



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Levantamiento topográfico con estación total para la calibración de productos obtenidos con vuelo de dron, caso saneamiento básico Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura

#### TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

#### AUTORES

Medrano Sullca, Gred Milko

ORCID: 0000-0003-2694-9495

Zuñiga Hurtado, Carlo Pool

ORCID: 0000-0003-2355-4076

#### ASESOR

Estrada Mendoza, Miguel Luis

ORCID: 0000-0002-8646-3852

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos de los autores**

Medrano Sullca, Gred Milko

DNI: 44296323

Zuñiga Hurtado, Carlo Pool

DNI: 41308143

### **Datos de asesor**

Estrada Mendoza, Miguel Luis

DNI:10493289

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Fano Miranda, Gonzalo Ramcés

DNI:09178719

ORCID:0000-0002-4401-8654

JURADO 2

Sueldo Mesones, Jaime Pío

DNI:43703437

ORCID:0000-0003-3760-8370

JURADO 3

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI:06743824

ORCID:0000-0003-2527-3665

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres, hermanos y a mi hijo Leonardo quienes me dieron su apoyo a lo largo de todos estos años.

(Medrano Sullca, Gred Milko)

La presente tesis se la dedico a mi madre, hija y a todos mis familiares que me brindaron su apoyo incondicional.

(Zuñiga Hurtado, Carlo Pool)

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a nuestro asesor PhD Miguel Luis Estrada Mendoza, por sus excelentes aportes para el desarrollo de la presente tesis y nuestra alma mater, por todas las enseñanzas que nos dieron en el largo recorrido de nuestra carrera profesional y social y también a nuestros familiares.

(Medrano Sullca, Gred Milko)

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Formulación y delimitación del problema.....	1
1.2 Descripción del problema general y específico.....	1
1.2.1 Problema general.....	1
1.2.2 Problemas específicos .....	1
1.3 Objetivo general y específico .....	2
1.3.1 Objetivo General .....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Delimitación de la investigación .....	2
1.4.1 Delimitación espacial .....	2
1.4.2 Temporal .....	3
1.4.3 Temática.....	3
1.5 Justificación e importancia .....	3
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 Antecedentes del estudio de investigación .....	5
2.2 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	8
2.2.1 Topografía .....	8
2.2.2 Definición de Levantamiento Topográfico .....	8
2.2.3 Objetivos del Levantamiento Topográfico.....	8
2.2.4 Tipos de Levantamiento Topográfico .....	9
2.3 Precisión y exactitud.....	12
2.4 Equipos de recolección de data Topográfica.....	13
2.4.1 Definición de estación total.....	13
2.4.2 Definición de DRON (UAV) .....	15
2.4.3 Definición de la Fotogrametría .....	17
2.4.4 Sistema de posicionamiento global diferencial(GPS DIFERENCIAL).....	19
2.4.5 Autocad Civil 3D .....	20
2.4.6 Curva de Nivel .....	20

2.4.7 El concepto de Escala.....	20
2.4.8 Comparativo entre Dron y Estación Total.....	21
2.4.9 Costo.....	22
2.4.10 Tiempo .....	22
2.4.11 Poligonación Topográfica .....	23
2.4.12 Glosario de términos básicos.....	23
2.4.13 Marco Referencial. ....	23
<b>CAPÍTULO III SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>24</b>
3.1 Hipótesis .....	24
3.1.1 Hipótesis principal.....	24
3.1.2 Hipótesis secundarias .....	24
3.2 Variables.....	24
3.2.1 Relación entre variables .....	24
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
4.1 Tipo y método de investigación .....	25
4.2 Población .....	25
4.3 Diseño Muestral.....	25
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
4.4.1 Método Directo .....	25
4.4.2 Método Indirecto .....	25
4.5 Procedimientos para la recolección de datos.....	26
4.5.1 Levantamiento Topográfico con equipo aéreo no tripulado(UAV) Dron.....	26
4.5.2 Levantamiento Topográfico con Estación Total .....	35
4.5.3 Lectura con GPS Diferencial de los puntos de control .....	38
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>40</b>
5.1 Diagnóstico y situación actual.....	40
5.1.1 Antecedentes .....	40
5.1.2 Generalidades .....	41
5.2 Presentación de resultados.....	41
5.2.1 Costo generado en levantamiento con dron .....	41
5.2.2 Puntos de control obtenidos mediante Gps diferencial South.....	42
5.2.3 Modelo 1, caso levantamiento topográfico con estación total .....	42
5.2.4 Modelo 2, vuelo de dron a 70m de altura.....	44

5.2.5 Modelo 3, vuelo de dron a 90 m de altura.....	47
5.2.6 Análisis de las coordenada con puntos de control y sin puntos de control ...	50
5.2.7 Análisis del levantamiento con estación total vs modelo digital de elevacion.	51
5.2.8 Análisis de altimetría referente al alcantarillado del Centro Poblado Canizal Chico .....	55
5.3 Discusión y Contrastación de hipótesis .....	60
5.3.1 Discusión.....	60
5.3.2 Hipótesis 1.....	61
5.3.3 Hipótesis 2.....	61
5.3.4 Hipótesis 3.....	62
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>68</b>
Anexo 1: Matriz de Consistencia .....	68
Anexo 2: Lotización Canizal Chico .....	69
Anexo 3: Red de Sistema de alcantarillado Canizal Chico .....	70
Anexo 4: Puntos de control vuelo 3- 70 metros .....	71
Anexo 5: Puntos de control vuelo 1- 70 metros .....	72
Anexo 6: Puntos de control vuelo 2-70metros .....	73
Anexo 7: Puntos de control vuelo 1 - 70 .....	74
Anexo 8: Certificado de Operatividad.....	75
Anexo 9: Autorización de la Municipalidad de La Unión .....	76
Anexo 10: Informe del procesamiento del vuelo de dron de 70 metros.....	77
Anexo 11: Datos del levantamiento .....	78
Anexo 12: Calibración de la cámara .....	79
Anexo 13: Puntos de control terrestre del vuelo de 70 m.....	80
Anexo 14: Puntos de control terrestre .....	81
Anexo 15: Modelo digital de elevaciones .....	82
Anexo 16: Parámetros de procesamiento del vuelo de 70 m.....	83
Anexo 17: Parámetros de procesamiento del vuelo de 70 m.....	84
Anexo 18: Informe del procesamiento del vuelo de dron de 90 metros.....	85
Anexo 19: Datos del levantamiento del vuelo de dron de 90 metros.....	86
Anexo 20: Calibración de la cámara .....	87

Anexo 21: Puntos de control terrestre .....	88
Anexo 22: Puntos de control terrestre .....	89
Anexo 23: Modelo digital de elevaciones .....	90
Anexo 24: Parámetros de procesamiento del vuelo de 90 m.....	91
Anexo 25: Parámetros de procesamiento del vuelo de 90 m.....	92



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Centroide Referente al Centro Poblado Canizal chico .....	2
Tabla 2. Costo y tiempo de Levantamiento con Dron .....	21
Tabla 3. Costo y tiempo de Levantamiento Topográfico con Estación Total .....	21
Tabla 4. Comparativo entre las dos técnicas.....	22
Tabla 5. Costo levantamiento topográfico con dron.....	41
Tabla 6. Coordenadas x,y,z de los puntos de control obtenidos con GPS diferencial....	42
Tabla 7. Numero de imágenes y altitud media de vuelo.....	45
Tabla 8. Cotas obtenidas sin puntos de control .....	46
Tabla 9. Ubicación de los puntos de control en el ArcGIS Pro .....	47
Tabla 10. Numero de imágenes y altitud media de vuelo.....	48
Tabla 11. Coordenadas de los puntos de control sin georreferenciación.....	49
Tabla 12. Coordenadas de los puntos de control georreferenciadas.....	50
Tabla 13. Análisis de coordenadas .....	51
Tabla 14. Diferencia de las cotas de los buzones vuelo 70 m .....	56
Tabla 15. Diferencia de las cotas de los buzones vuelo 70 m .....	58
Tabla 16. Diferencia de las cotas de los buzones vuelo 70 m .....	60
Tabla 17. Cuadro de resumen de la diferencia del levantamiento topográfico con estación total y dron .....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Ubicación Geográfica.....	3
Figura 2. Plano Planimétrico .....	9
Figura 3. Plano altimétrico.....	10
Figura 4. Diagrama de operaciones topográficas.....	12
Figura 5. Exactitud y precisión. ....	13
Figura 6. Estación Total Leica Modelo TS-06 .....	15
Figura 7. Drone Phantom 4 pro .....	15
Figura 8. Dron ala fija.....	16
Figura 9. Dron multirotor.....	17
Figura 10. Fotogrametría .....	19
Figura 11. Transporte del Drone Phantom 4 Pro .....	27
Figura 12. Phantom 4 pro. ....	27
Figura 13. Verificando el plan de vuelo .....	28
Figura 14. Configuración asistida para manejo del Dron .....	28
Figura 15. Despegue del dron, C.P.Canizal Chico .....	28
Figura 16. Manejo y control del dron mediante la aplicación DJGO .....	29
Figura 17. Posicionamiento del GPS South Galaxy G1 Posicionamiento del GPS .....	29
Figura 18. Punto de control 1 con GPS South .....	30
Figura 19. Punto de control 2 con GPS SOUTH .....	30
Figura 20. Punto de control 3 con GPS SOUTH .....	31
Figura 21. Punto de control 4 con GPS SOUTH .....	31
Figura 22. Punto de control 5 con GPS SOUTH .....	31
Figura 23. Punto de control 6 con GPS SOUTH .....	32
Figura 24. Punto de control 7 con GPS SOUTH .....	32
Figura 25. Aterrizaje del Dron después de ejecutar el plan de vuelo .....	32
Figura 26. Detalles del plan de vuelo V1 a 90m de altura.....	33
Figura 27. Detalles del plan de vuelo V2 a 90m de altura.....	33
Figura 28. Detalles del plan de vuelo V3 a 90m de altura.....	33
Figura 29. Detalles del plan de vuelo V1 a 70m de altura.....	34
Figura 30. Detalles del plan de vuelo V2 a 70m de altura.....	34
Figura 31. Detalles del plan de vuelo V3 a 70m de altura.....	34

Figura 32. Estación Total en posicionamiento de PC 02 C.P Canizal Chico .....	36
Figura 33. Inicio de jornada de toma de puntos.....	37
Figura 34. Lectura de puntos con el prisma de los extremos de la vía .....	37
Figura 35. Lectura de puntos con la Estación Total .....	37
Figura 36. Posicionamiento del GPS South.....	38
Figura 37. Delimitación del área de estudio y la ubicación de los puntos de control.....	40
Figura 38. Nube de puntos con estación total .....	43
Figura 39. Punto geodésico PC02.....	44
Figura 40. Ortofoto sin puntos de control.....	45
Figura 41. Ortofoto con la ubicación de los 7 puntos de control.....	47
Figura 42. Ortofoto del vuelo de 90m sin puntos de control .....	48
Figura 43. Ortofoto de vuelo de 90 metros con puntos de control .....	50
Figura 44. Sección 01- Perfil en a ArcGIS PRO ( vuelo 70 y 90 m).....	52
Figura 45. Análisis de la sección 01 con estación total y dron.....	52
Figura 46. Sección 02- Perfil en ArcGIS PRO ( vuelo 70 y 90 m) .....	53
Figura. 47 Análisis de la Sección 02 con estación total vs dron.....	53
Figura 48. Sección 03- Perfil en ArcGIS ( vuelo 70 y 90 m) .....	54
Figura 49. Análisis de la Sección 02 con estación total vs dron.....	54
Figura 50. Ortofoto vuelo1-70m, con tres puntos de control.....	55
Figura 51. Perfil de línea de alcantarillado (Bz 38-97).....	55
Figura 52. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 38 – Cámara de bombeo 05).....	55
Figura 53. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 65-237).....	56
Figura 54. Ortofoto vuelo2-70m, con dos puntos de control.....	56
Figura 55. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 67-Cam 04).....	57
Figura 56. Perfil de línea de alcantarillado (Bz 95-227).....	57
Figura 57. Perfil de línea de alcantarillado (Bz 154-182).....	57
Figura 58. Ortofoto vuelo3 -70m, con dos puntos de control.....	58
Figura 59. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 185-233).....	59
Figura 60. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 185-207).....	59
Figura 61. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 238-Cam 02).....	59

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación llamado: Levantamiento Topográfico con Estación Total para la calibración de productos obtenidos con vuelo de Dron, caso saneamiento básico Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo, ya que es de tipo aplicada, el nivel de la investigación es la comparación de los resultados obtenidos de la Estación Total y Dron, se realizó un análisis de las diferencias que se presentan en las coordenadas X, Y, Z.

El desarrollo de la tesis inicio con la toma de datos con la Estación Total modelo Leica T06 para luego ser procesados con el programa Civil 3D en gabinete, posteriormente continuamos con los vuelos fotogramétricos de la zona de estudio con el Dron Modelo Phantom 4 Pro, se procesó las fotografías con el software Agisoft Metashape, con este programa se generó tanto la nube de puntos como la malla, las cuales nos permitirán obtener las ortofotos como el modelo digital de las elevaciones, las cuales serán llevadas al software ArcGIS Pro para su procesamiento.

Finalmente, con la presente tesis buscamos mostrar que la utilización de ambos métodos son eficientes, ya que muestran resultados casi parecidos y que en el caso del uso del Dron su uso es valioso en lugares poco accesibles por su manipulación y tiempo de realización.

**Palabras clave:** Estación Total, Dron, Fotogrametría, Levantamientos Topográficos.

## **ABSTRACT**

The present research work called: Topographical Survey with Total Station for the calibration of products obtained with drone flight – basic sanitation case Canizal Chico Town Center, La Unión, Piura.

The present investigation has a quantitative and qualitative approach, since it is of an applied type, the level of the investigation is the comparison of the results obtained from the Total Station and the Drone, an analysis of the differences that are presented in the X coordinates Y and Z.

The development of the thesis began with the data collection with the Total Station model Leica T06 to then be processed with the Civil 3D program in the cabinet, later we continued with the photogrammetric flights of the study area with the UAV Model Phantom 4 Pro, the photographs were processed with the Agisoft Metashape software, with this program both the point cloud and the mesh were generated, which will allow us to obtain the ortophotos as well as the digital model of the elevations, which will be taken to the ArcGIS Pro software for processing.

Finally, with this thesis we seek to show that the use of both methods are efficient, since they show almost similar results and that in the case of the use of the UAV, its use is valuable in places that are not very accessible due to its handling and completion time.

**KEY WORDS:** Total Station, UAV, Photogrammetry, Topografic Surveys.

# INTRODUCCIÓN

Actualmente dentro de la región Piura se encuentran muy pocas investigaciones que tiene que ver con las nuevas formas de levantamiento topográfico, ya que estamos en una época en donde la tecnología va avanzando a pasos agigantados y nos permite recolectar datos de una mejor manera y en tiempo real.

Tomando en consideración el entorno donde nos encontramos, ya hace varios años se viene utilizando los equipos aéreos no tripulados (dron) con los cuales se viene desarrollando los trabajos de fotogrametría.

Se consideró el centro poblado Canizal Chico por su densidad poblacional y su extensa área, donde se puede desarrollar más adelante los trabajos de saneamiento básico.

La presente investigación comprende trabajo de campo y gabinete en la cual obtenemos información detallada de los vuelos realizados con el dron de 90 y 70 metros de altura y contrastamos con los datos obtenidos con la estación total usando puntos de control georreferenciados a las mismas.

La estructura de este trabajo se presentan por capítulos que están claramente mencionados.

En el capítulo I se comienza a desarrollar la investigación partiendo con la formulación y delimitación del problema, se formuló el problema, se plantearon los objetivos, tomando como objetivo general, realizar levantamiento topográfico con estación total para la calibración de productos obtenidos con vuelo de dron.

En el capítulo II se recopiló información que vamos a usar como base teórica para poder justificar nuestra investigación, nos basamos en la estructura teórica y científica que sustenta el estudio y el uso de diferentes normas y manuales.

En el capítulo III se planteó la hipótesis tomando como hipótesis general, el levantamiento topográfico con estación total permitirá la calibración de los productos obtenidos con dron.

En el capítulo IV corresponde a la metodología de la investigación, describiendo los tipos de investigación, población de estudio, diseño muestral, relación entre variables, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento.

En el capítulo V corresponde a la presentación y análisis de resultados donde realizamos el levantamiento topográfico con estación total y dron, usando para el procesamiento el ArcGIS Pro, Civil3D, Agisoft Metashape, Survey 123.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

## **1.1 Formulación y delimitación del problema**

En la actualidad el levantamiento topográfico con estación total es lo que más se usa en el Perú, en este campo se está usando otras herramientas que nos ayuden a obtener los datos de una manera distinta a las convencionales ya que usando las nuevas tecnologías ahorramos tiempo y un menor costo en su ejecución. Ya que el instrumento normado para el levantamiento topográfico es la estación total. En ese sentido, nuestro problema de investigación es el siguiente: ¿Cómo elaborar el levantamiento topográfico con estación total para la calibración de productos obtenidos con dron, caso saneamiento básico del Centro Poblado Canizal Chico - La Unión- Piura?

## **1.2 Descripción del problema general y específico**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo elaborar el levantamiento topográfico con estación total para la calibración de productos obtenidos con dron, caso saneamiento básico del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo elaborar el levantamiento topográfico georreferenciado con estación total para la ubicación de los puntos de control del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura?
- b) ¿Cómo elaborar el levantamiento topográfico georreferenciado con dron para la generación de ortofotos y el modelo digital de elevaciones del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura?
- c) ¿Cómo establecer mediante los puntos de control un sistema de calibración entre levantamiento topográfico convencional y el levantamiento topográfico con dron?

### 1.3 Objetivo general y específico

#### 1.3.1 Objetivo General

Realizar levantamiento topográfico con estación total para la calibración de productos obtenidos con vuelo de dron, caso saneamiento básico del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- a) Establecer un levantamiento topográfico georreferenciado con estación total para la ubicación de los puntos de control del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.
- b) Establecer un levantamiento topográfico georreferenciado con dron para la generación de ortofotos y el modelo digital de elevaciones del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.
- c) Realizar mediante los puntos de control un sistema de calibración entre levantamiento topográfico convencional y el levantamiento topográfico con dron.

### 1.4 Delimitación de la investigación

#### 1.4.1 Delimitación espacial

Esta investigación se desarrolló dentro del Centro Poblado Canizal Chico, distrito de La Unión, provincia de Piura, departamento de Piura. Con un área de 87.22 hectáreas, cuyo centroide es el siguiente.

Tabla 1.  
Centroide Referente al Centro Poblado Canizal chico

Latitud	Longitud	Altitud
5°23'00.41" S	80°41'53.68" W	16 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración Propia





*Figura 1 : Ubicación Geográfica*

Fuente: Elaboración propia

#### 1.4.2 Temporal

Los trabajos de campo empezaron en el mes de agosto 2022 y finalizando con la presentación del informe final de tesis en octubre 2022.

#### 1.4.3 Temática

Nuestra investigación se basa en el Levantamiento topográfico con estación total para la calibración de productos obtenidos con dron, caso saneamiento básico Canizal Chico, La Unión, Piura.

#### 1.5 Justificación e importancia

Para iniciar el desarrollo de una investigación se debe de tener claro el propósito del mismo, es decir, exponer las razones que tengan la contundencia para justificar la importancia y necesidad de su realización (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

En la actualidad, las herramientas tecnológicas aplicadas a la topografía, como es el uso del *drone* o el Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT), la cual mediante la fotogrametría permite capturar imágenes de alta resolución y temporal para luego mediante un procesamiento de las mismas se realizan levantamientos topográficos. En la cual el dron mediante vuelos autónomos, permite realizar mediciones

indirectas de la superficie terrestre y/o características tridimensionales, y así permiten optimizar los procedimientos a la hora de la obtención de planos topográficos.

El levantamiento topográfico con estación total es lo que más se usa en el Perú, en este campo se está usando otras herramientas que nos ayuden a obtener los datos de una manera distinta a las convencionales ya que usando las nuevas tecnologías ahorramos tiempo y un menor costo en su ejecución.

Asimismo, en la Región de Piura, específicamente en el Distrito de la Unión, se presentan las condiciones para el uso del dron en el levantamiento topográfico ya que la superficie es plana y así permite capturar imágenes aéreas con mejor resolución en un corto tiempo. Es muy posible que en el futuro el uso del dron se use de manera frecuente en los levantamientos topográficos ya que la duda y el problema radica en conocer si los datos topográficos obtenidos son los suficientemente confiables y así poder reemplazar el levantamiento convencional con estación total.

Por ende, en la tesis que vamos a realizar será un comparativo de los datos obtenidos del dron y la estación total, para posteriormente elaborar un sistema de calibración que sea confiable, en nuestro caso aplicado al saneamiento básico.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Según Torres & Villate (1961), define “La topografía como el arte de medir distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre y localizar puntos por medio de distancias y ángulos previamente determinados”; además el procedimiento que debe seguirse en un levantamiento topográfico comprende dos etapas fundamentales: El trabajo de campo, es decir la recopilación de datos o la localización de punto. El trabajo de gabinete, comprende el cálculo y el dibujo

### 2.1 Antecedentes del estudio de investigación

Ayala (2018), en la tesis denominada Evaluación de levantamientos topográficos con dron (DJI Phantom 4 Pro) y estación total, quebrada Señor de Quinuapata del Distrito de Ayacucho, Perú. El objetivo de la investigación es determinar la fiabilidad y eficiencia de levantamientos topográficos usando drones versus el método tradicional. Concluyó que ambos equipos de topografía el dron DJI Phantom 4 pro, y la estación total, resultan iguales en un levantamiento topográfico con un 95% de confiabilidad, lo que resulta un equipo apropiado para trabajos topográficos en fotogrametría, lo que esto afianza a aceptar sus especificaciones propias del fabricante.

