

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**MODELO ANALÍTICO DE LOS PARÁMETROS PARA LA  
FOTOGRAMETRÍA CON DRONES EN OBRAS VIALES**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. REGNER RAUL PARRA LAVADO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL**

**MENCIÓN: INGENIERÍA DE TRANSPORTES**

**HUANCAYO - PERÚ**

**2019**

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

DR. JUAN MANUEL SANCHEZ SOTO  
Director

PH.D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED  
Jurado

DR. JUAN JOSE BULLÓN ROSAS  
Jurado

DR. RODOLFO RICARDO RIBBECK HURTADO  
Jurado

DR. JESUS ARMANDO CAVERO CARRASCO  
Secretario académico

*Asesor: PH. D. TITO MALLMA CAPCHA*

A mi madre Alicia Lavado

A mi padre Regner Parra

A mi esposa Karina Castro.



## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimiento a las personas que brindaron su apoyo para la realización de la presente tesis.

## ÍNDICE

- Caratula	i
- Hoja de conformidad de los jurados	ii
- Página de asesor	iii
- Dedicatoria	iv
- Agradecimiento	v
- Índice	vi
- Índice de tablas	x
- Resumen	xii
- Abstract	xiii
INTRODUCCION	14
CAPITULO I	
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Delimitación del problema	17
1.2.1. Delimitación espacial	17
1.2.2. Delimitación temporal	18
1.2.3. Delimitación temática	18
1.3. Formulación del problema	18
1.3.1. Problema general	18
1.3.2. Problemas específicos.	18
1.4. Objetivos generales y específicos.	19
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	19

<b>1.5. Justificación e importancia del estudio</b>	20
<b>1.5.1. Justificación social</b>	20
<b>1.5.2. Justificación científica</b>	20
<b>1.5.3. Justificación metodológica</b>	20

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

<b>2.1. Antecedentes del estudio</b>	21
A nivel nacional	21
A nivel internacional	23
<b>2.2. Base teórica</b>	25
<b>2.2.1. Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría</b>	25
<b>2.2.1.1. Fotogrametría</b>	25
<b>2.2.1.2. Fundamento de la fotogrametría</b>	28
<b>2.2.2. Parámetros para realizar fotogrametría con drones en obras viales</b>	28
<b>2.2.2.1. Planificación de vuelo</b>	28
<b>2.2.2.2. Análisis de la exigencia del proyecto</b>	29
<b>2.2.2.3. Planificación Previo al vuelo del dron</b>	30
<b>2.2.2.4. Vuelo sobre el terreno</b>	32
<b>2.2.2.5. Procedimiento de descarga de información y post proceso</b>	38
<b>2.2.2.6. Proceso de productos secundarios</b>	43
<b>2.2.3. Drones en obras viales</b>	43
<b>2.2.3.1. Drones – sistemas aéreos no tripulados (UAS)</b>	43

2.2.3.2.	Clasificación de los drones por el tipo de ala.	44
2.2.3.3.	Componentes del dron	46
2.2.4.	Aplicación de los drones en la ingeniería civil	51
2.3.	Definición de términos	52
2.4.	Hipótesis	53
2.4.1.	Hipótesis general	53
2.4.2.	Hipótesis específica	53
2.5.	Sistema de variables	55
2.5.1.	Definición conceptual de las variables.	55
2.5.2.	Operacionalización de las variables	55

### CAPITULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	57
3.2.	Nivel de investigación	58
3.3.	Diseño de investigación	58
3.4.	Lugar y periodo de ejecución	59
3.5.	Población y Muestra	60
3.6.	Métodos, Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos.	60
3.7.	Validación De Los Instrumentos Y Recolección De Datos	61
3.8.	Procesamiento De Datos	62
3.8.1.	Planificación De Vuelo	62
3.8.2.	Pre vuelo	63
3.8.3.	Vuelo sobre el terreno	66

3.9. Análisis estadístico: descriptivo e inferencial	83
CAPITULO IV	
RESULTADOS	
4.1.Resultados del objetivo específico 1	89
4.2.Resultados del objetivo específico 2	94
4.3.Resultados del objetivo específico 3	98
CAPITULO V	
DISCUSIÓN	
5.1. Discusión de resultados estadísticos	106
5.2. Discusión de resultados	113
CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES	118
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXOS	120
Matriz de consistencia	122
Plano fotogramétrico a 40 m. con drones	123
Plano fotogramétrico a 50 m. con drones	124
Plano fotogramétrico a 60 m. con drones	125
Informe carretera Chupaca Huamancaca a 40 m.	126
Informe carretera Chupaca Huamancaca a 50 m.	132
Informe carretera Chupaca Huamancaca a 60 m.	139

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Operacionalización de las variables.....	56
Tabla N° 02. Tabla de coordenadas de los puntos de control ubicados con el GPS Submétrico.....	65
Tabla N° 03. Tabla de check list para el funcionamiento del dron .....	66
Tabla N° 04. Tabla de coordenadas y cotas de los puntos de control.....	84
Tabla N° 05. Tabla del levantamiento topográfico de la vía con estación total.....	84
Tabla N° 06. Tabla de coordenadas y cotas de los puntos levantados y digitalizados con la fotogrametría a una altura de 40 metros.....	85
Tabla N° 07. Tabla de coordenadas y cotas de los puntos levantados y digitalizados con la fotogrametría a una altura de 50 metros.....	86
Tabla N° 08. Tabla de coordenadas y cotas de los puntos levantados y digitalizados con la fotogrametría a una altura de 60 metros.....	86
Tabla N° 09. Tabla de comparación de cotas altimétricas de los levantamientos realizados con estación total, fotogramétricos a 40 m, 50 m, y 60 m.....	87
Tabla N° 10. Tabla de cotas del eje de vía, realizando el perfil longitudinal del levantamiento de la carretera con estación total y los levantamientos fotogramétricos .....	88
Tabla N° 11. Datos de Cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 40 m .....	89
Tabla N° 12. Distribución de frecuencias para cotas a 40 metros .....	91
Tabla N° 13. Datos de Cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 50 m.....	94

Tabla N° 14. Distribución de frecuencias para cotas a 50 metros .....96

Tabla N° 15. Datos de Cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 60 m .....98

Tabla N° 16. Distribución de frecuencias para cotas a 60 metros .....100

Tabla N° 17. Datos de Cotas del levantamiento topográfico con estación total.....102

Tabla N° 18. Distribución de frecuencias para cotas con estación tota.....104

Tabla N° 19: Comparación de Mediciones topográficas y fotogramétricas con el uso de Dron, para cotas a 40 metros, 50 metros y 60 metros, según mediciones de estación total .....108

Tabla N° 20. Prueba ANVA Comparación de Mediciones topográficas y fotogramétricas con el uso de Dron, para cotas a 40 metros, 50 metros y 60 metros, según mediciones de estación total .....112

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: “Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales”; en el cual se planteó el siguiente problema: ¿Cómo determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales? Siendo el objetivo de investigación: Determinar el modelo analítico de los parámetros conociendo la altimetría, con la fotogrametría con drones en obras viales. La hipótesis es: el cálculo de la altimetría permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales.

La metodología utilizada para el desarrollo de la tesis es de tipo aplicado, nivel de investigación explicativo, tipo de diseño de investigación es experimental por la manipulación de las variables; utilizando como técnica de recolección de datos el método de la observación mediante mediciones directas e indirectas con el uso de equipos electrónicos.

El desarrollo de la investigación nos lleva a la conclusión que, al formularse la hipótesis nula, desde la hipótesis general se ha aceptado. Ya que el método analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones es el adecuado para un mejor estudio de las obras viales.

Palabras clave: fotogrametría, dron, obras viales.



## **ABSTRACT**

The present research work entitled: "Analytical model of parameters for photogrammetry with drones in road works"; in which the following problem was posed: How to determine the analytical model of the parameters for photogrammetry with drones in road works? Being the objective of investigation: To determine the analytical model of the parameters knowing the altimetry, with the photogrammetry with drones in road works. The hypothesis is: the calculation of the altimetry allows to determine the analytical model of the parameters for photogrammetry with drones in road works.

The methodology used for the development of the thesis is of applied type, level of explanatory research, type of research design is experimental by the manipulation of the variables; using the method of observation as a data collection technique through direct and indirect measurements with the use of electronic equipment.

The development of the research leads us to the conclusion that, when formulating the null hypothesis, from the general hypothesis has been accepted. Since the analytical method of the parameters for photogrammetry with drones is adequate for a better study of road works.

Keywords: photogrammetry, drone, road works.

## INTRODUCCION

La investigación realizada va contribuir para realizar levantamientos fotogramétricos en vías de comunicación con el uso de drones, ya que en la actualidad el uso de la tecnología es muy importante, para ello en el levantamiento es necesario conocer a detalle los parámetros que son: la planificación del vuelo, vuelo sobre el terreno, descarga y post proceso de las imágenes y la creación de productos secundarios, es por ello necesario realizar un método analítico de los parámetros a detalle. Por ello, la tesis está dividida en:

El capítulo I: Se trata del problema de investigación, realizando el planteamiento del problema, formulación del problema; así también los objetivos como el objetivo general, objetivos específicos y la justificación e importancia del estudio

El capítulo II: Trata del marco teórico, antecedentes del estudio, base teórica, definición de términos, hipótesis de investigación teniendo a la hipótesis general, hipótesis específica y el sistema de variables.

El capítulo III: Contiene la metodología, tipo de investigación, diseño de investigación, lugar y periodo de ejecución, población y muestra, métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos, validación de los instrumentos y recolección de datos, procesamiento de datos y análisis estadístico: descriptivo e inferencial

El capítulo IV: Menciona los resultados del trabajo de investigación, dividido en: presentación de resultados en tablas, gráficos, figuras.

El capítulo V: Describe la discusión de resultados obtenidos de la investigación.

Por último, se da a conocer las conclusiones, recomendaciones y las referencias bibliográficas utilizadas en la tesis.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

El uso de la fotogrametría para el levantamiento de la superficie terrestre en vías a nivel a internacional va avanzando acorde a la tecnología, es por ello que en la actualidad para realizar este tipo de levantamientos fotogramétricos se está utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV), mejor conocidos como drones, mejorando así los resultados obtenidos después del levantamiento fotogramétrico e incluyendo dentro de sus normas la aplicación de este método para el levantamiento de vías.

A nivel nacional, en la actualidad el uso de drones con fines de levantamiento fotogramétrico viene usándose para la obtención de cartografía mas no para levantamiento de vías, ya que para ello se utiliza el levantamiento topográfico convencional.

El levantamiento topográfico convencional para los estudios de obras viales, en la actualidad se realiza utilizando equipos topográficos electrónicos, como las estaciones totales, obteniendo datos cuantitativos, que nos limitan a tener una visión más real del relieve topográficos donde se desarrollara el estudio de obras viales; en tal sentido la metodología para poder realizar el levantamiento topográfico en su gran mayoría no es suficiente para poder lograr los datos que sean necesarios para la mejora del estudio de obras viales antes de su ejecución, sabiendo que una obra vial es de suma importancia para el desarrollo de una población

El uso de drones para el levantamiento fotogramétrico cada vez es mayor, pero no se tiene en consideración el análisis de los parámetros para realizar un buen levantamiento fotogramétrico, siendo los siguientes parámetros a considerar: la planificación del vuelo, vuelo sobre el terreno, descarga y post proceso de las imágenes y la creación de productos secundarios.

En el desarrollo del trabajo de investigación analizaremos todos los parámetros a detalle, para realizar el levantamiento fotogramétrico con drones en obras viales.

## **1.2. Delimitación del problema**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

El tema de esta investigación se limitará a las obras viales en la zona sierra ubicada región Junín.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

El tema de investigación se realizó en el periodo de tiempo de 6 meses del mes de mayo al mes de octubre del año 2018.

### **1.2.3. Delimitación temática**

El móvil de este trabajo radica en determinar un nuevo método analítico para el levantamiento topográfico con drones, aplicada en estudios de proyectos viales.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

El problema general de la investigación es el principio de toda indagación así lo dice, (Rodríguez, 2003), para formular el problema de la investigación es en forma de interrogación y teniendo en cuenta las variables que presenta el trabajo de investigación. Por ello, el problema de investigación es:

- ¿Cómo determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales?

La cual se convirtió en el corazón y razón de la investigación de esta tesis de investigación.

### **1.3.2. Problemas específicos.**

El presente trabajo de investigación ha originado otras interrogantes, que según (Méndez, 1999) nos dice que toda pregunta hecha debe de tener en su texto las variables del problema general

planteado, con lo cual se formuló los objetivos de investigación. Siendo las siguientes interrogantes específicas:

- ¿Cómo será la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 40 metros de altura de vuelo?
- ¿Cómo será la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 50 metros de altura de vuelo?
- ¿Cómo será la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 60 metros de altura de vuelo?

#### **1.4. Objetivos generales y específicos.**

##### **1.4.1. Objetivo general**

- Determinar el modelo analítico de los parámetros conociendo la altimetría, con la fotogrametría con drones en obras viales.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 40 metros de altura de vuelo.
- Determinar la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 50 metros de altura de vuelo.
- Determinar la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 60 metros de altura de vuelo.

## **1.5. Justificación e importancia del estudio**

### **1.5.1. Justificación social**

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de mejorar en tiempo y economía la realización del método analítico de los parámetros para los levantamientos topográficos mediante la fotogrametría con drones para estudios de obras viales. Según (Quispe, 2016) afirma que el emplear un dron los levantamientos fotogramétricos, indica una reducción en costo y tiempo de realización cartográfica.

### **1.5.2. Justificación científica**

Esta investigación tiene como propósito ampliar el conocimiento técnico en las universidades e institutos especializados del uso de Drones para levantamiento fotogramétrico de obras viales, realizando un nuevo modelo analítico de levantamiento topográfico mediante la fotogrametría con drones cuyos resultados de la investigación podrá mejorar el tiempo y la economía en este tipo de proyectos.

### **1.5.3. Justificación metodológica**

Los levantamientos topográficos con la fotogrametría con drones para los estudios de obras viales, es un método experimental, condiciones que pueden ser aplicados, una vez que sea confirmado su validez y confiabilidad podrán servir en otros proyectos de investigación experimental.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio

##### **A nivel nacional**

**Tacca (2015)** en su investigación titulada *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional*”, para optar el título profesional de Ingeniero Topógrafo y Agrimensor en la Universidad Nacional Del Altiplano Puno – Perú, quien llegó a las conclusiones siguientes: 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. La obtención de un modelamiento en el Pix4D, con el uso de estos equipos voladores (Drones), se ha obtenido en menor tiempo con respecto a una estación total, además no contar con la disponibilidad de personal en campo, sin embargo, en la etapa de gabinete el tiempo es mucho mayor en el procesamiento y la

obtención del modelamiento del mismo, de los datos obtenidos con estación total.

**Quispe (2014)**, en la tesis realizada *Propuesta metodológica para la generación de ortofotomapas desde imágenes aéreas obtenidas con microdron – multirotor, área de estudio: playas distrito de Barranco, Lima-Perú*; con la finalidad de obtener el título profesional de ingeniero geógrafo, en la universidad nacional mayor de san marcos – Lima Perú 2016, llego a la conclusión que el uso de Dron “potenciado” para el uso de levantamiento fotogramétrico es una opción para la generación de ortofotomapas, con un error de 76%, con categorización de tercer y cuarto orden. Pudiendo realizarse en trabajos de: mapas de ruta, actualización cartográfica, medio ambiente, estudios geográficos, planeación territorial, geolocalización, entre otras.

**Sanchez (2017)**, en su trabajo de investigación titulado *determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza San Luis-2017*, la cual se realizó para optar el título de ingeniero civil, en la universidad Cesar Vallejo, facultad de ingeniería, escuela académico profesional de ingeniería civil, Lima – Perú, concluyó que: la fotogrametría con drones da como resultado datos precisos y exactos en comparación a un levantamiento con estación total. Siendo que un levantamiento topográfico con dron es confiable.

## **A nivel internacional**

**Claros, Guevara y Pacas (2016)**, en la tesis realizada *aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados*, la cual se desarrolló para optar el título de ingeniero civil, en la universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, departamento de Ingeniería y Arquitectura. El Salvador, quienes dieron como conclusión que: al realizar el procesamiento de la información obtenida por el método de levantamiento fotogramétrico con el uso de drones, se puede tener información topográfica del terreno, dando facilidad e la realización de proyectos, ya que todos los resultados obtenidos se encuentran en archivos digitales. Con este método se puede manejar una gran cantidad de información con mayor facilidad, haciendo que la fotogrametría con drones sea una herramienta muy útil para la realización de: descripción topográfica del relieve del terreno de un proyecto, sistema información geográfica (GIS), y la elaboración de cartografía.

**Morales y Peña (2010)** en la investigación realizada sobre *la fotogrametría aplicada al catastro*, la cual se realizó para obtener el título de Ingeniero Civil, en el Instituto Politécnico Nacional – Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura – unidad Zacatenco – México , quienes llegaron a la conclusión siguiente: Relacionando la fotogrametría con el catastro y sabiendo que el Catastro en México tiene sus orígenes en épocas anteriores a la conquista, principalmente en el pueblo azteca, el más representativo y poderoso de los distintos grupos étnicos que prevalecían a la llegada de los españoles, y

ha sido utilizado en el transcurso de los tiempos como un instrumento esencial para la distribución de la tierra (propiedad privada, ejidal y comunal) y la aplicación de contribuciones a la propiedad inmobiliaria. Ya en años recientes el Ejército mexicano asido el encargado de llevar a cabo toda la elaboración de la cartografía desde sus inicios creado en el año de 1853 con el nombre de secretaría de Guerra y Fomento esta institución impulso el estudio de la geografía del país. Que en sus primeros años aparecieron las dos cartas generales de la república mexicana solo mostrando solo la hidrografía del suelo mexicano. La fotogrametría ha servido para la obtención de información fiable mediante el registro de imágenes ya que es una fuente primaria de información, con esto se ha facilitado el trabajo, que en este caso lo estamos empleando en el catastro y nos ayudamos de la fotografía aérea obteniendo grandes resultados.

**Carretero (2015)**, en la investigación planteada sobre *Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado*, Para optar el título en Ingeniería de La Energía, en la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid – España , quien llegó a la siguiente conclusión: En este proyecto la fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado se presenta como una alternativa muy competitiva de cara a levantamientos topográficos. El desarrollo de esta técnica viene marcado por el bajo coste que supone, la rapidez y la precisión con la que se generan los modelos digitales del terreno seleccionado, así como la cantidad de información que se obtiene de ellos. Para llevar a cabo el objetivo principal de

este proyecto, que es la creación de un MDT a partir de fotogrametría aérea realizada con un drone, las herramientas utilizadas, tanto de software como de hardware, son una de las opciones más económicas dentro de las posibilidades ofrecidas por el mercado actual. Tal y como se puede comprobar en la Tabla E-7 del estudio económico, muchos equipos de UAS utilizados para fotogrametría aérea parten desde un precio base de adquisición muy alto. Mediante la ejecución de este proyecto, se demuestra que se puede ser igual de profesional y efectivo utilizando medios de menor coste. Respecto a los softwares utilizados, el Mission Planner tiene la ventaja de ser un software libre (código abierto), pudiendo cualquier usuario tener acceso a él y a su completa utilización. De PhotoModeler cabe destacar la capacidad de procesado de fotografías, los resultados que se obtienen y la cantidad de aplicaciones que tiene. Es de fácil aprendizaje, se puede trabajar en modo manual o automático y aunque se necesite licencia para su uso, su precio es asequible.

## **2.2. Base teórica**

### **2.2.1. Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría**

#### **2.2.1.1. Fotogrametría**

Según Otero (2005) considera que la fotogrametría es un conjunto de procedimientos que permite capturar información a distancia y cuyos principios con sus particularidades se desarrollan con las técnicas de percepción remota y las técnicas de fotointerpretación, tres técnicas que se complementan entre sí, no obstante, se puede afirmar que

la fotogrametría se basa en el análisis cuantitativo de fotografías aéreas y otros materiales aerofotográficos con el objetivo de obtener mapas.

La palabra fotogrametría deriva de los vocablos: "phos", "photós" que significa luz "gramma" que quiere decir trazado, dibujo "metrón" que es medir.

Por lo que el concepto de fotogrametría es: "medir sobre fotos". Si utilizamos una foto para el trabajo, tenemos información en primer lugar de la forma del objeto, es decir, dato bidimensional. Si usamos dos fotografías, en la zona común a éstas (zona de traslape), podremos tener información tridimensional.

Básicamente, es una técnica para medir coordenadas en 3D, que se utiliza fotografías u otros métodos de apreciación junto con puntos de georeferenciación topográfica sobre el terreno, como medio principal para medir.

Según Jauregui (2010) nos dice que la fotogrametría es un método que hace modelos en tres dimensiones a partir de imágenes en 2D, de esta manera se podrá obtener formas geométricas de los objetos, mediante la utilización de las relaciones matemáticas que establece la geometría proyectiva, y de la visión estereoscópica del ser humano que lo posee de forma natural. Las imágenes de los objetos

son logradas por medios de fotografías, la medida se realiza a distancia, sin que exista relación física con el objeto.

La fotogrametría se ha convertido en un instrumento importante para la producción de la cartografía en todos los países del mundo; de hecho, la mayoría de la cartografía topográfica de nuestro planeta a sido realizada por medio de la fotogrametría.

Esta forma de cartografiado de base la convierte también en la fuente primaria de información para la cartografía temática y para el conjunto de información geográfica. Como resultado del uso de la fotografía aérea, se separó de la fotogrametría la disciplina de la fotointerpretación, la cual comparte sus principios fundamentales básicos con la fotogrametría aérea.

En la Actualidad, con el respaldo de la computación, la fotogrametría se ha transformado en una disciplina importante en el campo de la cartografía, a la vez que crece la cantidad de sus usuarios debido a que los equipos fotogramétricos de alto costo, están siendo relegados por programas de menor costo, o por programas realizados por los mismos usuarios.

### **2.2.1.2. Fundamento de la fotogrametría**

El fundamento inicial en la que se basa la fotogrametría radica en proyectar de manera ortogonal sobre el plano de referencia, la imagen observada en una fotografía, la cual ha sido proyectada sobre el negativo mediante la proyección central, que es la usada por el lente de la cámara.

En fotogrametría se admite que la proyección central es perfecta, lo cual indica que:

- No tiene desviación los rayos de luz que traspasan el lente de la cámara.
- La imagen se descarga sobre una superficie plana.
- La analogía matemática que relaciona el objeto y su imagen se llama el principio de colinealidad.

### **2.2.2. Parámetros para realizar fotogrametría con drones en obras viales**

#### **2.2.2.1. Planificación de vuelo**

##### **- Datos preliminares de la zona de vuelo de la vía**

Es importante recolectar información de mapas, planos, fotos aéreas. Para poder realizar la planificación de vuelo, también la información nos servirá para determinar zonas de despegue y aterrizaje del dron, sin poner en riesgo personal y material. Se puede utilizar fotos aéreas de Google earth, sin embargo, es indispensable conocer la vía de forma



personal para levantar la vía con el uso del dron, este reconocimiento de campo también nos ayudara para poder determinar en donde se ubicarán los puntos de control terrestre georeferenciados.

- **Requerimientos preliminares del dron**

Teniendo en consideración la información básica de la zona vía, como, tipo de relieve; podremos determinar las características que tendrá que tener el dron a emplear en el levantamiento fotogramétrico de la vía. Estos datos nos ayudaran determinar el tamaño de fotografías, la precisión y la exactitud.

- **Análisis de riesgos y peligros de vuelo**

Antes de iniciar el vuelo tendremos que hacer un análisis de riesgos y peligros del uso del dron en la zona de la vía a levantar.

**2.2.2.2. Análisis de la exigencia del proyecto**

- **Estudio de la zona de trabajo**

El estudio de la zona de la vía, servirá para conocer el clima de la zona de la vía, el tipo de relieve, la vegetación y la accesibilidad a la zona de trabajo.

- **Reconocimiento del área de vuelo**

Es importante reconocer los límites de la vía a levantar, teniendo como dato el ancho de la sección de la vía (derecho de vía), esto servirá para delimitar el ancho de vuelo.

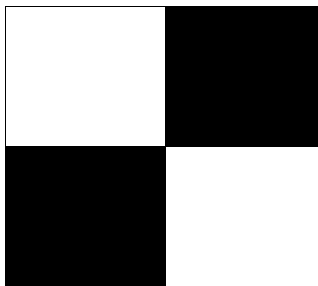
**2.2.2.3. Planificación Previo al vuelo del dron**

- **Señalización y georeferenciación de puntos de control en la vía**

La georeferenciación de puntos también se conoce como apoyo terrestre, es el proceso para poder determinar las coordenadas planimétricas y altimétricas de los puntos de control terrestre.

Los puntos de control terrestre, tendrá que estar bien definidos dentro del terreno de la vía, es recomendable utilizar puntos fijos y que sean visibles en la fotografía, se podría utilizar gigantografías de 0.40 m x 0.40 m que tenga el símbolo de una diana topográfica, tal como se muestra en la figura N° 1.

Figura N° 01. Símbolo de diana topográfica.



