88	45.82
3.00	6.00	1.34	4.33	0.15
6.00	9.00	0.00	0.30	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.000000	0.000000	-0.000000
Sigma [m]		1.283555	1.824930	0.935535
RMS Error [m]		1.283555	1.824930	0.935535

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	99.70	97.91	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	0.896
Phi	1.310
Kappa	150.366

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @ 2.30GHz RAM: 8GB GPU: Intel(R) HD Graphics 520 (Driver: 21.20.16.4550)
----------	--

Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit
------------------	------------------------

Coordinate Systems i

Image Coordinate System	WGS84 (egm96)
Output Coordinate System	WGS 84 / UTM zone 18S (egm96)

Processing Options i

Detected Template	 3D Maps
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, no

Point Cloud Densification details i

Processing Options i

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	16h:10m:39s
Time for Point Cloud Classification	NA
Time for 3D Textured Mesh Generation	27m:41s

Results i

Number of Processed Clusters	6
Number of Generated Tiles	2
Number of 3D Densified Points	85640061
Average Density (per m ³)	1581.49

3. Otros.

a. PANEL FOTOGRÁFICO

Punto de Control



Vista del inicio del levantamiento topográfico con estación total



Vista del inicio del levantamiento topográfico con estación total



Vista del inicio del levantamiento topográfico con estación total



Vista de toma de datos en los taludes



Vista de preparación del dron, para primer vuelo



Vista de la verificación de software para colección de datos



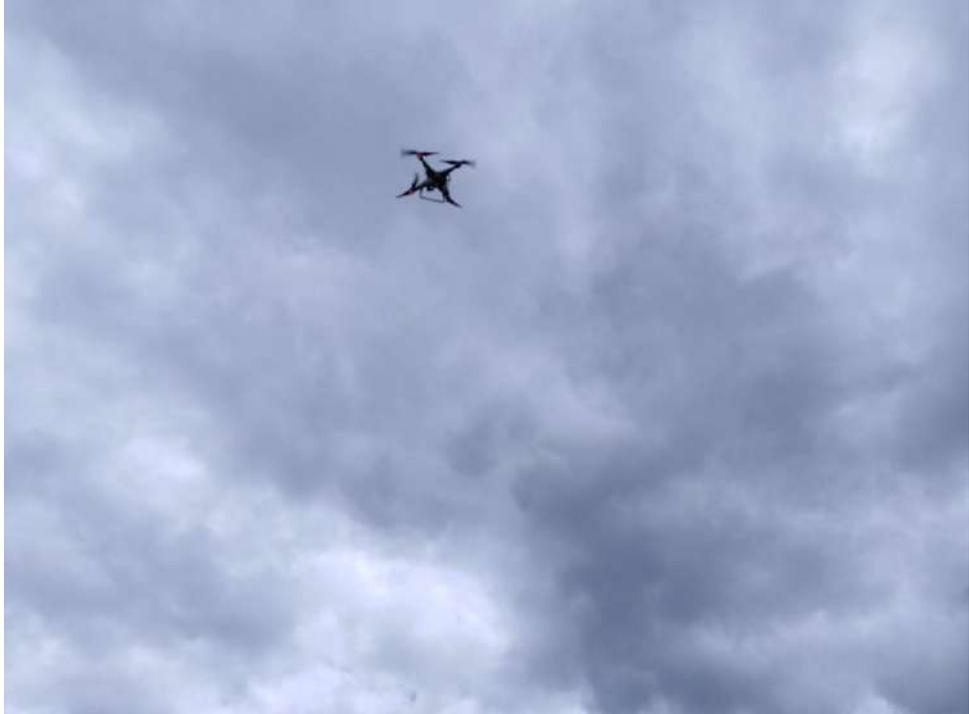
Vista de la ubicación del dron en el BM-1