Ticona y Turpo (2021), en la tesis denominada Análisis comparativo de levantamiento topográfico convencional y fotogramétrico de la red de distribución de agua potable en el distrito de Taraco – Huancané – Puno. El objetivo de la investigación es analizar la fotogrametría a diferentes alturas de vuelo con el uso de puntos de control terrestres, respecto al levantamiento topográfico convencional para el diseño de la red de distribución de agua potable. Concluyen que el levantamiento topográfico con dron es aceptable a diferentes alturas.

Leiva y Niño de Guzmán (2018), en la tesis denominada Evaluación comparativa de la precisión en levantamientos topográfico efectuados mediante vehículo aéreo no tripulado (UAV) a 50 metros de altura y el método tradicional en la carretera abra Corao-Corao. El objetivo de la investigación es evaluar comparativamente los dos métodos levantamientos topográficos el tradicional y el levantamiento topográfico con el uso de dron. Concluyen que ambos la diferencia entre los resultados obtenidos

entre el Dron y la Estación Total son estadísticamente mínimos por lo tanto ambos métodos son óptimos par un levantamiento topográfico designado para proyecto de carreteras.

Tacca Q. (2015), en la tesis denominada Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional, UNA, Puno. El objetivo de la investigación consiste en comparar las medidas obtenidas directamente con una estación total, con las medidas obtenidas mediante el uso de un Dron (UAV), con el apoyo de un software especializado. Concluye que el nivel de confianza estadísticamente es de 95%, al comparar los resultados de tomados de los datos tomados con estación total con los datos obtenidos mediante la utilización del Dron.

Diego (2021), en la tesis denominada Evaluación del costo y confiabilidad de fotogrametría con drones en obras de alcantarillado en centro poblado imperial Huancavelica – 2021. El evaluar el costo, tiempo y precisión del levantamiento topográfico con dron. Concluye que en el tema de costo el levantamiento topográfico con dron es más rentable, respecto al tiempo de ejecución es considerablemente menor en comparación al levantamiento topográfico convencional y la precisión una vez establecido punto de control es aceptable.

Ruales (2017), en la tesis denominada Pertinencia del uso de drones en la caracterización Geo Espacial del Módulo dos Juntas de agua de riego de la Comuna Morlán, Imbabura. Al usar los drones en el campo de la ingeniería nos permite conseguir productos fotogramétricos en una mayor resolución, reduciendo tiempo y costo en levantamientos topográficos, los drones representan una buena alternativa en zonas extremas y de difícil acceso, también colabora con el medio ambiente porque no emite CO<sub>2</sub>, este estudio tuvo como objetivo comparar técnica y económicamente los procesos con el levantamiento convencional y con el uso del Dron, comparar la eficacia y eficiencia de los sistemas de levantamiento topográfico.

Castillo (2011), en la tesis denominada Modelo de gestión del proceso comercial en las empresas públicas prestadoras de servicio de agua potable y saneamiento básico del Ecuador. Debido a la deficiente y paupérrima prestación de los Servicios Públicos de Agua Potable y Alcantarillado en el Ecuador, así como en el sector urbano y mas

aún en la zona rural, debido a esto estamos impulsando una nueva estructuración que debe ser liderado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, como el ente rector, así mismo la creación de una Comisión Reguladora que emita normas y una Institución de Control que controle esas normas, todos sabemos que las empresas prestadoras de servicios son las Municipalidades como sector público y la juntas de agua potable como empresa privada, ellos son los encargados de la dotación de agua potable y alcantarillado a los consumidores, usuarios que pagan por ese servicio prestado.

Bautista (2016), en la tesis denominada Diseño de la vía Guasiata-Puntzatzó y Aplicación de Escáner 3D en la parroquia Angamarca, perteneciente al cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi. El enfoque principal de este proyecto es el rediseño de la vía que une los sectores de Guasiata-Puntzatzó, en la cual hemos añadido un plus, que es el levantamiento topográfico con el Dron. En primer lugar identificamos la calidad del suelo, luego se realizó un conteo vehicular de forma manual en la zona aledaña a la construcción de la vía, con este aforo vehicular procedemos al diseño del tipo de pavimento a utilizar en dicha vía.

Rincón y Carrillo (2021), en la tesis denominada El dron método de levantamiento topográfico más eficaz para el municipio de Villanueva departamento del Casanare, Colombia. La presente tesis se desarrolla con el objetivo acelerar en la entrega de planos y bajar los costos de los levantamientos topográficos, ya que con la metodología actual que se emplea las parcelas no son adecuadas para la venta, por eso los finqueros de la zona han propuesto el uso del dron para ver los resultados que se obtiene en la zona y ha resultado mejor que con estación total.

Machado y Pertúz (2020), en la tesis denominada Análisis de la utilización de Drones para el levantamiento topográfico en sitios habitados donde se presentan aguas estancadas en el Municipio de Ciénaga Magdalena. La presente tesis se desarrolla con el objetivo de utilizar los Drones para hacer el levantamiento topográfico en la Municipalidad de Ciénaga, Magdalena, donde se presentan aguas estancadas en sitios habitados y no se puede utilizar equipos de topografía convencional, así mismo enfatizar que esta problemática de las aguas estancadas en la zona ya tiene larga data y no permite el desarrollo de habitabilidad en ese sector por el alto costo económico que implicaría para la población y su difícil acceso

## 2.2 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

### 2.2.1 Topografía

Según Montes de Oca, la topografía es: Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de los puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación. (2004; p 125)

### 2.2.2 Definición de Levantamiento Topográfico

De acuerdo con Gómez (2010), se define como “el conjunto de operaciones que se realizan en un campo con los instrumentos adecuados para poder crear una representación gráfica correcta o un plano correcto” (p.17). Este plano es importante para ubicar correctamente todo el trabajo que desea realizar y desarrollar cualquier proyecto técnico. Si desea conocer la ubicación de los puntos en el área de interés, debe determinar su ubicación utilizando tres coordenadas, que son latitud, longitud y altitud o elevación. Para realizar levantamientos topográficos se requieren varios instrumentos, como el nivel y la estación total. El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar todo un abanico de pasos básicos en la identificación y señalización del terreno a construir.

Según Gómez un levantamiento topográfico consiste en: describir un terreno desde un punto de vista topográfico. Usando instrumentos especializados, el topógrafo escanea la superficie de la tierra y toma datos, generalmente usando un teodolito o una estación total. Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se elaboran mapas o planos específicos de un lugar, descubriendo en particular las características del terreno, como los relieves o los desniveles que puedan existir”. (2017; p53)

### 2.2.3 Objetivos del Levantamiento Topográfico

En esta técnica de topografía, el objetivo principal es determinar la posición del terreno entre dos puntos en un plano horizontal. Aquí es donde entra en juego la planimetría, que se define como el proceso de mostrar un terreno fiel a escala en un plano. Por tanto, en esta fase se omiten elementos como la altura y el relieve. Luego, la altura del piso entre diferentes puntos se determina usando el plano horizontal usando el método de nivelación directa. Con esta nivelación partimos

de un punto cuya altura se conoce para pasar a la medida vertical de la altura del piso con el fin de determinar alturas o identificar diferentes puntos o coordenadas. (Gómez, 2017).

#### 2.2.4 Tipos de Levantamiento Topográfico

##### a) Levantamiento Topográfico Planimétrico o Horizontal

De acuerdo con Pérez (2010), menciona que la planimetría solo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre el plano horizontal (vista plana) que se supone que la superficie media de la tierra; esta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se miden distancias horizontales y se calcula el área de un terreno. Pérez (2010), indica que La ubicación de los puntos sobre la superficie de la tierra se hace mediante la medición de ángulos y distancias a partir de puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal. El conjunto de líneas que unen los puntos observados se denomina poligonal base y es la que conforma la red fundamental, a partir de la cual se referencia la posición de todos los detalles o accidentes naturales y/o artificiales de interés. (p. .37-38).

Los resultados del levantamiento topográfico nos pueden dar una poligonal abierta o cerrada según sea los requerimientos a usar en los levantamientos topográficos Así también, Mendoza (2008), indica que:

La planimetría se encarga de representar gráficamente una porción de tierra, sin tener en cuenta los desniveles que pueda tener el mencionado terreno. Para esto es importante proyectar a la horizontal todas las longitudes inclinadas que hayan de intervenir en la determinación del plano. (p.11)

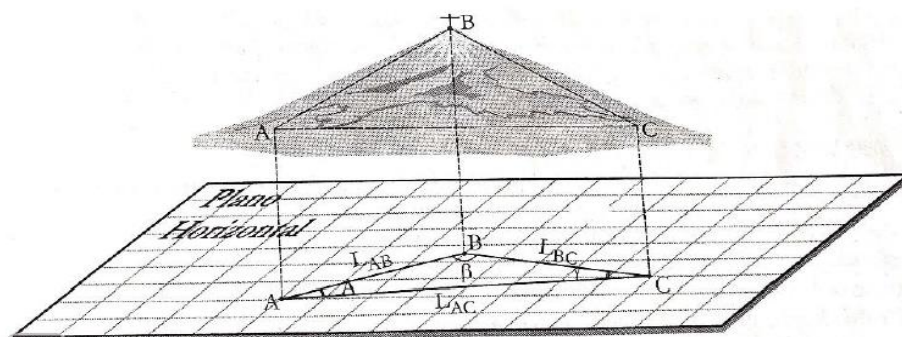


Figura 2. Plano Planimétrico  
Fuente: Mendoza, 2008

##### b) Levantamiento Topográfico Altimétrico o Vertical

De acuerdo con Pérez (2010), define la altimetría como “la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los diferentes puntos del terreno, los cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia” (p. 38).

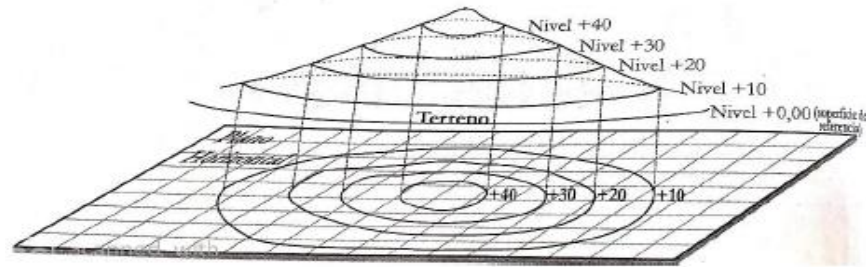


Figura 3. Plano alimétrico  
Fuente: Mendoza, 2008

### c) Levantamiento Topográfico Especializados

Los autores Wolf & Ghilani (2016), afirman que “existen varios tipos de levantamientos especializados que una persona muy experimentada en una de estas disciplinas específicas puede tener muy poco contacto con las otras áreas” (p. 89).

Igualmente, según Wolf & Ghilani (2016), cabe mencionar que “Los levantamientos topográficos determinan la ubicación de características o accidentales naturales y artificiales, así como las elevaciones usadas en la elaboración de mapas” (p. 23).

Mencionaremos algunas clasificaciones importantes:

“Los levantamientos de control establecen una red de señalización horizontal y vertical que sirven como marco de referencia para otros levantamientos” (Wolf & Ghilani, 2016, p.11).

“Los levantamientos catastrales de terreno y de linderos establecen las líneas de terreno y de linderos establecen las líneas de propiedad y los vértices de propiedad. El término catastral se aplica generalmente a levantamientos de terrenos federales” (Wolf & Ghilani, 2016, p.11).

“Los levantamientos hidrográficos definen la línea de la playa y las profundidades de lagos, corrientes, océanos, represas y otros cuerpos de agua. Los levantamientos marinos están asociados con industrias



portuarias y de fuera de la costa, así como en el ambiente marino” (Wolf & Ghilani, 2016, p.11).

“Los levantamientos de rutas se efectúan para planear, diseñar y construir carreteras, ferrocarriles, líneas de tubería y otros proyectos lineales. Estos normalmente comienzan en un punto de control y pasan progresivamente a otro de la manera más directa posible permitida por las condiciones del terreno” (Wolf & Ghilani, 2016, p.11).

“Los levantamientos de construcción determinan la línea, pendiente, las elevaciones de control, las posiciones horizontales, las dimensiones y las configuraciones para operaciones de construcción. También proporciona datos elementales para calcular los pagos a los contratistas” (Wolf & Ghilani, 2016, p.11).

“Los levantamientos de obra terminada se realizan al concluir un proyecto de construcción, con el objeto de contar con las posiciones y dimensiones finales de los elementos del proyecto, como se construyeron en realidad” (McCorman, 2007, p.7).

Podemos encontrar a la fotogrametría dentro de los levantamientos especializados, según Pérez (2010), “Los levantamientos aéreos se hacen por fotogrametría generalmente desde aviones comúnmente conocida en el área de topografía como fotogrametría, se usa como método auxiliar y complementario muy valioso para los levantamientos topográficos”. (p.11)

#### d) Levantamiento Topográfico en red de distribución de agua potable

De acuerdo con García (2005), “la elaboración del proyecto para un sistema de abastecimiento de agua potable o para una red de alcantarillado, los levantamientos topográficos constituyen uno de los trabajos básicos y, por tanto, debe concederse la atención debida para asegurar su correcta ejecución” (p.317).

De acuerdo a García (2005) como primer paso.

Es el reconocimiento el cual se ejecuta con aparatos portátiles, poco precisos como: brújula, podómetro, aneroide o altímetro, etc. El registro de campo, en forma clara y ordenada se anotará los datos recogidos durante

el reconocimiento. Estos datos son los rumbos de las líneas, las distancias aproximadas, las presiones si se emplea en aneroide o las altitudes si se usa altímetro, las características generales de la topografía del terreno, las temperaturas, la hora y fecha de observación.” (p.317)

Una vez obtenidos los datos en el reconocimiento se forma un Diagrama de operaciones topográficas (fig. N°04) que indica el orden de ejecución de las mismas.

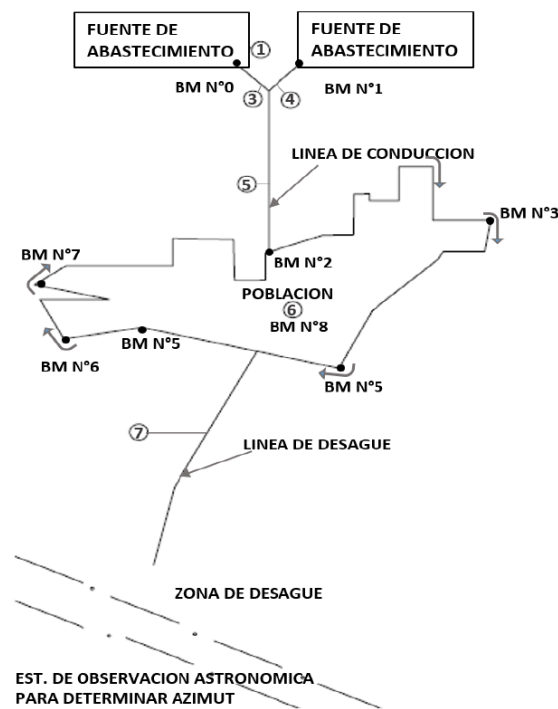


Figura 4. Diagrama de operaciones topográficas  
Fuente: García (2005)

### 2.3 Precisión y exactitud

De acuerdo a los autores Martínez, Marchamalo, & Velilla (2011), indican que:

Si se mide varias veces una misma longitud, se obtendrán tantos valores diferentes como veces se realice la medida. La diferencia entre ellas es lo que se denomina discrepancia, cuanto menor sea la discrepancia mayor será la probabilidad de que la magnitud medida sea aceptable. (p.21)

Mc Cormac (2007), indica que “La exactitud se refiere al grado de perfección que se obtiene en las mediciones. Representan que tan cerca se encuentran una medición determinada del valor verdadero de la magnitud”. (p.14)

Así mismo el autor McCormac (2007), nos indica “la precisión o precisión aparente, es el grado de refinamiento con el que mide una determinada cantidad. En otras palabras, es la cercanía de una medición a otra. Si se mide una cantidad varias veces y los valores que se obtienen son muy cercanos entre sí, se dice que la precisión es alta”. (p.14)

Observaremos en la figura N°05 se ilustra un método que se utilizan frecuentemente los profesores de topografía para distinguir entre exactitud y precisión.

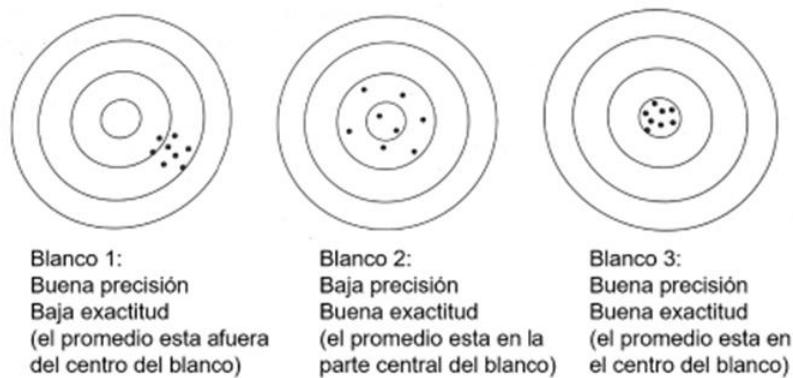


Figura 5. Exactitud y precisión.  
Fuente: McCormac (2007)

## 2.4 Equipos de recolección de data Topográfica

### 2.4.1 Definición de estación total

Según Vásquez (2009), la estación total es:

Una estación total es un instrumento electrónico / óptico utilizado en topografía y construcción de edificios modernos que utiliza un teodolito de tránsito electrónico en combinación con un telémetro electrónico (EDM) y también está integrado con un microprocesador, un colector de datos electrónico y un sistema de almacenamiento (p. 652).

#### a) Tipos de Estaciones totales

Existen tres tipos de estaciones denominadas totales, estas se pueden clasificar por la tecnología que avala a las mismas, aquí se describen los tipos de las mismas:

La Estación Total Convencional: Es la llamada estación total electrónica, tiene una pantalla de tipo electrónico, funciona con prismas de tipo reflectante. La desventaja de esta máquina es que no es muy resistente a las

precipitaciones, por lo que no es muy recomendable debido a las inclemencias del tiempo.

La Estación Total que usa GPS: El GPS ha llegado a cambiar la forma de vida de la humanidad en muchos campos científicos. Esta tecnología se ha utilizado, incluso los drones funcionan con ella. Gracias a esta tecnología reciente, los instrumentos se pueden utilizar a largas distancias.

La Estación Total Robótica: Las estaciones totales clasificadas como estaciones robot son las estaciones más completas que pueden ayudar a medir bien distancias muy grandes, también con una precisión casi perfecta, pueden tomar fotografías del terreno medido. Estos son los mejores de hoy. No deben pesar mucho y son muy resistentes al medio ambiente, esto se sabe en los manuales de las estaciones individuales y en el funcionamiento de las estaciones totales individuales. (Vásquez, 2009; p125)

b) Accesorios

De acuerdo Martínez, Marchamalo, & Velilla (2011), indica que “para poder utilizar la estación total y trabajar en campo se necesitan los siguientes accesorios”.

Trípode: Es el accesorio donde se sujeta la estación total. Dispone de tres patas ajustables en altura y acabadas en punta para una mejor estabilidad y sujeción en el terreno.

Jalón y prisma: Consisten en una barra metálica acabada, por los extremos que se apoya en el terreno en punta y por el extremo superior en una rosca donde se coloca el prisma. El jalón suele ir provisto de un nivel esférico que minimiza el error de verticalidad.

Cinta métrica extensible

Estacas, clavos, banderolas, maza, etc.



*Figura 6.* Estación Total Leica Modelo TS-06  
Fuente: Google

#### 2.4.2 Definición de DRON (UAV)

Puerta (2015), manifiesta que el dron es un dispositivo con características muy similares a un avión, su nombre original es Unmanned Aerial Vehicle (UAV), traducido al español significa vehículo aéreo no tripulado. Se los clasifica de acuerdo a su uso, pudiendo ser: de uso militar, de uso social e investigativo. También se los puede clasificar por su aerodinámica en DRONES de ala fija y con hélices.



*Figura 7.* Drone Phantom 4 pro  
Fuente: Google

##### a) Tipos de Drones

Los drones se pueden clasificar de la siguiente manera:

Según función del tipo de alas: se encuentran los Drones de Alas Fijas: tienen alas fijas y son similares a un avión. Así como Drones Multi Rotor: Suelen ser cuadricópteros (4 rotores con hélices) aunque los hay que tienen 6 (hexacopteros) o incluso 8 hélices. En este último caso, según Gonzáles

(2017), son dos hélices giran en el sentido de las agujas del reloj y las otras dos giran en la otra dirección, creando la fuerza de empuje necesaria para llevar el dron hacia arriba. Se pueden mantener en un solo lugar sin cambiar de posición, gracias a sus giroscopios y estabilizadores, lo que es perfecto para tomar fotos y grabar videos.