Fuente propia

Según el manual del Pix4Dmapper, nos indica que: Los puntos de control terrestre se podrán realizar mediante:

- El uso de un GPSd (Sistema de posicionamiento global diferencial), el cual, mediante el método estático, podrá obtener las coordenadas de los puntos base de control. Este método de colocación de datos dará como resultado datos medidos al centímetro de precisión
- Otra forma de ubicar puntos base de control georreferenciados podría ser utilizando la topografía convencional. Utilizando la estación total. Este método de ubicación de puntos de control es preciso ya que la estación total nos dará datos al milímetro, dependiendo la distancia entre los puntos colocados.

Cualquiera de estos métodos podrá servir para ubicar los puntos base de control terrestre.

Según el manual del pix4Dmapper, la cantidad de puntos de control dependerán del área que se levantara. Para el caso de obras viles se tomará en consideración puntos de control cada 50 metros de distancia longitudinal. Se recomienda colocar los puntos base de control de forma homogénea en el área de la vía a levantar, teniendo un sentido zigzagueo. Se requiere un mínimo de 3 puntos de control terrestre, tal como se puede apreciar en la figura N° 02.

Figura N° 02: Ubicación de puntos de control en la vía.



Fuente. Propia

#### 2.2.2.4. Vuelo sobre el terreno

Para empezar el vuelo sobre la vía, se toma en cuenta los siguientes procesos: despegue, planificación programa de vuelo, traslape de fotos, altura de vuelo, velocidad de vuelo, georeferenciación de imágenes, y aterrizaje.

- **Despegue del dron.**

Ubicar una zona de la vía libre de obstáculos, en donde el dron pueda realizar la maniobra de despegue, se recomienda una zona plana, donde no exista interferencia. El piloto tendrá que estar ubicado a una distancia donde no esté en riesgo al momento del despegue del dron.

Es necesario realizar un check list del dron, verificando, lo siguiente:

Batería cargada al 100% del dron, si es posible tener baterías adicionales

Verificar la colocación de las hélices del dron según el manual del usuario DJI Phantom 4 Pro.

Verificar el emparejamiento del control remoto y el dron.

Verificar la calibración del dron. Calibrar el estabilizador (gimbal), la brújula, sensores, y el IMU. Manualmente o por medio del software del dron.

Verificar el correcto funcionamiento de la cámara fotográfica.

Verificar que la memoria se encuentre formateada, en este dispositivo se almacenara todas las fotografías capturadas, recomendable que sea mayor a 6 GB. Después de cada proceso de vuelo descargar las imágenes a un computador.

Retirar todos los seguros que contenga el dron antes del encendido y posterior despegue.

- **Planificación programada de vuelo con aplicación**

La planificación del vuelo de dron es de mucha importancia, en el resultado y en la calidad del trabajo del levantamiento fotogramétrico de la vía.

Para la planificación de vuelo del dron existen varias aplicaciones en internet con el cual podríamos generar el plan de vuelo, entre las más utilizadas están el Pix4D Capture, DJI GO 4, UgCS, Mission Planner, Litchi. Entre otros

Para poder utilizar una aplicación, para realizar el plan de vuelo dependerá mucho de que esté relacionado con el dron y sus respectivas actualizaciones y no se produzca ningún contratiempo en proceso del vuelo. Algunas características importantes para una buena planificación de vuelo, será las siguientes:

- **Distancia de muestreo de la tierra**

Según el manual del usuario del Pix4Dmapper, nos indica que la distancia de muestreo de la tierra depende del tipo de terreno que vamos capturar con el dron, algunos datos importantes que se tiene que tomar en cuenta para poder

hallar la distancia de muestreo de la tierra está dado por la siguiente formula (fuente: Pix4Dmapper):

$$D.M.T. = \frac{A.S. \times H \times 100}{D.F. \times A.I.}$$

Donde:

D.M.T. = Distancia de muestreo de tierra (cm/pixel)

A.S. = Ancho del sensor de la cámara (mm),

D.F. = Distancia focal de la cámara (mm),

H = Altura de vuelo (m),

A.I. = Ancho de la imagen (pixel)

H.I. = Altura de imagen (pixel).

Según las especificaciones técnicas para la producción de cartografía básica escala 1:1000 del Instituto geográfico nacional (2014), no indica que:

En función a la cámara digital que se utiliza para el levantamiento fotogramétrico se tomará en consideración que la altura de vuelo asegure que el tamaño de pixel medio por pasada cumpla las siguientes condiciones: el tamaño de pixel medio para toda la pasada será de 0.10 m $\pm$  10%. Y que no habrá más de un 10% de fotogramas de cada pasada con pixel medio del fotograma mayor de 0.11m. (2011. P34)

- **Velocidad de vuelo**

La velocidad de vuelo está en función a la velocidad que tiene la cámara para la captura de fotografías. Es por ello que se recomienda utilizar la velocidad promedio que tenga el planificador de vuelo.

- **Traslape longitudinal y lateral entre fotos**

El traslape entre fotografías dependerá del tipo de relieve del terreno. Se tendrá que tomar en consideración el traslape (solapamiento) longitudinal y transversal.

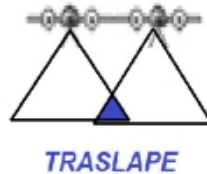
Según las especificaciones técnicas para la producción de cartografía básica escala 1:1000 (2011. P27), nos indica que el traslape longitudinal será del 60% en relieve plano, 65% en relieve ondulado, y 70% en relieve montañoso. Y para el traslape lateral será del 20% en relieve plano, 25% en relieve ondulado, y 30% en relieve montañoso.

Las fotografías que servirán para poder obtener ortofotos, tendrán las siguientes consideraciones, traslape longitudinal del 80% y traslape lateral del 40%. El traslape nos dará como resultado la cantidad de pasadas que tendrá que dar el dron por toda la vía que se desea levantar.



Figura N° 03: Traslape transversal y longitudinal de las fotografías.

### **RECUBRIMIENTO TRANSVERSAL**



### **RECUBRIMIENTO LONGITUDINAL**



Fuente (Quispe - 2016)

#### **- Ángulo de inclinación de la cámara**

Para el levantamiento fotogramétrico de vías, es conveniente que el Angulo de la cámara este completamente paralelo a la vía, es decir de 90 grados debajo del horizontal.

En caso que exista objetos reflectantes (la superficie de una laguna, o rio), se recomienda tener una inclinación de 85 grados por debajo del horizontal de la cámara.

#### **- Señal satélite y GPS (sistema de posicionamiento global)**

Para poder realizar el levantamiento fotogramétrico con dron de vías, es necesario que la cantidad de señal

captada por el dron sea mayor a 6 satélites, con esto estaríamos garantizando que se realice la geolocalización de las fotografías captadas por el dron. De la misma forma se garantiza que el dron identifique el punto de despegue y aterrizaje.

En caso sea necesario también el aterrizaje por emergencia, con retorno automático al punto de salida.

- **Aterrizaje del dron**

El aterrizaje del dron se realiza en el mismo punto donde se realizó el despegue del equipo, un lugar donde no exista mayor riesgo, ni para el equipo, ni para la persona que pilotará el equipo, durante el levantamiento fotogramétrico de la vía.

**2.2.2.5. Procedimiento de descarga de información y post proceso**

- **Descargar fotografías del dron a la computadora.**

El procedimiento de descarga de fotografías tomadas con el dron, será la información recolectada. Las fotos deben de estar con un formato compatible como JPG o TIFF.

La información de las coordenadas geográficas de las fotografías, está dado en latitud y longitud.

#### - **Cargar fotografías al computador**

Es el procedimiento de seleccionar todas las fotografías tomadas con el dron en el levantamiento de la vía, que sirve para el proceso de generación de ortofotografía. Es necesario saber si las fotografías cargadas cuentan con información georreferenciada, sino es el caso se tendría que generar un archivo de texto para referenciar las coordenadas de las fotografías.

#### - **Calibración de fotos**

Se realiza la calibración de fotografías para mejorar la calidad, también mejora la cantidad de puntos en común que tienen las fotografías. Este proceso puede o no ser necesario ya que en el procedimiento de orientación también se calibra automáticamente las fotografías.

#### - **Orientación de fotografías**

Después de cargar las fotografías y su calibración, todas las fotografías deben estar alineadas, este proceso es para que se encuentre la posición y orientación de cada foto levantada de la vía, después de ello genera un modelo de nube de puntos disperso, que es la proyección de las fotografías que se toma durante el levantamiento de la vía.

#### - **Proceso de generación de nube de puntos**

La generación de nube puntos es una imagen proyectada planimetricamente a partir de las fotografías aéreas tomadas por el dron y cargadas en el computador, que se puede observar en dos dimensiones (ejes x,y).

#### - **Georeferenciación de puntos en el software**

La georeferenciación consiste en ubicar en las fotos alineadas y orientadas previamente, en un sistema de coordenadas (coordenadas UTM, DATUM WGS 84 Zona Sur), para ello nos ayudaremos con los puntos de control terrestre, que se levanta en la planificación previa al vuelo del dron. Estos puntos georeferenciados y ubicados previamente, se carga en un archivo de texto (\*.txt o \*.csv). para poder importar en el programa de digitalización.

Terminado el proceso de georeferenciación se procede a orientar las fotografías georeferenciadas, con este proceso se tiene como resultado la orientación real de la vía levantada por medio de la fotogrametría.

#### - **Creación de nube de puntos denso**

La creación de puntos densos, es el proceso que da como resultado obtener mayor cantidad de puntos. Teniendo la posición de la cámara se calcula la información de

profundidad para que cada cámara (fotografía), se combine en una sola nube de puntos densos. Este proceso sirve para la clasificación de puntos según el tipo de objeto (natural o artificial), crear malla, construir un modelo de elevación (DEM), construir una ortofotografía.

#### - **Creación de malla**

La creación de la malla, sirve para dar volumen al trabajo del levantamiento fotogramétrico de la vía, se puede apreciar todo el relieve el con las deformaciones naturales que presenta el terreno de la vía

#### - **Selección de tipos de puntos**

La selección de tipo de puntos, es para poder clasificar los tipos de objetos (naturales o artificiales), que se encuentran en el terreno de la vía.

Para el caso de trabajo de investigación se buscará clasificar según el tipo de punto terreno, que nos indica el terreno natura de la vía.

#### - **Generación de ortofotografía**

Se usa para la construcción de una imagen de alta resolución, que tienen su origen en las fotografías tomadas con el dron durante el proceso de levantamiento fotogramétrico de la vía, y el modelo construido.

Es muy útil porque se requiere una información más detallada del levantamiento de la vía y las características del releve del terreno.

- **Exportar resultados de procesamiento**

Se puede exportar todos los resultados de los procesamientos realizados, tomando en consideración que:

- La exportación de la nube de puntos densos, se puede exportar después de haber realizado el proceso de creación de nubes de puntos densos.
- La exportación de la ortofotografía, se realiza después de haber realizado el proceso de generación de ortofotografía, si en caso no se hubiera realizado el proceso de georeferenciación inicial, la ortofotografía no tendrá punto de apoyo al momento de ser insertada en otro programa, en tal sentido solo servirá como una fotografía simple.

**2.2.2.6. Proceso de productos secundarios**

- **Generación de relieve del terreno y creación de curvas de nivel**

La generación de relieve del terreno y la creación de curvas de nivel, son los procesos finales muy importantes, como resultado del levantamiento fotogramétrico de la vía.

Todo este procedimiento se realizará tomando los datos exportados, archivos como de los puntos denso, la ortofotografía, entre otros.

### **2.2.3. Drones en obras viales**

#### **2.2.3.1. Drones – sistemas aéreos no tripulados (UAS)**

Los drones son vehículo aéreo no tripulado (UAV), es un equipo que en la actualidad ha mejorado el mundo de la disciplina de la fotogrametría y cartografía, debido a que por su disponibilidad y bajo costo se puede obtener mayor precisión en el proceso de levantamiento fotogramétrico.

Según la organización de aviación civil internacional (OACI) (2011), “el hecho de que la aeronave sea tripulada o no tripulada no afecta a su condición de aeronave. Cada categoría de aeronave tendrá posiblemente versiones no tripuladas en el futuro”

El dron es una aeronave no tripulada que es manejado mediante control remoto, en el pasado el uso del vehículo aéreo no tripulado (UAV, termino obsoleto), era exclusivamente de uso militar, en la actualidad el uso se ha expandido a usos profesionales y de ocio. Tomando en consideración que el uso de estos equipos está regido bajo las leyes que existe en cada territorio. En el Perú están sujetos a las normas del Ministerio de Transporte y comunicaciones, en la dirección de aeronáutica.

### 2.2.3.2. Clasificación de los drones por el tipo de ala.

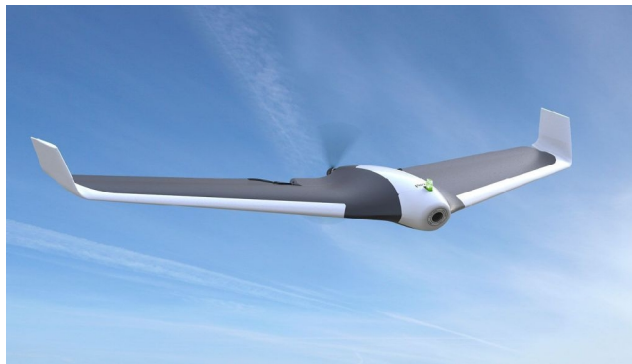
#### Tipos de drones según el tipo de ala

Existen tipos de drones dependiendo del uso que se les puede brindar, algunos tipos son:

#### - Drones de ala fija

En este tipo de drones se encuentran los que tienen similitud con los aviones, básicamente son de uso militar, por sus características tienen mayor alcance, son de mayor tamaño, su tiempo de duración es mucho más amplio, su desventaja es que no pueden realizar el despegue y posterior aterrizaje de forma autónoma, necesitando de elementos externos. su nivel de maniobra es mucho menor, lo que les impide realizar trabajos en zonas donde existe mayor complejidad. Figura N° 04

Figura N° 04: Dron de ala fija “Parrot Disc”.



Fuente revisada 22 de mayo 2018 en el link <https://www.dronesbaratosya.com/parrot-disco-el-drone-de-ala-fija-y-piloto-automatico/>



- **Drones de ala rotatoria**

Son los drones que sus alas giran alrededor de un eje, por la cantidad de alas estas, pueden ser clasificadas en: con un solo rotor, con dos rotores en forma coaxial, o multi rotores (tricoptero, quadcoptero, hexacoptero, octacoptero). Este tipo de drones utilizan hélices para su despegue, y posterior aterrizaje en forma vertical, sus hélices son de ángulo fijo. Por sus características son de mayor maniobrabilidad, por ello se pueden utilizar para trabajos que requieren mayor precisión, ya que la estabilidad y equilibrio que brindan sus rotores nos entregan fotografías sin fallas. Como son capaces de volar a alturas muy bajas, nos brindan fotografías de mayor resolución (nitidez). Una de sus desventajas es que, al utilizar mayor energía para el funcionamiento de sus rotores, estos drones consumirán mayor cantidad de batería, limitando así el tiempo de vuelo del dron. Esto se puede contrarrestar teniendo a la mano dos o tres baterías adicionales para el dron. Figura N° 05

Figura N° 05: dron de ala rotatoria. DJI Phantom 4 Pro.



Fuente revisada el 10 de agosto del 2018 en el link

<https://www.dji.com/phantom-4-pro>

### 2.2.3.3. Componentes del dron

#### Marco o chasis

Es el armazón del dron (UAV), donde van adheridos todos los componentes (motores, baterías, cámara, GPS, entre otros), para un funcionamiento perfecto. El material con el que eta fabricado marco del dron, es de aleaciones para que el material sea liviano y resistente. (aluminio, fibra de carbono). Figura N° 06

Figura N° 06: Chasis del Phantom 4 pro Obsidian.



Fuente propia

### **Motores, hélices y ESC (control de velocidad electrónica)**

El motor del dron una parte esencial, ya que este componente será el que mantendrá el aire al equipo. Es muy importante su relación de peso/potencia. El control de velocidad electrónica esta encargada de generar las revoluciones necesarias a cada motor / hélice de modo independiente. Es lo que la da la potencia para maniobrar el dron. Despegue, aterrizaje, giro, atrás, adelante.

Las hélices son encargados del despegue y aterrizaje del dron. El material que con que están fabricadas son generalmente de fibra de vidrio. La cantidad de hélices dependerá del peso del chasis.

Figura N° 07: Motores, hélices y ESC.



Fuente internet revisada el 10 de agosto del 2018 en el link

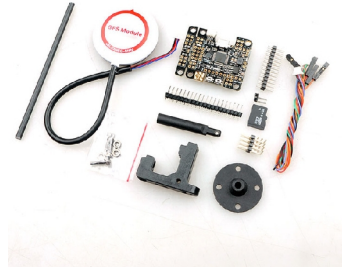
<https://www.dji.com/phantom-4-pro>

### **GPS Y Brújula**

Son componentes adheridos al dron para poder dar datos como la ubicación y el ángulo azimutal en que se

encuentra el dron en vuelo. La ubicación que te da es en coordenadas geográficas (latitud y longitud). Figura N° 08

Figura N° 08: GPS y brújula del Phantom 4 Pro.



Fuente internet revisada el 10 de agosto del 2018 en el link <https://www.dji.com/phantom-4-pro>

### **Batería y cargadores**

La batería es la encargada de proporcionar la energía suficiente para que el dron vuele. El material con el que están fabricados hace que sean pesadas, es por ello la importancia de la relación peso/capacidad. El tipo de batería que utilizan son Li-Po (polímero de litio), “tienen una capacidad de 5870 mAh, un voltaje de 15.2 V y una función de carga y descarga inteligente” (manual de usuario phantom 4 pro). Que nos brinda un tiempo de vuelo de 30 min.

Posterior a la descarga de la batería es recomendable realizar la carga con un cargador compatible a la batería (original). Figura N° 09

Figura N° 09: cargador y batería Li-Po del phantom 4 pro.



Fuente internet revisada el 10 de agosto del 2018 en el link

<https://www.dji.com/phantom-4-pro>

### **Mando o control remoto con pantalla (dispositivo)**

En el manual de usuario del phantom 4 pro (2017), nos indica que el control remoto “Es un dispositivo de comunicación inalámbrica multifuncional que integra los sistemas de doble frecuencia de transmisión de video y control remoto de la aeronave”

El control remoto nos sirve para pilotear el dron de forma inalámbrica a larga distancia. Dentro de las características más resaltantes, el control remoto tiene las siguientes partes:

- Botón d encendido
- Botón de retorno al punto de origen
- Dial de configuración de cámara
- Palanca para girar la cámara
- Palanca para mover el dron
- Botón para obturar

- Puertos de tipo USB y micro USB, para conectar al dispositivo móvil, descargar datos, y otras funciones.
- Pantalla o dispositivo móvil, este componente es muy importante para el uso del dron, ya que se instalará aplicaciones para poder generar el plan de vuelo. De la misma forma nos sirve para poder visualizar todo el recorrido que realiza el dron durante el vuelo.

Figura N° 10: control remoto del dron phatom 4 pro.



Fuente internet revisada el 10 de agosto del 2018 en el link

<https://www.dji.com/phantom-4-pro>

### **Estabilizador y cámara**

Es el componente del dron en donde se ubicará la cámara, el cual nos permitirá capturar las fotografías en pleno vuelo. Las cámaras que se utilicen dependerán del tipo de trabajo a realizar y también de la potencia que tenga el motor para el peso adicional que tendrá la cámara. El gimbal o estabilizador nos permitirá tener captura de imágenes más

estables en pleno movimiento. Teniendo fotografías con menos errores.

Figura N° 11: Estabilizador (Gimbal) y cámara del phantom 4 pro.



Fuente internet revisada el 10 de agosto del 2018 en el link

<https://www.dji.com/phantom-4-pro>

#### **2.2.4. Aplicación de los drones en la ingeniería civil**

La aplicación de los drones dentro de la ingeniería civil es muy amplia, teniendo algunas áreas, como, por ejemplo:

- Elaboración de cartografía básica
- Elaboración de levantamientos de catastro
- Levantamiento de cuencas para diseño de presas y represas, entre otras áreas.

Los drones en el área de la topografía dependerán mucho del tiempo de vuelo, la capacidad de la cámara, la altura de vuelo, los puntos georreferenciados en el terreno (puntos de control base), el proceso de descargar y post proceso (generación de nube de puntos) y el procesamiento con un software adecuado para estos trabajos (Pix4D),

para que pueda darnos como producto final que es el modelo de elevación digital (DEM), el modelo digital del terreno (MDT), y con ello la generación de curvas de nivel, perfiles longitudinales y transversales, y el cálculo de volúmenes

### 2.3. Definición de términos

**Altimetría.** Procedimientos para representar numéricamente o gráficamente, las cotas del terreno a partir de un plano de referencia horizontal (IGN, 2010).

**Altitud orotmetrica.** Es la distancia de la altura entre un punto de la tierra con respecto al geoide (IGN, 2010)

**Coordenadas geográficas.** Son los datos de longitud y latitud de un punto en la superficie terrestres en un plano horizontal. (IGN, 2010)

**Coordenada planas o proyectadas.** Coordenadas proyectadas en un plano de referencia X (Este) e Y (norte), tiene un origen definido por un datum.

**Datum.** Sistema de referencia geodésico, el datum geodésico es el grupo de características que precisa el sistema de referencia de coordenadas, se utiliza para determinar coordenadas en puntos terrestres, se clasifica en Datum horizontal y datum vertical. (IGN, 2010)



**Dron:** vehículo aéreo no tripulado (VANT), UAV (del inglés unmanned aerial vehicle), manejado por un control remoto autónomamente, que puede ser de ala fija o ala rotatoria.

**Fotogrametría:** Es determinar las propiedades geométricas de los objetos y su posición en el espacio mediante la captura de imágenes topográficas. Los datos se obtienen a partir de fotografías tomadas con cámaras especializadas junto con otras herramientas.

**Fotointerpretación:** Estudio a detalle de las fotografías con el propósito de analizar fenómenos de muy variada tipología

**Ortofotografía** (del griego Orthós: correcto, exacto) es una exposición fotográfica de un lugar de la superficie terrestre, en la que todas las partes presentan la misma escala, sin errores ni deformaciones, con el mismo valor de un plano cartográfico.

**WGS84.** Según el (IGN, 2010) es el Sistema de coordenadas geográficas mundial que nos permite localizar un punto en cualquier parte de la tierra. Dado por coordenadas al Este y al Norte. Este sistema fue creado por la agencia de mapeo del departamento de defensa de los Estados Unidos de América en el año de 1984.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La hipótesis es un supuesto que deriva del análisis del problema de investigación nos dice (Bernal, 2010), no siempre suelen ser ciertas, en varias investigaciones los datos recogidos no permiten la comprobación de forma definitiva. Bajo este concepto se plantea las siguientes hipótesis:

- $H_1$ : el cálculo de la altimetría permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales
- $H_0$ : el cálculo de la altimetría no permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales

### **2.4.2. Hipótesis específica**

- El cálculo de la altimetría a una altura de vuelo de 40 metros, permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales.
- El cálculo de la altimetría a una altura de vuelo de 50 metros, permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales.
- El cálculo de la altimetría a una altura de vuelo de 60 metros, permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales.

## **2.5. Sistema de variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de las variables.**

#### **Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría**

Los parámetros para la fotogrametría son las diversas características que se tomará en cuenta para realizar el levantamiento fotogramétrico, siendo las siguientes: planificación antes del vuelo, planificación del vuelo sobre el terreno, proceso de descarga y post proceso, obtención de productos secundarios.

#### **Dron en obras viales.**

El dron es el vehículo aéreo no tripulado, controlado por medio de un control remoto a distancias donde no existe interferencia alguna. Está equipado de: Cámara digital, batería de LI-ON., GPS, estabilizador (gimbal), rotores, hélices, chasis, y otros. Que servirá para realizar el levantamiento fotogramétrico de la vía.

### **2.5.2. Operacionalización de las variables**

Se presenta la tabla de la operacionalización de las variables de la tesis Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales

Tabla N° 01. Operacionalización de las variables.

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidades</b>	<b>Instrumento de medición</b>
Método analítico parámetros de la fotogrametría	Planificación del vuelo.	Georeferenciación	Coordenadas	Gps diferencial
		Sitio de despegue	Metros	
		Sitio de aterrizaje	Metros cúbicos	
	Vuelo en el terreno.	Elevación	Metros	Tablet
		Captura de imágenes	Pixel	Cámara
		Ruta de vuelo	Metros cuadrados	Aplicación para Tablet
	Descarga y post proceso de las imágenes.	Digitalización de imágenes	Bites	Agisoft Photo Scan
	Creación de productos secundarios.	Trazo del eje de la vía	Metros	Civil 3d
		Perfil longitudinal	Metros / metros	Civil 3d
Dron en obras viales	tiempo	tiempo	horas	

Fuente propia

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación nos admite proveer la dimensión al nivel según los objetivos establecidos, el tipo de investigación establece la forma de cómo el investigador abordará el evento de estudio, según los métodos, técnicas, instrumentos y procedimientos adecuados de cada tipo de investigación. Los tipos de investigación se clasifican, según: En función del propósito, son: la investigación básica y la investigación aplicada

La investigación aplicada según Sánchez Carlessi y otro (1998), es llamada también constructiva o utilitaria, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven. La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar; le preocupa la

aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal.