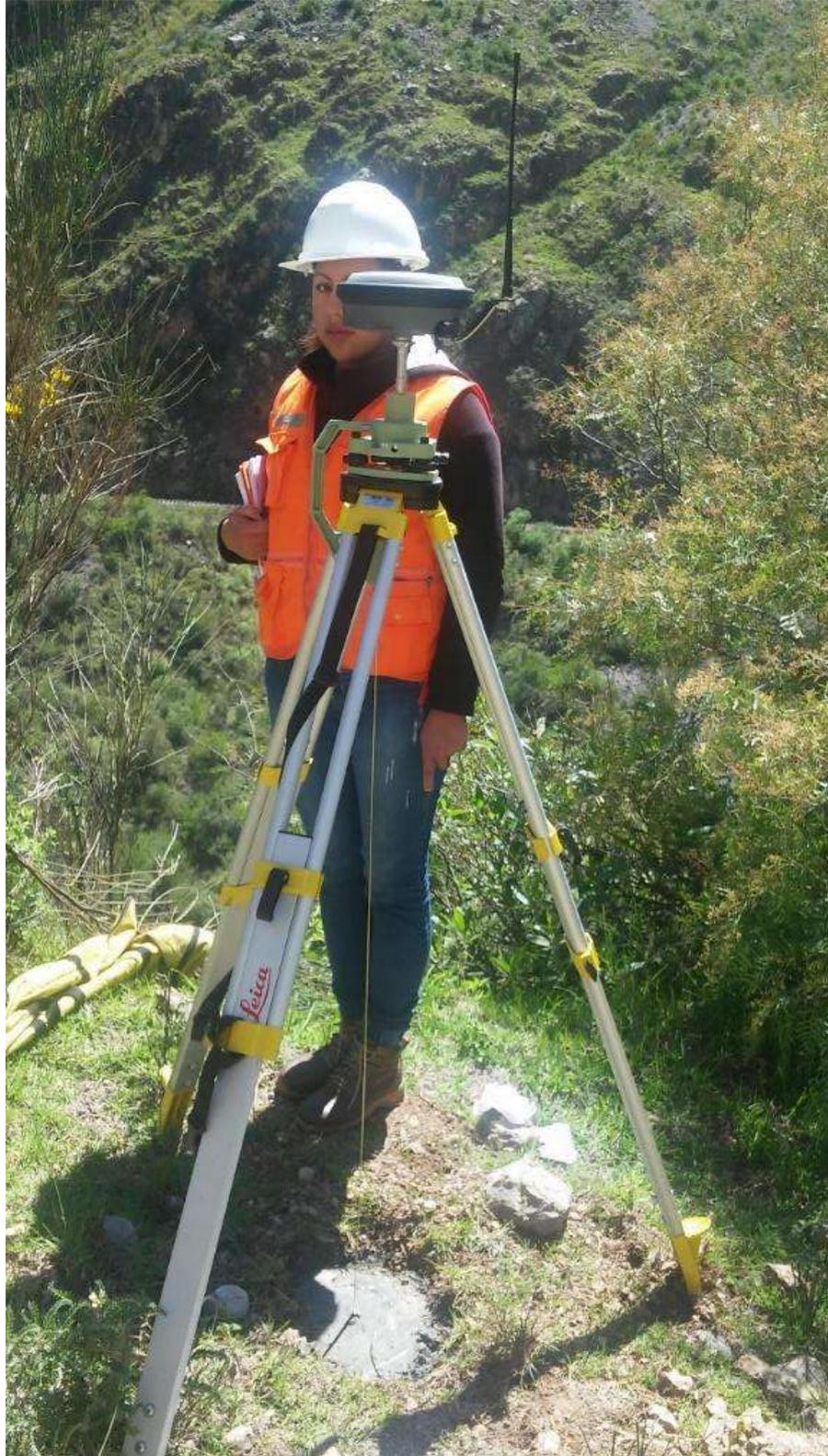
Vista del dron estatico listo para levantamiento mediante fotogrametria



Vista de dron en operación



Toma de coordenadas de los puntos de control con GPS Diferencial Estático



Configuración del GPS Diferencial Estático



Señalización de las progresiva



Operador de prisma



Operario de Estación Total



Operario de GPS Diferencial Estático



GPS Diferencia Estático



Control de lecturas del GPS Diferencial



Vehículo aéreo no tripulado modelo Phantom 4 Pro



Iniciando plan de vuelo fotogramétrico