- Según el método de control: se tiene en autónomo, en el cual, el Dron no necesita de un piloto humano que lo controle desde tierra. Se guían por sus propios sistemas y sensores integrados. El monitorizado, en este caso, es necesaria la figura de un técnico humano. El trabajo de esta persona es proporcionar información y controlar el regreso del dron. El dron dirige su propio plan de vuelo y el técnico, aunque no puede controlar directamente los controles, puede decidir qué acción tomar. El supervisado, en el cual un operador vuela el dron, aunque el dron puede realizar algunas tareas de forma independiente. El preprogramado, en el cual el dron sigue un plan de vuelo diseñado previamente y no tiene forma de modificarlo para adaptarse a los cambios (González, 2017)



*Figura 8. Dron ala fija*  
Fuente: Google



*Figura 9.* Dron multirotor  
Fuente: Google

### 2.4.3 Definición de la Fotogrametría

Corredor (2015), nos dice que la fotogrametría es la técnica que permite establecer las dimensiones y posición de objetos en el espacio a partir de fotografías aéreas, lográndolo a partir de la intersección de dos o más fotos, y así poder obtener modelos digitales de superficies y terrenos que sirven para múltiples usos en la rama de la ingeniería (p.126).

Por otro lado, Coder (2013) indica que: La fotogrametría nace a partir de la búsqueda y necesidad de información precisa, es por esto que la precisión de los parámetros internos de la cámara, se debe hacer con métodos matemáticos, de igual manera la posición de la cámara en la toma de fotos, ya que todo esto contribuye al avance de la era digital y también a la precisión de la fotogrametría aérea UAV. (p. 145).

#### a) Fundamentos de la fotogrametría

Según Xatakacencia (2009), el principio de la fotogrametría consiste en proyectar ortogonalmente la imagen registrada en una fotografía y proyectada sobre el negativo sobre un plano de referencia mediante la proyección central utilizada por las lentes. En fotogrametría, se supone que la proyección central es perfecta, lo que implica que no existe desviación de los rayos de luz que atraviesan los lentes de la cámara. La imagen se proyecta sobre una superficie perfectamente plana. La relación matemática que relaciona el objeto y su imagen se conoce con el nombre de principio de colinealidad.

b) Tipos de Imágenes utilizadas en Fotogrametría

Hernández (2006), clasifica a las imágenes fotográficas de la siguiente manera: En función del almacenamiento en analógico y digital ( jpg, tiff, bpm). En función al sensor de toma en analógico (tipo obturador) y digital (sensor matricial, rectangular, lineal o puntual). En función de las *características de la toma* en espacial, aérea, terrestre y dentro de ella en vertical, horizontal, inclinada o panorámica. Cuando tomamos imágenes en baja altitud no se debe asumir que la superficie es plana, pues implica un riesgo en la realización del mosaico. De no contar con un plano de referencia de la zona de estudio, sería necesaria una profunda información del solapamiento de las imágenes, con el uso de sensores con cámaras infrarrojas (García y Pérez 2009).

c) Tipos de Fotogrametría

Existen tres formas de hacer fotogrametría: la Fotogrametría analógica que son los modelos matemáticos utilizados. Obviamente, esta fue la primera parte de la fotogrametría en desarrollarse. La Fotogrametría analítica se encarga de aplicar modelos matemáticos a objetos físicos. Fue la segunda parte la que se desarrolló. La Fotogrametría digital con la llegada de las computadoras, la imagen analógica fue reemplazada por la imagen digital, de la misma manera que se empezaron a utilizar los programas de computadora. Actualmente, la fotogrametría digital convive con la analítica. La Fotogrametría Aérea, donde se encuentran las estaciones en el aire, esto se aplica para la elaboración de planos y / o mapas para el desarrollo de proyectos de ingeniería. La Fotogrametría Terrestre: En este caso las estaciones se encuentran a nivel del suelo. (Anónimo, Topo equipos S.A, 2015)





Figura 10. Fotogrametría  
Fuente: Google

d) Levantamiento Fotogramétrico

El levantamiento fotogramétrico consiste en la captura de imágenes desde determinada altura, con una cámara de alta precisión (tiempo de exposición muy corto y obturadores de gran eficiencia), para posteriormente procesarla con un software de restitución fotogramétrica (analógica, analítica o digital). Durante este proceso se genera una presentación del relieve en 3D, orientándola y escalando para ubicarla en el espacio en su posición y tamaño real (Macedo, 2009).

e) Plan de Vuelo

La base de un proyecto fotogramétrico o de fotointerpretación se da inicio con un buen plan de toma de fotografías aéreas, pues este tendrá repercusión en la precisión del producto final. Neira (2005) enumera varios requerimientos (para el caso de la fotogrametría tradicional), entre ellos están: Abarcamiento total de cada foto en el terreno, distancia entre líneas de vuelo, avance entre foto y foto, cantidad de líneas de vuelo, cantidad de kilómetros lineales, cantidad de fotos, cantidad de metros de película, cálculo del tiempo de vuelo, cálculo de la altura de vuelo, hora fotogramétrica

#### 2.4.4 Sistema de posicionamiento global diferencial(GPS DIFERENCIAL)

También conocido como GPS diferencial, es un tipo de sistema que usa satélites con la finalidad de obtener información de una determinada superficie, uno de los métodos usados es el estático del cual (Sedano y Pari, 2019), afirma que “condición favorable está en los errores de posicionamiento bastante parecidos

que en los dos puntos se anula gran parte, el receptor se denomina como estático donde se determinan un único trío de coordenadas ( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ )”

#### 2.4.5 Autocad Civil 3D

El AutoCAD Civil 3d, que es un software del tipo CAD (Computer Aided Design) que significa diseño asistido por computadora en español y fue desarrollado por una empresa norteamericana llamada Autodesk, que se especializa en esta área. La primera versión de AutoCAD se lanzó al mercado en 1982 y desde entonces ha cosechado un éxito constante. Esto se debe principalmente a los altos

estándares de calidad de código con los que se gestiona la empresa, hecho que ha conseguido posicionarse como el software de modelado estructural o blueprint más utilizado por arquitectos e ingenieros de todo el mundo. Gracias a sus funciones avanzadas y prácticas, AutoCAD es ahora una parte fundamental en cualquier diseño arquitectónico o estudio de ingeniería industrial, y se utiliza comúnmente para el desarrollo y construcción de piezas complejas de dibujo técnico y bidimensional (2D). dibujos. modelos (3D) (Montalvo, 20117). Asimismo se tiene la Aplicación Dron Play (Para el planeamiento de la ruta),

#### 2.4.6 Curva de Nivel

El sistema de trazado de curvas de nivel consiste en la intersección de la superficie del terreno mediante una serie de planos paralelos entre sí, separados por una cierta distancia. Cada plano corta el suelo y forma una figura (plano) llamada línea de contorno o isohipsa. La proyección de todas estas curvas de nivel en un plano común (el mapa) da como resultado la representación deseada.

#### 2.4.7 El concepto de Escala

La escala es la relación de similitud constante que existe entre cada cantidad medida en un mapa y su contraparte en el suelo, independientemente de la dirección tomada en el mismo mapa. Cada mapa, sea cual sea su finalidad, debe mantener la relación uno a uno entre los dos, de modo que se pueda medir en

uno de ellos y conocer la medida exacta en el otro con una relación de similitud simple, utilizando el factor de escala como el denominador.

#### 2.4.8 Comparativo entre Dron y Estación Total

(Hinostroza 2021) de la tabla 2 comparativo de un levantamiento indirecto con dron y un levantamiento directo con una estación total encontró diferencias significativas en tiempo y costo el cual detallamos a continuación.

Tabla 2.  
Costo y tiempo de Levantamiento con Dron

	Unidad	Cantidad	Costo Unitario(S/.)	Total(S/.)	Tiempo en días
Levantamiento topográfico	Ha	600	25	15.000	2
Colocación de puntos geodésicos	unidad	3	700	2100	1
Total				17.100	2

Fuente: Quispe (2017)

Tabla 3.  
Costo y tiempo de Levantamiento Topográfico con Estación Total

Actividad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario(S/.)	Total (S/.)	Tiempo en días
Levantamiento topográfico	Ha	600	50	30.000	60
Colocación de puntos geodésicos	unidad	3	700	2100	1
Total				32.100	30

Fuente (Quispe 2017)

Finalmente se establece un cuadro comparativo entre las dos técnicas

Tabla 4.  
Comparativo entre las dos técnicas

Con Dron	Con Estación Total
Arrojan altos rendimientos.	
Necesita reducido personal.	Rendimientos Limitados.
En una porción se obtienen muchos puntos.	Necesita mayor personal
La medición de cualquier parte del terreno se hace sin llegar al terreno in situ.	Se tiene que regresar al lugar para las posteriores medidas.

Fuente: Quispe (2017)

#### 2.4.9 Costo

Según la RAE (2020) el costo es el gasto ocasionado para la obtención de una cosa o servicio. Son calificados en dos grupos, costos directos y costos indirectos. Los costos directos son los costos de insumos o actividades que se pueden identificar y cuantificar en un objeto de costos, mientras que los costos indirectos representan el conjunto de gastos que no se pueden identificar y cuantificar en un objeto de costos. Son gastos generales que no se pueden aplicar particularmente. En una investigación los costos en planeación y ejecución de todo proyecto dependen de los rendimientos y el tiempo de ejecución.

#### 2.4.10 Tiempo

Según la RAE (2020) el tiempo es la magnitud física que permite ordenar la secuencia de sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro, y cuya unidad en el sistema internacional es el segundo. En los levantamientos topográficos el rendimiento tanto del equipo como del personal determinan el tiempo, pero también dependen de diversos factores como las condiciones del medio ambiente, condición física del lugar, etc.

#### 2.4.11 Poligonación Topográfica

(Garrido-Villén 2014) Es una sucesión de estaciones unidas geoméricamente por ángulos y distancias, nos podemos encontrar con los siguientes casos. Poligonal encuadrada, se parte de un punto de coordenadas y orientación conocidas y se llega a otro con las mismas condiciones. Poligonal cerrada, se parte de un punto de coordenadas conocidas y se llega al mismo punto, es un caso particular de una poligonal encuadrada. Poligonal colgada, se parte de un punto de coordenadas conocidas o no y se llega a otro de coordenadas desconocidas. No es un método recomendable puesto que no se puede controlar el error cometido.

#### 2.4.12 Glosario de términos básicos

- a) BM, es un punto permanente en la zona de trabajo de origen natural o artificial del cual tenemos la información de sus coordenadas x,y,z. Estos se materializan en estructuras para su identificación en el área a trabajar.
- b) Estación, Es un punto monumentado en el lote indicado mediante una señal, donde posicionamos en equipo topográfico a trabajar.
- c) Georreferenciación, es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas.
- d) Puntos de control en el terreno, es un punto de la tierra que tiene una posición conocida con precisión geográfica.
- e) Planimetría, es parte de la topografía que estudia los métodos y procedimientos para la representación a escala de los detalles de un terreno sobre una superficie plana y la representamos en una proyección horizontal.
- f) Altimetría, es parte de la topografía que se encarga de medir las alturas, para su representación mediante un plano de referencia.

#### 2.4.13 Marco Referencial.

Ley 30740, “Ley que regula el uso y las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia(RPAS), norma que denomina a los drones como RPA O RPAS(remotely piloted aircraft) el cual no requiere de permisos ni de licencias si es que el equipo no supera los 2 kg de peso”(Ley N°30740, 2019)

## **CAPÍTULO III SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### **3.1 Hipótesis**

#### **3.1.1 Hipótesis principal**

El levantamiento topográfico con estación total permitirá la calibración de los productos obtenidos con dron.

#### **3.1.2 Hipótesis secundarias**

- a) La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con estación total permitirá la ubicación de los puntos de control del centro poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.
- b) La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con dron permitirá la generación de ortofotos y el modelo digital de elevaciones del centro poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.
- c) Los puntos de control permitirán establecer un sistema de calibración entre el levantamiento topográfico convencional y el levantamiento topográfico con dron.

### **3.2 Variables**

#### **3.2.1 Relación entre variables**

En la investigación se presenta las siguientes variables:

Variable Independiente: Levantamiento topográfico con estación total para la calibración de los productos obtenidos con dron.

Variable Dependiente: Saneamiento básico del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1 Tipo y método de investigación**

Según la definición de Hernández, Fernández y Mendoza (1991), la investigación que realizaremos es de tipo cuantitativa porque se determinará la precisión en los levantamientos topográficos con Dron y Estación Total, dando por aludido el ámbito estadístico y es la principal razón en la que se fundamenta dicho tipo, ya que se analizara la realidad objetiva a partir de las mediciones numéricas y análisis estadísticos para determinar predicciones o patrones de comportamiento del problema planteado. En cuanto al método de la investigación, de acuerdo Popper (1980), se empleará el método Hipotético – Deductivo, porque en nuestra investigación se plantea una hipótesis general e hipótesis específicas y deductivo porque se verifica, comprueba y analiza la veracidad de las hipótesis planteadas mediante los datos obtenidos de los resultados de lo general a lo particular.

### **4.2 Población**

El área geográfica analizada está constituida por los pobladores del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.

### **4.3 Diseño Muestral**

La población analizada del presente trabajo de investigación se ubica en Sector Noreste del Distrito de la Unión, Piura-Piura. El área comprendida en nuestro trabajo de investigación es de 87 hectáreas y 711 lotes con una población 2850 habitantes.

### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En el presente estudio la recolección de los datos fue mediante encuestas, así logrando datos cuantitativos.

#### **4.4.1 Método Directo**

Se realizó mediante el uso de una estación Leica TS 06 plus de 5”, así es que todos los detalles como las intersecciones de las calles, el límite de las viviendas y los detalles más relevantes para un proyecto de saneamiento básico.

#### **4.4.2 Método Indirecto**

Se realizó mediante el uso de capturas fotográficas aéreas, una vez obtenidas dichas fotos se ejecutó el procesamiento de datos con el soporte del software Agisoft Metashape.

#### 4.5 Procedimientos para la recolección de datos

Para la captura de la fotogrametría se realizaron dos vuelos de 70 y 90 metros.

Los equipos usados para la obtención de los datos de la presente investigación fueron: Dron Phantom 4 Pro V2.0 con cámara 4K de 20 Megapíxeles, GPS Diferencial South GPS South RTK Galaxy G1.

##### 4.5.1 Levantamiento Topográfico con equipo aéreo no tripulado(UAV) Dron

###### a) Equipos

01 Dron Dji Phantom 4 Pro

01 cámara dji 4k de 20 Megapíxeles FC 330(3.61mm)

01 GPS diferencial South

02 radios intercomunicadores

01 control remoto de Dron

01 celular con las aplicaciones: Drone Dplay (para el planeamiento de la ruta) y DJGO 4.0 (para el vuelo y control del Dron)

01 laptop Lenovo core i7con Agisoft Methashape versión 1.6.5 (para el procesamiento de las fotos)

01 libreta de Campo

03 memorias micro sd de capacidad de 16 gbs cada una.

01 flexómetro 5m.

01bolsa de yeso

###### b) Procedimiento

Se dividieron las áreas de trabajo de acuerdo a la duración de baterías. Para ejecutar el vuelo del dron se busca áreas libres de obstáculos para la protección del dron, así también se realiza la verificación del dron que esté en perfectas condiciones. Una vez establecido los procedimientos anteriores se procede al armado de las hélices del dron. Verificamos el correcto funcionamiento de la cámara del dron haciendo una prueba desde el control remoto. Se coloca la batería cargada al 100% con una duración de 15 minutos por cada una la cual cubrirá un área de 87 hectáreas. Se entró a la aplicación Drone Dplay para hacer el trazado de la ruta y posteriormente a la aplicación DJGO 4.0 para el control del dron. Se colocan las memorias micro SD. A medida que se realizaba los vuelos



la aplicación DJGO nos indicaba el nivel de batería y así regresaba al punto de inicio de vuelo para el cambio de batería.

Una vez cubierta el área programada el dron regresaba a casa, así se repitió los vuelos hasta cubrir el área total del proyecto.

Una vez obtenidas todas las fotografías se guardó el trabajo y se procesó en gabinete.



*Figura 11.* Transporte del Dron Phantom 4 Pro  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 12.* Phantom 4 pro.  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 13.* Verificando el plan de vuelo  
Fuente: Registro fotográfico Tesista



*Figura 14.* Configuración asistida para manejo del Dron  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 15.* Despegue del dron, C.P.Canizal Chico  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 16.* Manejo y control del dron mediante la aplicación DJGO  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 17.* Posicionamiento del GPS South Galaxy G1  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas





*Figura 18.* Punto de control 1 con GPS South  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 19.* Punto de control 2 con GPS SOUTH  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 20.* Punto de control 3 con GPS SOUTH  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 21.* Punto de control 4 con GPS SOUTH  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 22.* Punto de control 5 con GPS SOUTH  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas





*Figura 23.* Punto de control 6 con GPS SOUTH  
 Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 24.* Punto de control 7 con GPS SOUTH  
 Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 25.* Aterrizaje del Dron después de ejecutar el plan de vuelo  
 Fuente: Registro fotográfico Tesistas

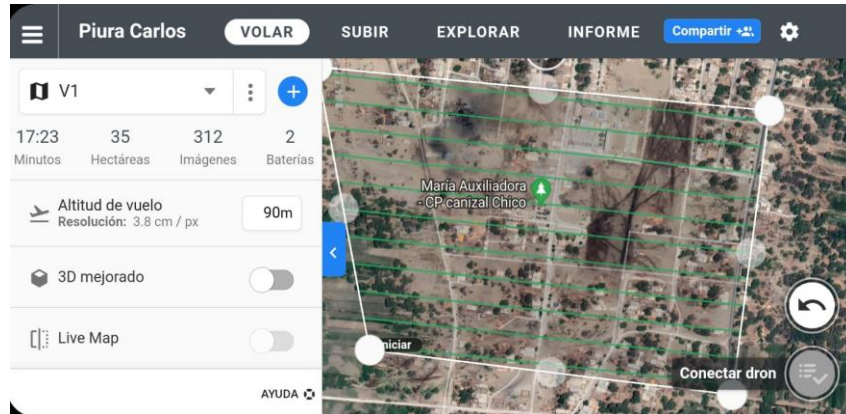


Figura 26. Detalles del plan de vuelo V1 a 90m de altura  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas

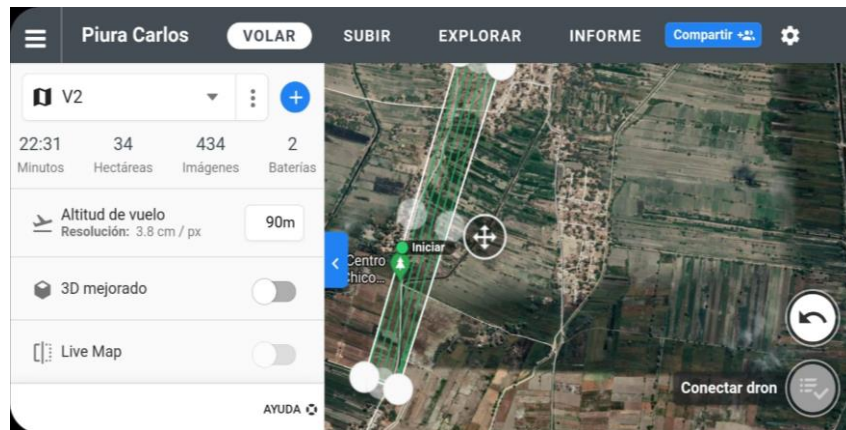


Figura 27. Detalles del plan de vuelo V2 a 90m de altura  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas

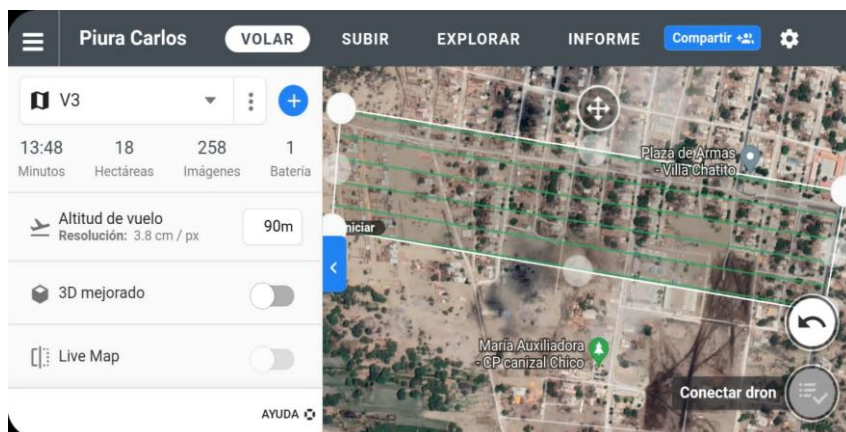


Figura 28. Detalles del plan de vuelo V3 a 90m de altura  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



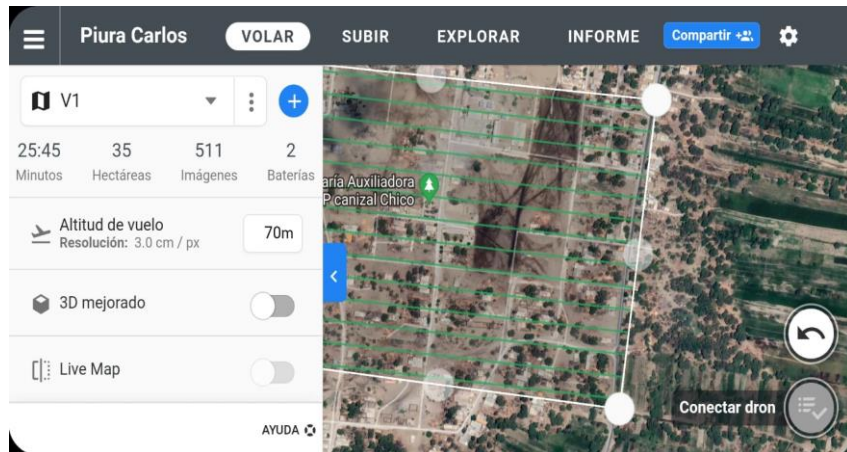


Figura 29. Detalles del plan de vuelo V1 a 70m de altura  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas

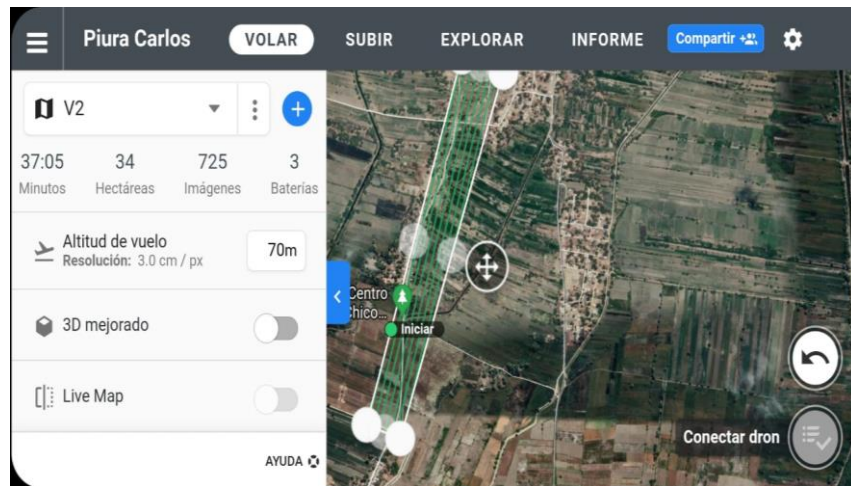


Figura 30. Detalles del plan de vuelo V2 a 70m de altura  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas

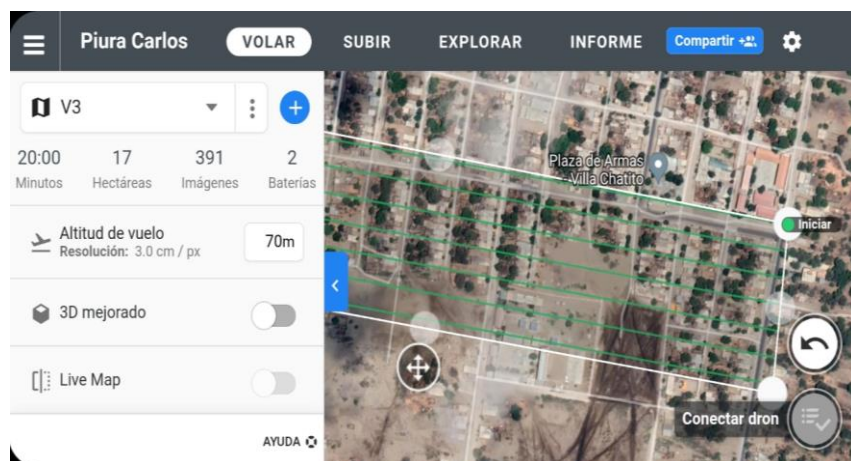


Figura 31. Detalles del plan de vuelo V3 a 70m de altura  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



#### 4.5.2 Levantamiento Topográfico con Estación Total

##### a) Equipos

- 01 wincha de 50 m
- 02 estacas de madera
- 02 radios intercomunicadores
- 0.25 Pintura Esmalte Rojo
- 01 cámara fotográfica
- 01 libreta de Campo
- 01 estación total
- 03 flexómetro 5m
- GPS 12 XL de Mano

##### b) Procedimiento

Antes de iniciar con los trabajos de campo, se efectuó un reconocimiento de la zona a fin de haber podido ubicar los puntos; BMs relativos. Los trabajos de levantamiento topográfico se iniciaron con la ubicación de los diferentes puntos de control, los cuales se encuentran ubicados en diferentes lugares a lo largo de la línea de conducción, aducción, distribución y de los diversos componentes.

Se posicionó la estación total en lugares más convenientes; donde se pueda visualizar la mayor cantidad de puntos del levantamiento que vayamos a hacer (polígono) cada uno de estos puntos lo identificamos con un nombre.

Se implementaron BMs relativos a lo largo de la localidad beneficiada, los mismos que se ubican en zonas fijas del área topográfica.

Se colocó la estación total sobre cada punto que hayamos elegido, nivelamos, orientamos por medio del norte y configuramos el equipo.

Para la segunda estación y los siguientes puntos de cambios se referencia al punto que se tomó al final y seguir con los demás puntos.

Una vez guardada la segunda estación procedemos a seguir el levantamiento tomando los puntos necesarios.

Se realizó la medición de la vía para corroborar los datos obtenidos con la estación total

Empezamos con el levantamiento topográfico disparando hacia los prismas colocados a una altura de 1.55 m cada 20 m, en la parte de la vía que indicaba un camino recto y en caso de curvas cada 10m., incluyendo el eje los extremos de los carriles, taludes, obras de arte como alcantarillado, entre otros.

Se registran los puntos tomados en la libreta de campo y así también tener una mejor ubicación de los puntos del levantamiento.

Al realizar el levantamiento de o registro de los BMs se tuvo mucho cuidado, pues nos servirá como datos para el procesamiento de cálculo, comparación y obtención de resultados.

Se realizará un croquis en donde figuran los registros de cada punto levantado en paralelo, con el fin de tener un respaldo de información.

Finalizamos el levantamiento y guardamos los datos obtenidos en el nuevo trabajo, guardamos los equipos y esperamos el procedimiento de datos que se realiza en gabinete.



*Figura 32.* Estación Total en posicionamiento de PC 02 C.P Canizal Chico  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 33.* Inicio de jornada de toma de puntos  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 34.* Lectura de puntos con el prisma de los extremos de la vía  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas



*Figura 35.* Lectura de puntos con la Estación Total  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas

#### 4.5.3 Lectura con GPS Diferencial de los puntos de control

##### a) Equipos

GPS Diferencial South RTK Galaxy G1

01 trípode

01 porta trípode y caja del GPS

Laptop con el Software Leica Infinity Versión 3.2.1

Wincha de 5 m



*Figura 36.* Posicionamiento del GPS South

Fuente: Registro fotográfico Tesistas

##### b) Procedimiento

Se empezó con el armado y nivelación del trípode en cada uno de los 7 puntos de control, los cuales se ubicarán en en el Centro Poblado Canizal Chico.

Se procedió al encendido y programación del nuevo trabajo indicando que los datos obtenidos deben ser coordenadas UTM y Datum WGS 84.

Registramos la lectura de cada punto de control de aproximadamente 25 satélites.

Posicionamos cada Punto de Control en los cuales obtendremos la información tales como latitud, longitud, la cantidad de satélites con los que

se referencian cada Punto de Control, la hora de inicio y final de la toma de cada punto, así mismo se georreferenciará con el Punto Geodésico PC02.

Concluido con la obtención de los puntos se procedió a desensamblar los equipos.

Se procesó en gabinete para la obtención de los datos con el apoyo del software Leica Infinity.



## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1 Diagnóstico y situación actual

#### 5.1.1 Antecedentes

Para el estudio se basó en el proyecto denominado “Mejoramiento del sistema de agua potable e instalación de alcantarillado en el sector noreste del distrito de La Unión, Provincia de Piura, Piura”. Para lo cual nuestro enfoque será el Centro Poblado Canizal Chico perteneciente al Noreste del Distrito de la Unión, del cual se analizará las redes de alcantarillado mediante la comparación de los datos obtenidos con levantamiento topográfico con estación total y los modelos obtenidos de los vuelos de dron a las alturas de 70 m y 90 m.

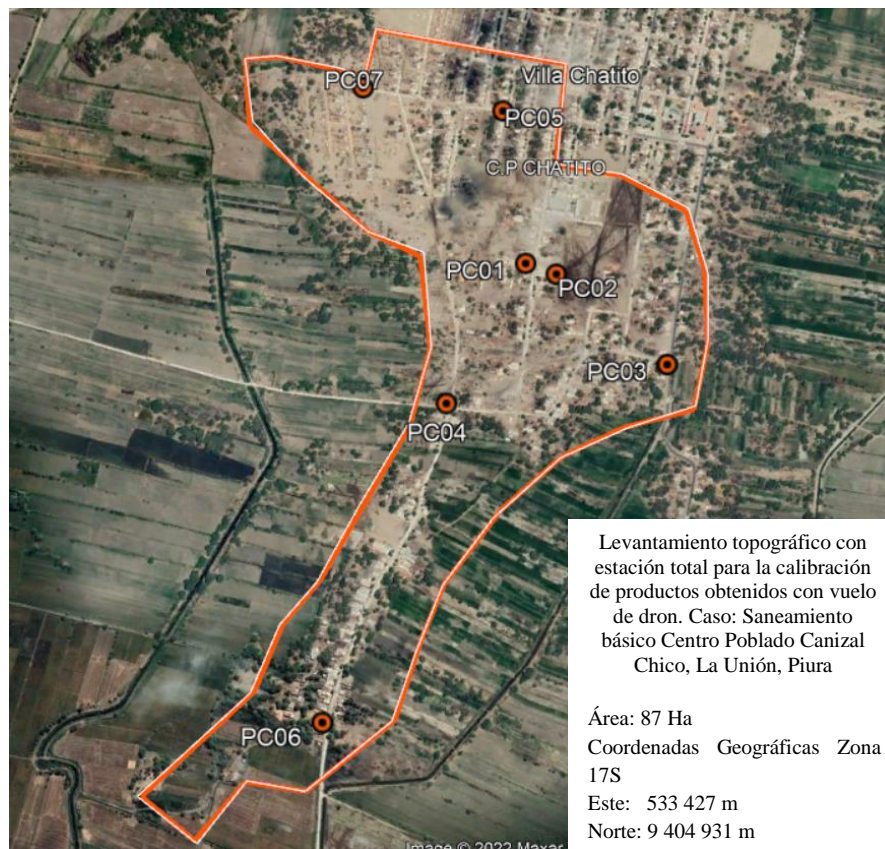


Figura 37. Delimitación del área de estudio y la ubicación de los puntos de control  
Fuente: Registro fotográfico Tesistas

### 5.1.2 Generalidades

En el presente capítulo se detallará la presentación de resultados y el análisis de los mismos mediante la comparativa entre las diferencias de los datos obtenidos con el levantamiento topográfico convencional y el levantamiento realizado con dron a dos alturas de vuelo con el apoyo de los puntos control establecidos.

El análisis de los resultados establecerá las diferencias entre los tipos de levantamiento topográfico propuestos en presente investigación y así poder verificar las diferencias presentes entre los dos tipos de levantamiento mediante la gráfica de los resultados obtenidos.

### 5.2 Presentación de resultados

Se realizó un estudio de las coordenadas X, Y, Z enfocándose en diferencias que puedan presentar tanto el levantamiento topográfico con estación total, así como los modelos fotogramétricos conseguidos de los vuelos a 70 m y 90 m los cuales serán procesados con el apoyo de 7 puntos de control.

#### 5.2.1 Costo generado en levantamiento con dron

El costo generado por el levantamiento topográfico con dron incluye; alquiler de equipos, pago de personal que realiza el trabajo de campo con el dron, gastos en pasajes, comida y hospedaje ( ver tabla 5).

Tabla 5.  
Costo levantamiento topográfico con dron

	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Total	Tiempo en días
Lectura de puntos de Control	Unidad	7	70	490	2
Vuelos de 70 y 90 m	Ha	87	30	2610	2
Gastos Personales	Glb	1	600	600	2
			Gasto Total	3700	

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 Puntos de control obtenidos mediante Gps diferencial South

Para el estudio se tomó la lectura de 7 puntos de control (Ver tabla 6 ) mediante el GPS diferencial SOUTH los cuales servirán de apoyo para el procesamiento de los modelos fotogramétricos conseguidos de los vuelos a 70 m y 90 m.

Tabla 6.

Coordenadas x,y,z de los puntos de control obtenidos con GPS diferencial

<b>PUNTO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
PC01	533,430.5546	9,404,924.6164	16.943
PC02	533,501.9231	9,404,901.3914	15.152
PC03	533,754.5782	9,404,697.3842	15.361
PC04	533,255.3148	9,404,604.8619	14.573
PC05	533,375.1506	9,405,277.6128	16.987
PC06	532,990.7741	9,403,893.0650	14.275
PC07	533,053.7415	9,405,328.0616	16.753

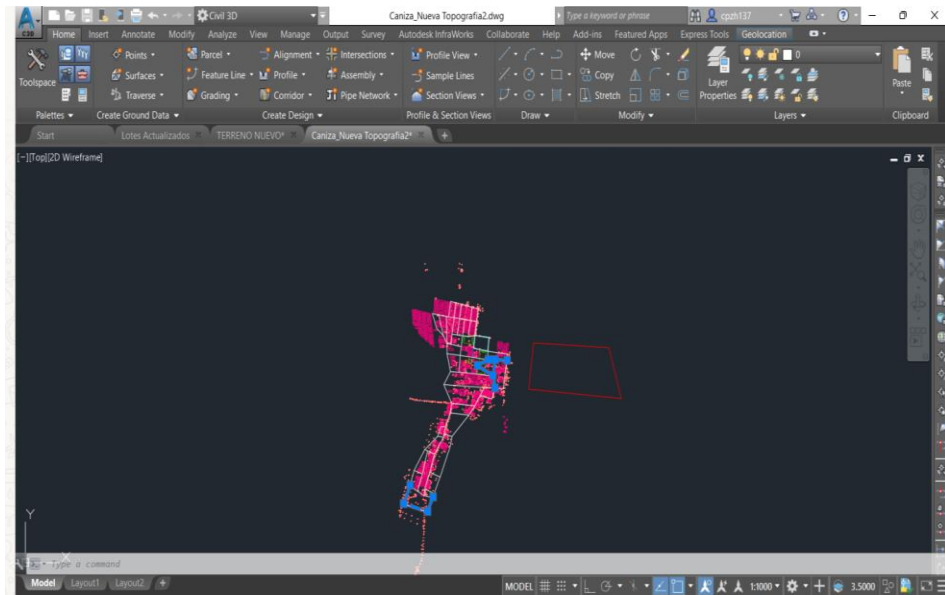
Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.3 Modelo 1, caso levantamiento topográfico con estación total

El levantamiento topográfico se realizó mediante el método de poligonal cerrada haciendo uso del punto geodésico de orden C georreferenciado GPS 02 (PC02), las coordenadas UTM en el Datum Horizontal WGS-84 Zona Sur obtenidas con el GPS navegador, luego se hizo vista atrás a otro punto AUX1 (PR-01), cuyas coordenadas también se obtuvieron con el GPS navegador, para obtener las otras estaciones.

El modelo levantamiento con Estación Total se hizo con el método de colección de datos por coordenadas, obteniendo ángulos horizontales, verticales, distancias inclinadas y altura de instrumento, así como también las coordenadas, obteniendo ángulos horizontales verticales, distancias inclinadas y la altura de instrumento, así como también las coordenadas Norte y Este.





*Figura 38.* Nube de puntos con estación total  
Fuente: Elaboración propia

En base al procesamiento nos permitirá correlacionar los puntos de control establecidos ya que ambos procedimientos tienen en común un punto geodésico establecido de Orden C (PC 02) (Ver Figura 39).

FICHA DE BMS 02			
NOMBRE GPS -02	CÓDIGO GPS-02	LOCALIDAD PIURA	ESTABLECIDA POR: .....
UBICACIÓN: C. P. VILLA CHATITO		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: DISCO DE BRONCE DE 7 CM DE DIAMETRO	
LATITUD (S) WGS-84 55°23'01.76983"	LONGITUD (W) WGS-84 W80°41'51.36033"	NORTE (N) WGS-84 9404901.4632m	ESTE (E) WGS-84 533501.9814 m
ALTURA ELIPSOIDAL 25.8993 m		ELEVACIÓN (EGM-08) 15.1521 m	ZONA UTM 17 SUR
PUNTO DE APOYO GPS 02			
CROQUIS TOPOGRÁFICO		IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA	
			
		IMAGEN DEL DISCO.	
			
DESCRIPCIÓN: El punto geodésico <b>GPS02</b> , se encuentra ubicado, en margen derecho de la vía SIN REFERENCIA, frente a local municipal. En el distrito de La Arena en la provincia de Piura y departamento Piura.			
DESCRITA POR:	REVISADO POR:	JEFE PROYECTO:	FECHA: ENERO 2022

Figura 39. Punto geodésico PC02  
Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.4 Modelo 2, vuelo de dron a 70m de altura

- a) Procesamiento de los datos fotogramétricos sin puntos de control usando Como georreferenciación las coordenadas que proporciona el dron gracias a la conectividad que tiene con los satélites



Figura 40. Ortofoto sin puntos de control  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.  
Número de imágenes y altitud media de vuelo

Número de imágenes:	1,576	Imágenes alineadas:	1,576
Altitud media de vuelo:	73 m	Puntos de paso:	978,083
Resolución en terreno:	3.12 cm/pix	Proyecciones:	5,155,499
Área cubierta:	1.06 km <sup>2</sup>	Error en reproyección:	1.54 pix

Fuente: Elaboración propia

Las imágenes obtenidas en las ortofotos sin georreferenciación no nos proporcionan un correcto posicionamiento tanto en planimetría como altimetría. La principal falla observada se evidenció al momento de generar el modelo digital de elevaciones (ver tabla 8), donde podemos observar cotas que no corresponden al tipo de topografía estudiada, lo

recomendable para un proyecto de saneamiento como el caso que abordamos, no es confiable este tipo de procesamiento sin el uso de puntos de control.

Tabla 8.  
Cotas obtenidas sin puntos de control

PUNTO	X	Y	Z
PC01	533,425.8126	9,404924.2976	-33.03
PC02	533,501.4236	9,404899.1721	-34.98
PC03	533,752.7314	9,404698.7247	-33.44
PC04	533,255.1572	9,404605.3232	-26.47
PC05	533,376.0631	9,405275.8979	-40.54
PC06	532,990.4490	9,403898.4458	-22.97
PC07	533,055.5651	9,405326.8588	-41.00

Fuente: Elaboración propia

b) Procesamiento de los datos fotogramétricos con puntos de control.

El modelo procesado con los puntos de control los cuales permiten georreferenciar el procesamiento y así nos brindara una mayor exactitud a la hora de la obtención de las ortofotos y el modelo digital de elevaciones, luego del análisis en el software ArcGis Pro del cual obtendremos las ubicaciones de dichos puntos de control con sus coordenadas x.y.z, donde observamos que la altimetría se aproxima la topografía estudiada y esto debido a la utilización de los puntos de control a la hora de la elaboración del modelo digital de elevaciones, (ver tabla 9)



Figura 41. Ortografía con la ubicación de los 7 puntos de control  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.  
Ubicación de los puntos de control en el ArcGIS Pro

PUNTO	X	Y	Z
PC01	533,430.5331	9,404,924.7755	16.96
PC02	533,501.9732	9,404,899.6588	15.10
PC03	533,759.6874	9,404,698.7103	15.45
PC04	533,255.1693	9,404,604.8619	15.87
PC05	533,375.2053	9,405,277.8191	17.56
PC06	532,990.6513	9,403,893.6757	13.86
PC07	533,053.5602	9,405,328.6044	16.55

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.5 Modelo 3, vuelo de dron a 90 m de altura

#### a) Procesamiento de los datos fotogramétricos sin puntos de control

Las imágenes obtenidas en las ortofotos sin georreferenciación (ver figura 42) no nos proporcionan un correcto posicionamiento tanto en

planimetría como altimetría. La principal falla observada se evidenció al momento de generar el modelo digital de elevaciones (ver tabla 10), donde podemos observar cotas que no corresponden al tipo de topografía estudiada, lo recomendable para un proyecto de saneamiento como el caso que abordamos, no es confiable este tipo de procesamiento sin el uso de puntos de control.



Figura 42. Ortofoto del vuelo de 90m sin puntos de control  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.