El tipo de esta investigación es aplicada, puesto que busca conocer la altimetría para determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales. Aplicando conocimientos previos sobre la fotogrametría.

### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es el grado de profundidad con que se aborda un fenómeno o un evento de estudio.

Según Espinoza (2010), nos dice que la investigación explicativa tiene como propósito buscar las relaciones de causa y efecto entre las variables del objeto de estudio. En algunas investigaciones se determinará la correlación de las variables sin encontrar causalidad. En este estudio el investigador no manipula las variables.

La investigación es de nivel explicativo ya que se quiere determinar las cotas altimétricas a diferentes alturas de vuelo con el dron y el efecto que tendrá en la determinación del modelo analítico para la fotogrametría con drones en obras viales.

### **3.3. Diseño de investigación**

Según Espinoza (2010), nos dice que el diseño de investigación es una organización esquematizada para relacionar y controlar las variables de investigación. Tiene como objetivo asignar restricciones controladas a las

observaciones de los fenómenos. Es un instrumento de dirección para el investigador, contiene los pasos o acciones a seguir para encontrar posibles soluciones a los problemas.

El diseño de investigación se clasifica en diseños experimentales y diseños no experimentales; los diseños experimentales es una situación de control en la cual se manipula de manera intencional una o más variables independiente para analizar las consecuencias sobre una o más variables dependiente, este diseño se clasifica en experimentales puros, cuasi experimentales y pre experimentos, es lo que nos indica Bulege

Los diseños no experimentales son diseños donde no se pueden manipular deliberadamente la variable independiente, se clasifican en transversales o transeccionales y longitudinales. Los diseños transversales tienen como propósito analizar y describir las incidencias de correlación en un tiempo nos dice Sampieri. En este tipo de diseño de investigación los datos recolectados fueron en un solo tiempo. Los diseños longitudinales son los que realizan en varios tiempos y tienen como propósito de analizar los cambios a través del tiempo.

El diseño de investigación de la tesis es experimental ya que se manipula las variables de las alturas de vuelo a 40 metros, 50 metros y 60 metros, y los resultados son el cálculo de la altimetría

### **3.4. Lugar y periodo de ejecución**

La ejecución del presente trabajo de investigación se realizó en la carretera Chupaca – Huamancaca, en el tramo del KM 2+000 hasta el KM

2+300, del distrito de Huamancaca, provincia de Chupaca, Región Junín. El periodo de ejecución fue desde los meses de abril hasta el mes de agosto del año 2018.

### **3.5. Población y muestra**

Según Oseda, (2008) “La población es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza, la matrícula en una misma universidad, o similares”.

La población analizada del presente trabajo de investigación se realizó en la carretera Chupaca – Huamancaca, del distrito de Huamancaca, provincia de Chupaca, Región Junín.

El mismo Oseda, (2008, p.121) menciona que: La muestra es una parte pequeña de la población o un subconjunto de esta, que sin embargo posee las principales características de aquella. Esta es la principal propiedad de la muestra (poseer las principales características de la población) la que hace posible que el investigador, que trabaja con la muestra, generalice sus resultados a la población. La muestra analizada del presente trabajo de investigación se realizó en la carretera Chupaca – Huamancaca, en el tramo del KM 2+000 hasta el KM 2+300, del distrito de Huamancaca, provincia de Chupaca, Región Junín



### **3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Según Sierra, (1995, p.245) el instrumento cuestionario de encuesta es “un conjunto de preguntas, preparados cuidadosamente sobre los hechos y aspectos que interesan en una investigación sociológica para su contestación por la población o su muestra a que se extiende el estudio emprendido”

El método para la recolección de los datos fue por el método de la observación, obteniendo así datos cuantitativos.

La técnica para la recolección de los datos fue de varias formas, las cuales fueron:

- La captura de fotografías a diferentes alturas.
- Medición directa de los desniveles del terreno de la vía.
- Medición indirecta para la obtención de coordenadas planas, las cuales fueron mediante cálculos electrónicos propios de los instrumentos.
- Los instrumentos para la recolección utilizados para el trabajo de investigación fueron: cámara digital adherida al dron, GPS Submétrico marca Topcon, estación total marca Kolida y un nivel de ingeniero marca CST BERGER

### **3.7. Validación de los instrumentos y recolección de datos**

Los instrumentos utilizados fueron calibrados y certificados antes de su utilización, para la obtención de datos de mayor precisión.

### 3.8. Procesamiento de datos

#### 3.8.1. Planificación de vuelo

- **Datos preliminares de la zona de vuelo de la vía**

Para poder realizar el reconocimiento de campo, se extrajo información de imágenes satelitales del programa Google Earth, después de ello se realizó la visita de campo in situ.

- **Requerimientos preliminares del dron**

Para el levantamiento fotogramétrico de la vía, se realizó con el dron DJI Phantom 4 Pro Obsidian, por las características que contiene.

#### **Especificaciones técnicas del dron phantom 4 pro obsidian**

Peso (batería y hélices incluidas) 1 388 g

Tamaño diagonal (sin hélices) 350 mm

Velocidad de ascenso máx. Modo-S: 6 m/s (19.7 ft/s)  
Modo-P: 5 m/s (16.4 ft/s)

Velocidad de descenso máx. Modo-S: 4 m/s (13.1 ft/s)  
modo-P: 3 m/s (9.8 ft/s)

Velocidad máx. 72 km/h (45 mph) (modo-S)  
58 km/h (36 mph) (modo-A)  
50 km/h (31 mph) (modo-P)

Ángulo de inclinación máx. 42° (Modo-S)  
35° (Modo-A)  
25° (Modo-P)

Velocidad angular máx.	250°/s 150°/s (Modo-A)	(Modo-S)
Altura máx. de servicio sobre el nivel del mar	6 000 m (19 685 pies)	
Resistencia al viento máx.	10 m/s	
Tiempo de vuelo máx.	30 minutos aprox.	
Rango de temperatura de funcionamiento	De 0 a 40 °C (de 32 a 104 °F)	
Sistemas de posicionamiento por satélite	GPS / GLONASS	
Rango de precisión de vuelo estacionario	Vertical: ±0,1 m (con posicionamiento visual) ±0,5 m (con posicionamiento por GPS) Horizontal: ±0,3 m (con posicionamiento visual) ±1,5 m (con posicionamiento por GPS)	

**- Análisis de riesgos y peligros de vuelo**

Se verifico la zona para ubicar la zona de despegue y aterrizaje del dron.

Se verifico que no existe obstáculos para el vuelo del dron.

Se aprecio que no existe la presencia de aves en abundancia en la zona, lo cual sería un riesgo al momento de realizar el vuelo del dron.

- **Análisis de la exigencia del proyecto**

- Estudio de la zona de trabajo**

- El lugar de trabajo es en el tramo de la carretera Chupaca – Huamancaca, del KM 2+000 al KM 2+300. La carretera se encuentra en el distrito de Huamancaca, Provincia de Chupaca, Región Junín.

- El clima de la zona es frío, uso 15 °C en el momento de realizar el proceso de levantamiento fotogramétrico de la vía.

- **Reconocimiento del área de vuelo**

- Para el levantamiento fotogramétrico, se tomó como limite el derecho de vía de la carretera, es decir un ancho mínimo de 40m.

### **3.8.2. Pre vuelo**

- **Señalización y georeferenciación de puntos de control en la vía**

- La señalización de los puntos de control terrestre, se diseñó en gigantografías, unas dianas, las cuales se ubicaron en lugares dentro y fuera de la vía. Figura N° 12

Figura N° 12: ubicación de dianas para la georeferenciación de los puntos de control terrestre.



Fuente propia

Para la georeferenciación de los puntos se realizó el método estático, con la ayuda de un GPS Sub métrico. Se determinaron 5 zonas para la ubicación de la georeferenciación y ubicación de los puntos de control.

Tabla N° 02: Tabla de coordenadas de los puntos de control ubicados con el GPS Submétrico.

Punto	Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)	Descripción
1	8665298.112	471930.198	3323.73	Hito A
2	8665260.285	472032.008	3323.123	Hito B
3	8665207.045	472168.436	3321.974	Hito C
4	8665246.67	472100.66	3322.841	Hito D
5	8665288.909	471988.592	3323.449	Hito E

Fuente: propia

### 3.8.3. Vuelo sobre el terreno

#### Despegue del dron.

El lugar de despegue y aterrizaje del dron se estableció, metros antes al hito kilométrico 2+000, esto para que en el momento de realizar el vuelo se tenga toda el área de trabajo libre de obstáculos. Se realizo el check list del dron antes del vuelo fotogramétrico sobre la vía a levantar.

Tabla N° 03: tabla de check list para el funcionamiento del dron

ITEM	Descripción	Si	No	Observación
1	La Batería cargada al 100% del dron, si es posible tener baterías adicionales	X		
2	Verificar la colocación de las hélices del dron según el manual del usuario.	X		
3	Verificar el emparejamiento del control remoto y el dron.	X		
4	Verificar la calibración del dron. Calibrar el estabilizador (gimbal), la brújula, sensores, y el IMU.	X		
5	Verificar el correcto funcionamiento de la cámara fotográfica.	X		
6	Verificar que la memoria se encuentre formateada, en este dispositivo se almacenara todas las fotografías capturadas, recomendable que sea mayor a 6 GB.	X		
7	Retirar todos los seguros que contenga el dron antes del encendido y posterior despegue.	X		

Fuente propia

Figura N°13: verificación del correcto funcionamiento del  
dron



Fuente: propia

- **Planificación programada de vuelo con software para drones**

**pix4dcapture**

La planificación del vuelo se realizó con la aplicación Pix4Dcapture.

- **Distancia de muestreo de la tierra**

La distancia de muestreo para el levantamiento fotogramétrico de la vía, fueron a 30 metros, 35 metros, 40 metros, 45 metros, 50 metros y 60 metros

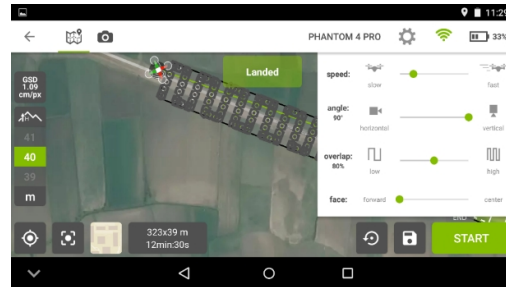
- **Velocidad de vuelo**

La velocidad de vuelo seleccionada a para el levantamiento de la vía fue de 1.99 m/s.

- **Traslape longitudinal y lateral entre fotos**

El traslape utilizado para el levantamiento fotogramétrico de la vía fue de 80%.

Figura N° 15: captura de pantalla de las características del plan de vuelo



Fuente: propia

- **Ángulo de inclinación de la cámara**

Para el levantamiento fotogramétrico de la vía, se utilizó el Angulo de la cámara este completamente paralelo a la vía, es decir de 90 grados debajo del horizontal.

- **Señal satélite y GPS**

La cantidad de satélites captados durante el proceso de levantamiento fotogramétrico de la vía, fueron de 15 satélites, teniendo así una buena señal para la ubicación del dron, tanto para el despegue y aterrizaje.



- **Aterrizaje del dron**

El aterrizaje del dron se realiza en el punto de despegue, de donde partió el dron. Este es gracias a la ubicación GPS que tiene el equipo.

- **Procedimiento de descarga y post proceso con software para drones Agisoft Photoscan Professional**

Para el procedimiento de generación de nube de puntos, la malla, la ortofotografía, utilizaremos como software de procesamiento el Agisoft PhotoScan Professional Profesional.

Los pasos para poder realizar todo el proceso fueron los siguientes:

- **Descargar fotografías del dron a la computadora.**

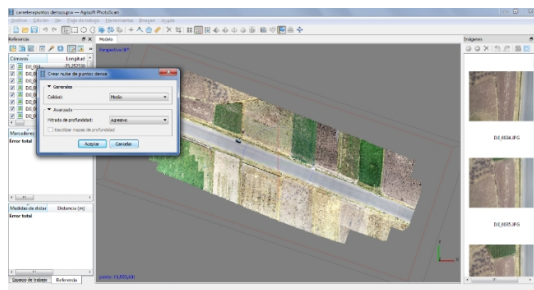
Se realizó la descarga utilizando un adaptador de micro SD, en el cual estaban alojadas todas las fotografías tomadas durante el proceso de vuelo. Para mayor seguridad después de cada vuelo se descargaba las fotografías a una portátil.

- **Generación de nube de puntos**

La generación de nube puntos es una imagen proyectada planimetricamente a partir de las fotografías aéreas tomadas por el dron y cargadas en el computador, que se puede observar en dos dimensiones (ejes x,y).

Para la generación de la nube puntos entraremos a la barra de menú flujo de trabajo y seleccionaremos la opción crear nube de puntos densa. En el cuadro de dialogo seleccionamos las opciones: calidad alta, y en la opción avanzado desplegaremos más opciones, filtración de mapas de profundidad, agresivo. En este proceso esperaremos la respuesta de la computadora para poder genera la nube de puntos. Antes de generar la nube de puntos densa se tenia una cantidad de 71 450 puntos que se realizaron a partir de la orientación de puntos, posterior a haber realizado la generación de nube de puntos de tiene un total de 13 503 301 puntos. Quiere decir que la cantidad de puntos se densifico. Figura N° 16

Figura N° 16: procedimiento para genera la nube de puntos densa.

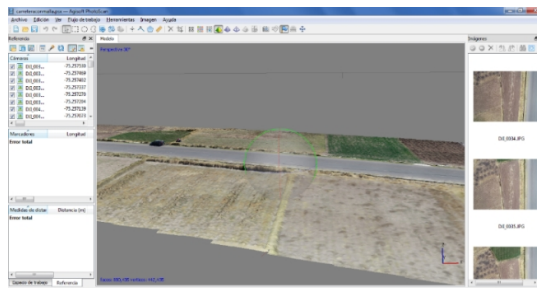


Fuente: propia

Una vez generada la nube puntos densa, es recomendable generar la malla de puntos que le dará un aspecto cuasi real (tridimensional), a la proyección de las fotografías aéreas. Para

generar la malla entramos a la barra de menús seleccionamos flujo de trabajo y le damos clic en crear malla. En el cuadro de dialogo, seleccionamos las siguientes opciones: en tipo de superficie selecciona la opción bajo relieve / terreno, en datos de fuente selecciona nube de puntos densa. En número de caras selecciona la opción alta, en la opción avanzado la interpolación estará en habilitado por defecto y por último le damos clic en aceptar. El proceso de generación de malla es un proceso muy importante para poder producir la ortofotografía. Al crear la malla podremos apreciar que el numero de caras (faces) es de 800 435 y el numero de vértices es de 442 435. Es lo que nos indica según la cantidad de imágenes que se cargaron. Figura N° 17.

Figura N° 17: Se puede apreciar la imagen en alto relieve (tridimensional).



Fuente: propia

## - **Georeferenciación de puntos en el software**

En este proceso utilizaremos el procedimiento de levantamiento de puntos georreferenciados que realizamos en el campo, mediante el método de topografía convencional. Quiere decir importar las coordenadas que se tomó con la estación total, al cual llamamos puntos base de control terrestre.

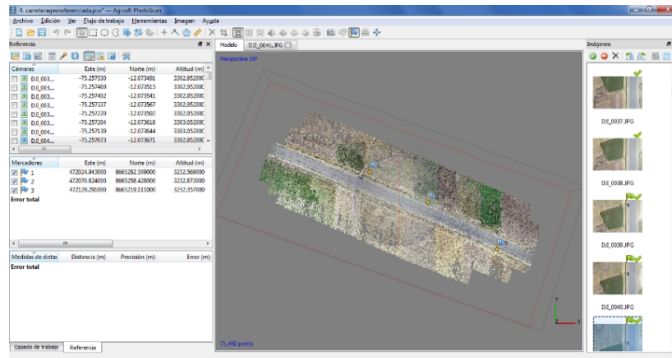
Para este procedimiento será importante exportar los datos de la estación total y generar un archivo de texto, en donde figuren las coordenadas de los puntos levantados en el terreno. Para nuestro trabajo de campo generamos cuatro puntos de control terrestres, con los cuales realizaremos el proceso de georeferenciación de puntos en el Agisoft PhotoScan Professional Profesional.

Para iniciar la georeferenciación en el programa crearemos marcadores y los enlazaremos con cada foto en donde aparece el punto de control terrestre, sin ninguna excepción. Para el procedimiento seguiremos los siguientes pasos:

Selecciona la fotografía en donde se encuentra marcado el punto de control terrestre con un símbolo topográfico, con el cursor ubícate sobre la marca y da clic derecho; selecciona la opción crear marcador, con el símbolo de una banderita con 'punto amarillo' nos indica que el marcador se ha creado, al mismo tiempo en el panel de fotografías se podrá apreciar que aparecerán banderas de color plomo (indicando que en estas

fotografías se puede apreciar la marca y que no están activos los marcadores), en cada fotografía que se encuentra este símbolo simplemente daremos clic para poder activar la georeferenciación . Realiza este proceso en todos los puntos de control terrestres y en todas las fotografías que se aprecia el símbolo topográfico. Una vez culminado la ubicación de todos los puntos georreferenciados en el panel de espacio de trabajo (lado derecho de la pantalla), en el cuadro donde aparece la opción marcadores se podrá apreciar todos los marcadores que se crearon y se seleccionaron (para el caso del trabajo 3 marcadores). Figura N° 18

Figura N° 18: Georeferenciacion de puntos de control con el software



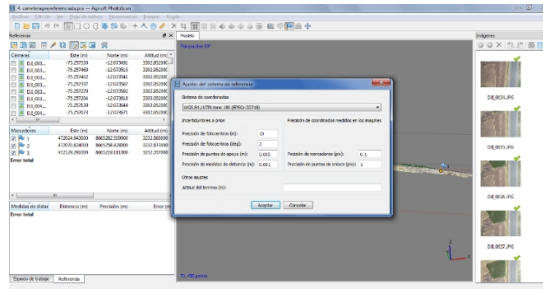
Fuente: propia

En cada uno de estos marcadores tendremos que rellenar de forma manual o importar las coordenadas para cada marcador. En el caso que sea de forma manual solo da clic en cada celda

de cada marcador. En el caso que sea de forma de importación tomaremos en cuenta que los nombres de los marcadores coincidan con el nombre de los puntos en el archivo que se descargó de la estación total. Para importar los puntos de un archivo seleccionaremos el icono importar que se encuentra en la parte izquierda debajo de puntos de apoyo, donde se abrirá un cuadro de dialogo donde buscaremos la ubicación de la planilla de datos de coordenadas, en el cuadro de dialogo seleccionaremos como están separados las coordenadas (tabuladores o por comas), y también seleccionaremos las columnas a la que pertenecen.

Una vez que todos los marcadores tienen sus coordenadas y su cota procederemos a seleccionar el DATUM (sistema de coordenadas), con el que se trabajó todas las coordenadas, para nuestro caso trabajamos con el DATUM WGS 84, UTM zona 18 S. que es el cuadrante en donde se encuentra nuestra zona de trabajo. Para ello seleccionaremos todas las fotografías del panel de puntos de control y desactivaremos el check list, después de ello seleccionaremos el icono de ajustes que se encuentra en panel de puntos de control (referencia) tal como se muestra en la Figura N° 19

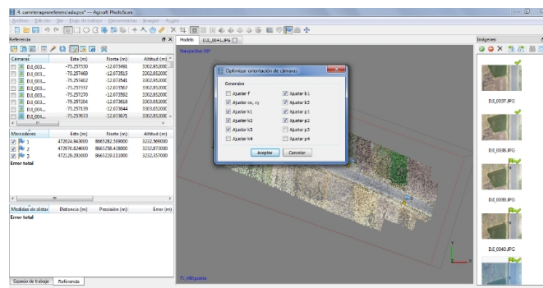
Figura N° 19: Selección de Datum, para la georeferenciación de las fotografías aéreas.



Fuente: propia

Una vez cargado la georeferenciación de las fotografías y elegido el DATUM (sistema de coordenadas), procederemos a optimizar el cálculo de orientaciones de las fotografías con el icono de la barita que se encuentra en el panel de puntos de control, dando clic en el icono saldrá un cuadro de texto en donde se podrá apreciar todos los valores a optimizar tal como se muestra en la figura N°20.

Figura N° 20: proceso de optimización de orientación de las fotografías georeferenciadas



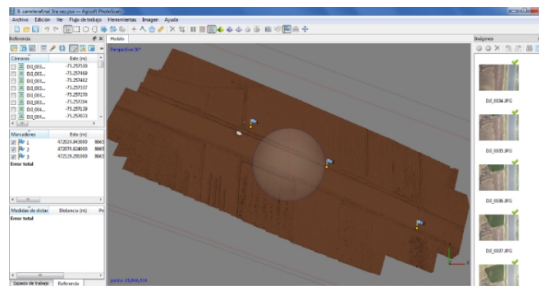
Fuente: propia

Una vez seleccionado los valores se procede a optimizar la orientación de todas fotografías aéreas, terminado este proceso se volverá a crear la nube de puntos denso y las mallas, según lo descrito líneas arriba en sus respectivos procesos.

Una vez terminado el proceso de generación de nube de puntos denso y la malla se procederá a clasificar la nube de puntos densa, este proceso sirve para clasificar todos los tipos de puntos que existe dentro de las fotografías aéreas, algunos ejemplos de tipos de puntos son de terreno natural, arboles, automóviles, casas, personas entre otras opciones más. Para este proceso seleccionamos en el menú herramientas, nube de puntos densa, clasificar puntos de terreno, en el cuadro de dialogo que se abrirá seleccionaremos las clases de puntos desde creado (nunca clasificado), y los otros valores serán por defecto. Con este proceso obtendremos los puntos de control del terreno para poder crear las curvas de nivel del terreno sin distorsiones.

Figura N° 21

Figura N° 21: Creación de la superficie de terreno y la clasificación de puntos según sus tipos de materiales



Fuente: propia



- **Productos finales**

- **Creación de ortofotografía en el agisoft photoscan professional e importación al civil 3D**

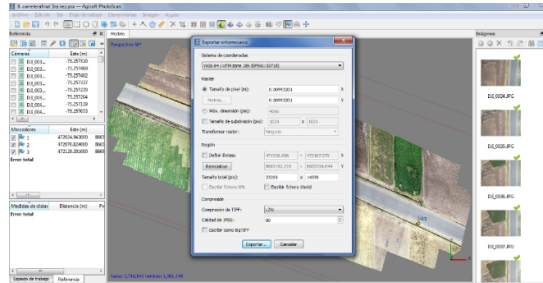
La ortofotografía es una imagen que se encuentra a una escala dada con dimensiones reales, que no presenta deformaciones y que puede darse en tiempo real. Con el uso del programa Agisoft PhotoScan Professional, podremos obtener una ortofotografía del levantamiento fotogramétrico realizado con el dron en la vía, este producto nos sirve para poder insertar en el Googlemaps, y obtener una imagen actualizada de la zona de trabajo, de la misma forma podemos insertar en el Civil 3D, el cual nos ayudara en el proceso de creación de curvas de nivel.

Para importar la ortofotografía creada por el Agisoft PhotoScan Professional, utilizaremos herramientas del civil 3D, este proceso consiste en los siguientes pasos:

- Selecciona en la barra de titulo el menú Archivo, selecciona exportar ortomosaico, y por último selecciona el tipo de formato con el cual se desea exporta la ortofotografia. Para poder visualizar el ortomosaico en el Google Earth, se tendrá que seleccionar el tipo de formato KMZ de Google Earth (la extensión es \*.kmz). Si se desea exportar una ortofotografía para poder exportar a un programa GIS (sistema de información geográfica), se selecciona el formato imagen JPGE/TIFF/PNG, (la extensión es \*.tiff).

- En el cuadro de dialogo selecciona el sistema de coordenadas (WGS 84 / UTM Zone 18S), por último, clic en exportar.

Figura N° 22: Proceso de exportación de ortomosaico en formato TIFF y KMZ



Fuente: propia

- Para poder importar la fotografía en el Google earth, abrir el programa, selecciona en la barra de titulo el menú archivo la opción abrir. Direccional donde se encuentra el archivo exportado y dar en abrir. En el panel lugares aparece el archivo abierto, dar doble clic en el panel geográfico se mostrará la ortofotografía realizada con el dron. Se parecía la ortofotografía con más nitidez que la imagen obtenida de forma satelital. Con esto podemos comprobar que el levantamiento si se encuentra georreferenciada, tal como se muestra en la Figura N° 23.

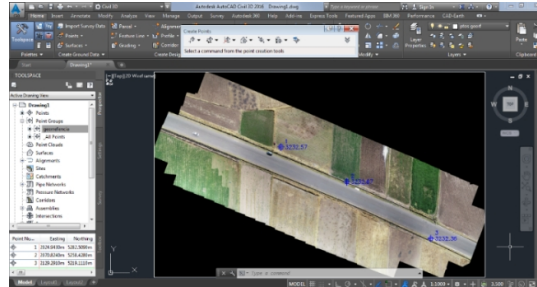
Figura N°23: trasposición de la ortofotografía, y la fotografía satelital en el programa Google earth.