Número de imágenes y altitud media de vuelo Fuente: Elaboración propia

Número de imágenes:	781	Imágenes alineadas:	<b>781</b>
Altitud media de vuelo:	106 m	Puntos de paso:	731,841
Resolución en terreno:	3.64 cm/pix	Proyecciones:	2,666,624
Área cubierta:	1.21 km <sup>2</sup>	Error en reproyección:	1.55 pix

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.  
 Coordenadas de los puntos de control sin georreferenciación

<b>PUNTO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
PC01	533428.8493	9404925.3725	-2.00
PC02	533500.6711	9404900.3935	-4.65
PC03	533753.0662	9404700.2927	-5.43
PC04	533254.6417	9404605.7518	2.21
PC05	533374.1816	9405277.2832	-0.13
PC06	532989.3876	9403898.7982	16.21
PC07	533052.9817	9405327.6169	5.47

Fuente: Elaboración propia

b) Procesamiento de los datos fotogramétricos con puntos de control

El modelo procesado con los puntos de control los cuales permiten georreferenciar el procesamiento y así nos brindara una mayor exactitud a la hora de la obtención de las ortofotos y el modelo digital de elevaciones, luego del análisis en el software ArcGis Pro del cual obtendremos las ubicaciones de dichos puntos de control con sus coordenadas x.y.z, donde observamos que la altimetría se aproxima la topografía estudiada y esto debido a la utilización de los puntos de control a la hora de la elaboración del modelo digital de elevaciones, (ver tabla 12)



Figura 43. Ortografía de vuelo de 90 metros con puntos de control  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.  
Coordenadas de los puntos de control georreferenciadas

PUNTO	X	Y	Z
PC01	533430.3332	9404924.5938	14.92
PC02	533502.4332	9404899.6412	13.66
PC03	533755.7277	9404698.9623	16.81
PC04	533255.6746	9404603.7721	12.18
PC05	533375.1323	9405277.6728	18.88
PC06	532989.7094	9403894.3275	14.27
PC07	533052.7822	9405327.9860	17.59

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.6 Análisis de las coordenada con puntos de control y sin puntos de control

Con la obtención de las ortofotos procesadas y el modelo digital de elevaciones se realizó una comparativa entre procesamiento con puntos de control vs un procesamiento sin puntos de control con lo cual podemos evidenciar que un procesamiento sin puntos control muestra un desfase en cotas. (Ver tabla 13)



Tabla 13.  
Análisis de coordenadas

<b>Id</b>	<b>Imagen</b>	<b>CoordX</b>	<b>CoordY</b>	<b>CoordZ</b>	<b>Delta X</b>	<b>Delta Y</b>	<b>Delta Z</b>
1	Sin PTC	533425.81	9404906.30	-33.03			
1	con PTC	533430.53	9404901.34	16.96	-4.72	4.96	-16.07
2	Sin PTC	533501.42	9404899.17	-34.98			
2	con PTC	533501.97	9404901.44	15.10	-0.55	-2.27	-19.88
3	Sin PTC	533752.73	9404698.72	-33.44			
3	con PTC	533754.69	9404697.56	15.45	-1.96	1.16	-17.99
4	Sin PTC	533255.16	9404605.32	-26.47			
4	con PTC	533255.17	9404604.15	15.87	-0.01	1.17	-10.60
5	Sin PTC	533376.06	9405275.90	-40.54			
5	con PTC	533375.21	9405277.82	17.56	0.86	-1.92	-22.98
6	Sin PTC	532990.45	9403898.45	-22.97			
6	con PTC	532990.65	9403893.68	13.86	-0.20	4.77	-9.11
7	Sin PTC	533055.57	9405326.86	-41.00			
7	con PTC	533053.56	9405328.60	16.55	2.00	-1.75	-24.45

Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.7 Análisis del levantamiento con estación total vs modelo digital de elevaciones

- a) En el siguiente análisis del Sector 01 se podrá evidenciar las diferencias entre las cotas de un levantamiento convencional vs el modelo digital de elevaciones con puntos de control obtenidos de los vuelos de 70 y 90 metros. En el perfil mostrado vemos que la variación máxima entre los dos modelos no es mayor 0.974 m.



Figura 44. Sección 01- Perfil en a ArcGIS PRO ( vuelo 70 y 90 m)  
Fuente: Elaboración propia

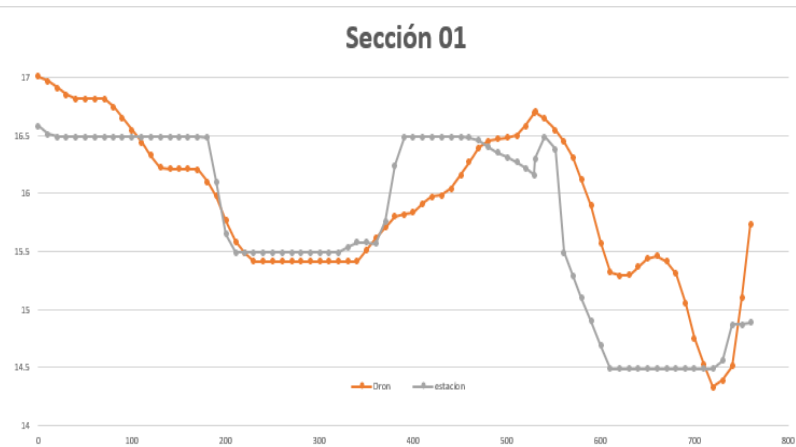


Figura 45. Análisis de la sección 01 con estación total y dron  
Fuente: Elaboración propia

- b) En el siguiente análisis del Sector 02 se podrá evidenciar las diferencias entre las cotas de un levantamiento convencional vs el modelo digital de elevaciones obtenido de los vuelos. Podemos observar que la variación máxima entre los dos modelos no es mayor 2.746 metros.

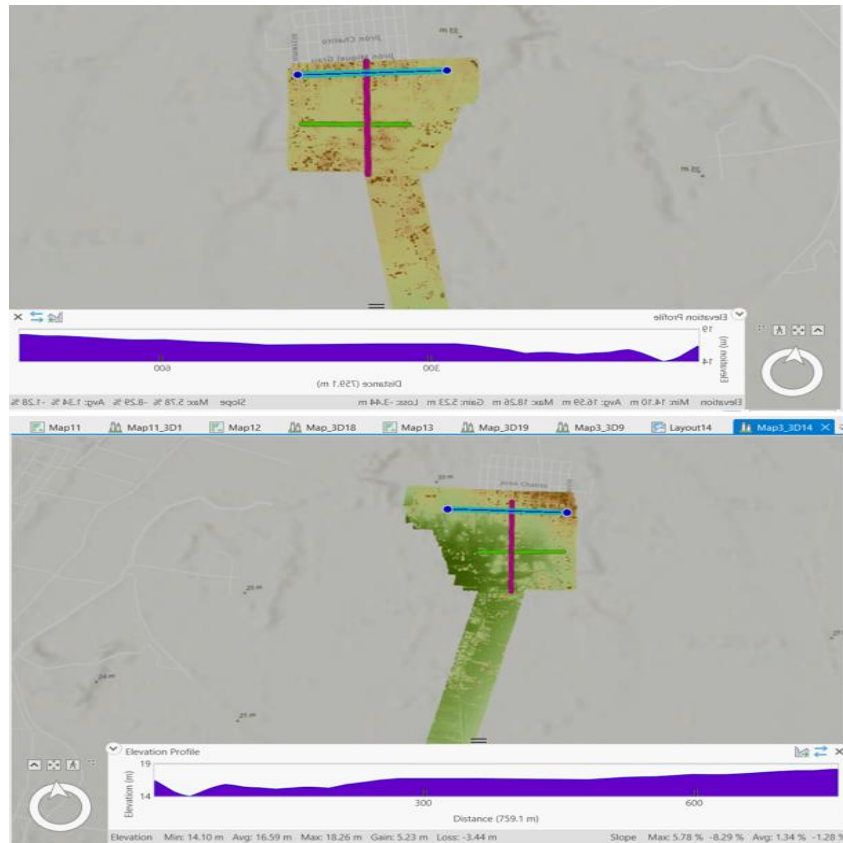


Figura 46. Sección 02- Perfil en ArcGIS PRO ( vuelo 70 y 90 m)  
Fuente: Elaboración propia

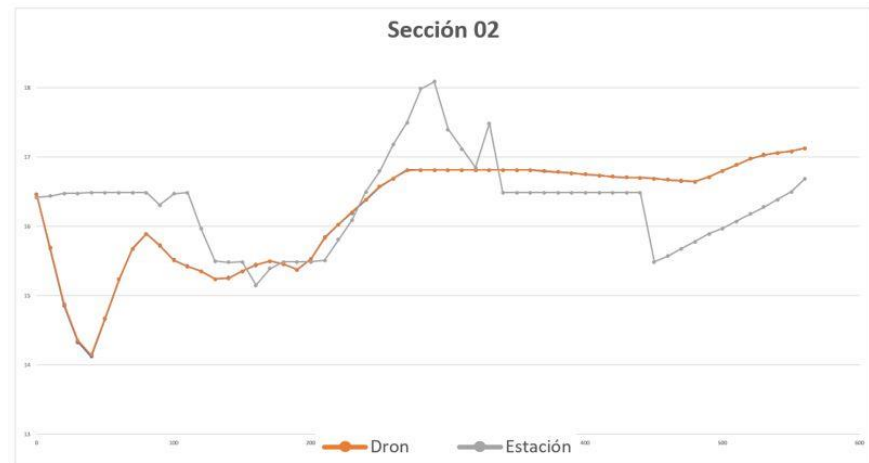


Figura. 47 Análisis de la Sección 02 con estación total vs dron  
Fuente: Elaboración propia

- c) En el siguiente análisis del Sector 03 se podrá evidenciar las diferencias entre las cotas de un levantamiento convencional vs el modelo digital de elevaciones, obtenido de los vuelos.
- En el perfil mostrado vemos que la variación máxima entre los dos modelos no es mayor 2.193 m.

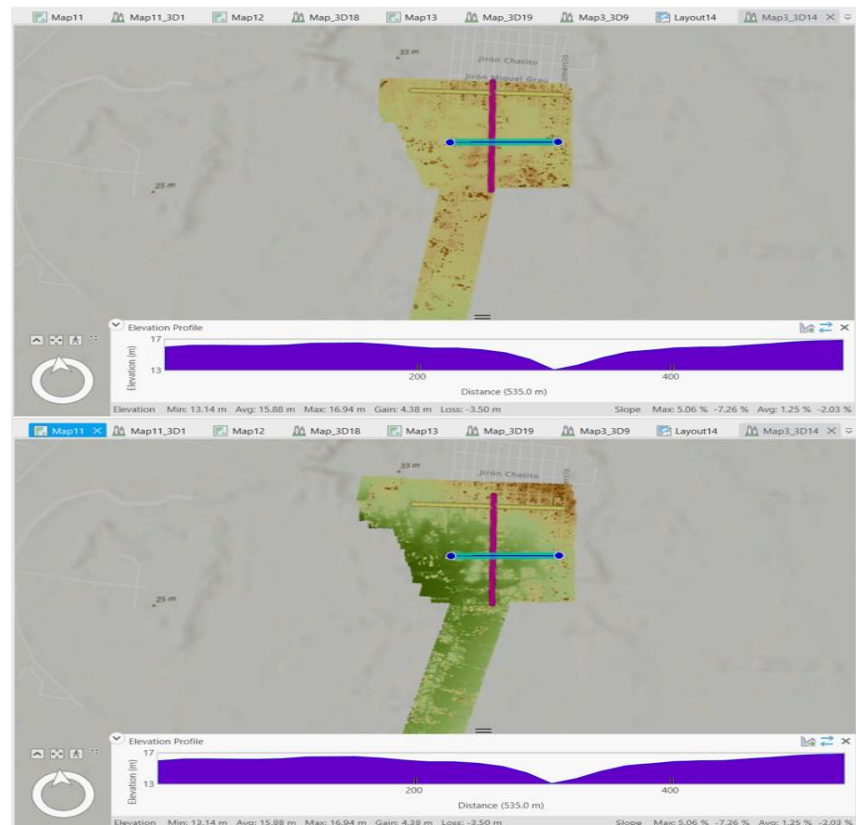


Figura 48. Sección 03- Perfil en ArcGIS ( vuelo 70 y 90 m)  
Fuente: Elaboración propia

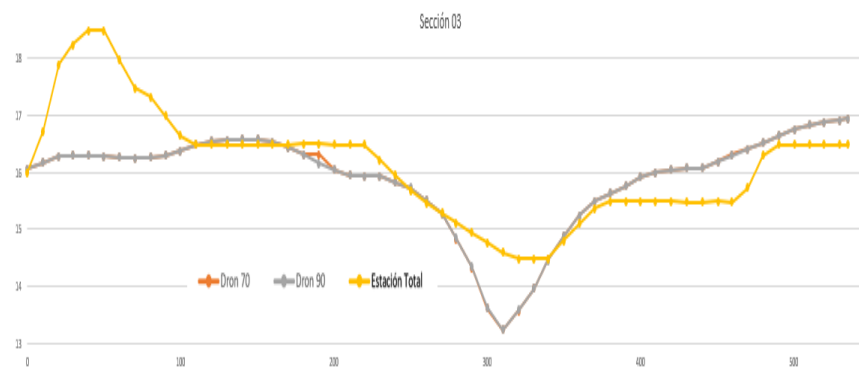


Figura 49. Análisis de la Sección 02 con estación total vs dron  
Fuente: Elaboración propia

## 5.2.8 Análisis de altimetría referente al alcantarillado del Centro Poblado Canizal Chico

### a) Vuelo 1 de 70 metros

El presente análisis se elaboró en base a la fotogrametría del vuelo con una altura de 70 metros, para este plan de vuelo se usaron tres puntos de control (PC01, PC02 y PC03).



Figura 50. Ortofoto vuelo1-70m, con tres puntos de control  
Fuente: Elaboración propia

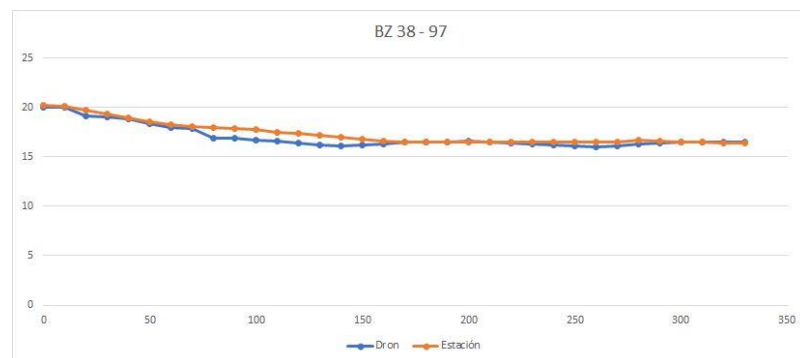


Figura 51. Perfil de línea de alcantarillado (Bz 38-97)  
Fuente: Elaboración propia

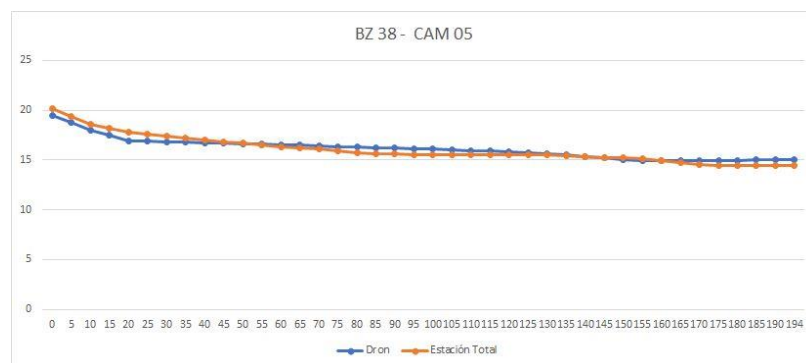


Figura 52. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 38 - Cámara de bombeo 05)  
Fuente: Elaboración propia

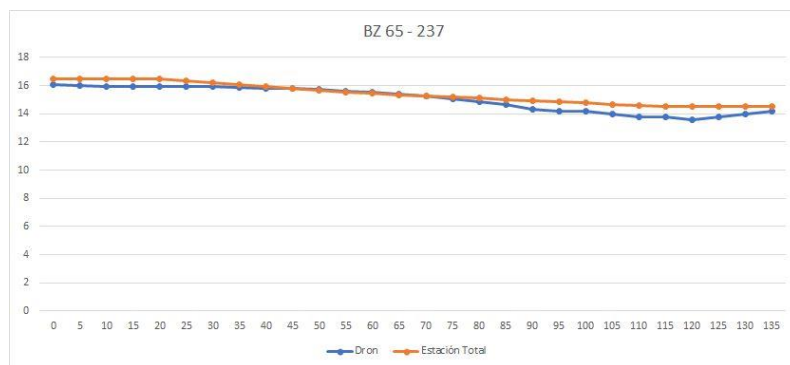


Figura 53. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 65-237)  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 14.  
Diferencia de las cotas de los buzones vuelo 70 m

Línea de Bzs	Valor mínimo (m)	Valor Máximo (m)
BZ 38 – BZ 97	1.02	0.014
BZ 38 – CAM 05	0.83	0.005
BZ 65 – BZ 237	0.88	0.027

Fuente: Elaboración propia

b) Vuelo 2 de 70 metros

El presente análisis se elaboró en base a la fotogrametría del vuelo con una altura de 70 metros, para este plan de vuelo se usaron dos puntos de control (PC05 y PC07)



Figura 54. Ortofoto vuelo2-70m, con dos puntos de control.  
Fuente: Elaboración propia

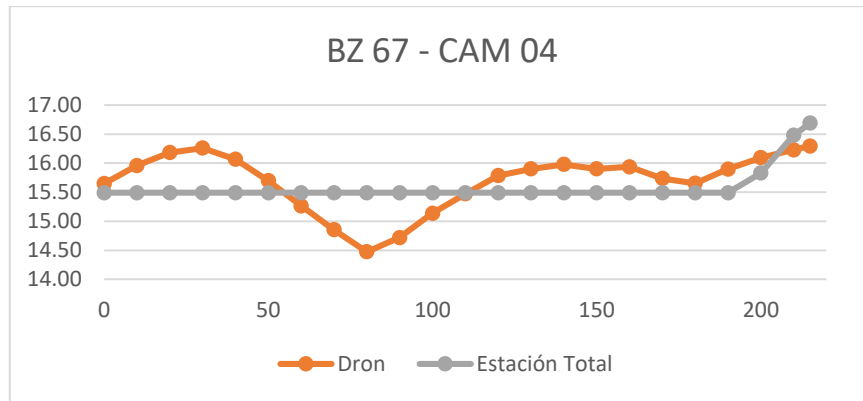


Figura 55. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 67-Cam 04)  
Fuente: Elaboración propia

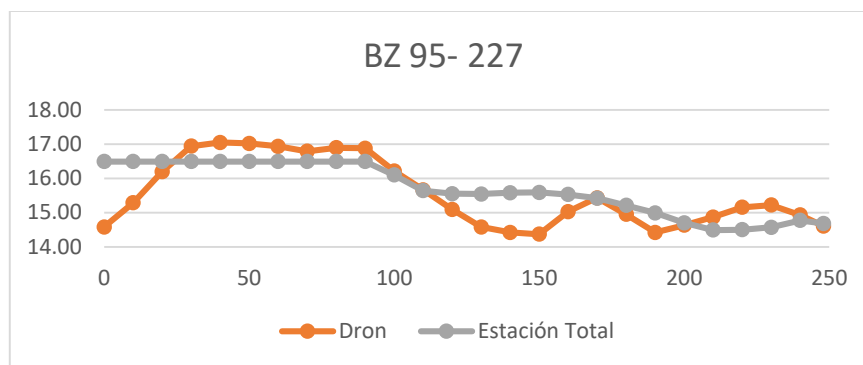


Figura 56. Perfil de línea de alcantarillado (Bz 95-227)  
Fuente: Elaboración propia

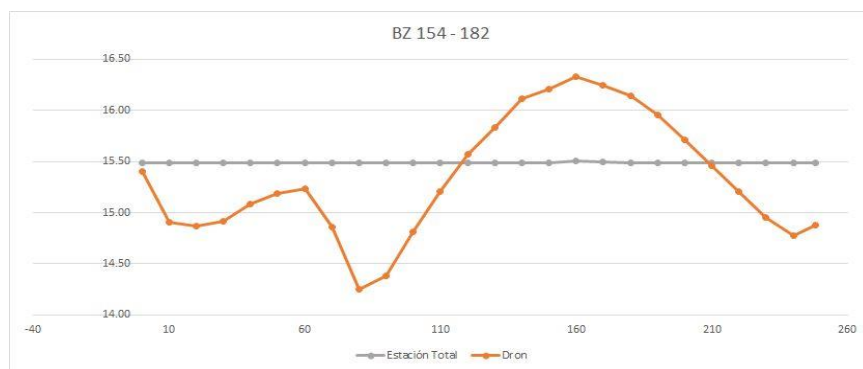


Figura 57. Perfil de línea de alcantarillado (Bz 154-182)  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 15.  
Diferencia de las cotas de los buzones vuelo 70 m

Línea de Bzs	Valor Máximo (m)	Valor Mínimo (m)
BZ 67 – CAM 04	1.02	0.01
BZ 95- BZ 277	1.91	0.02
BZ 154 – BZ 182	1.24	0.03

Fuente: Elaboración propia

c) Vuelo 3 de 70 metros

El presente análisis se elaboró en base a la fotogrametría del vuelo con una altura de 70 metros, para este plan de vuelo se usaron dos puntos de control (PC04 y PC06)



Figura 58. Ortofoto vuelo3 -70m, con dos puntos de control.  
Fuente: Elaboración propia



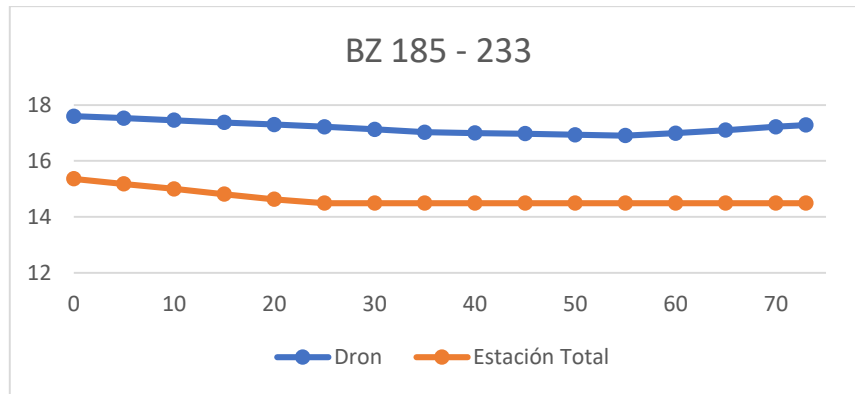


Figura 59. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 185-233)  
Fuente: Elaboración propia

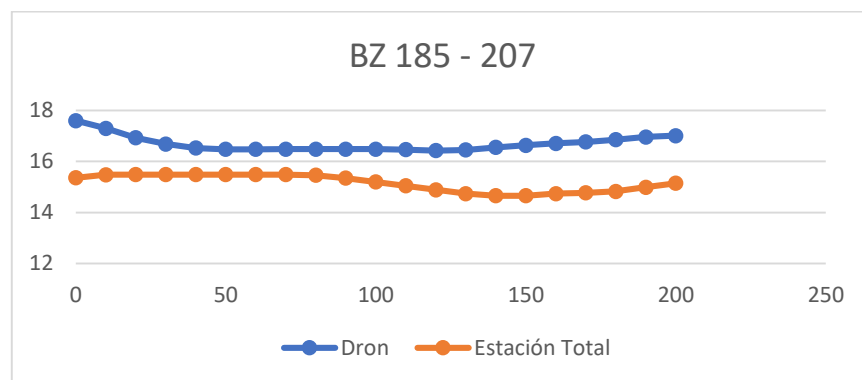


Figura 60. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 185-207)  
Fuente: Elaboración propia

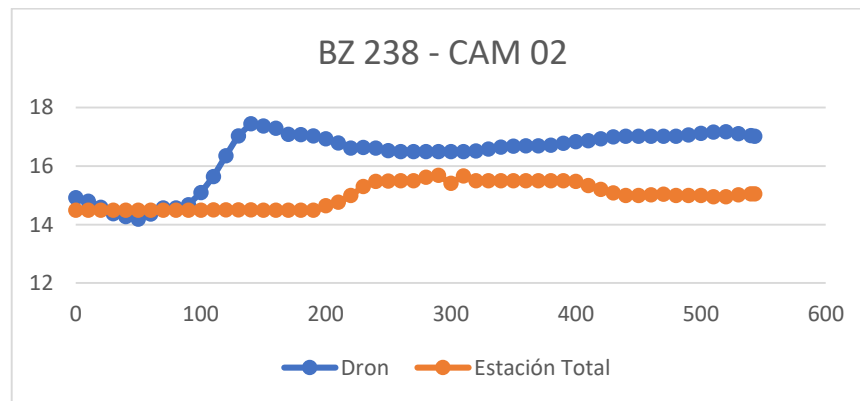


Figura 61. Perfil de línea de alcantarillado (Buzón 238-Cam 02)  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16.