Fuente propia

- Para insertar la ortofotografía en el civil 3D seguiremos los siguientes pasos: abrir el programa del autodesk civil 3D, selecciona el workspace switching en planning and analysis. En este espacio de trabajo podremos insertar la ortofotografía georreferenciada. La cual exportamos en extensión \*.tiff. selecciona el icono insert and image. En el cuadro de dialogo direcciona la ruta donde se encuentra el archivo de la ortofotografía. En el cuadro de dialogo Image correlation, podremos observa las coordenadas de inserción de la ortofotografía. Clic en aceptar. Antes de insertar la ortofotografía es recomendable crear una capa (layer), con el nombre de foto, para poder desactivar la foto cuando se trabaje con la nube de puntos denso. Figura N° 24

Figura N° 24: ortofotografía georreferenciada, insertado en el campo de trabajo del Civil 3D



Fuente: propia

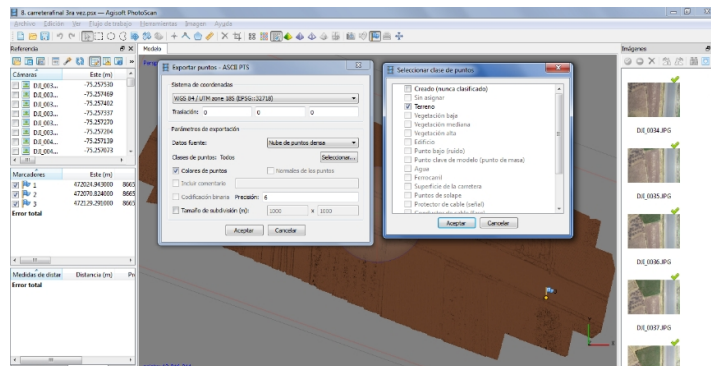
- **Exportar puntos según formato del agisoft photoscan professional e importar nube de puntos al civil 3D**

Exportar la nube de puntos denso del Agisoft Agisoft PhotoScan Professional Professional, para poder trabajarlo en el civil 3D, es un proceso que consiste en los siguientes pasos:

- Una vez generado la clasificación de puntos denso, se procede a ir al menú Archivo, selecciona la opción exportar puntos, en el cuadro de dialogo, dar ubicación en donde se guardará el archivo, también selecciona el tipo de formato con el que se guardará el archivo. Es recomendable guardar el archivo en dos tipos de formatos, un tipo de formato es el ASPRS LAS su extensión es \*.las y el otro tipo de formato es el ACSII PTS \*.pts, este tipo de archivo se podrá abrir en cualquier programa GIS (sistema de información geográfica).
- Después de la selección del tipo de formato, clic en guardar, se abre un cuadro de dialogo en donde seleccionaremos el sistema

de coordenadas (WGS 84 / UTM Zone 18S), del mismo modo selecciona el dato fuente, para nuestro trabajo selecciona el de nube de puntos denso y después selecciona la clase de punto, (terreno). Por último, solo dar en aceptar y se realizará el proceso de exportación de puntos, así como se muestra en la Figura N° 25.

Figura N° 25: proceso de exportación de puntos y selección de clase de punto (terreno).

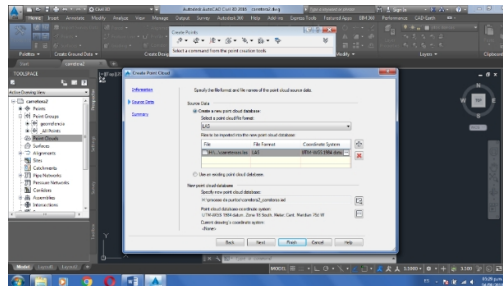


Fuente propia

Para insertar la nube de puntos en el autodesk civil 3D, seguiremos el siguiente procedimiento: en la ventana del toolspace, selecciona la opción point cloud, clic derecho, créate point cloud. En el cuadro de dialogo, en information, colocar el nombre con el que importaras la nube de puntos denso, para el estilo de point cloud, selecciona la opción elevation range. Es recomendable crear una capa (layer) y activarlo, antes de importar la nube de puntos densa.

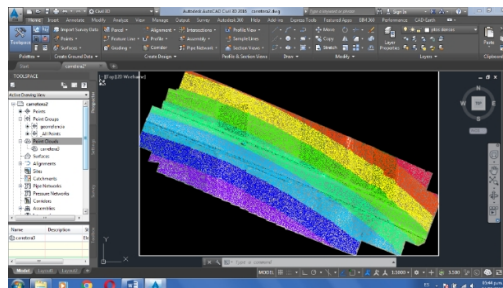
En source data, procede a ubicar el archivo en la carpeta que se encuentra; en este caso importaremos el archivo con extensión \*.las; verificamos el sistema de coordenadas que esta seleccionado (WGS 84 / UTM Zone 18S). Figura N° 26. Terminado el proceso de importación aparecerá la nube de puntos denso en el área de trabajo del civil 3D. figura N° 27

Figura N° 26: cuadro de dialogo para el proceso de importar la nube de puntos denso.



Fuente propia

Figura N° 27: importación de nube de puntos denso, creado a partir de levantamiento fotogramétrico.



Fuente propia

### **3.9. Análisis estadístico: descriptivo e inferencial**

Se presenta a continuación el análisis estadístico e inferencial de las tablas con los datos de los promedios de las coordenadas y los promedios de las cotas del levantamiento topográfico con el uso de la estación total, del mismo modo las tablas con los datos de los promedios de coordenadas y los promedios cotas de los levantamientos fotogramétricos de la carretera, con el uso del dron; siendo las alturas de vuelo las siguientes: 40 metros, 50 metros y 60 metros, con sus respectivas desviaciones estándar para cada vuelo. Para el análisis descriptivo nos dará como resultado los promedios y las desviaciones estándar de los datos de las coordenadas norte y este; así como de las cotas de cada uno de los levantamientos topográficos y fotogramétricos.

En la tabla N° 04, de los datos de los puntos de control terrestre, se muestra los promedios de las coordenadas norte y coordenada este, teniendo como resultado 8665260.204 m y 472043.9788 m respectivamente, así mismo el resultado de su desviación estándar es 36.2975498 y 93.35338931. También se determinó el promedio de las cotas que es 3323.0234 m.s.n.m., y su desviación estándar es de 0.675434897 lo que nos indica que el terreno en estudio es de tipo de orografía llano.

Tabla N° 04. Tabla de coordenadas y cotas de los puntos de control.

Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)	Descripción
8665260.204	472043.9788	3323.0234	Promedio
36.2975498	93.35338931	0.675434897	Desviación Estándar

Fuente propia.

Los datos de los puntos de levantamiento topográfico de las vías con estación total, se muestra los promedios de las coordenadas norte y coordenada este, teniendo como resultado 8665253.41m y 472065.3045 m respectivamente, así mismo el resultado de su desviación estándar es 32.37635753y 83.75479524. También se determinó el promedio de las cotas que es 3322.83066 m.s.n.m., y su desviación estándar es de 0.861618658lo que nos indica que el terreno en estudio es de tipo de orografía llano. Ver tabla N° 05.

Tabla N° 05. Tabla del levantamiento topográfico de la vía con estación total.

Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)	Descripción
8665253.41	472065.3045	3322.83066	Promedio
32.37635753	83.75479524	0.861618658	Desviación Estándar

Fuente propia



Los datos de los puntos de levantamiento fotogramétrico con drones a una altura de 40 metros, donde se muestra que los promedios de las coordenadas norte y coordenada este, teniendo como resultado 8665253.41m y 472065.305 m respectivamente, así mismo el resultado de su desviación estándar es 32.3763279 y 83.7547952. También se determinó el promedio de las cotas que es 3322.81205 m.s.n.m., y su desviación estándar es de 0.84817399 lo que nos indica que el terreno en estudio es de tipo de orografía llano. Ver tabla N° 06.

Tabla N° 06. Tabla de coordenadas y cotas de los puntos levantados y digitalizados con la fotogrametría a una altura de 40 metros.

Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)	Descripción
8665253.41	472065.305	3322.81205	Promedio
32.3763279	83.7547952	0.84817399	Desviación estándar

Fuente propia

Los datos de los puntos de levantamiento fotogramétrico con drones a una altura de 50 metros, donde se muestra que los promedios de las coordenadas norte y coordenada este, teniendo como resultado 8665253.409 m y 472065.3045 m respectivamente, así mismo el resultado de su desviación estándar es 32.37632789 y 83.7547952. También se determinó el promedio de las cotas que es 3322.80487m.s.n.m., y su desviación estándar es de 0.872684256 lo que nos indica que el terreno en estudio es de tipo de orografía llano. Ver tabla N° 07.

Tabla N° 07. Tabla de coordenadas y cotas de los puntos levantados y digitalizados con la fotogrametría a una altura de 50 metros.

Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)	Descripción
8665253.409	472065.3045	3322.80487	Promedio
32.37632789	83.7547952	0.872684256	Desviación estándar

Fuente propia

Los datos de los puntos de levantamiento fotogramétrico con drones a una altura de 60 metros, donde se muestra que los promedios de las coordenadas norte y coordenada este, teniendo como resultado 8665253.409 m y 472065.3045 m respectivamente, así mismo el resultado de su desviación estándar es 32.37632789 y 83.7547952. También se determinó el promedio de las cotas que es 3322.80916 m.s.n.m., y su desviación estándar es de 0.850244917 lo que nos indica que el terreno en estudio es de tipo de orografía llano. Ver tabla N° 08.

Tabla N° 08. Tabla de coordenadas y cotas de los puntos levantados y digitalizados con la fotogrametría a una altura de 60 metros

Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)	Descripción
8665253.409	472065.3045	3322.80916	Promedio
32.37632789	83.75479524	0.850244917	Desviación estándar

Fuente propia

Los datos de comparación de cotas altimétricas de los levantamientos realizados con estación total, fotogramétricos a 40 m, 50 m, y 60 m, donde se muestra que los promedios de las cotas a 40 m de altura de vuelo es 3322.805 m.s.n.m., de las cotas a 50 m. de altura de vuelo es 3322.809 m.s.n.m., de las cotas a 60 metros de altura de vuelo es 3322.831 m.s.n.m. y las cotas con la estación total es 3322.812 m.s.n.m. Y su desviación estándar de las cotas a 40 m. de altura de vuelo es 0.873, de las cotas a 50 m. de altura de vuelo es 0.850, de las cotas a 60 metros de altura de vuelo es 0.862 y de las cotas con la estación total es 0.848. Ver tabla N° 09.

Tabla N° 09. Tabla de comparación de cotas altimétricas de los levantamientos realizados con estación total, fotogramétricos a 40 m, 50 m, y 60 m

Cota de estación	Cota a 40 (m.s.n.m.)	Cota a 50 (m.s.n.m.)	Cota a 60 (m.s.n.m.)	Descripción
3322.812	3322.805	3322.809	3322.831	Promedio
0.848	0.873	0.850	0.862	Desviación estándar

Fuente propia

Los datos de cotas del eje de vía, realizando el perfil longitudinal del levantamiento de la carretera con estación total y los levantamientos fotogramétricos, donde se muestra que los promedios de las cotas a 40 m de altura de vuelo es 3322.86813 m.s.n.m., de las cotas a 50 m. de altura de vuelo es 3322.86487 m.s.n.m., de las cotas a 60 metros de altura de vuelo es 3322.85806 m.s.n.m. y las cotas con la estación total es 3322.81881 m.s.n.m.

Y su desviación estándar de las cotas a 40 m. de altura de vuelo es 0.88592689, de las cotas a 50 m. de altura de vuelo es 0.9178567, de las cotas a 60 metros de altura de vuelo es 0.89320266 y de las cotas con la estación total es 0.90571642. Ver tabla N° 10.

Tabla N° 10. Tabla de cotas del eje de vía, realizando el perfil longitudinal del levantamiento de la carretera con estación total y los levantamientos fotogramétricos.

Cota perfil con estación total	Cota de perfil a 40 metros	Cota de perfil a 50 metros	Cota de perfil a 60 metros
3322.81881	3322.86813	3322.86487	3322.85806
0.90571642	0.88592689	0.9178567	0.89320266

Fuente propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

**4.1.Objetivo específico 1:** Determinar la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 40 metros de altura de vuelo.

Tabla N° 11. Datos de Cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 40 m.

Puntos	Cota 40		
1	3323.238	11	3323.467
2	3323.668	12	3323.454
3	3323.775	13	3323.351
4	3323.729	14	3323.306
5	3323.718	15	3323.276
6	3323.693	16	3323.214
7	3323.641	17	3323.178
8	3323.607	18	3323.114
9	3323.572	19	3323.091
10	3323.513	20	3323.059
		21	3323.033

22	3322.988
23	3322.910
24	3322.976
25	3322.925
26	3322.899
27	3322.867
28	3322.835
29	3322.791
30	3322.652
31	3322.745
32	3322.728
33	3322.700
34	3322.620
35	3322.527
36	3322.358
37	3322.235
38	3322.050
39	3321.864
40	3321.966
41	3321.633
42	3321.395
43	3321.097
44	3320.863
45	3320.566
46	3320.321
47	3320.332
48	3320.640
49	3320.982
50	3321.359
51	3321.599
52	3321.854

53	3322.016
54	3322.138
55	3322.321
56	3322.503
57	3322.640
58	3322.708
59	3322.552
60	3322.747
61	3322.781
62	3322.857
63	3322.841
64	3322.710
65	3322.904
66	3322.931
67	3322.950
68	3322.995
69	3322.875
70	3323.044
71	3323.072
72	3323.096
73	3323.092
74	3323.117
75	3323.117
76	3323.234
77	3323.272
78	3323.298
79	3323.421
80	3323.487
81	3323.467
82	3323.523
83	3323.568

84	3323.615
85	3323.671
86	3323.676
87	3323.712
88	3323.747
89	3323.774
90	3323.818
91	3323.884
92	3323.782

93	3323.493
94	3323.424
95	3323.344
96	3323.263
97	3323.215
98	3322.904
99	3321.775
100	3320.857

Fuente propia

Los procedimientos para realizar la altimetría a una altura de vuelo de 40 metros con la fotogrametría con drones, se obtuvo mediante la generación de la ortofotografía digitalizada para poder hallar la nube de puntos, y generar la superficie o modelo de elevación del terreno (generación de curvas de nivel).

Distribución de frecuencias para cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 40 m

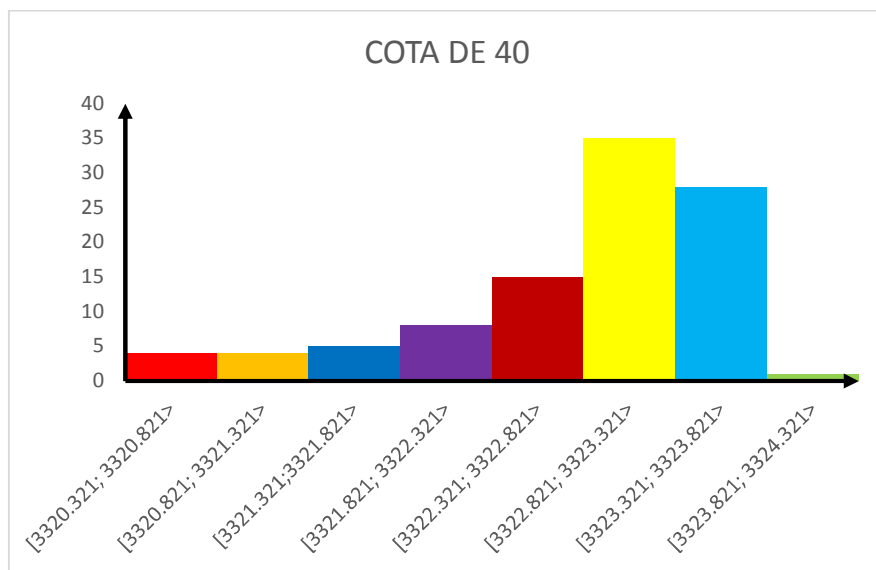
Tabla N° 12. Distribución de frecuencias para cotas a 40 metros.

N°	$[L_{i-1}; L_i>$	fi	Fi	hi
1	[3320.321; 3320.821>	04	04	0.04
2	[3320.821; 3321.321>	04	08	0.04
3	[3321.321; 3321.821>	05	13	0.05
4	[3321.821; 3322.321>	08	21	0.08
5	[3322.321; 3322.821>	15	36	0.15
6	[3322.821; 3323.321>	35	71	0.35
7	[3323.321; 3323.821>	28	99	0.28
8	[3323.821; 3324.321>	01	100	0.01
TOTAL		100		1.00

Fuente propia

Del total de cotas medidas en el levantamiento fotogramétrico, hay 35 cotas o 35% que sus medidas están entre 3322.821 y 3323.321; mientras que hay uno o 1% de las cotas que esta entre 3323.821 y 3324.321.

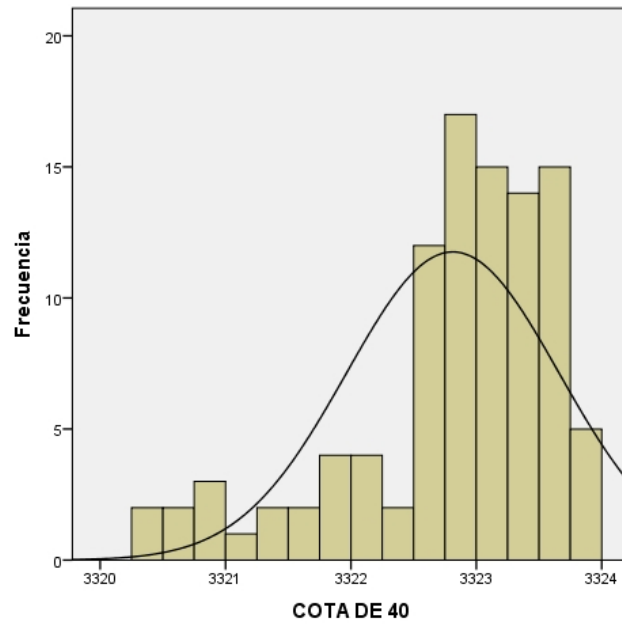
Figura N° 28. Histograma de frecuencias de las cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 40 m



Fuente propia



Figura N° 29. Histograma de frecuencias con curva normal de las cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 40 m.



Fuente propia

**Objetivo específico 2:** Determinar la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 50 metros de altura de vuelo.

Tabla N° 13. Datos de Cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 50 m. fuente propia

Puntos	Cota 50	24	3322.981
1	3323.229	25	3322.937
2	3323.664	26	3322.924
3	3323.768	27	3322.876
4	3323.728	28	3322.844
5	3323.724	29	3322.818
6	3323.716	30	3322.687
7	3323.666	31	3322.780
8	3323.633	32	3322.740
9	3323.585	33	3322.718
10	3323.527	34	3322.631
11	3323.498	35	3322.549
12	3323.446	36	3322.382
13	3323.367	37	3322.244
14	3323.332	38	3322.049
15	3323.272	39	3321.842
16	3323.218	40	3321.958
17	3323.191	41	3321.600
18	3323.136	42	3321.356
19	3323.097	43	3321.058
20	3323.062	44	3320.797
21	3323.030	45	3320.475
22	3322.990	46	3320.215
23	3322.985	47	3320.176

48	3320.531
49	3320.877
50	3321.274
51	3321.530
52	3321.824
53	3322.046
54	3322.118
55	3322.316
56	3322.482
57	3322.664
58	3322.696
59	3322.574
60	3322.737
61	3322.776
62	3322.852
63	3322.844
64	3322.734
65	3322.897
66	3322.922
67	3322.926
68	3322.991
69	3322.917
70	3323.042
71	3323.055
72	3323.090
73	3323.085
74	3323.103
75	3323.146
76	3323.221
77	3323.240
78	3323.294

79	3323.436
80	3323.482
81	3323.456
82	3323.515
83	3323.566
84	3323.605
85	3323.654
86	3323.672
87	3323.705
88	3323.730
89	3323.758
90	3323.799
91	3323.871
92	3323.793
93	3323.496
94	3323.428
95	3323.332
96	3323.252
97	3323.206
98	3322.929
99	3321.742
100	3320.755

Fuente propia

Los procedimientos para realizar la altimetría a una altura de vuelo de 50 metros con la fotogrametría con drones, se obtuvo mediante la generación de la ortofotografía digitalizada para poder hallar la nube de puntos, y generar la superficie o modelo de elevación del terreno (generación de curvas de nivel).

Distribución de frecuencias para cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 50 m

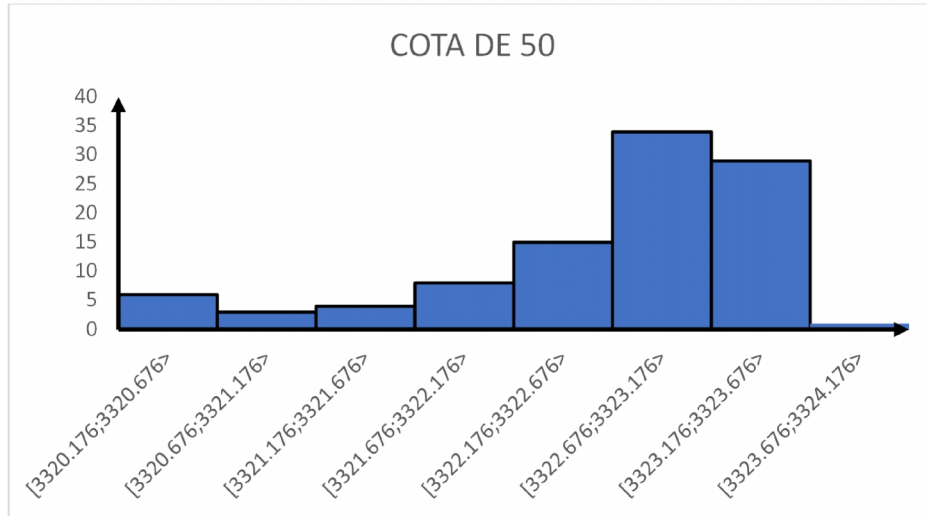
Tabla N° 14. Distribución de frecuencias para cotas a 50 metros

N°	$[L_{i-1} ; L_i >$	fi	Fi	hi
1	[3320.176;3320.676>	6	6	0.06
2	[3320.676;3321.176>	3	9	0.03
3	[3321.176;3321.676>	4	13	0.04
4	[3321.676;3322.176>	8	21	0.08
5	[3322.176;3322.676>	15	36	0.15
6	[3322.676;3323.176>	34	70	0.34
7	[3323.176;3323.676>	29	99	0.29
8	[3323.676;3324.176>	1	100	0.01
	TOTAL	100		1

Fuente propia

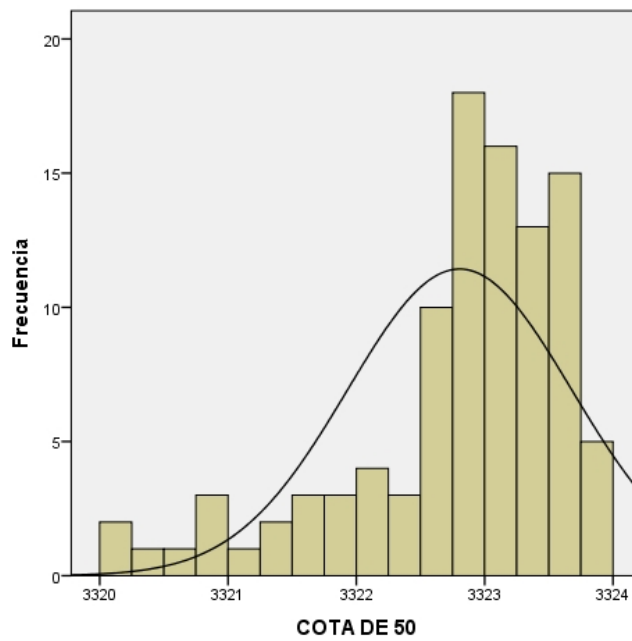
Del total de cotas medidas en el levantamiento fotogramétrico, hay 35 cotas o 35% que sus medidas están entre 3322.821 y 3323.321; mientras que hay uno o 1% de las cotas que esta entre 3323.821 y 3324.321.

Figura N° 30. Histograma de frecuencias de las cotas del levantamiento  
fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 50 m.



Fuente propia

Figura N° 31. Histograma de frecuencias con curva normal de las cotas del  
levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 50 m.



Fuente propia

**4.2.Objetivo específico 3:** Determinar la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 60 metros de altura de vuelo

Tabla N° 15. Datos de Cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 60 m.