Diferencia de las cotas de los buzones vuelo 70 m

Línea de Bzs	Valor mínimo (m)	Valor Máximo (m)
BZ 185 – BZ 233	2.19	2.24
BZ 185 – BZ 217	2.02	0.98
BZ 238 – CAM 02	2.28	0.06

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Discusión y Contrastación de hipótesis

#### 5.3.1 Discusión

El BM-02(GPS-02) el cual se encuentra monumentado y georreferenciado perteneciente al levantamiento topográfico con estación total, que posteriormente se llevó a un análisis de referencia con el dron, catalogando como PC-02, nos arrojó una coordenadas cuya diferencia son en coordenadas Este de 0.01m, en coordenadas Norte de 0.02m y en Elevación de 0.09m, lo cual nos permite tener una diferencia permisible para el análisis, pero aun así para el modelamiento con dron se debió colocar mayor cantidad de puntos de control y apoyo para una mejor calibración de dicho modelamiento ya que se puede verificar que existe una marcada diferencia en las cotas de la red de alcantarillado.

Tabla 17.

Cuadro de resumen de la diferencia del levantamiento topográfico con estación total y dron

	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	COORDENADA ELEVACIÓN
GPS-02 (LEVANTAMIENTO ESTACIÓN TOTAL)	533,501.98	9,404,901.46	15.186
PC-02 (LEVANTAMIENTO DRON)	533501.973	9404901.44	15.12

---

DIFERENCIA			
ESTACIÓN TOTAL	-	0.01	0.02
DRON			0.09

---

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Hipótesis 1

La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con estación total permitirá la ubicación de los puntos de control del centro poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.

H0: La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con estación total no permitirá la ubicación de los puntos de control del centro poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.

H1: La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con estación total si permitirá la ubicación de los puntos de control del centro poblado Canizal Chico, La Unión, Piura

Resultado: si permite porque es un trabajo realizado in situ y partimos de un punto geodésico de orden C, con la cual se puede verificar la correlación entre levantamiento con estación total y la colocación de los puntos de control con la que iniciamos el presente estudio. Por lo tanto se acepta la hipótesis alterna H1 “La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con estación total si permitirá la ubicación de los puntos de control del centro poblado Canizal Chico, La Unión, Piura”

5.3.3 Hipótesis 2

La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con dron permitirá la generación de ortofotos y el modelo digital de elevaciones del centro poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.

H0: La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con dron no permitirá la generación de ortofotos y el modelo digital de elevaciones del centro poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.

H1: La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con dron si permitirá la generación de ortofotos y el modelo digital de elevaciones del centro poblado Canizal Chico, La Unión, Piura

Resultado: Si permitirá la generación de ortofotos y del modelo digital de elevaciones ya que ambos procesos requieren tanto de la nube de puntos como la generación de mallas de la superficie del terreno, siempre y cuando respetemos dentro de nuestro proceso la correcta ubicación de los puntos de control. Por lo tanto se acepta la hipótesis alterna H1 “La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con dron si permitirá la generación de ortofotos y el modelo digital de elevaciones del centro poblado Canizal Chico, La Unión, Piura”

#### 5.3.4 Hipótesis 3

Los puntos de control permitirán establecer un sistema de calibración entre el levantamiento topográfico convencional y el levantamiento topográfico con dron.

H0: Los puntos de control no permitirán establecer un sistema de calibración entre el levantamiento topográfico convencional y el levantamiento topográfico con dron.

H1: Los puntos de control sí permitirán establecer un sistema de calibración entre el levantamiento topográfico convencional y el levantamiento topográfico con dron.

Resultado: Si permitirá ya que se ha partido de un punto geodésico de orden C y lo que evidenciamos en nuestro trabajo fue que en las coordenadas x e y, la diferencia es mínima, pero el aporte de la estación total referente a la altimetría es precisa, además permitirá complementarse entre los dos métodos de levantamiento topográfico ya que con el dron se puede realizar una actualización de las áreas tributarias de los lotes en menor tiempo. Por lo tanto se acepta la hipótesis H1 “Los puntos de control si permitirán establecer un sistema de calibración entre el levantamiento topográfico convencional y el levantamiento topográfico con dron”.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que el levantamiento topográfico georreferenciado con estación total, permite ubicar los puntos de control ya que se inicia de un punto georreferenciado de orden C, que es el PC02, encontrado diferencias en las cotas (ver tabla 17)
2. Se concluye que mediante la georreferenciación de los 7 puntos de control establecidos en campo y a la fotogrametría, se da inicio a la recolección de datos las cuales permitieron trabajar en gabinete para la generación de la nube de puntos y la malla, luego del proceso de gabinete se elaboraron las ortofotos y el modelo digital de elevaciones. En base a las ortofotos y el modelo digital de elevaciones se observa que existe una variación entre un procesamiento con puntos de control y sin puntos de control en las cotas. Debido a esto concluimos que para las obras de saneamiento, donde se requiere mayor precisión en altimetría usar los puntos de control georreferenciados los cuales permitirán un mejor resultado.
3. Se concluye que un levantamiento con imágenes de dron permite la actualización del catastro de la zona levantada y de esa manera se puede también actualizar el número de conexiones necesarias (ver anexo2).
4. Se concluyó que con el uso de los 7 puntos de control georreferenciados son una herramienta principal para la fotogrametría permitiendo establecer similitudes y diferencias entre el levantamiento topográfico convencional y el levantamiento con dron (ver tabla 17). Las diferencias más marcadas que se encontraron fue a la hora del análisis de la red de alcantarillado en la cual observamos un margen de error en altimetría (ver tablas 14,15 y 16).  
Mediante las ortofotos permitió la actualización del área tributaria de todo el centro poblado.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer una correcta demarcación en campo de los puntos de control para el uso del GPS diferencial, con un periodo aproximado de lectura de una hora y media y también cotejar que dichos puntos de control se encuentren en un área libre de interferencias, ya que en nuestro trabajo en campo se presentaron inconvenientes a la hora de la lectura de un punto de control por la cercanía de torres de mediana tensión.
2. Se recomienda colocar la mayor cantidad de puntos de control y puntos de apoyo para una correcta georreferenciación de la fotogrametría y así a la hora del procesamiento minimizar los errores de las coordenadas x,y,z. En esta tesis se utilizó 7 puntos de control debido a la restricción presupuestaria ya que en la práctica se observó que no fueron suficientes y el aporte sería recomendar el uso de unos 13 puntos de control y 5 puntos de apoyo en el proyecto, ya que con esta información se procedería a la actualización del área tributaria de los terrenos que está relacionado con el crecimiento poblacional de la zona.
3. Se recomienda verificar el correcto funcionamiento del equipo (dron) ya que un mal mantenimiento del mismo, puede reflejar un error en la toma de imágenes las cuales posteriormente generarían un error a la hora del procesamiento y/o análisis de las mismas, en el caso de saneamiento no son permisibles debido al nivel de inversión que significa dicho error.
4. Se recomienda el uso de los vuelos de dron para actualizar el catastro, lo cual es muy importante a la hora de realizar proyectos de saneamiento y así poder tener una correcta ubicación de los lotes ya que esto va de acuerdo al crecimiento poblacional de la zona

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anónimo. (12 de Noviembre de 2015). *Topoequipos S.A.* Obtenido de Topoequipos S.A.:  
<http://www.topoequipos.com/dem/quees/>
- Anónimo. (06 de Diciembre de 2017). *RcTecnic*. Obtenido de RcTecnic:  
[https://www.rctecnic.com/blog/86\\_que-es-uav.html](https://www.rctecnic.com/blog/86_que-es-uav.html)
- Ayala, V. M. (2018). *Valuación de levantamientos topográficos con dron (dji phantom 4 pro) y estación total, quebrada Señor de Quinuapata del distrito de Ayacucho, Perú 2018*. [Tesis]. Trujillo: Universidad de Trujillo.
- Bannister, A., Raymond, S., & Baker, R. (2002). *Técnicas Modernas en Topografía*. México, México: Alfaomega.
- Diego, J. (2021). *Evaluación del costo y confiabilidad de fotogrametría con drones en centro poblado imperial Huancavelica - 2021*. Tesis. Lima, Perú.
- Dronespan.pro. (2014). *Ventajas de la fotogrametría*. Obtenido de Ventajas de la fotogrametría.
- Fernández, G. & Gil, D. (2012). *Topografía y Geomática Básicas en Ingeniería*. Madrid, España: Bellisco Ediciones.
- Fotogrametría, P. D. (7 de agosto de 2018). *Etapas de la Fotogrametría*. Obtenido de Etapas de la Fotogrametría: <https://www.timetoast.com/timelines/etapas-de-la-fotogrametria>
- Franquet, J. M., & Querol, A. (2010). *NIVELACIÓN DE TERRENOS POR REGRESIÓN TRIDIMENSIONAL*. Tortosa: Cooperativa Gráfica Dertosense.
- García, M. (2005). *El Topógrafo Descalzo*. México, México: Editorial Pax México.
- Gómez, F. (4 de Enero de 2017). *Proyectos y mediciones Topográficas S.L.* Obtenido de PYMET: <https://www.pymet.es/levantamiento-topografico/>
- González, M. (27 de Junio de 2017). *Wondershare*. Obtenido de Wondershare: <https://filmora.wondershare.com/es/drones/what-is-drone-how-does-it-work.html>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F., México: Mc Graw Hill.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1999). *Modelos Digitales de Elevación Escala 1:50 000*. 22.



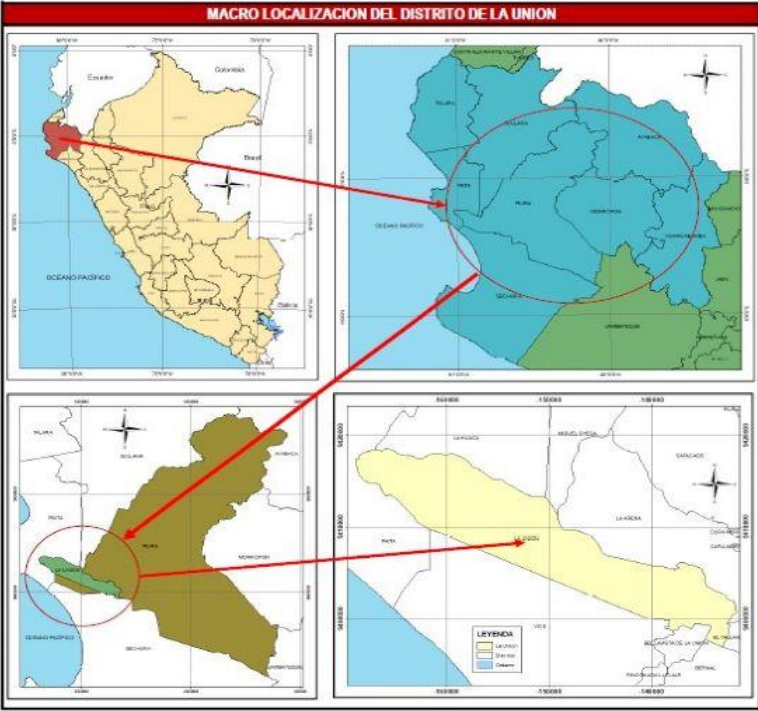
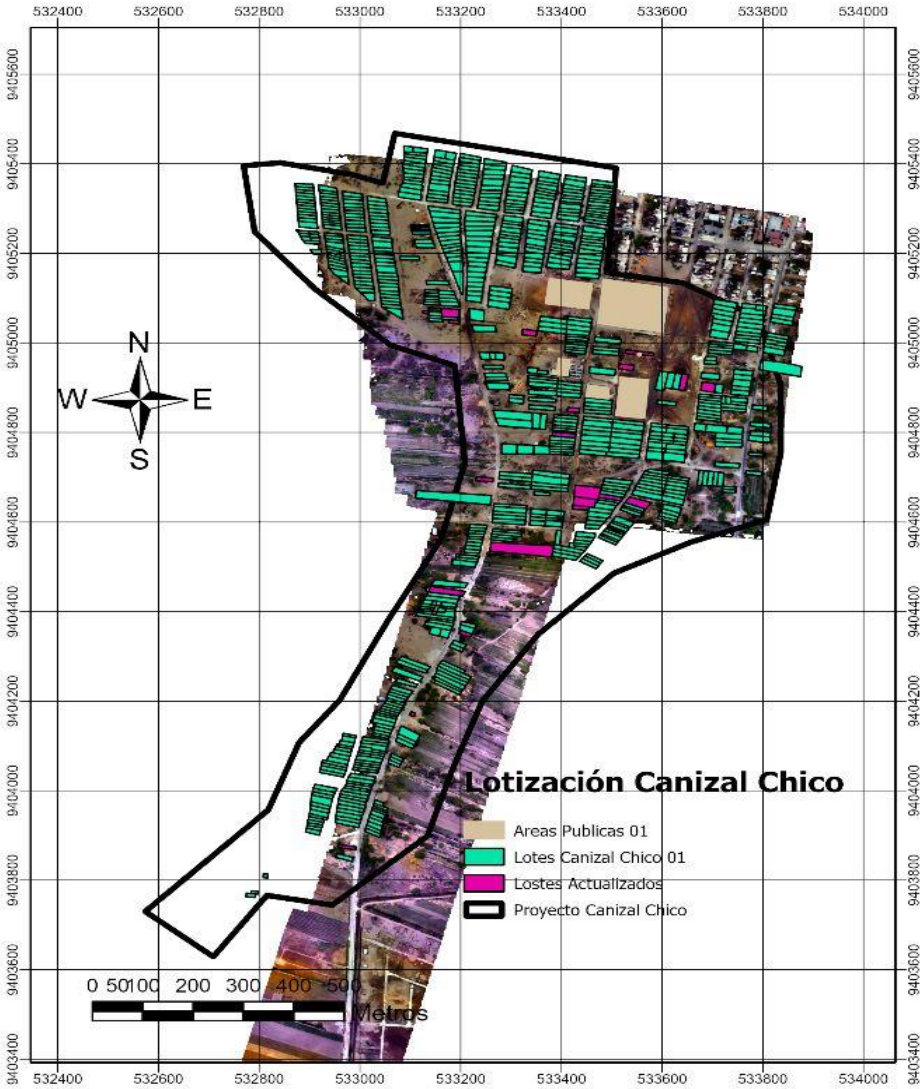
- Leiva, S., & Niño de Guzmán, J. (2021). *Evaluación comparativa de la precisión en levantamientos topográficos efectuados mediante Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) a 50 metros de altura y el método tradicional en la carreteo ABRA CCORAO-CCORAO*. Tesis. Cuzco, Perú.
- Martínez, R., Marchamalo, M., & Velilla, L. (2011). *Topografía Aplicada*. Madrid, España: Bellisco Ediciones.
- McCormac, J. (2007). *Topografía*. Ciudad de México, México: Limusa Wiley.
- Mendoza, D. (2008). *Topografía Técnicas Modernas*. Lima: Lima: Sol de Oro.
- Monte de Oca, M. (2004). *Topografía*. México D.F.: Alfaomega.
- Narváez, E., & Llontop, L. (2007). *Manual de Topografía General*. Lima, Peru: Ciencias.
- Pérez, P. (2010). *Topografía*. Medellín, Colombia: ITM.
- Tacca Q., H. (2015). *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional*. Puno, Tesis: Universidad Nacional del Altiplano.
- Ticona, N., & Turpo, V. (2021). *Análisis comparativo de levantamiento topográfico convencional y fotogramétrico de la red de distribución de agua potable en el distrito de Taraco – Huancané – Puno*. Tesis. Juliaca, Perú.
- Torres, A., & Villate, E. (1961). *Topografía*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería .
- Vásquez, A. (2009). *Estación Total*. Colombia: GEOBAX.
- Wolf, P., & Ghilani, C. (2016). *Topografía*. Ciudad de México, México: Alfaomega.
- Xatakacencia. (12 de marzo de 2009). *Fundamentos Básicos de Fotogrametría*.  
<http://www.iberoptics.com/es/content/fundamentosbasicos->

# ANEXOS

## Anexo 1: Matriz de Consistencia

<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL PARA LA CALIBRACIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON CASO SANEAMIENTO BASICO DEL NORESTE DEL DISTRITO DE LA UNIÓN - PIURA</b>						
<b>TÍTULO</b>	<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>
	¿Cómo elaborar el levantamiento topográfico con estación total para la calibración de productos obtenidos con dron, caso saneamiento básico del Centro Poblado Canizal Chico, La Union, Piura?	Realizar levantamiento topográfico con estación total para la calibración de productos obtenidos con dron, caso saneamiento básico del Centro Poblado Canizal Chico, La Union, Piura	El levantamiento topográfico con estación total permitirá la calibración de los productos obtenidos con dron.	Levantamiento topográfico con estación total para la calibración de los productos obtenidos con dron.	Topografía del terreno con estación total  Topografía del terreno con dron  Certificado de calibración del GPS Diferencial South	Establecer los puntos georreferenciados  Actualización del area tributaria de los lotes  VIGENCIA DEL CERTIFICADO
	<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> a) ¿Cómo elaborar el levantamiento topográfico georreferenciado con estación total para la ubicación de los puntos de control del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura? b) ¿Cómo elaborar el levantamiento topográfico georreferenciado con dron para la generación de ortofotos y el modelo digital de elevaciones del Centro Poblado Canizal Chico, La Union, Piura? c) ¿Cómo establecer mediante los puntos de control un sistema de calibración entre levantamiento topográfico convencional y el levantamiento topográfico con dron?	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> a) Establecer un levantamiento topográfico georreferenciado con estación total para la ubicación de los puntos de control del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura. b) Establecer un levantamiento topográfico georreferenciado con dron para la generación de ortofotos y el modelo digital de elevaciones del Centro Poblado Canizal Chico, La Union, Piura c) Realizar mediante los puntos de control un sistema de calibración entre levantamiento topográfico convencional y el levantamiento topográfico con dron.	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b> a) La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con estación total permitirá la ubicación de los puntos de control del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura. b) La elaboración de un levantamiento topográfico georreferenciado con dron permitirá la generación de ortofotos y el modelo digital de elevaciones del Centro Poblado Canizal Chico, La Union, Piura c) Los puntos de control permitirán establecer un sistema de calibración entre levantamiento topográfico convencional y el levantamiento topográfico con dron.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>      Saneamiento básico del Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura.	<b>DIMENSIÓN</b>      PLANO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL  PLANO TOPOGRAFICO CON DRONE  CORRELACION DE PLANOS TOPOGRAFICOS CON ESTACION TOTAL Y DRONE	<b>INDICADOR</b>      CRUVAS DE NIVEL  CURVAS DE NIVEL  COEFICIENTE DE CORRELACION

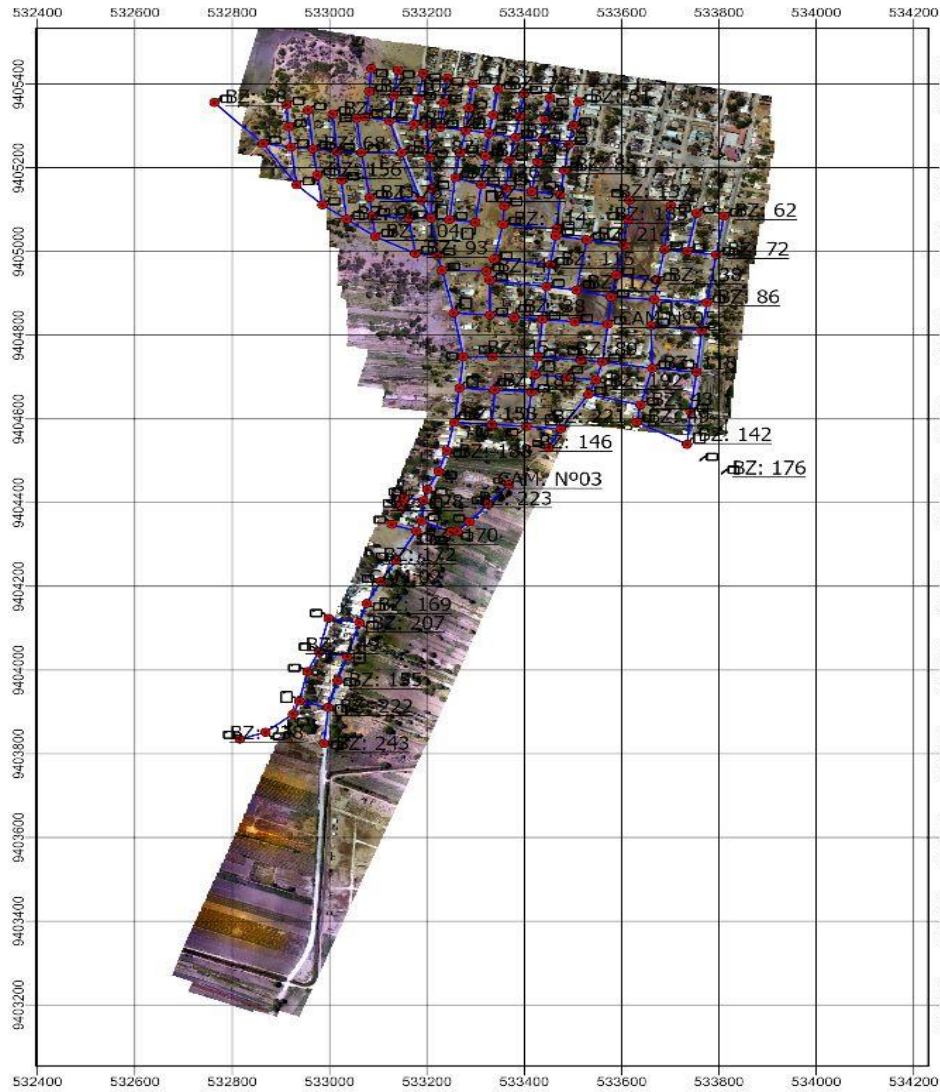
Anexo 2: Lotización Canizal Chico



**MAPA DE USO - C.P. Canizal Chico**

Elaboración:	Gred Milko Medrano Sullca	Revisión:	PhD. Miguel Estrada M.	Localización:
	Carlo Pool Zeñiga Hurtado	Daum:	WGS 84	
Fecha:	19/10/2022	Zona:	17 Sur	La Unión

## Anexo 2: Red de Sistema de alcantarillado Canizal Chico



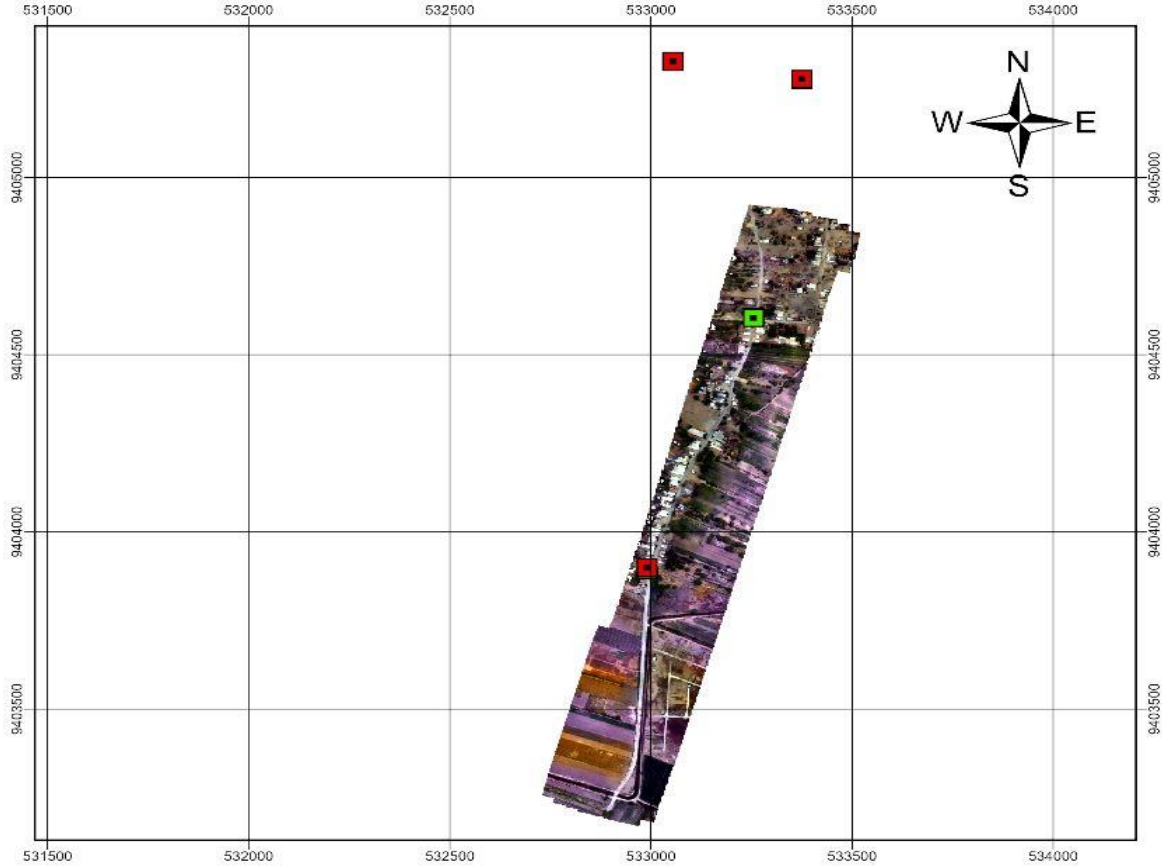
**Legend**

- anotado alcantarillas- Annotation
- alcantarillas
- nube

Red de Sistema de Alcantarillado - Canizal Chico				
Elaboración:	Gred Milko Medrano Solica	Revisión:	PhD. Miguel Estrada M.	Localización: <b>La Unión</b>
	Carlo Pool Zufiga Hurtado	Datum:	WGS 84	
Fecha:	19/10/2022	Zona:	17 Sur	



Anexo 3: Puntos de control vuelo 3- 70 metros



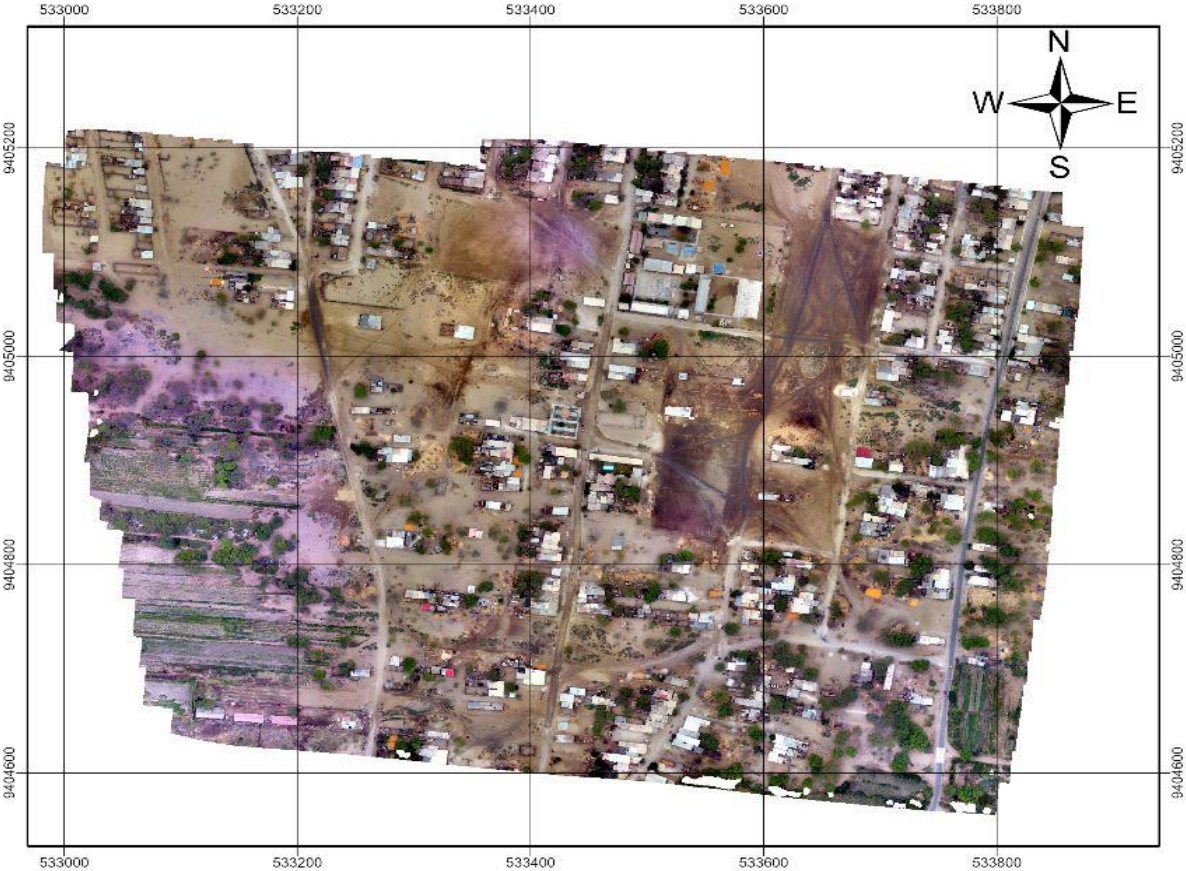
Punto de Control 04



Punto de Control 06

Puntos de Control Vuelo 3 - 70 m			
Elaboración:	Gred Milko Medrano Solica Carlo Pool Zuñiga Hurtado	Revisión:	PhD. Miguel Estrada M.
Fecha:	19/10/2022	Datum:	WGS 84
		Zona:	17 Sur
			Localización: La Unión

Anexo 4: Puntos de control vuelo 1- 70 metros



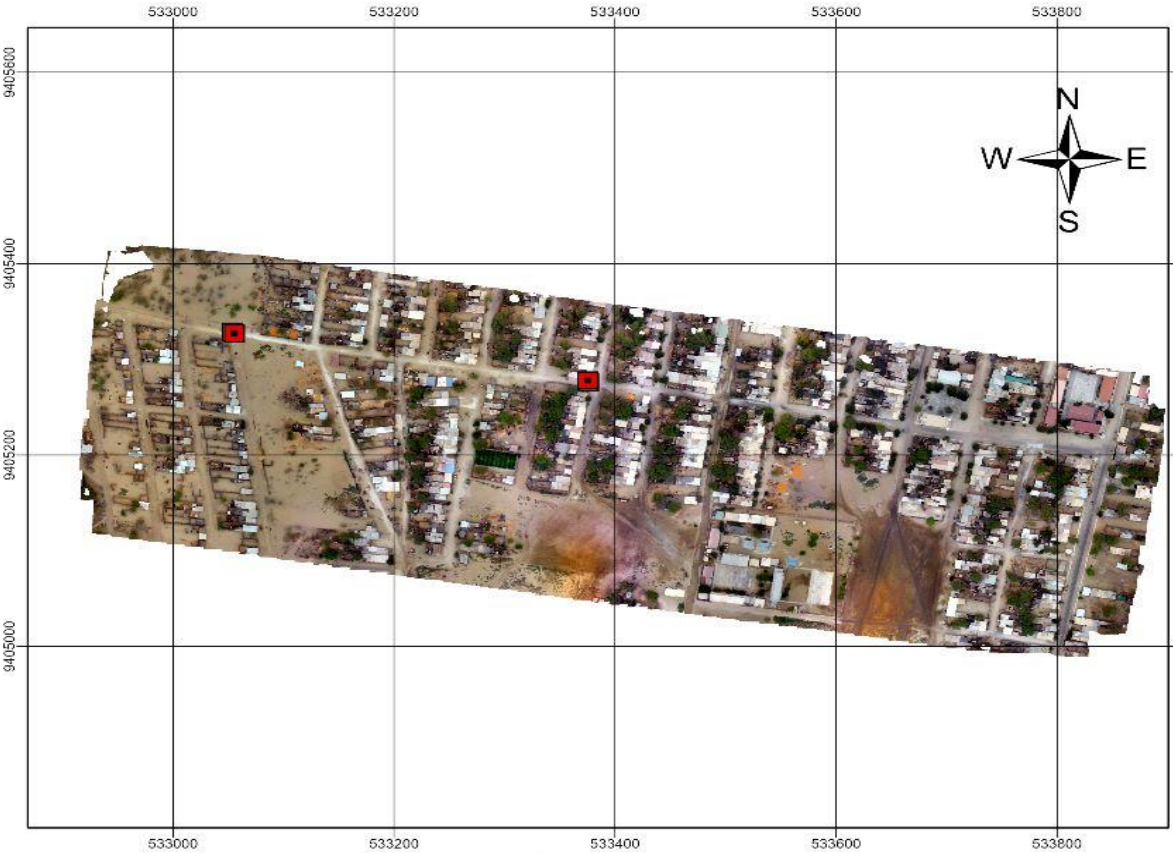
Punto de Control 03

**Comparativa**

V1.tif  
 RGB  
 Red: Band\_1  
 Green: Band\_2  
 Blue: Band\_3

Puntos de Control Vuelo 1-70 m			
Elaboración:	Geod Milko Medrano Solka Carlo Pool Zuñiga Hurtado	Revisión:	PhD. Mignel Estrada M.
Fecha:	19/10/2022	Datum:	WGS 84
		Zona:	17 Sur
			Localización: La Unión

Anexo 5: Puntos de control vuelo 2-70metros

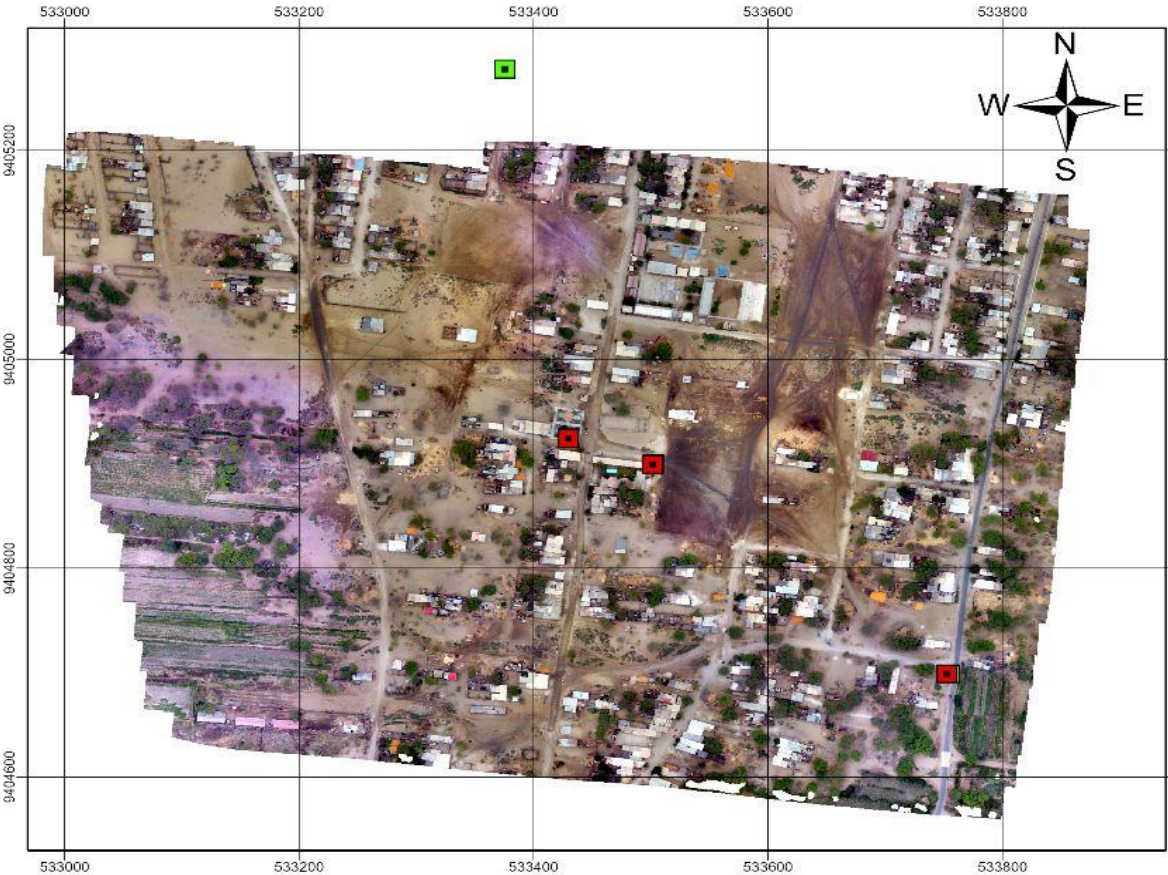


Comparativa	
Puntos de Comparación 70 m Imagen	
<span style="color: green;">■</span>	Con PTC
<span style="color: red;">■</span>	Sin PTC

Puntos de Control Vuelo 2 - 70 m			
Elaboración:	Gred Milko Medrano Sollecá	Revisión:	PhD. Miguel Estrada M.
	Carlo Pool Zuñiga Hurtado	Datum:	WGS 84
Fecha:	19.10.2022	Zona:	17 Sur
			Localización: La Unión



Anexo 6: Puntos de control vuelo 1 - 70



Punto de Control 01



Punto de Control 02

Comparativa	
Puntos de Control 70 mts	
Imagen	
	Sin PTC
	con PTC

Puntos de Control Vuelo 1-70 m				
Elaboración:	Gred Milko Medrano Sotoca	Revisión:	PhD. Miguel Estrada M.	Localización:  La Unión
	Carlo Pool Zuñiga Hurtado	Datum:	WGS 84	
Fecha:	19/10/2022	Zona:	17 Sur	



## Anexo 8: Certificado de Operatividad



### CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

**N° 002 281**

Lince, 20 de Junio del 2022

#### **Certificado de Operatividad**

Nombre del Cliente:	COINMISA	N° Certificado:	002 281
RUC:	20515020277	Fecha de Certificado:	20/06/2022
Equipo:	GNSS RECEIVER	Fecha de Vencimiento:	20/06/2023
Marca:	SOUTH G1	Revisión:	5.0
Número de Serie:	S8258A117276321WHN		

TOPLAB SAC. Certifica que el equipo descrito arriba cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.  
Además, TOPLAB SAC; certifica que el instrumento identificado arriba ha sido verificado en concordancia con los procedimientos de verificación establecidas por el fabricante.  
En las pruebas efectuadas en Tiempo Real, los equipos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

#### **CUADRO DE PRECISIÓN INDICADAS POR EL FABRICANTE:**

POST PROCESO		RTK	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
2.5 mm + 0.1 ppm RMS	3.5 mm + 0.4 ppm RMS	5.0 mm + 0.5 ppm	15 mm + 0.5 ppm

Este certificado no atribuye al equipo otras características que las indicadas por los datos aquí contenidos. Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectúan las mediciones. Se garantiza la trazabilidad a los patrones nacionales. No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización expresa para ello.

Este certificado no atribuye al equipo otras características que las indicadas por los datos aquí contenidos. Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectúan las mediciones. Se garantiza la trazabilidad a los patrones nacionales. No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización expresa para ello.

TOPOGRAPHY LABORATORY PERU S.A.C.  
  
BRAYAN CÁCERES CALDERÓN  
GERENTE

**Brayan Cáceres C.**

Gerente

TOPOGRAPHY LABORATORY PERU S.A.C.

[toplabperu@gmail.com](mailto:toplabperu@gmail.com) / [administracion@toplab.com.pe](mailto:administracion@toplab.com.pe)

Jirón Pablo Bermúdez N° 214 oficina 601-A - Jesús María

Tlf: 95 3796641 [www.toplab.com.pe](http://www.toplab.com.pe)

HORARIO DE ATENCIÓN:  
LUNES A VIERNES 08:30 AM. A 06:00 PM. SÁBADO 09:00 AM. A 01:00 PM.

OFICINA: JIRÓN PABLO BERMÚDEZ N°214 OF. 601-A – JESÚS MARÍA  
CEL: 953 796 641 | E-Mail: [administracion@toplab.com.pe](mailto:administracion@toplab.com.pe)  
[WWW.TOPLAB.COM.PE](http://WWW.TOPLAB.COM.PE)



**MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE LA UNION**  
"Corazón del Bajo Piura"  
**LA UNION - PIURA**

La Unión, 26 de octubre del 2022

Yo, FERNANDO IPANAQUE MENDOZA, Alcalde de la Municipalidad Distrital de la Unión, identificado con DNI 02730000, por medio de la presente, autorizo a los Sres. GRED MILKO MEDRANO SULLCA y CARLO POOL ZUÑIGA HURTADO a fin de que puedan utilizar los datos, figuras o fotografías de la Municipalidad Distrital de la Unión para la elaboración de su tesis.