Puntos	Cota 60	25	3322.902
1	3323.238	26	3322.884
2	3323.647	27	3322.852
3	3323.773	28	3322.823
4	3323.707	29	3322.796
5	3323.718	30	3322.677
6	3323.704	31	3322.736
7	3323.643	32	3322.710
8	3323.592	33	3322.688
9	3323.564	34	3322.618
10	3323.520	35	3322.519
11	3323.482	36	3322.375
12	3323.427	37	3322.224
13	3323.343	38	3322.050
14	3323.310	39	3321.865
15	3323.285	40	3321.948
16	3323.210	41	3321.629
17	3323.189	42	3321.375
18	3323.124	43	3321.141
19	3323.099	44	3320.860
20	3323.046	45	3320.545
21	3323.038	46	3320.320
22	3322.987	47	3320.312
23	3322.967	48	3320.616
24	3322.967	49	3320.975

50	3321.335
51	3321.584
52	3321.852
53	3322.014
54	3322.132
55	3322.329
56	3322.483
57	3322.637
58	3322.707
59	3322.617
60	3322.733
61	3322.754
62	3322.840
63	3322.834
64	3322.728
65	3322.884
66	3322.913
67	3322.934
68	3322.977
69	3322.921
70	3323.024
71	3323.049
72	3323.088
73	3323.094
74	3323.116
75	3323.166
76	3323.224
77	3323.267
78	3323.296
79	3323.420
80	3323.483

81	3323.462
82	3323.523
83	3323.563
84	3323.608
85	3323.661
86	3323.682
87	3323.717
88	3323.735
89	3323.787
90	3323.822
91	3323.905
92	3323.773
93	3323.503
94	3323.417
95	3323.348
96	3323.252
97	3323.190
98	3322.897
99	3321.777
100	3320.839

Fuente propia

Los procedimientos para realizar la altimetría a una altura de vuelo de 60 metros con la fotogrametría con drones, se obtuvo mediante la generación de la ortofotografía digitalizada para poder hallar la nube de puntos, y generar la superficie o modelo de elevación del terreno (generación de curvas de nivel).

Distribución de frecuencias para cotas del levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 60 m

Tabla N° 16. Distribución de frecuencias para cotas a 60 metros

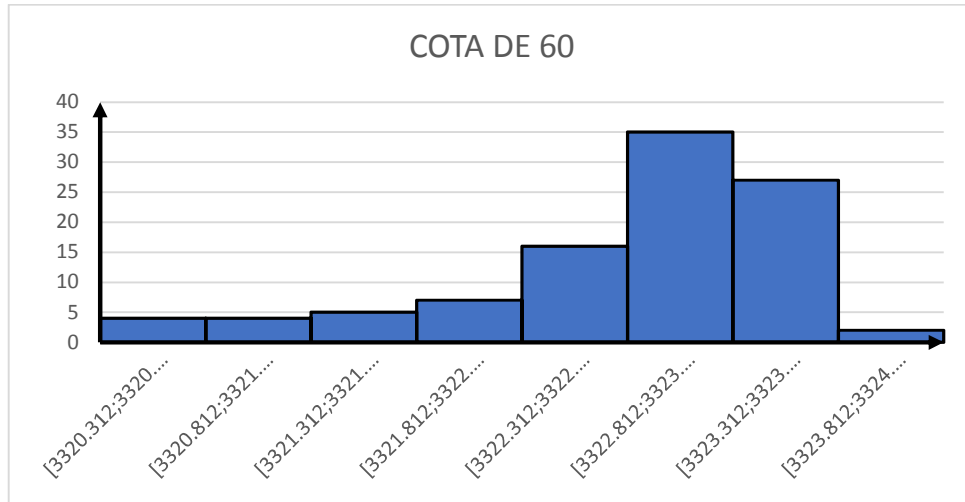
N°	$[L_{i-1} ; L_i>$	$f_i$	$F_i$	$h_i$
1	[3320.312;3320.812>	4	4	0.04
2	[3320.812;3321.312>	4	8	0.04
3	[3321.312;3321.812>	5	13	0.05
4	[3321.812;3322.312>	7	20	0.07
5	[3322.312;3322.812>	16	36	0.16
6	[3322.812;3323.312>	35	71	0.35
7	[3323.312;3323.812>	27	98	0.27
8	[3323.812;3324.312>	2	100	0.02
	TOTAL	100		1

Fuente propia

Del total de cotas medidas en el levantamiento fotogramétrico, hay 35 cotas o 35% que sus medidas están entre 3322.812 y 3323.312; mientras que hay 2 cotas o 2% de las cotas que esta entre 3323.812 y 3324.312.

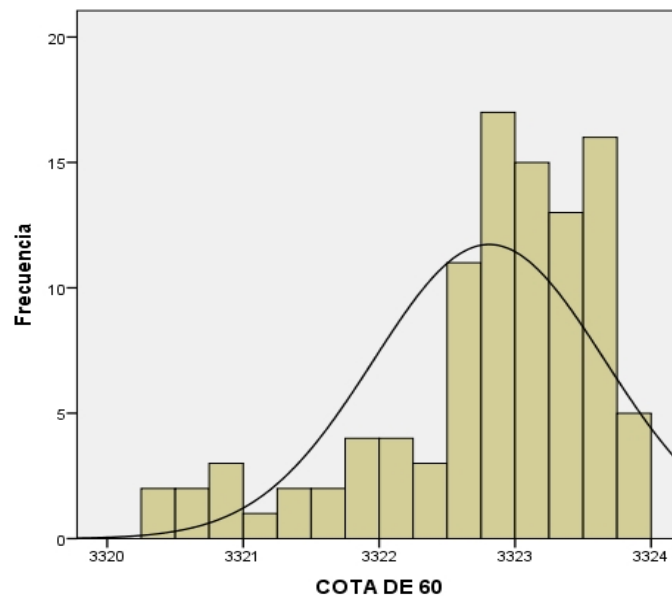


Figura N° 32. Histograma de frecuencias de las cotas del levantamiento  
fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 60 m.



Fuente propia

Figura N° 33. Histograma de frecuencias con curva normal de las cotas del  
levantamiento fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 60 m.



Fuente propia

Tabla N° 17. Datos de Cotas del levantamiento topográfico con estación total.

PUNTOS	COTA ESTACION
1	3323.26
2	3323.73
3	3323.795
4	3323.73
5	3323.748
6	3323.716
7	3323.658
8	3323.625
9	3323.59
10	3323.545
11	3323.493
12	3323.454
13	3323.383
14	3323.336
15	3323.299
16	3323.252
17	3323.203
18	3323.123
19	3323.123
20	3323.083
21	3323.055
22	3323.019
23	3323.007
24	3322.984
25	3322.967
26	3322.934
27	3322.907
28	3322.867
29	3322.83
30	3322.788
31	3322.769
32	3322.745
33	3322.724
34	3322.659
35	3322.559
36	3322.389
37	3322.25
38	3322.074
39	3321.886
40	3321.974
41	3321.649
42	3321.402
43	3321.094
44	3320.85
45	3320.545
46	3320.283
47	3320.291
48	3320.567
49	3320.95
50	3321.329
51	3321.593
52	3321.857
53	3322.037
54	3322.144
55	3322.353
56	3322.505

57	3322.668
58	3322.718
59	3322.636
60	3322.752
61	3322.785
62	3322.853
63	3322.841
64	3322.846
65	3322.903
66	3322.944
67	3322.964
68	3323.002
69	3322.969
70	3323.067
71	3323.079
72	3323.089
73	3323.106
74	3323.136
75	3323.185
76	3323.255
77	3323.282
78	3323.316
79	3323.434
80	3323.487
81	3323.449
82	3323.52
83	3323.594
84	3323.643
85	3323.67
86	3323.703
87	3323.739

88	3323.764
89	3323.803
90	3323.853
91	3323.917
92	3323.824
93	3323.523
94	3323.438
95	3323.354
96	3323.282
97	3323.21
98	3322.91
99	3321.753
100	3320.818

Fuente propia

Distribución de frecuencias para cotas del levantamiento topográfico con estación total

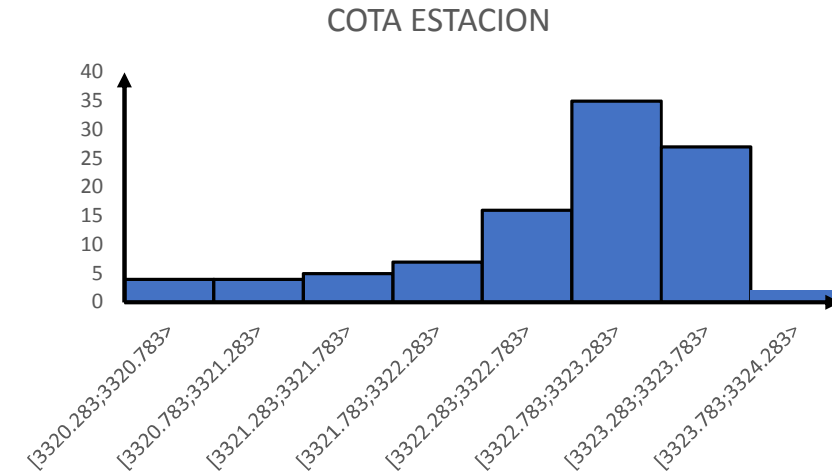
Tabla N° 18. Distribución de frecuencias para cotas con estación total

N°	$[L_{i-1} ; L_i>$	fi	Fi	hi
1	[3320.283;3320.783>	4	4	0.04
2	[3320.783;3321.283>	4	8	0.04
3	[3321.283;3321.783>	5	13	0.05
4	[3321.783;3322.283>	7	20	0.07
5	[3322.283;3322.783>	16	36	0.16
6	[3322.783;3323.283>	35	71	0.35
7	[3323.283;3323.783>	27	98	0.27
8	[3323.783;3324.283>	2	100	0.02
	TOTAL	100		1

Fuente propia

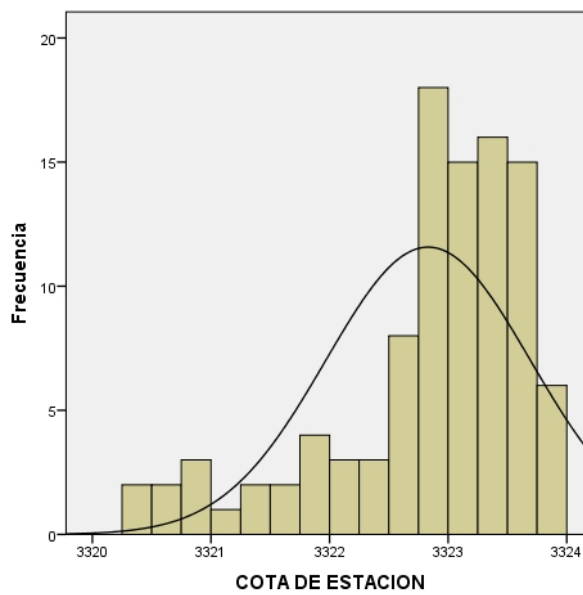
Del total de cotas medidas en el levantamiento fotogramétrico, hay 35 cotas o 35% que sus medidas están entre 3322.783 y 3323.283; mientras que hay 2 cotas o 2% de las cotas que esta entre 3323.783 y 3324.283.

Figura N° 34. Histograma de frecuencias de las cotas del levantamiento topográfico con estación total



Fuente propia

Figura N° 35. Histograma de frecuencias con curva normal de las cotas del levantamiento topográfico con estación total



Fuente propia

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1. Discusión de resultados estadísticos

##### Probar las hipótesis:

Sea  $\mu_i$  los promedios de las mediciones fotogramétricas  $i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4$ .

**Paso 1:** Planteamiento de la hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alternativa ( $H_1$ ):

Los promedios de todas mediciones fotogramétricas son iguales.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4.$$

Los promedios de todas mediciones fotogramétricas no son iguales

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4.$$

**Paso 2:** Seleccionar el nivel de significancia:

El nivel de significancia  $\alpha$  (alfa) será considerado para todos los casos como 5%, es decir:  $\alpha = 0.05$ .

**Paso 3:** Determinar la distribución muestral que se usara en la prueba:

Se usara la prueba F, siendo la fórmula:  $F_{cal} = \frac{CM_{entre}}{CM_{dentro}}$ , donde se tiene:

$CM_{entre}$  es la media cuadrática entre los grupos y  $CM_{dentro}$  es la media cuadrática dentro los grupos.

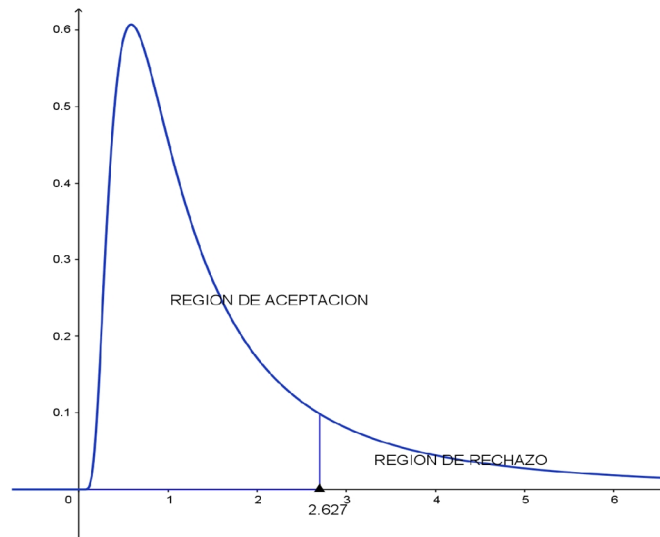
Además, se distribuye según los grados de libertad  $F_{tabla}(k - 1, n - k) = F_{tabla}(columna, fila)$ , donde k es el número de grupos y n es el número total de datos.

**Paso 4:** Esquema de prueba:

Para el nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  en la tabla F se encuentra el valor crítico de la prueba es:  $F_{tabla}(4 - 1, 100 - 3) = F_{tabla}(3, 97) = 2.627$ .

El esquema correspondiente es:

Figura N° 36: Esquema de prueba de las mediciones de cotas mediante levantamientos topográficas y fotogramétricas con el uso de Dron, según promedios.



Fuente propia

Viendo el grafico se observa que la prueba es unilateral.

**Paso 5:** Cálculos:

Tabla N° 19: Comparación de Mediciones topográficas y fotogramétricas con el uso de Dron, para cotas a 40 metros, 50 metros y 60 metros, según mediciones de estación total.

Puntos	Cota 40	Cota 50	Cota 60	Cota estación
1	3323.238	3323.229	3323.238	3323.26
2	3323.668	3323.664	3323.647	3323.73
3	3323.775	3323.768	3323.773	3323.795
4	3323.729	3323.728	3323.707	3323.73
5	3323.718	3323.724	3323.718	3323.748
6	3323.693	3323.716	3323.704	3323.716
7	3323.641	3323.666	3323.643	3323.658
8	3323.607	3323.633	3323.592	3323.625
9	3323.572	3323.585	3323.564	3323.59
10	3323.513	3323.527	3323.520	3323.545
11	3323.467	3323.498	3323.482	3323.493
12	3323.454	3323.446	3323.427	3323.454
13	3323.351	3323.367	3323.343	3323.383
14	3323.306	3323.332	3323.310	3323.336
15	3323.276	3323.272	3323.285	3323.299
16	3323.214	3323.218	3323.210	3323.252
17	3323.178	3323.191	3323.189	3323.203
18	3323.114	3323.136	3323.124	3323.123
19	3323.091	3323.097	3323.099	3323.123
20	3323.059	3323.062	3323.046	3323.083
21	3323.033	3323.030	3323.038	3323.055



22	3322.988	3322.990	3322.987	3323.019
23	3322.910	3322.985	3322.967	3323.007
24	3322.976	3322.981	3322.967	3322.984
25	3322.925	3322.937	3322.902	3322.967
26	3322.899	3322.924	3322.884	3322.934
27	3322.867	3322.876	3322.852	3322.907
28	3322.835	3322.844	3322.823	3322.867
29	3322.791	3322.818	3322.796	3322.83
30	3322.652	3322.687	3322.677	3322.788
31	3322.745	3322.780	3322.736	3322.769
32	3322.728	3322.740	3322.710	3322.745
33	3322.700	3322.718	3322.688	3322.724
34	3322.620	3322.631	3322.618	3322.659
35	3322.527	3322.549	3322.519	3322.559
36	3322.358	3322.382	3322.375	3322.389
37	3322.235	3322.244	3322.224	3322.25
38	3322.050	3322.049	3322.050	3322.074
39	3321.864	3321.842	3321.865	3321.886
40	3321.966	3321.958	3321.948	3321.974
41	3321.633	3321.600	3321.629	3321.649
42	3321.395	3321.356	3321.375	3321.402
43	3321.097	3321.058	3321.141	3321.094
44	3320.863	3320.797	3320.860	3320.85
45	3320.566	3320.475	3320.545	3320.545
46	3320.321	3320.215	3320.320	3320.283
47	3320.332	3320.176	3320.312	3320.291
48	3320.640	3320.531	3320.616	3320.567
49	3320.982	3320.877	3320.975	3320.95
50	3321.359	3321.274	3321.335	3321.329
51	3321.599	3321.530	3321.584	3321.593
52	3321.854	3321.824	3321.852	3321.857

53	3322.016	3322.046	3322.014	3322.037
54	3322.138	3322.118	3322.132	3322.144
55	3322.321	3322.316	3322.329	3322.353
56	3322.503	3322.482	3322.483	3322.505
57	3322.640	3322.664	3322.637	3322.668
58	3322.708	3322.696	3322.707	3322.718
59	3322.552	3322.574	3322.617	3322.636
60	3322.747	3322.737	3322.733	3322.752
61	3322.781	3322.776	3322.754	3322.785
62	3322.857	3322.852	3322.840	3322.853
63	3322.841	3322.844	3322.834	3322.841
64	3322.710	3322.734	3322.728	3322.846
65	3322.904	3322.897	3322.884	3322.903
66	3322.931	3322.922	3322.913	3322.944
67	3322.950	3322.926	3322.934	3322.964
68	3322.995	3322.991	3322.977	3323.002
69	3322.875	3322.917	3322.921	3322.969
70	3323.044	3323.042	3323.024	3323.067
71	3323.072	3323.055	3323.049	3323.079
72	3323.096	3323.090	3323.088	3323.089
73	3323.092	3323.085	3323.094	3323.106
74	3323.117	3323.103	3323.116	3323.136
75	3323.117	3323.146	3323.166	3323.185
76	3323.234	3323.221	3323.224	3323.255
77	3323.272	3323.240	3323.267	3323.282
78	3323.298	3323.294	3323.296	3323.316
79	3323.421	3323.436	3323.420	3323.434
80	3323.487	3323.482	3323.483	3323.487
81	3323.467	3323.456	3323.462	3323.449
82	3323.523	3323.515	3323.523	3323.52
83	3323.568	3323.566	3323.563	3323.594

84	3323.615	3323.605	3323.608	3323.643	
85	3323.671	3323.654	3323.661	3323.67	
86	3323.676	3323.672	3323.682	3323.703	
87	3323.712	3323.705	3323.717	3323.739	
88	3323.747	3323.730	3323.735	3323.764	
89	3323.774	3323.758	3323.787	3323.803	
90	3323.818	3323.799	3323.822	3323.853	
91	3323.884	3323.871	3323.905	3323.917	
92	3323.782	3323.793	3323.773	3323.824	
93	3323.493	3323.496	3323.503	3323.523	
94	3323.424	3323.428	3323.417	3323.438	
95	3323.344	3323.332	3323.348	3323.354	
96	3323.263	3323.252	3323.252	3323.282	
97	3323.215	3323.206	3323.190	3323.21	
98	3322.904	3322.929	3322.897	3322.91	
99	3321.775	3321.742	3321.777	3321.753	
100	3320.857	3320.755	3320.839	3320.818	
TOTALES	332281.205	332280.487	332280.916	332283.066	1329125.674
Numero de datos	100	100	100	100	400
Promedio	3322.812	3322.805	3322.809	3322.831	13291.257
desviación estándar	0.848	0.873	0.850	0.862	

Fuente propia

De los datos se tienen:

$$T_{sub1} = 332281.205, T_{sub2} = 332280.487, T_{sub3} = 332283.066, T_{sub4} = 232, T_{total} = 1329125.674$$

$$n_{sub1} = n_{sub2} = n_{sub3} = n_{sub4} = 100, n_{total} = 400$$

$$C = \frac{T_{total}}{n_{total}} = \frac{1329125.674}{400} = 3322.814$$

$$SCT = \sum \sum x_{ij}^2 - C = 3323.238^2 + \dots + 3320.818^2 - 3322.814 = 291.721$$

$$SCC = \sum \frac{T_{subi}^2}{n_{subi}} - C = \frac{332281.205^2}{100} + \frac{332280.487^2}{100} + \frac{332280.916^2}{100} + \frac{332283.066^2}{100} - 3322.814 = 0.039$$

$$SCE = SCT - SCC = 2291.721 - 0.039 = 291.682$$

Las sumas de cuadrados, los grados de libertad, los cuadrados medios y la F calculada se resumen en la siguiente tabla.

Tabla N° 20. *Prueba ANVA Comparación de Mediciones topográficas y fotogramétricas con el uso de Dron, para cotas a 40 metros, 50 metros y 60 metros, según mediciones de estación total.*

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F Calculada	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.039	3	0.013	0.018	0.997	2.627
Dentro de los grupos	291.682	396	0.737			
Total	291.721	399				

**Paso 6:** Toma de decisión:

$$\text{Dado que } F_{cal} = \frac{CM_{entre}}{CM_{dentro}} = \frac{0.013}{0.737} = 0.18 < F_{tabla}(3,97) = 2.70$$

Se acepta la hipótesis nula  $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ . Es decir: Los promedios de todas mediciones topográficas son iguales, incluido la de estación total.

### Coefficiente de variación

Al comparar los resultados de su coeficiente de variación de las cotas se tiene:

$$CV_{40} = \frac{s}{x} \times 100\% = \frac{0.848}{3322.812} = 0.0255\%$$

$$CV_{50} = \frac{s}{x} \times 100\% = \frac{0.873}{3322.805} = 0.0263\%$$

$$CV_{60} = \frac{s}{x} \times 100\% = \frac{0.850}{3322.809} = 0.0256\%$$

$$CV_{estacion} = \frac{s}{x} \times 100\% = \frac{0.862}{3322.831} = 0.0259\%$$

Se puede observar, al realizar su valor del coeficiente de varianza de los cinco levantamientos topográficos que la Cota de 40 es más homogéneo que el resto de las cotas; es decir, su dispersión es menor que el resto de las cotas. La cota medida por la estación se puede ver que es moderado respecto al resto de cotas, excepto que para la cota medida a 50 metro está por encima de la cota por estación.

Por otro lado, se puede observar las cuatro figuras que representan su histograma de frecuencias, juntamente con su curva normal, poseen asimetría negativa. Es decir, el conjunto de medidas se ubica a la derecha respecto al promedio.

## 5.2. Discusión de los resultados

Respecto a la hipótesis general, el cálculo de la altimetría permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales, tomando en consideración que los parámetros importantes como el vuelo sobre el terreno, la altura de vuelo, la línea de vuelo, la velocidad de vuelo, el tipo de enfoque y el traslape entre fotografías (lateral y transversal), serán programadas en el PIX4D Capture, antes de realizar el levantamiento fotogramétrico. Para la presente tesis se realizaron vuelos a 40

metros, 50 metros y 60 metros de altura de vuelo, una velocidad de 2.50 m/s, una línea de vuelo con respecto al área de levantamiento que se tomó en forma de “U”, el traslape de 75% de entre fotografías y un tipo de enfoque centrado de la cámara, que mejora mucho la calidad de las fotografías aéreas. Las cotas obtenidas en los tres levantamientos realizados son muy homogéneas, encontrándose diferencias desde 1 cm hasta 5 cm, en comparación a puntos de control levantados con una estación total de forma aleatoria. Un aspecto muy importante dentro de los parámetros, es el proceso de digitalización, cabe señalar que a menor altura mayor cantidad de fotografías, esto nos da mas detalle de la vía que deseamos levantar, pero también nos da mayor cantidad de fotografías, esto hace que el proceso de digitalización tarde un poco más (depende de las características del computador).

Claros, Guevara y Pacas (2016), en la tesis realizada *aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados*, quienes dieron como conclusión que: al realizar el procesamiento de la información obtenida por el método de levantamiento fotogramétrico con el uso de drones, se puede tener información topográfica del terreno, dando facilidad en la realización de proyectos, ya que todos los resultados obtenidos se encuentra en archivos digitales. En la investigación desarrollada se ha encontrado que las cantidad de información topográfica que se puede obtener de la digitalización de fotografías tomadas mediante drones es muy versátil, ya que en el proceso de obtención de productos secundarios como, generación de curvas de nivel con el uso del programa CIVIL 3D podemos obtener curvas de nivel a diferentes alturas, en el caso de proyectos

viales se recomienda curvas de nivel cada metro, de la misma manera se puede obtener perfiles longitudinales, secciones transversales, que son necesarios para los proyectos viales. A esto poder adherir que la ortofotografía nos da información real de todo el terreno, teniendo una mayor cantidad de información de como se encuentra la superficie y datos adicionales que se requiera.

Sanchez (2017), en su tesis *Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza San Luis-2017*, nos indica que El grado de confiabilidad de un Levantamiento Topográfico con dron, depende de sus dimensiones que son la precisión y exactitud, ya que con ello se puede conocer si los datos obtenidos son confiables o no. Al tener una buena precisión y exactitud, se concluye que el levantamiento topográfico con dron es confiable. En la investigación realizada también determinamos que la precisión y exactitud obtenida en los resultados de las cotas a 40 metros de vuelos, 50 metros de vuelos y 60 metros de vuelo no presenta mucha dispersión, esto nos asegura que la altimetría obtenida puede ser utilizada para la obtención de plano de curvas de nivel cada 2 metros, en donde se desarrolla el diseño de los proyectos viales. También podemos indicar que si bien es cierto nos sirve para poder realizar trazo de eje de vía, perfil longitudinal, secciones transversales y el movimiento de tierras, no se podría utilizar para realizar el replanteo de la misma.