Sin otro particular, me despido

Atentamente,



# Agisoft Metashape

Informe de procesamiento  
20 September 2022



## Datos del levantamiento

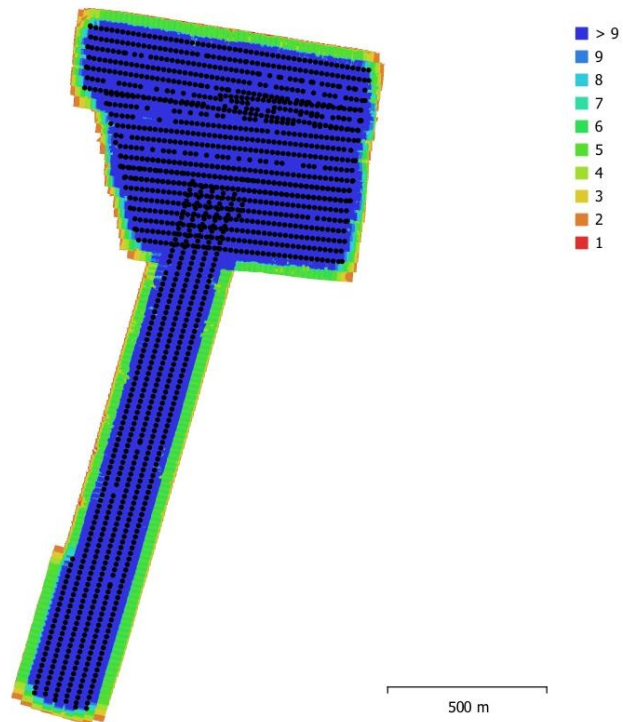


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 1,576	Imágenes alineadas: 1,576
Altitud media de vuelo: 91.4 m	Puntos de paso: 978,690
Resolución en terreno: 3.14 cm/pix	Proyecciones: 5,158,952
Área cubierta: 1.07 km <sup>2</sup>	Error de reproyección: 1.54 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC330 (3.61mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

## Calibración de cámara

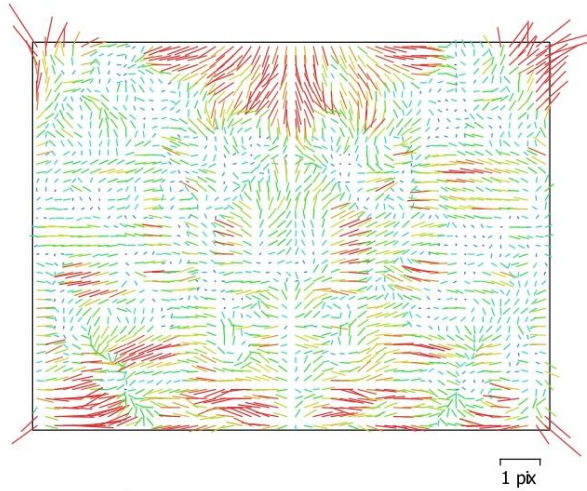


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC330 (3.61mm).

### FC330 (3.61mm)

1576 imágenes

Tipo  
**Cuadro**

Resolución  
**4000 x 3000**

Distancia focal  
**3.61 mm**

Tamaño de píxel  
**1.56 x 1.56 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>2605.09</b>	0.86	1.00	0.05	-0.67	-0.30	0.39	0.35	-0.09	-0.13
<b>Cx</b>	<b>12.0273</b>	0.034		1.00	-0.02	-0.02	0.03	0.01	0.32	-0.00
<b>Cy</b>	<b>-27.3395</b>	0.041			1.00	0.21	-0.27	-0.22	0.06	0.28
<b>K1</b>	<b>-0.0111242</b>	2.4e-05				1.00	-0.87	0.63	0.03	-0.03
<b>K2</b>	<b>0.0164232</b>	5.9e-05					1.00	-0.71	-0.03	-0.05
<b>K3</b>	<b>0.00872395</b>	4.6e-05						1.00	-0.03	-0.04
<b>P1</b>	<b>-0.000361754</b>	1.5e-06							1.00	0.01
<b>P2</b>	<b>-0.000233437</b>	1.2e-06								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.



## Puntos de control terrestre

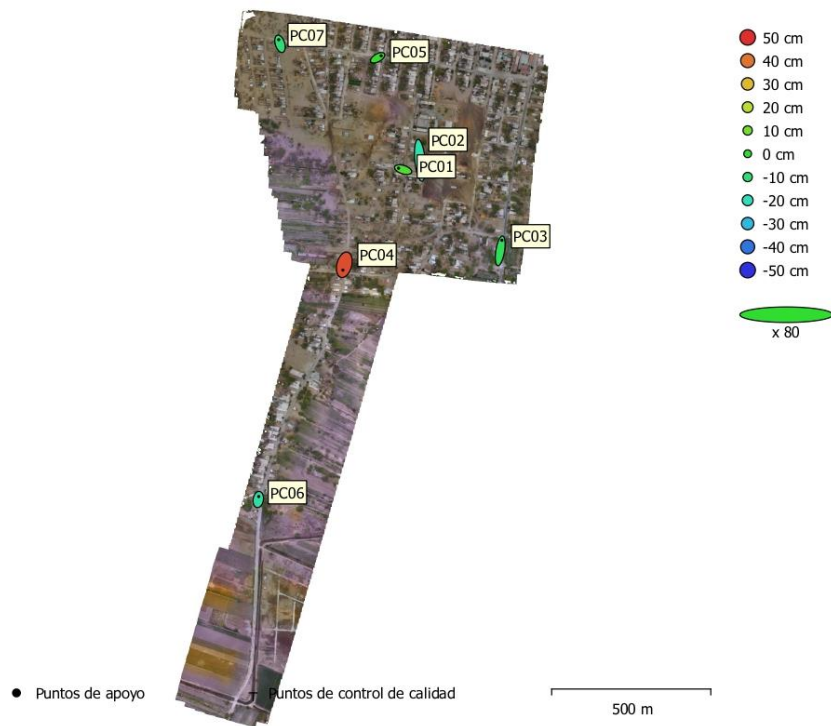


Fig. 3. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.  
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
7	19.1443	60.7173	20.2019	63.6639	66.7923

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Anexo 14: Puntos de control terrestre

<b>Nombre</b>	<b>Error en X (cm)</b>	<b>Error en Y (cm)</b>	<b>Error en Z (cm)</b>	<b>Total (cm)</b>	<b>Imagen (pix)</b>
PC01	-35.4032	11.228	4.31665	37.391	4.013 (30)
PC02	11.5946	-123.273	-17.6287	125.066	14.268 (28)
PC03	13.471	82.935	-5.9982	84.2358	14.916 (18)
PC04	-10.9417	-42.1234	45.8928	63.2476	26.994 (14)
PC05	27.6369	15.6032	0.499131	31.7412	6.133 (16)
PC06	3.62238	23.3267	-16.5679	28.8401	16.319 (10)
PC07	-9.97984	32.3039	-10.5139	35.4074	8.329 (17)
<b>Total</b>	<b>19.1443</b>	<b>60.7173</b>	<b>20.2019</b>	<b>66.7923</b>	<b>13.664</b>

Tabla 4. Puntos de apoyo.  
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

## Modelo digital de elevaciones

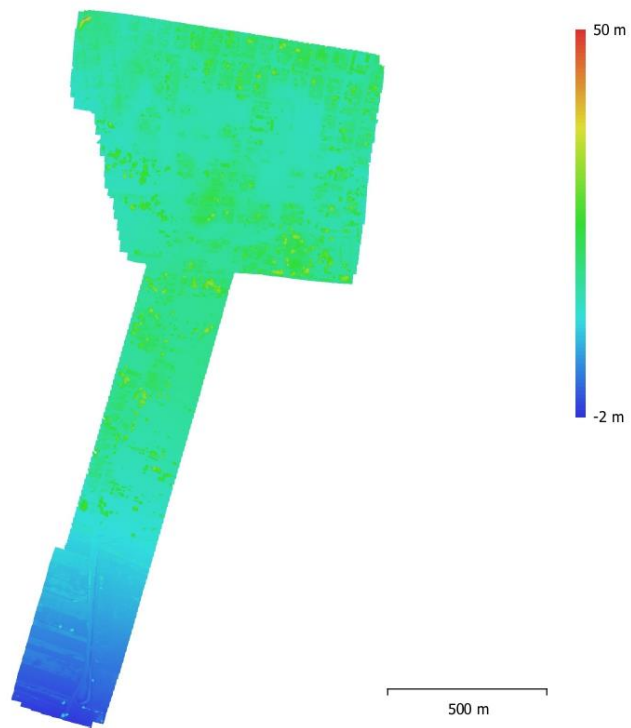


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 12.5 cm/pix  
Densidad de puntos: 63.5 puntos/m<sup>2</sup>



## Parámetros de procesamiento

<b>Generales</b>	
Cámaras	1576
Cámaras orientadas	1576
Marcadores	7
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
<b>Nube de puntos</b>	
Puntos	978,690 de 1,128,588
RMS error de reproyección	0.176537 (1.54232 pix)
Error de reproyección máximo	0.535049 (50.6161 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	7.77166 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	5.87219
<b>Parámetros de orientación</b>	
Precisión	Media
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Excluir puntos de paso inmóviles	Sí
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	4 minutos 22 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	3.15 GB
Tiempo de orientación	21 minutos 47 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	965.66 MB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	126.96 MB
<b>Mapas de profundidad</b>	
Número	1576
<b>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</b>	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	29 minutos 27 segundos
Tamaño de archivo	1.89 GB
<b>Nube de puntos densa</b>	
Puntos	87,524,584
Colores de puntos	3 bandas, uint8
<b>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</b>	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	29 minutos 27 segundos
<b>Parámetros de generación de la nube densa</b>	
Tiempo de procesamiento	47 minutos 45 segundos
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	1.12 GB
<b>Modelo</b>	
Caras	17,349,115
Vértices	8,686,595

## Anexo 17: Parámetros de procesamiento del vuelo de 70 m

Colores de vértices	3 bandas, uint8
<b>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</b>	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	29 minutos 27 segundos
<b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Tipo de superficie	Bajorrelevé / terreno
Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	4 minutos 3 segundos
Uso de memoria	3.15 GB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	397.27 MB
<b>Ortomosaico</b>	
Tamaño	37,325 x 71,877
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)
Colores	3 bandas, uint8
<b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	Malla
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	46 minutos 56 segundos
Uso de memoria	3.79 GB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	14.85 GB
<b>Sistema</b>	
Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	1.7.3 build 12115
OS	Windows 64 bit
RAM	15.37 GB
CPU	AMD Ryzen 7 4800H with Radeon Graphics
GPU(s)	NVIDIA GeForce GTX 1650 Ti

# Agisoft Metashape

Informe de procesamiento  
20 September 2022



## Datos del levantamiento

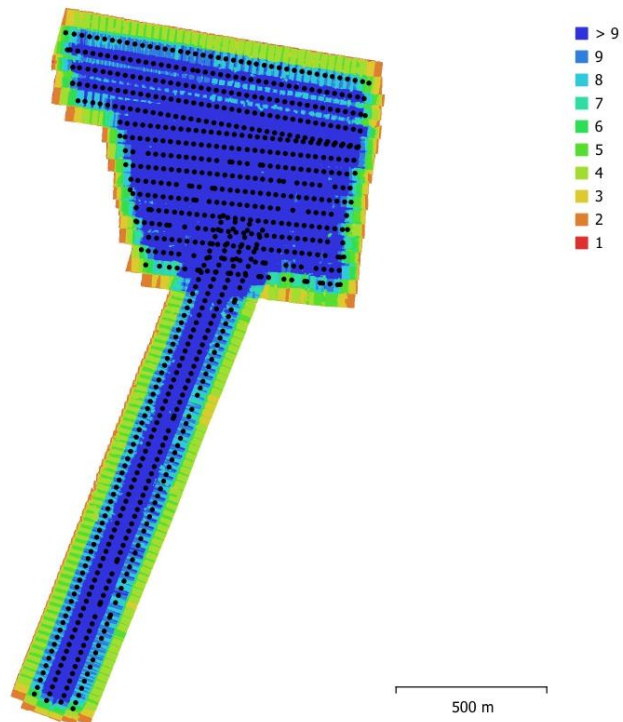


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 781	Imágenes alineadas: 781
Altitud media de vuelo: 106 m	Puntos de paso: 732,456
Resolución en terreno: 3.65 cm/pix	Proyecciones: 2,668,390
Área cubierta: 1.22 km <sup>2</sup>	Error de reproyección: 1.55 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC330 (3.61mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

## Calibración de cámara

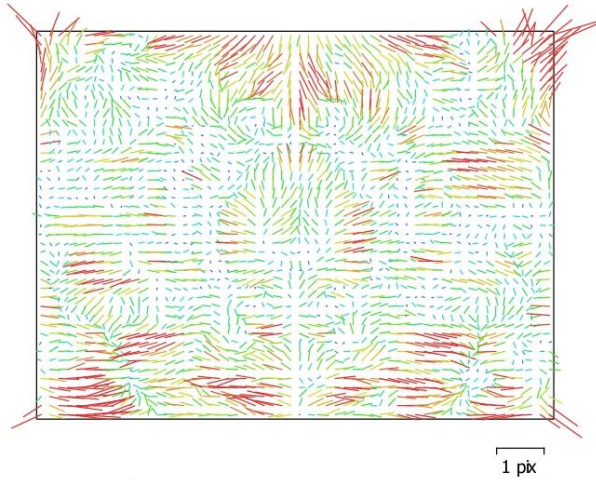


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC330 (3.61mm).

### FC330 (3.61mm)

781 imágenes

Tipo  
**Cuadro**

Resolución  
**4000 x 3000**

Distancia focal  
**3.61 mm**

Tamaño de píxel  
**1.56 x 1.56 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>2601.55</b>	1.6	1.00	-0.02	-0.75	-0.41	0.49	0.32	-0.08	-0.12
<b>Cx</b>	<b>14.1783</b>	0.074		1.00	0.02	-0.01	0.01	-0.03	0.32	0.02
<b>Cy</b>	<b>-33.3194</b>	0.094			1.00	0.32	-0.38	-0.23	0.05	0.24
<b>K1</b>	<b>-0.0133381</b>	3.9e-05				1.00	-0.89	0.58	0.03	-0.02
<b>K2</b>	<b>0.0188009</b>	9.7e-05					1.00	-0.65	-0.04	-0.06
<b>K3</b>	<b>0.00688288</b>	7.1e-05						1.00	-0.03	-0.04
<b>P1</b>	<b>-0.000340381</b>	2.6e-06							1.00	-0.01
<b>P2</b>	<b>-0.000294172</b>	2.3e-06								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

## Puntos de control terrestre

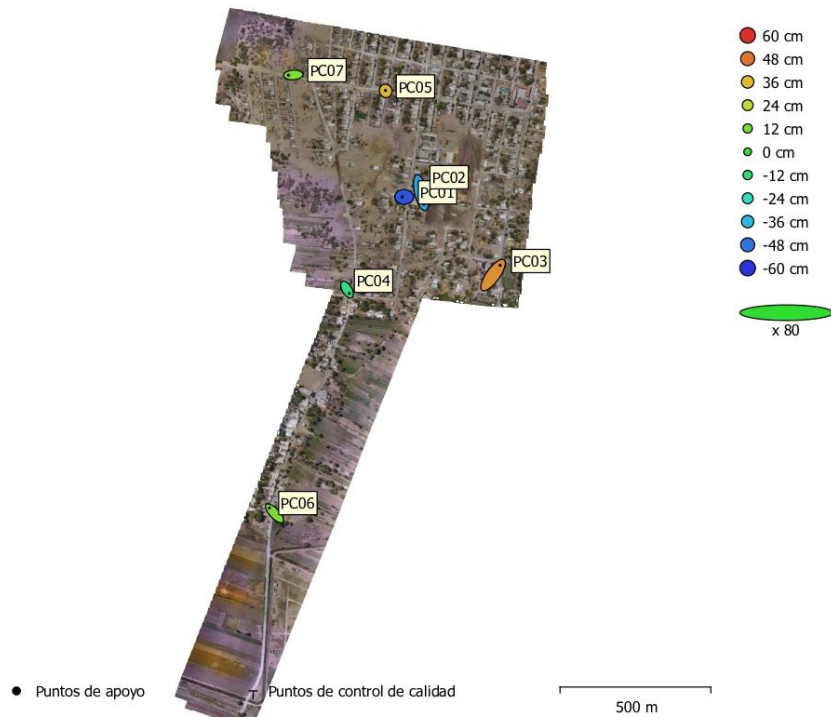


Fig. 3. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.  
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
7	33.8901	51.9543	34.7235	62.0305	71.088

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Anexo 22: Puntos de control terrestre

<b>Nombre</b>	<b>Error en X (cm)</b>	<b>Error en Y (cm)</b>	<b>Error en Z (cm)</b>	<b>Total (cm)</b>	<b>Imagen (pix)</b>
PC01	-16.5369	0.367385	-53.9496	56.4284	23.748 (14)
PC02	22.6132	-95.6844	-40.9471	106.506	31.321 (13)
PC03	58.6653	81.633	43.4422	109.512	34.009 (12)
PC04	19.6837	-32.6122	-13.9641	40.5709	39.040 (4)
PC05	-1.69965	3.94864	36.9493	37.1986	21.283 (12)
PC06	-42.1441	44.6188	13.9877	62.9494	25.001 (9)
PC07	-40.5814	-2.27136	14.4816	43.1477	15.793 (12)
<b>Total</b>	<b>33.8901</b>	<b>51.9543</b>	<b>34.7235</b>	<b>71.088</b>	<b>26.823</b>

Tabla 4. Puntos de apoyo.  
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

## Modelo digital de elevaciones

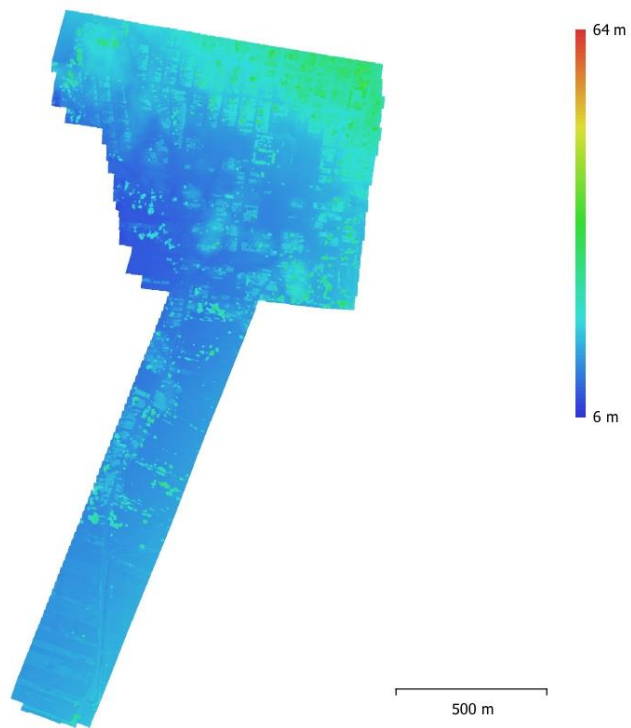


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 14.6 cm/pix  
Densidad de puntos: 46.8 puntos/m<sup>2</sup>



## Parámetros de procesamiento

<b>Generales</b>	
Cámaras	781
Cámaras orientadas	781
Marcadores	7
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
<b>Nube de puntos</b>	
Puntos	732,456 de 809,762
RMS error de reproyección	0.166795 (1.55173 pix)
Error de reproyección máximo	0.504546 (54.7627 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	8.16412 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	3.85447
<b>Parámetros de orientación</b>	
Precisión	Media
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Excluir puntos de paso inmóviles	Sí
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	1 minuto 55 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	1.60 GB
Tiempo de orientación	6 minutos 34 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	416.59 MB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	66.81 MB
<b>Mapas de profundidad</b>	
Número	781
<b>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</b>	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	12 minutos 12 segundos
Tamaño de archivo	954.53 MB
<b>Nube de puntos densa</b>	
Puntos	69,357,862
Colores de puntos	3 bandas, uint8
<b>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</b>	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	12 minutos 12 segundos
<b>Parámetros de generación de la nube densa</b>	
Tiempo de procesamiento	20 minutos 15 segundos
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	910.10 MB
<b>Modelo</b>	
Caras	13,751,670
Vértices	6,885,426

## Anexo 25: Parámetros de procesamiento del vuelo de 90 m

Colores de vértices	3 bandas, uint8
<b>Parámetros de obtención de mapas de profundidad</b>	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	12 minutos 12 segundos
<b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Tipo de superficie	Bajorrelevé / terreno
Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	3 minutos 5 segundos
Uso de memoria	2.53 GB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	314.90 MB
<b>Ortomosaico</b>	
Tamaño	33,948 x 65,152
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)
Colores	3 bandas, uint8
<b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	Malla
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	24 minutos 48 segundos
Uso de memoria	3.72 GB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	8.87 GB
<b>Sistema</b>	
Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	1.7.3 build 12115
OS	Windows 64 bit
RAM	15.37 GB
CPU	AMD Ryzen 7 4800H with Radeon Graphics
GPU(s)	NVIDIA GeForce GTX 1650 Ti