Según el antecedente *Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado (2015)*, nos

sugiere como una alternativa el uso de los drones por la rapidez, precisión y el bajo costo que supone. También la investigación realizada aprueba que los datos determinados mediante el levantamiento fotogramétrico con el uso de drones se obtuvieron adecuadamente, en un tiempo breve, siendo estos datos fiables. El tiempo tomado para realizar el levantamiento fotogramétrico con drones del tramo elegido, tardo entre 10 minutos a 60 metros, 12 minutos a 50 metros a 15 minutos a 40 metros, como máximo, con los parámetros ya seleccionados inicialmente en la aplicación PIX4D Capture.



## CONCLUSIONES

Las conclusiones que se arribó en la presente tesis son:

- Al formularse la hipótesis nula, desde la hipótesis general se ha aceptado. Ya que el método analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones es el adecuado para un mejor estudio de las obras viales.
- La planificación de vuelo y las características de vuelo sobre el terreno, son procesos que se realizan en el campo siendo muy importante los datos que se recogen para obtener buenos resultados y mejores estudios de obras viales.
- El procedimiento de descarga y post proceso; y los diseños de los productos secundarios son procesos que se realizaron en gabinete, utilizando los programas Agisoft PhotoScan Professional y Civil 3D, con los cuales se obtuvo buenos resultados.
- La planificación de vuelo y las características de vuelo sobre el terreno, el procedimiento de descarga y post proceso; y los diseños de los productos secundarios han sido corroborados en la presente tesis al ser comparados con los antecedentes de los trabajos realizados anteriormente.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar los drones para los levantamientos fotogramétricos en obras viales, ya que la obtención de datos será fiable y en un breve tiempo. Los datos obtenidos nos darán como resultado un mejor análisis altimétrico y planimétrico, así como también la obtención de los productos secundarios como plano de planta, curvas de nivel a las alturas requeridas por el proyectista, perfil longitudinal, secciones transversales y la obtención de movimiento de tierras.
- Se recomienda que la planificación de vuelo tendrá que realizarse in situ, para tener una mejor perspectiva de en donde se va a realizar el levantamiento fotogramétrico con drones, así mismo la ubicación de los puntos de control terrestres georreferenciados, para la obtención de un mejor estudio de obras viales.
- Para la aplicación del vuelo sobre el terreno se recomienda utilizar aplicativos que sean compatibles con el dron, ya que durante el proceso de vuelo no exista algún riesgo de que el equipo quede sin señal del control remoto.
- Se recomienda utilizar computadoras que tengan características de hardware y software para el procesamiento de datos del post proceso y la obtención de productos secundarios, tomando en consideración que la digitalización de las fotografías utiliza bastantes recursos del procesador, la memoria RAM, del disco duro y la tarjeta de video.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Carretero (2015)**, *Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado*, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid – España

**Claros, Guevara y Pacas (2016)**, *Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados, la cual se desarrollo para optar el titulo de ingeniero civil, en la universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental, departamento de Ingeniería y Arquitectura, el salvador*

**Morales y Peña (2010)** *La fotogrametría aplicada al catastro*, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura – unidad Zacatenco – México

**Quispe (2014)**, *Propuesta metodológica para la generación de ortofotomapas desde imágenes aéreas obtenidas con microdron – multirotor, área de estudio: playas distrito de Barranco, Lima-Perú*

**Sanchez (2017)**, *Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza San Luis-2017,*

**Tacca (2015)** *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional*”,  
Puno – Perú

## **ANEXOS**

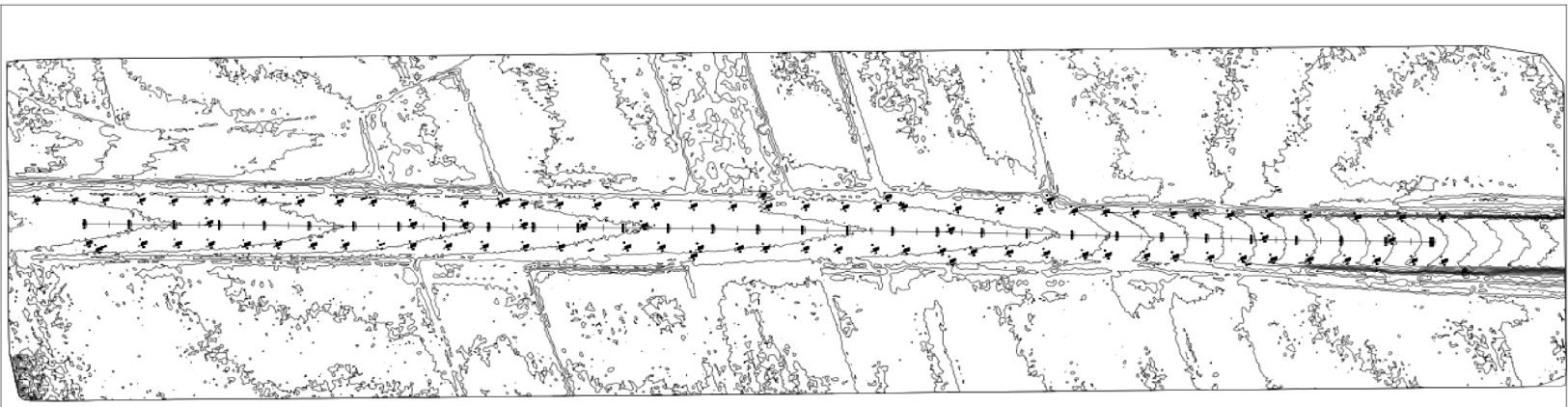
- Matriz de consistencia – operacionalización de variables
- Planos de planta y perfil longitudinal
- Informe de levantamientos del programa Photostudio

**ANEXO N° 01**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

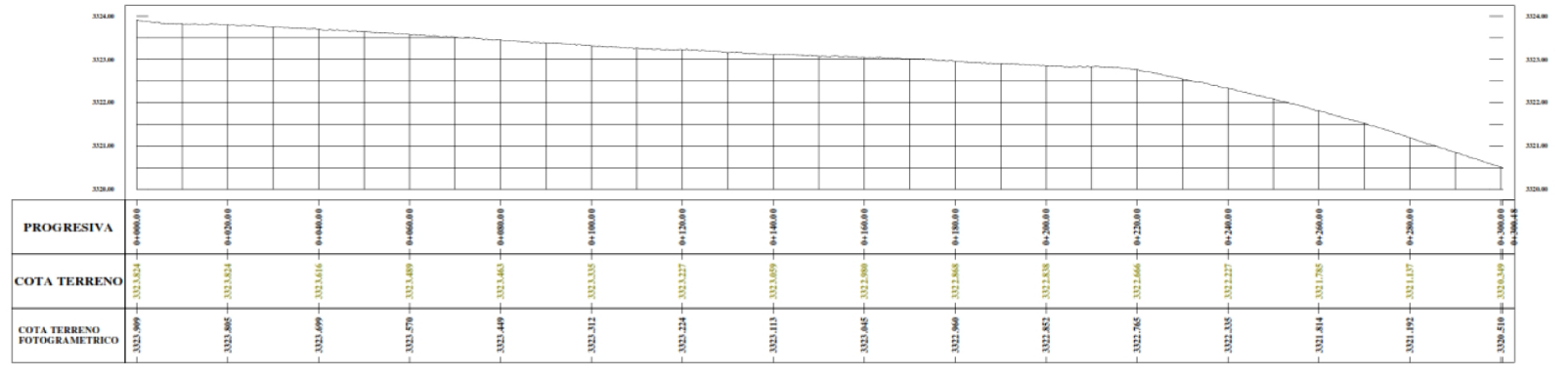
**MODELO ANALÍTICO DE LOS PARÁMETROS PARA LA FOTOGRAMETRÍA CON DRONES EN OBRAS VIALES**

<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>MARCO TEORICO</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>VARIABLE Y DIMENSIONES</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<p>• ¿Cómo determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales?</p>	<p>•Determinar el modelo analítico de los parámetros conociendo la altimetría, con la fotogrametría con drones en obras viales.</p>	<p><b>1. ANTECEDENTES</b>  <b>A NIVEL NACIONAL:</b>  <b>Tacca (2015)</b> en su investigación titulada Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional”, para optar el título profesional de Ingeniero Topógrafo y Agrimensor en la Universidad Nacional Del Altiplano Puno – Perú  <b>Quispe (2014)</b>, en la tesis realizada Propuesta metodológica para la generación de ortofotomapas desde imágenes aéreas obtenidas con microdron – multirotor, área de estudio: playas distrito de Barranco, Lima-Perú  <b>Sanchez (2017)</b>, en su trabajo de investigación titulado determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza San Luis-2017, la cual se realizo para optar el título de ingeniero civil, en la universidad Cesar Vallejo, facultad de ingeniería, escuela académico profesional de ingeniería civil, Lima – Perú  <b>Claros, Guevara y Pacas (2016)</b>, en la tesis realizada aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados, la cual se desarrollo para optar el título de ingeniero civil, en la universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental, departamento de Ingeniería y Arquitectura, el salvador  <b>Morales y Peña (2010)</b> en la investigación realizada sobre la fotogrametría aplicada al catastro, la cual se realizó para obtener el título de Ingeniero Civil, en el Instituto Politécnico Nacional – Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura – unidad Zacatenco – México  <b>Carretero (2015)</b>, en la investigación planteada sobre Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado, Para optar el título en Ingeniería de La Energía, en la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid – España</p>	<p>-H1: el cálculo de la altimetría permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales</p> <p>-H0: el cálculo de la altimetría no permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales</p>	<p><b>VARIABLE 1</b>  Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría  <b>VARIABLE 2</b>  Drones en obras viales  <b>DIMENSIONES:</b>  - Altimetría a 40 metros  - Altimetría a 50 metros  - Altimetría a 60 metros</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b>  Aplicado</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b>  Explicativo.</p> <p><b>Tipo de Diseño:</b>  Explicativo</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b>  Experimental – experimental</p> <p><b>Población</b>  Carretera Chupaca – Huamancaca, del distrito de Huamancaca, provincia de Chupaca, Región Junín.  <b>Muestra:</b>  Tramo del KM 2+000 hasta el KM 2+300</p> <p><b>Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos:</b>  Fotografías con dron.</p> <p><b>Técnicas Estadísticas de Análisis y Procesamiento de Datos:</b>  Software</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>- ¿Cómo será la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 40 metros de altura de vuelo?</p> <p>- ¿Cómo será la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 50 metros de altura de vuelo?</p> <p>- ¿Cómo será la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 60 metros de altura de vuelo?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>-Determinar la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 40 metros de altura de vuelo.</p> <p>-Determinar la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 50 metros de altura de vuelo.</p> <p>-Determinar la altimetría con la fotogrametría con drones en obras viales a 60 metros de altura de vuelo.</p>		<p><b>HIPOTESIS ESPECÍFICOS</b></p> <p>- El cálculo de la altimetría a una altura de vuelo de 40 metros, permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales.</p> <p>- El cálculo de la altimetría a una altura de vuelo de 50 metros, permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales.</p> <p>- El cálculo de la altimetría a una altura de vuelo de 60 metros, permite determinar el modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales</p>		



PLANTA TOPOGRÁFICA ESC 1/500

PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DE LA VÍA (FOTOGRAMETRÍA 40 M.)



ESTACION	COTA TERRENO	COTA FOTOGRAMETRICA	ALTIMETRIA
0+000.00	3523.824	3523.809	0.015
0+020.00	3523.824	3523.805	0.019
0+040.00	3523.616	3523.699	0.017
0+060.00	3523.489	3523.576	0.013
0+080.00	3523.463	3523.449	0.014
0+100.00	3523.335	3523.312	0.023
0+120.00	3523.227	3523.224	0.003
0+140.00	3523.079	3523.113	0.038
0+160.00	3522.900	3522.945	0.045
0+180.00	3522.868	3522.906	0.032
0+200.00	3522.835	3522.852	0.017
0+220.00	3522.666	3522.746	0.082
0+240.00	3522.227	3522.435	0.208
0+260.00	3521.785	3521.814	0.029
0+280.00	3521.137	3521.192	0.055
0+300.00	3520.519	3520.510	0.009

ESTACION	COTA TERRENO	COTA FOTOGRAMETRICA	ALTIMETRIA
0+000.00	3523.824	3523.809	0.015
0+020.00	3523.824	3523.805	0.019
0+040.00	3523.616	3523.699	0.017
0+060.00	3523.489	3523.576	0.013
0+080.00	3523.463	3523.449	0.014
0+100.00	3523.335	3523.312	0.023
0+120.00	3523.227	3523.224	0.003
0+140.00	3523.079	3523.113	0.038
0+160.00	3522.900	3522.945	0.045
0+180.00	3522.868	3522.906	0.032
0+200.00	3522.835	3522.852	0.017
0+220.00	3522.666	3522.746	0.082
0+240.00	3522.227	3522.435	0.208
0+260.00	3521.785	3521.814	0.029
0+280.00	3521.137	3521.192	0.055
0+300.00	3520.519	3520.510	0.009

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE POSGRADO  
 MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
 MODELO ANALÍTICO DE LOS PARÁMETROS PARA LA  
 FOTOGRAMETRÍA CON DRONES EN OBRAS VIALES

TÍTULO DEL PLANO  
 PLANO FOTOGRAMÉTRICO A 40 METROS CON DRONES

DEBILADO POR: R.R.P.L.    REVISADO POR: T.M.C.    APROBADO POR: T.M.C.    FECHA: 05/10/2018

PRESENTADO POR:  
 BACH. REGNER RAUL PARRA LAVADO  
 PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
 MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL  
 MENCIÓN: INGENIERÍA DE TRANSPORTES  
 HUANCAYO - PERU  
 2018

PROJECT NO: 01    SCALE: 1:500    SHEET SIZE: A1  
 DRAWING NO: 01    SHEET NO: 0 OF 0  
 REVISION: 01  
 UNIT: METRO

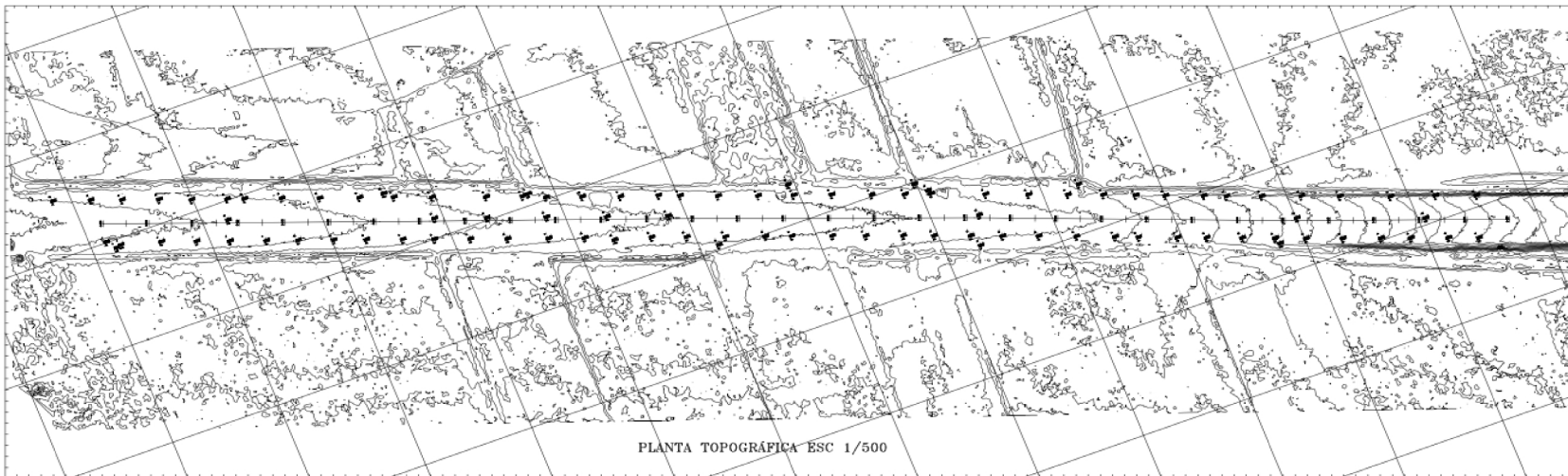
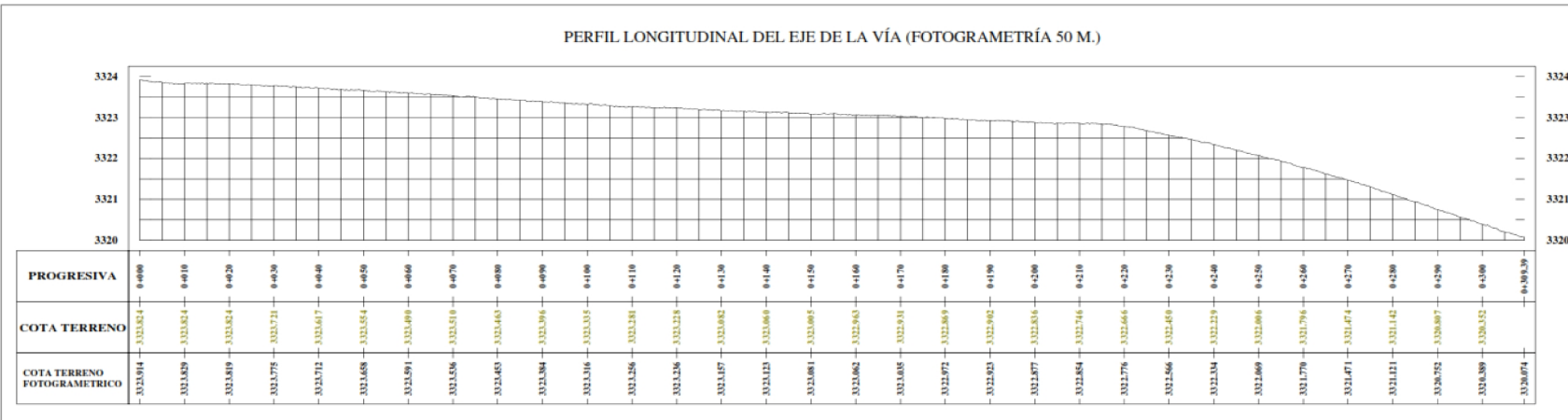


TABLA DE FU	
NRO DE PUNTO	COORDENADAS NORTE
1	8665277.45
3	8665297.78
4	8665299.90
5	8665298.11
6	8665295.62
7	8665292.93
8	8665290.36
9	8665287.55
10	8665285.14
11	8665282.40
12	8665279.89
13	8665277.12
14	8665274.64
15	8665271.90
16	8665268.38
17	8665265.86
18	8665263.10
19	8665260.28
20	8665257.96
21	8665255.28
22	8665252.25
23	8665249.16
24	8665250.96
25	8665247.16
26	8665244.05
27	8665241.41
28	8665238.52
29	8665236.02
30	8665233.14
31	8665230.15
32	8665230.55
33	8665227.67
34	8665224.66
35	8665221.50
36	8665219.60
37	8665216.44
38	8665214.11
39	8665211.26
40	8665208.60



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE POSGRADO  
 MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL



TEMA:  
 MÓDELO ANALÍTICO DE LOS PARÁMETROS PARA LA FOTOGAMETRÍA CON DRONES EN OBRAS VIALES

TÍTULO DEL PLANO  
 PLANO FOTOGAMÉTRICO A 50 METROS CON DRONES

ELABORADO POR:  
 R.R.P.L

REVISADO POR:  
 T.M.C

APROBADO POR:  
 T.M.C

FECHA  
 05/10/2018

PRESENTADO POR:  
 BACH. REGNER RAUL PARRA LAVADO  
 PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL  
 MENCIÓN: INGENIERÍA DE TRANSPORTES HUANCAYO - PERÚ  
 2018

PROJECT NO: 01	SCALE: 1:500	SHEET SIZE: A1
DRAWING NO: 02	SHEET NO: 0 OF 0	
REVISION: 01		
UNIT: METRO		



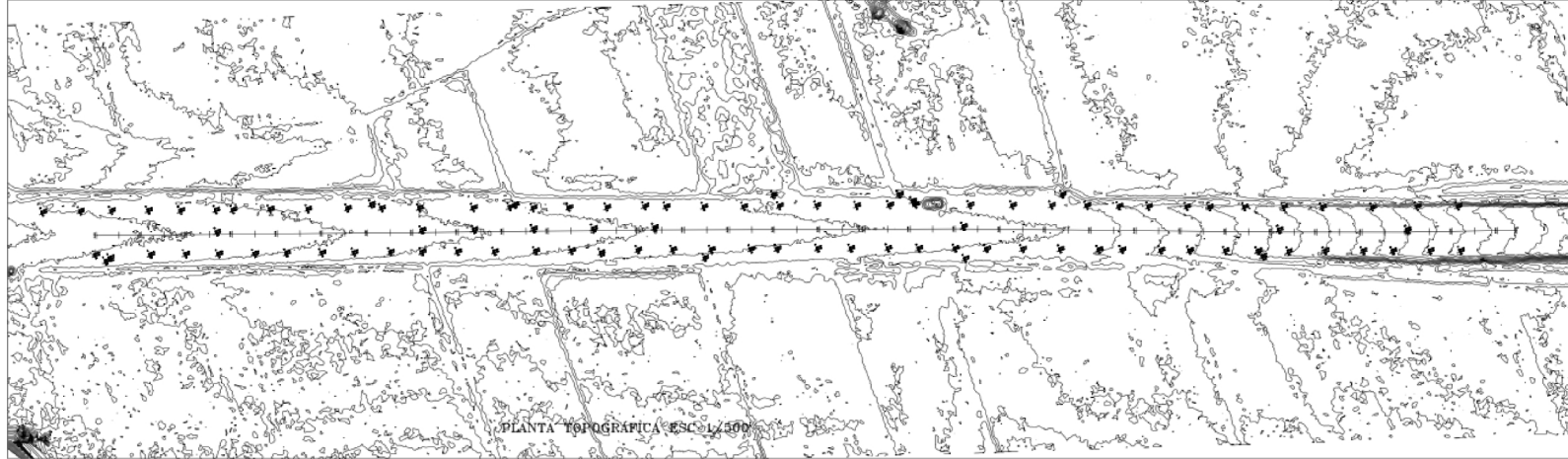
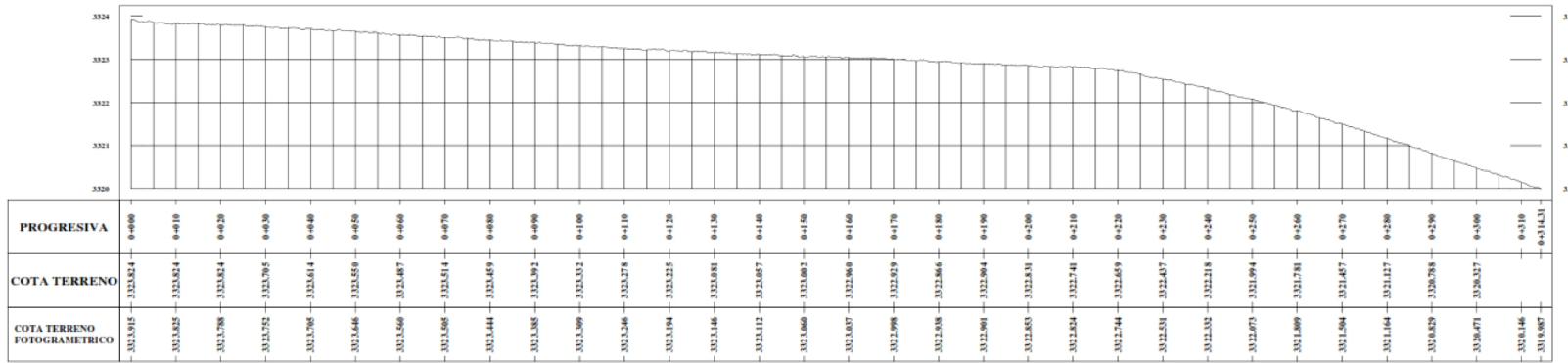


Tabla de coordenadas de los alineamientos de la vía

ESTACION	COORDENADA X	COORDENADA Y	COORDENADA Z
0+000	3321915	3321824	0+000
0+010	3321845	3321824	0+010
0+020	3321788	3321824	0+020
0+030	3321752	3321795	0+030
0+040	3321705	3321614	0+040
0+050	3321646	3321550	0+050
0+060	3321596	3321487	0+060
0+070	3321535	3321514	0+070
0+080	3321444	3321459	0+080
0+090	3321385	3321392	0+090
0+100	3321309	3321331	0+100
0+110	3321246	3321278	0+110
0+120	3321194	3321225	0+120
0+130	3321146	3321168	0+130
0+140	3321112	3321167	0+140
0+150	3321060	3321062	0+150
0+160	3321007	3321060	0+160
0+170	3321098	3321053	0+170
0+180	3321008	3321066	0+180
0+190	3321201	3321094	0+190
0+200	3321265	3321231	0+200
0+210	3321284	3321246	0+210
0+220	3321244	3321269	0+220
0+230	3321251	3321257	0+230
0+240	3321232	3321218	0+240
0+250	3321273	3321094	0+250
0+260	3321209	3321278	0+260
0+270	3321504	3321487	0+270
0+280	3321164	3321127	0+280
0+290	3321629	3320828	0+290
0+300	3321647	3320827	0+300
0+310	3321646		0+310
0+314.31	3319807		0+314.31

PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE DE LA VÍA (FOTOGRAMETRÍA 60 M.)



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE POSGRADO  
 MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
 MODELO ANALÍTICO DE LOS PARÁMETROS PARA LA  
 FOTOGRAMETRÍA CON DRONES EN OBRAS VIALES

TÍTULO DEL PLANO  
 PLANO FOTOGRAMÉTRICO A 60 METROS CON DRONES

ELABORADO POR:  
 R.R.P.L

REVISADO POR:  
 T.M.C

APROBADO POR:  
 T.M.C

FECHA  
 05/10/2018

PRESENTADO POR:  
 BACH. REGNER RAUL PARRA LAVADO  
 PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
 MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL  
 MENCIÓN: INGENIERÍA DE TRANSPORTES  
 HUANCAYO - PERU  
 2018

PROJECT NO:  
 01

SCALE:  
 1:500

DRAWING NO:  
 01

REVISION:  
 01

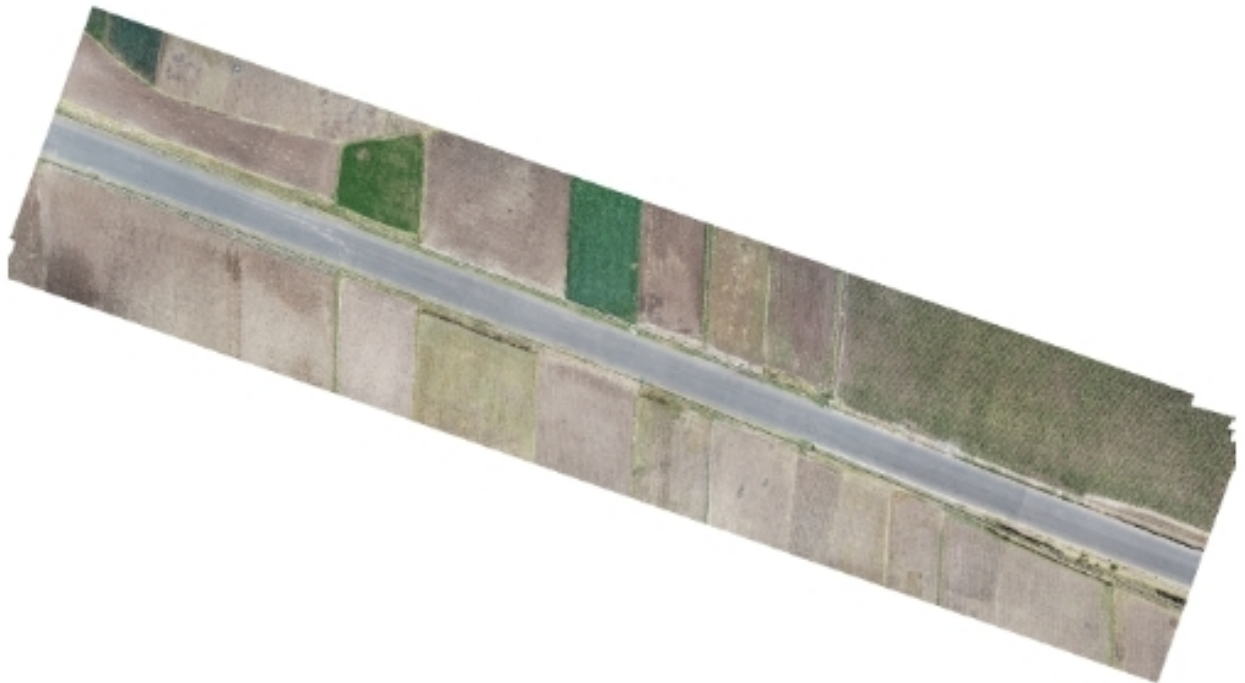
SHEET NO:  
 0 OF 0

SHEET SIZE:  
 A1

UNIT:  
 METRO

# **INFORME CARRETERA CHUPACA HUAMANACACA A 40 M.**

Informe de procesamiento  
23 septiembre 2018



# Datos del levantamiento

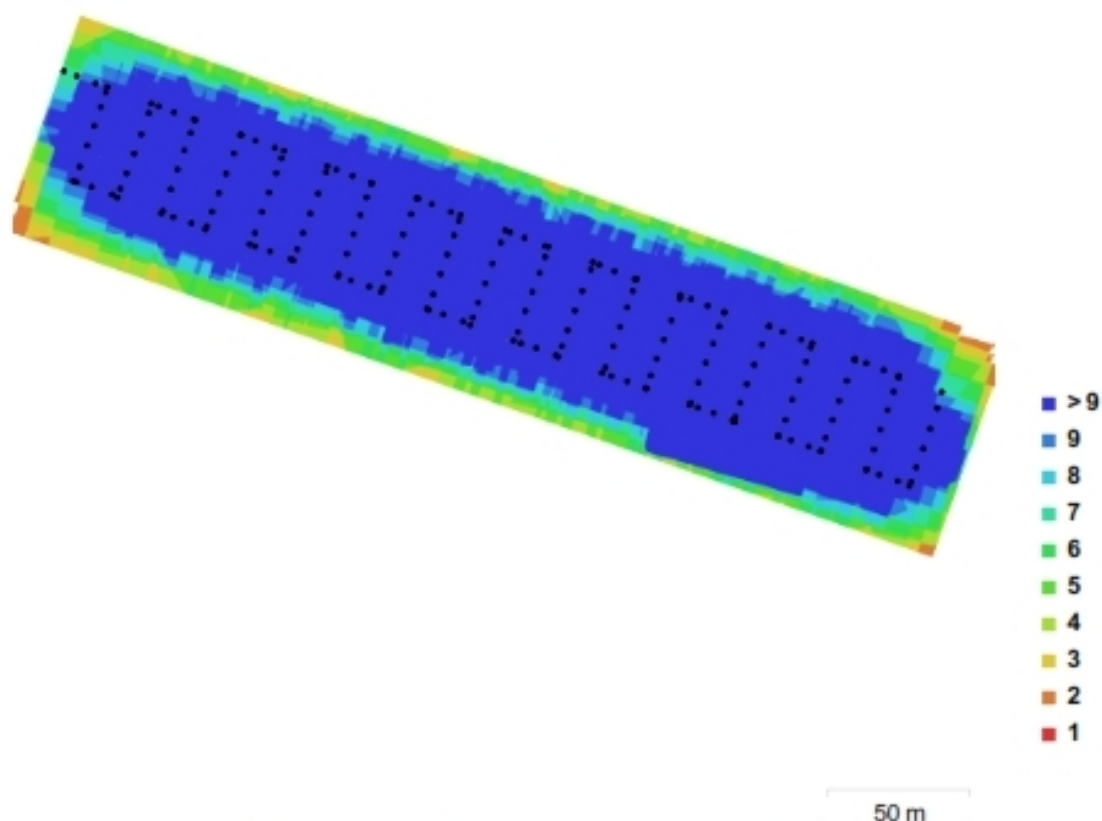


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 206

Altitud media de vuelo: 41.2 m

Resolución en terreno: 1.04 cm/pix

Superficie cubierta: 0.0278 km<sup>2</sup>

Posiciones de cámara: 206

Puntos de enlace: 110,266

Proyecciones: 704,260

Error de reproyección: 1.1 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8 mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 1. Cámaras utilizadas.

## Calibración de cámara/s

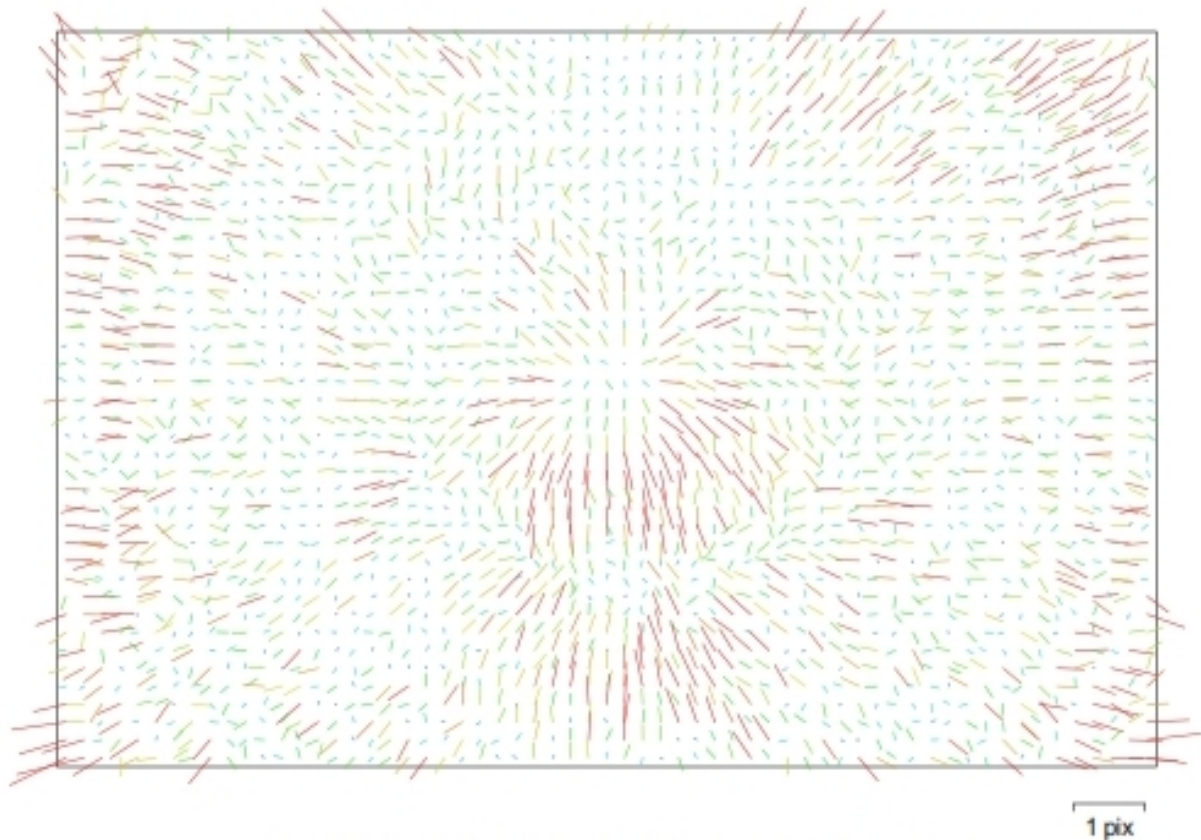


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC6310 (8.8 mm).

### FC6310 (8.8 mm)

206 imágenes

Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
<b>5472 x 3648</b>	<b>8.8 mm</b>	<b>2.41 x 2.41 micras</b>	<b>No</b>
Tipo:	Cuadro	F:	3579.01
Cx:	12.1289	B1:	-0.104521
Cy:	-12.4875	B2:	-0.138681
K1:	0.00713714	P1:	0.00136527
K2:	-0.00952354	P2:	-0.00158211
K3:	0.00840461	P3:	0
K4:	0	P4:	0



# Puntos de control terrestres



Fig. 3. Posiciones de puntos de apoyo.

Nombre	XY error (m)	Error en Z(m)	Error (m)	Proyecciones	Error (pix)
19	0.0141025	-0.000375208	0.0141075	22	0.146
41	0.0196251	-0.000967635	0.0196489	35	0.075
5	0.00807082	0.000843389	0.00811476	16	0.137
64	0.0423825	0.00207892	0.0424335	26	0.125
82	0.0195166	-0.00159611	0.0195817	20	0.101
<b>RMS</b>	<b>0.0237753</b>	<b>0.00131589</b>	<b>0.0238117</b>		<b>0.115</b>

Tabla 2. Puntos de apoyo.

# Modelo digital de elevaciones

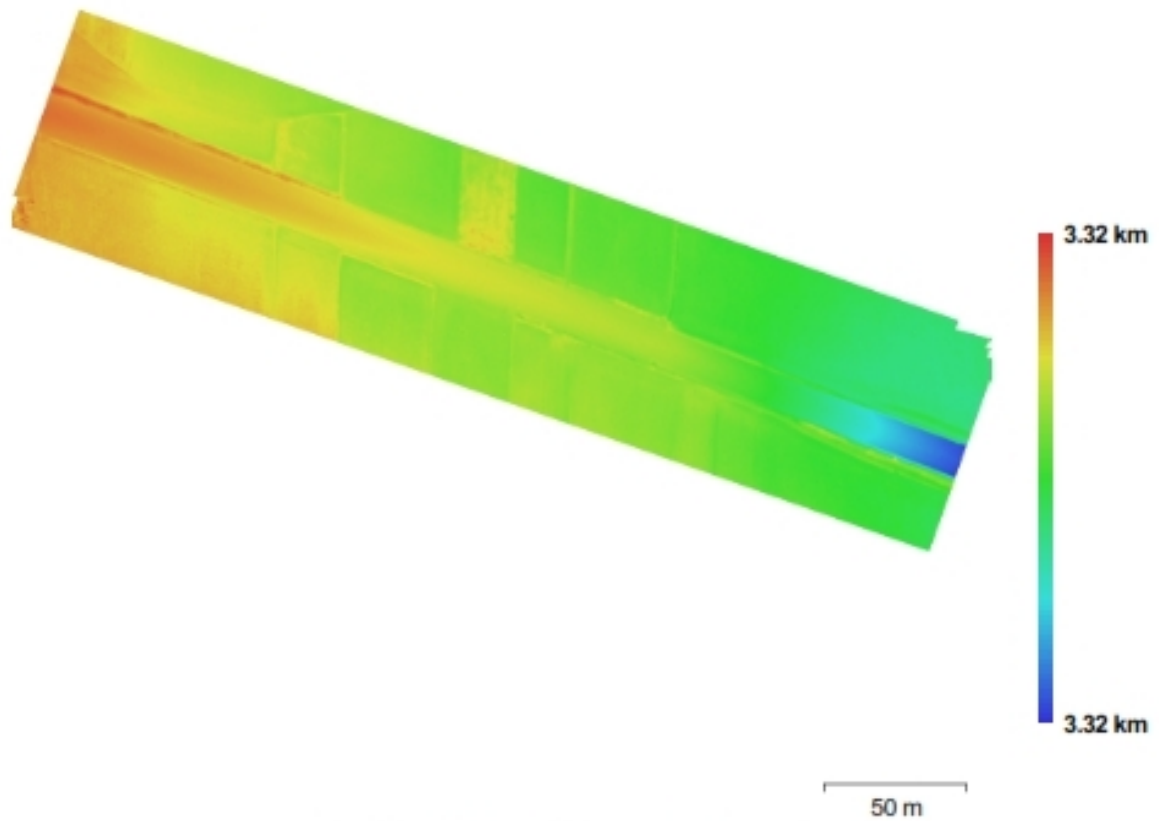


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: desconocido

Densidad de puntos: desconocido

# Parámetros de procesamiento

## Generales

Cámaras	206
Cámaras orientadas	206
Marcadores	5
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG.:32718)

## Nube de puntos

Puntos	110,266 de 124,274
RMS error de reproyección	0.153388 (1.09957 pix)
Error de reproyección máximo	0.621951 (28.572 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	6.46189 pix
Superposición efectiva	7.13033

## Parámetros de orientación

Precisión	Media
Pre-procesar emparejamiento de imágenes	Referencia
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de enlace por foto	4,000
Restricción de máscara activa	No
Tiempo búsqueda de puntos homólogos	30 minutos 12 segundos
Tiempo de orientación	4 minutos 14 segundos

## Parámetros de optimización

Parámetros	f, b1, b2, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Tiempo de optimización	13 segundos

## Nube de puntos densa

Puntos	4,647,056
--------	-----------

## Parámetros de reconstrucción

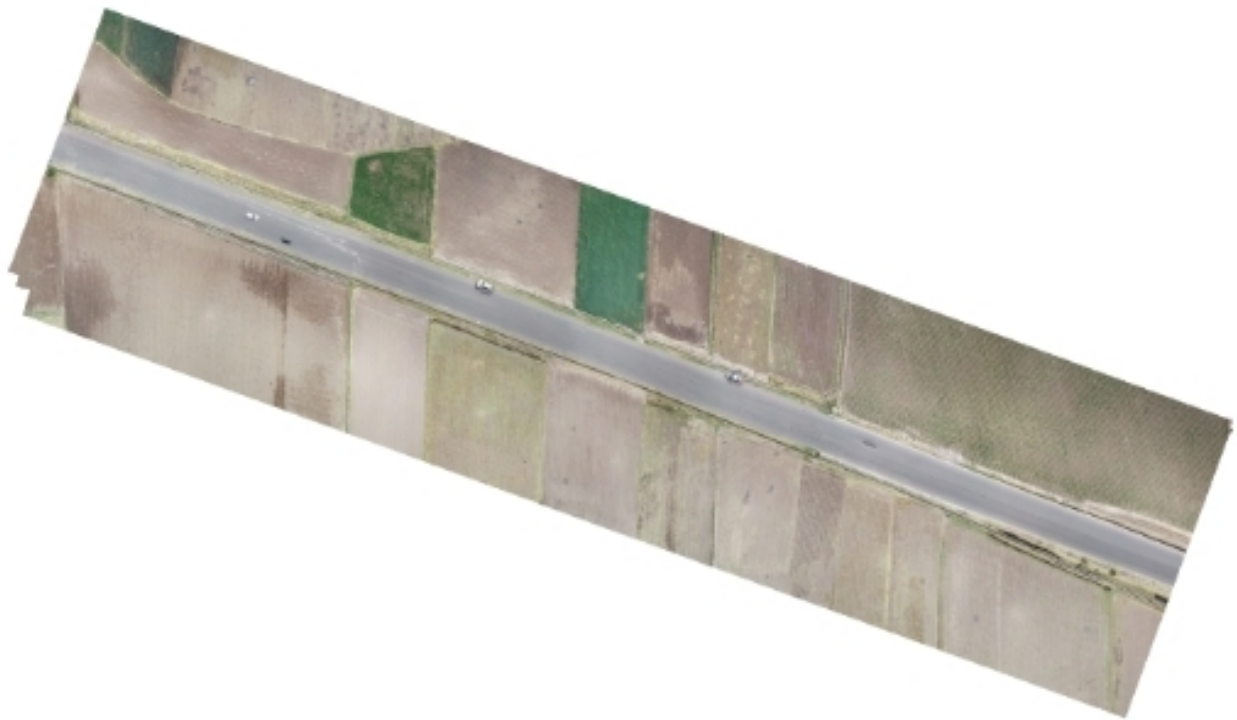
Calidad	Baja
Filtrado de profundidad	Agresivo
Duración del procesamiento	7 minutos 6 segundos

## Software

Versión	1.2.5 build 2614
Plataforma	Windows 64 bit

# **INFORME CARRETERA CHUPACA HUAMANACACA A 50 M.**

Informe de procesamiento  
24 septiembre 2018





# Datos del levantamiento

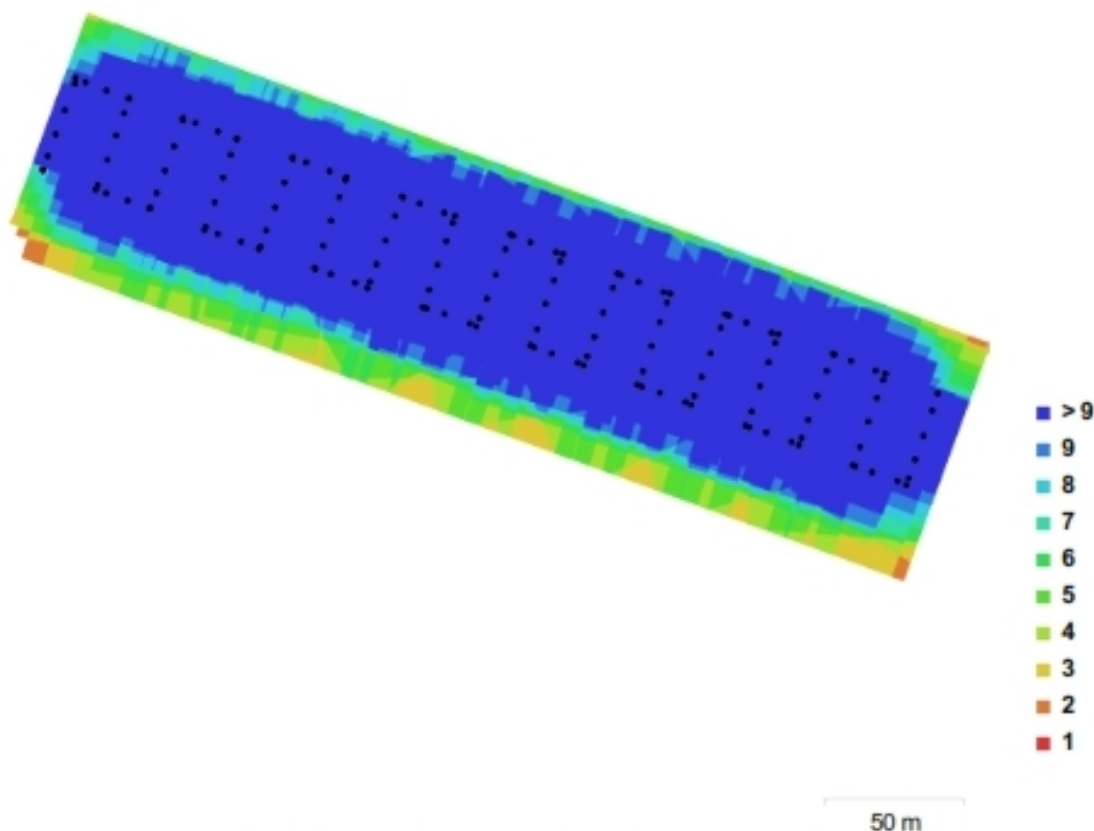


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes:	150	Posiciones de cámara:	150
Altitud media de vuelo:	55 m	Puntos de enlace:	81,950
Resolución en terreno:	1.3 cm/pix	Proyecciones:	517,536
Superficie cubierta:	0.0313 km <sup>2</sup>	Error de reproyección:	1.07 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8 mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 1. Cámaras utilizadas.

# Calibración de cámara/s

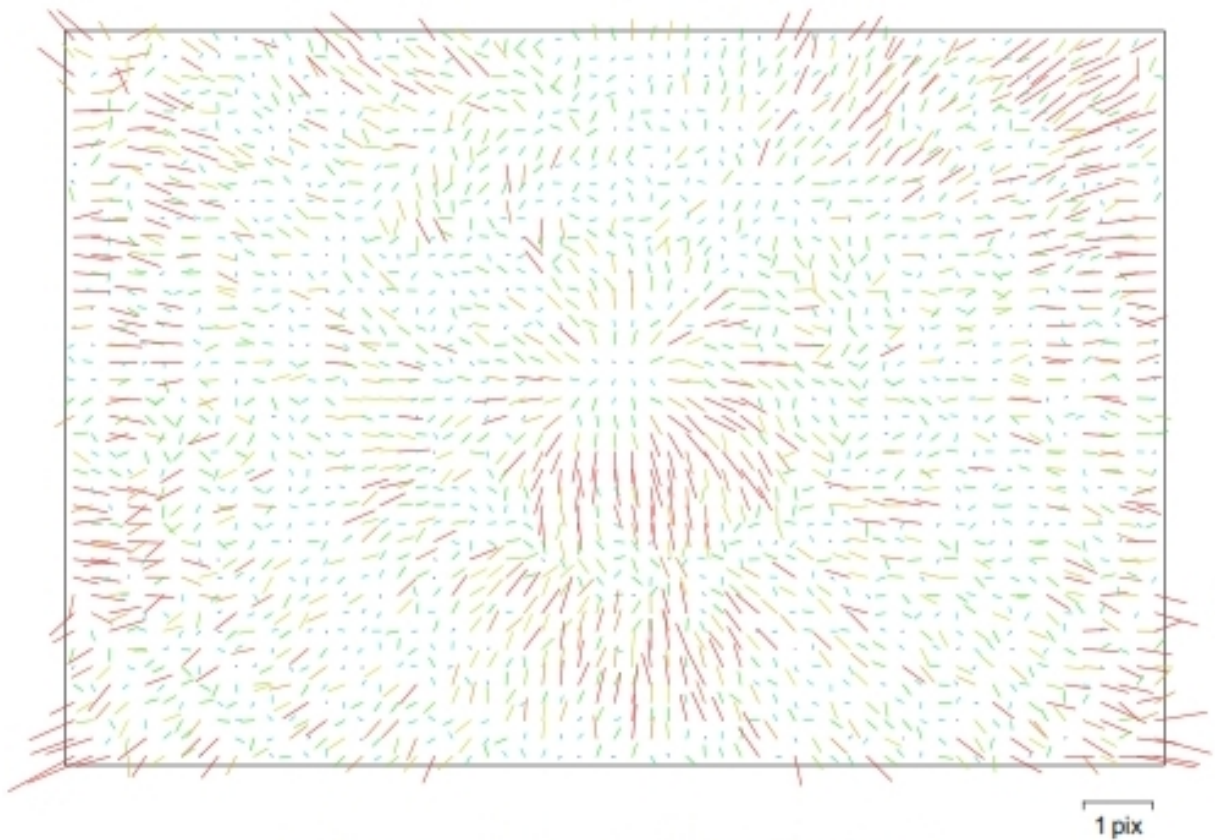


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC6310 (8.8 mm).

## FC6310 (8.8 mm)

150 imágenes

Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
<b>5472 x 3648</b>	<b>8.8 mm</b>	<b>2.41 x 2.41 micras</b>	<b>No</b>
Tipo:	Cuadro	F:	3868.73
Cx:	0	B1:	0.108416
Cy:	0	B2:	0.283456
K1:	0.00944539	P1:	0.00149142
K2:	-0.0152581	P2:	-0.00168087
K3:	0.0156695	P3:	0
K4:	0	P4:	0

# Puntos de control terrestres

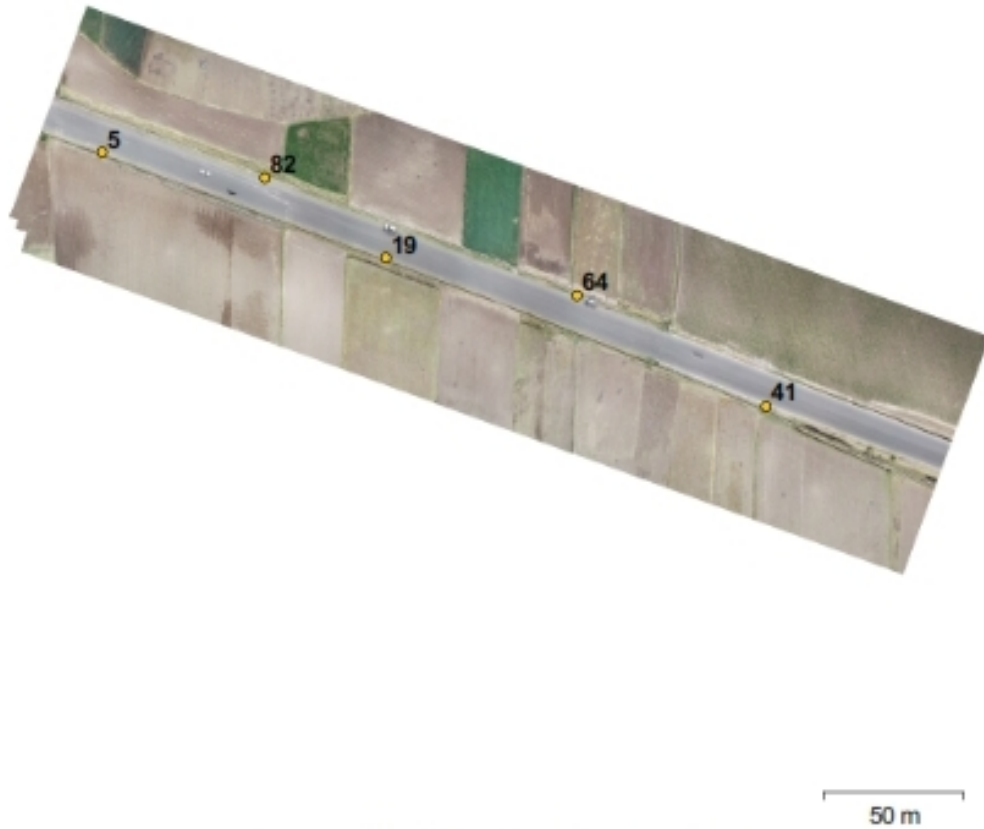


Fig. 3. Posiciones de puntos de apoyo.

Nombre	XY error (m)	Error en Z(m)	Error (m)	Proyecciones	Error (pix)
19	0.0178433	-0.000986539	0.0178705	23	0.161
41	0.0193796	-0.00322547	0.0196461	26	0.110
5	0.00794595	0.00389534	0.0088494	24	0.090
64	0.0433092	0.00749806	0.0439535	29	0.137
82	0.0188479	-0.00723414	0.0201885	24	0.127
<b>RMS</b>	<b>0.0244459</b>	<b>0.00519816</b>	<b>0.0249925</b>		<b>0.127</b>

Tabla 2. Puntos de apoyo.

# Modelo digital de elevaciones

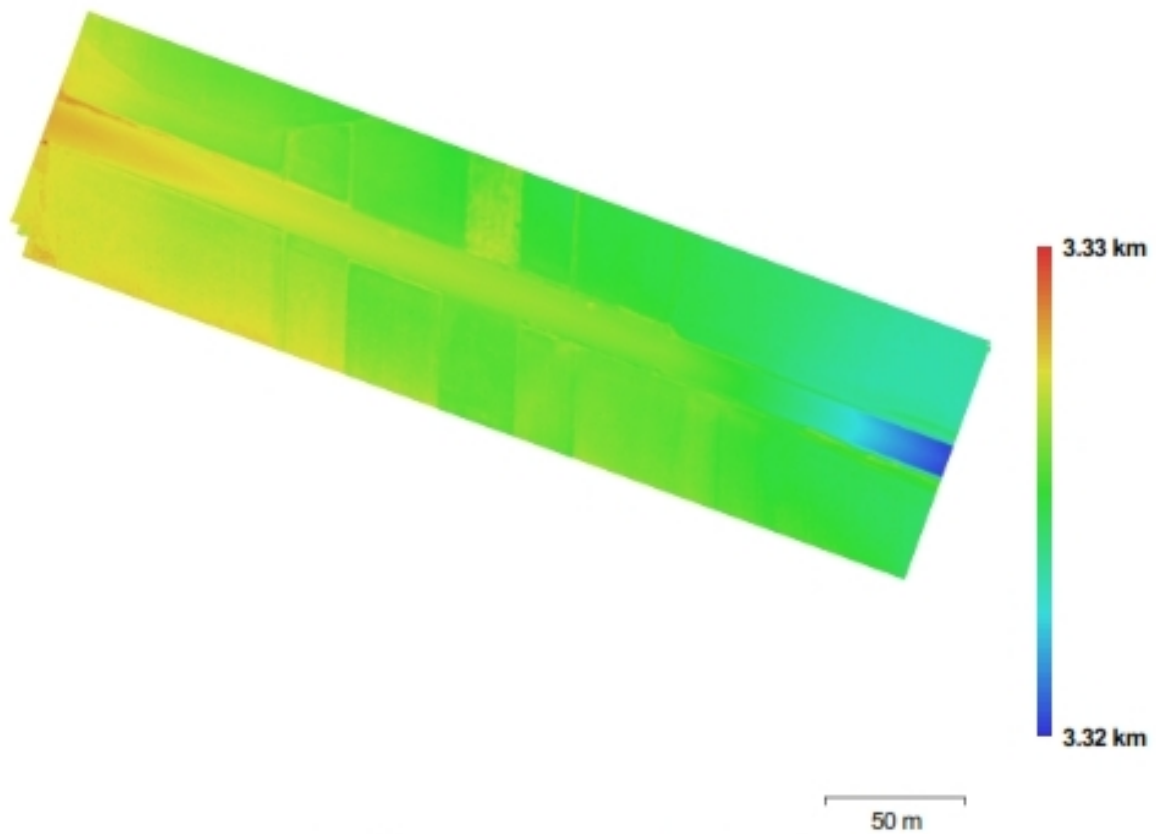


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 10.4 cm/pix

Densidad de puntos: 92.5321 puntos por metro cuadrado

# Parámetros de procesamiento

## Generales

Cámaras	150
Cámaras orientadas	150
Marcadores	5
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG::32718)

## Nube de puntos

Puntos	81,950 de 91,902
RMS error de reproyección	0.158 (1.06641 pix)
Error de reproyección máximo	0.660922 (27.1853 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	6.17999 pix
Superposición efectiva	6.96436

## Parámetros de orientación

Precisión	Media
Pre-procesar emparejamiento de imágenes	Referencia
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de enlace por foto	4,000
Restricción de máscara activa	No
Tiempo búsqueda de puntos homólogos	18 minutos 42 segundos
Tiempo de orientación	3 minutos 21 segundos

## Parámetros de optimización

Parámetros	f, b1, b2, k1-k3, p1, p2
Tiempo de optimización	12 segundos

## Nube de puntos densa

Puntos	3,341,401
--------	-----------

## Parámetros de reconstrucción

Calidad	Baja
Filtrado de profundidad	Agresivo
Duración del procesamiento	3 minutos 59 segundos

## Modelo

Caras	221,614
Vértices	111,149

## Parámetros de reconstrucción

Tipo de superficie	Bajorelieve / terreno
Datos fuente	Densa
Interpolación	Habilitada
Calidad	Baja
Filtrado de profundidad	Agresivo
Número de caras	222,497
Duración del procesamiento	4 segundos

## DEM

Tamaño	3,434 x 1,994
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG::32718)

## Parámetros de reconstrucción

Datos fuente	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Duración del procesamiento	14 segundos

## Ortomosaico

Tamaño	27,025 x 15,687
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG::32718)
Canales	3, uint8
Modo de mezcla	Mosaico

## Parámetros de reconstrucción

Superficie	Malla
Permitir la corrección de color	No
Duración del procesamiento	6 minutos 52 segundos

## Software

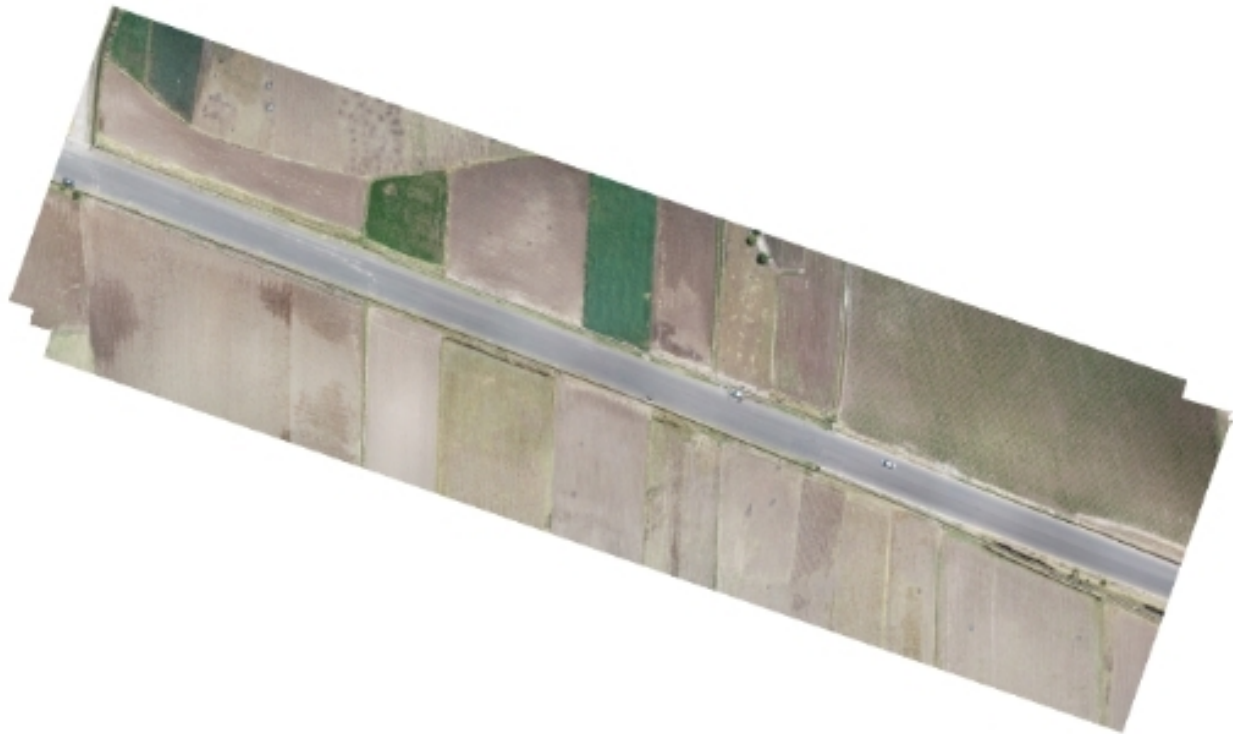
Versión  
Plataforma

1.2.5 build 2614  
Windows 64 bit



# **INFORME CARRETERA CHUPACA HUAMANACACA A 60 M.**

Informe de procesamiento  
25 septiembre 2018



# Datos del levantamiento

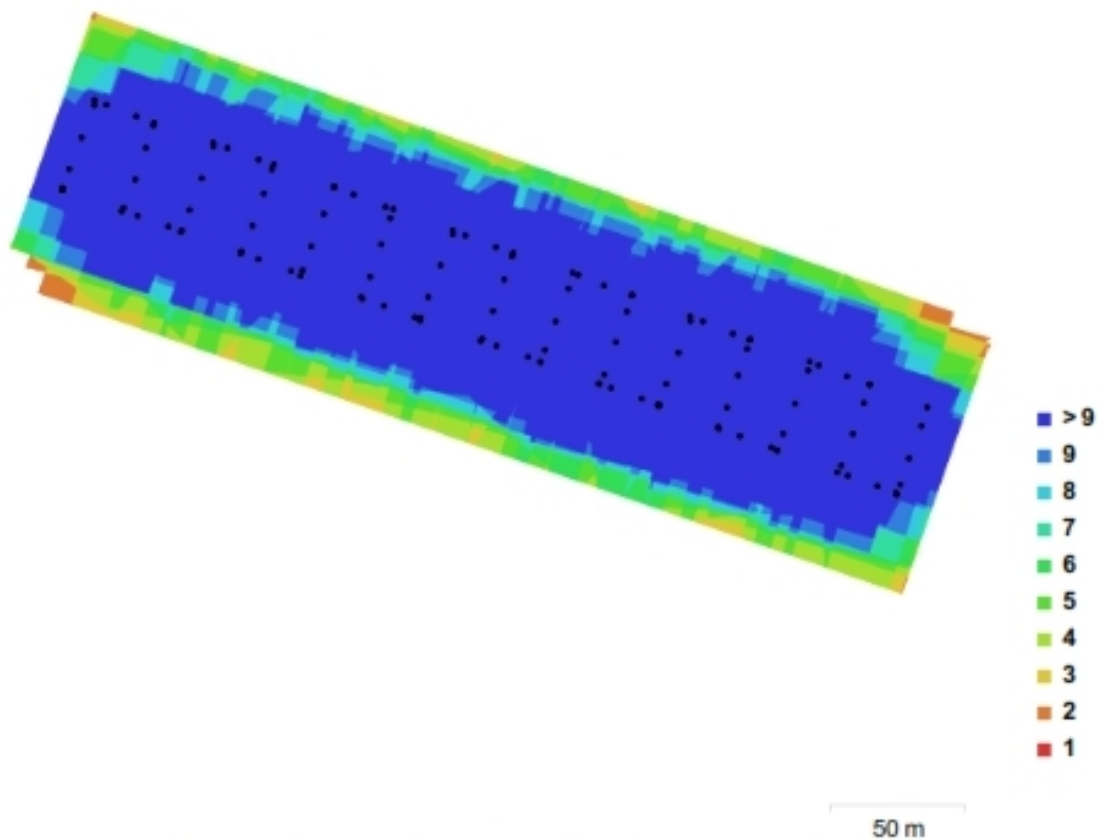


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 124	Posiciones de cámara: 124
Altitud media de vuelo: 63.2 m	Puntos de enlace: 59,929
Resolución en terreno: 1.56 cm/pix	Proyecciones: 421,544
Superficie cubierta: 0.037 km <sup>2</sup>	Error de reproyección: 1.02 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8 mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 1. Cámaras utilizadas.



# Calibración de cámara/s

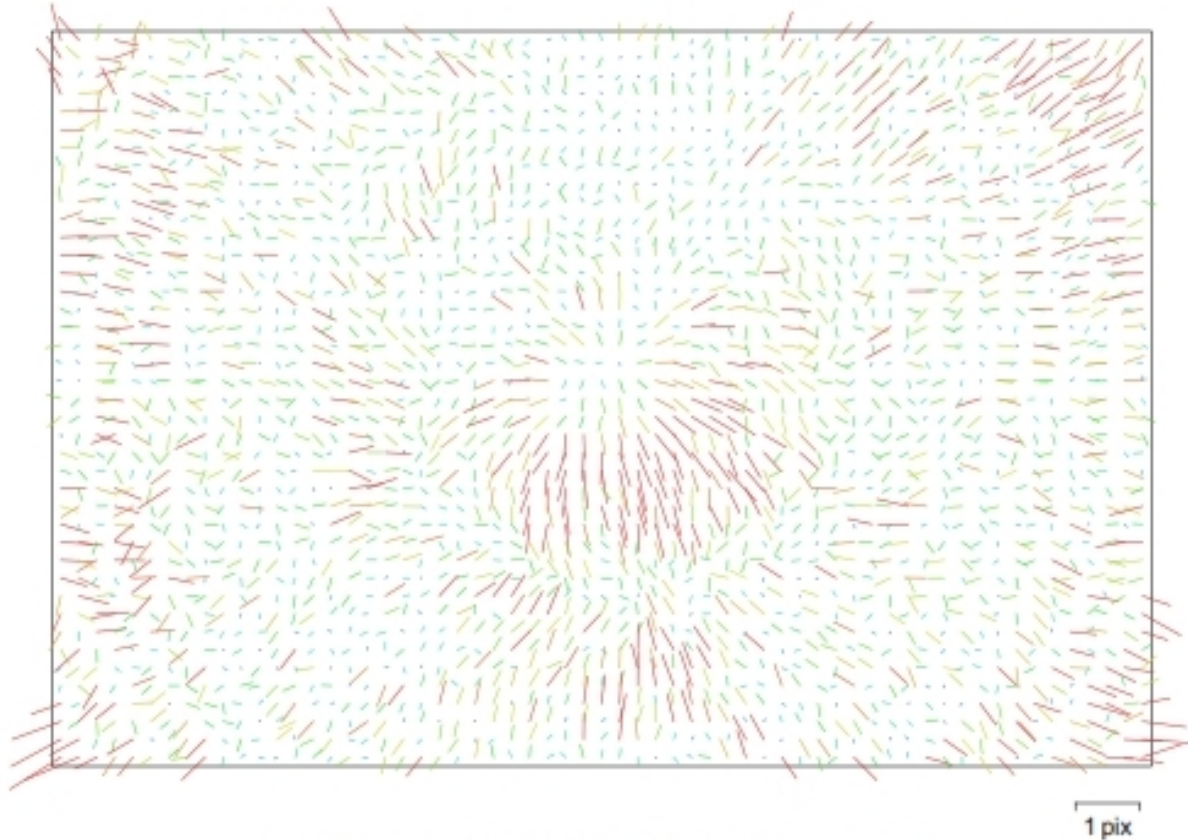


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC6310 (8.8 mm).

## FC6310 (8.8 mm)

124 imágenes

Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
<b>5472 x 3648</b>	<b>8.8 mm</b>	<b>2.41 x 2.41 micras</b>	<b>No</b>
Tipo:	Cuadro	F:	3648
Cx:	8.06696	B1:	-0.339388
Cy:	-18.5991	B2:	0.0174576
K1:	0.00662267	P1:	0.00135639
K2:	-0.00841288	P2:	-0.00159602
K3:	0.00790936	P3:	0
K4:	0	P4:	0

# Puntos de control terrestres



Fig. 3. Posiciones de puntos de apoyo.

Nombre	XY error (m)	Error en Z(m)	Error (m)	Proyecciones	Error (pix)
19	0.0140076	-0.000503185	0.0140166	27	0.173
41	0.0217786	-0.00155257	0.0218338	28	0.095
5	0.00729686	0.00153116	0.00745577	24	0.128
64	0.0455586	0.00326336	0.0456753	28	0.176
82	0.0194221	-0.0028586	0.0196313	25	0.125
<b>RMS</b>	<b>0.0252054</b>	<b>0.00218308</b>	<b>0.0252998</b>		<b>0.143</b>

Tabla 2. Puntos de apoyo.

# Modelo digital de elevaciones

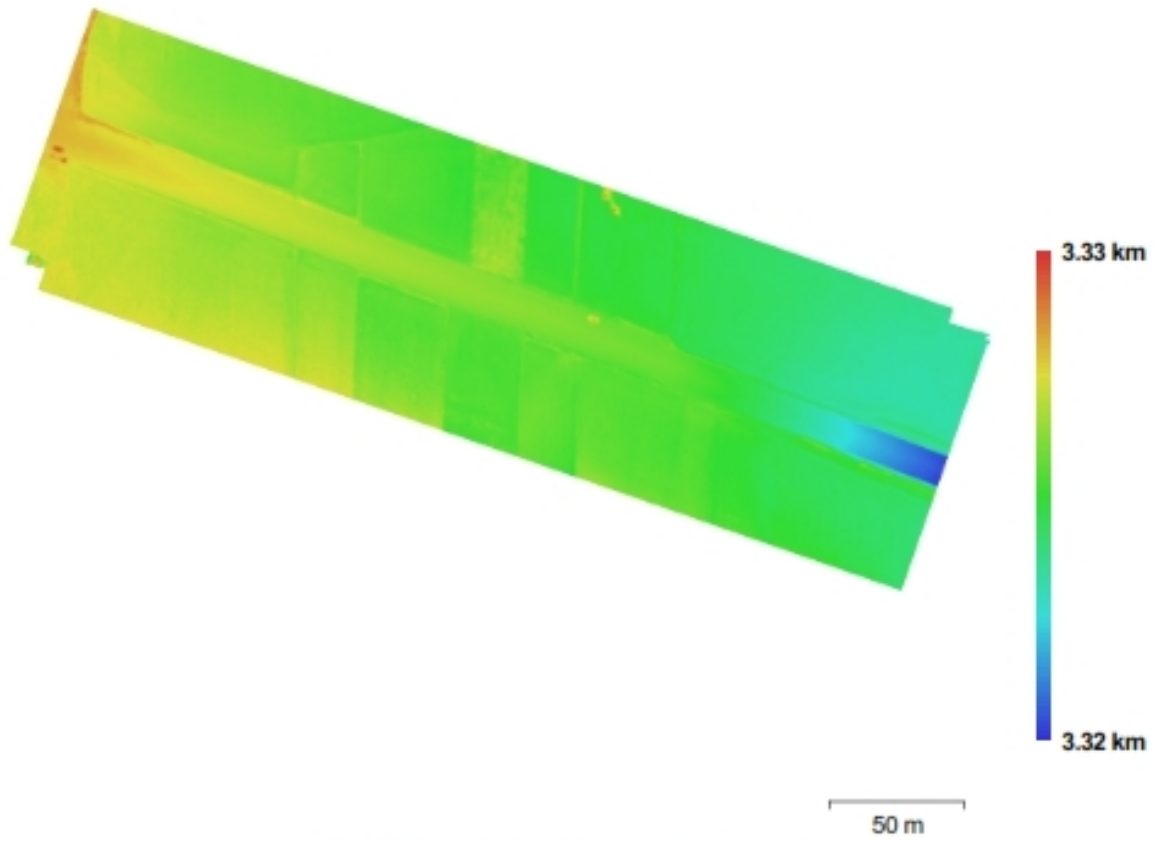


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 12.5 cm/pix  
Densidad de puntos: 63.8172 puntos por metro cuadrado

# Parámetros de procesamiento

## Generales

Cámaras	124
Cámaras orientadas	124
Marcadores	5
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG.:32718)

## Nube de puntos

Puntos	59,929 de 67,723
RMS error de reproyección	0.160197 (1.02194 pix)
Error de reproyección máximo	1.45222 (31.3346 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	5.90418 pix
Superposición efectiva	7.7463

## Parámetros de orientación

Precisión	Media
Pre-procesar emparejamiento de imágenes	Referencia
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de enlace por foto	4,000
Restricción de máscara activa	No
Tiempo búsqueda de puntos homólogos	16 minutos 8 segundos
Tiempo de orientación	2 minutos 48 segundos

## Parámetros de optimización

Parámetros	b1, b2, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Tiempo de optimización	7 segundos

## Nube de puntos densa

Puntos	2,651,452
--------	-----------

## Parámetros de reconstrucción

Calidad	Baja
Filtrado de profundidad	Agresivo
Duración del procesamiento	3 minutos 17 segundos

## Modelo

Caras	175,621
Vértices	88,147

## Parámetros de reconstrucción

Tipo de superficie	Bajorrelieve / terreno
Datos fuente	Densa
Interpolación	Habilitada
Calidad	Baja
Filtrado de profundidad	Agresivo
Número de caras	176,748
Duración del procesamiento	4 segundos

## DEM

Tamaño	2,963 x 1,757
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG.:32718)

## Parámetros de reconstrucción

Datos fuente	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Duración del procesamiento	12 segundos

## Ortomosaico

Tamaño	23,180 x 13,781
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG.:32718)

Canales	3, uint8
Modo de mezcla	Mosaico

## Parámetros de reconstrucción

Superficie	Malla
Permitir la corrección de color	No
Duración del procesamiento	4 minutos 42 segundos

## Software

Versión  
Plataforma

1.2.5 build 2614  
Windows 64 bit