



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL
Y VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA EVALUAR LA
PRECISIÓN, COSTO Y TIEMPO EN UN PROYECTO DE
DRENAJE PLUVIAL, EN EL CENTRO POBLADO, CIUDAD
DE DIOS EN EL DISTRITO DE SAN JOSÉ, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**

**PRESENTADA POR
ETHEL FRANCESCA DELGADO COTRINA
JHON CARLOS SANCHEZ BRAVO**

ASESORES

**ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

LIMA – PERÚ

2022



CC BY-NC

Reconocimiento – No comercial

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, y aunque en las nuevas creaciones deban reconocerse la autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL Y
VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA EVALUAR LA
PRECISIÓN, COSTO Y TIEMPO EN UN PROYECTO DE
DRENAJE PLUVIAL, EN EL CENTRO POBLADO, CIUDAD DE
DIOS EN EL DISTRITO DE SAN JOSÉ, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**DELGADO COTRINA, ETHEL FRANCESCA
SANCHEZ BRAVO, JHON CARLOS**

LIMA - PERÚ

2022

DEDICATORIA

Primero, a Dios que me ha guiado durante todo este difícil camino de sacrificio y superación, que me ha traído hasta este momento.

Segundo, a mis amados padres Julio Delgado Ríos y Ana María Cotrina Ramírez que me acompañaron en este proceso lleno de retos, y confiaron en mí durante todo este tiempo.

Delgado Cotrina, Ethel Francesca

DEDICATORIA

Primero, a Dios por haberme guiado en todo momento y dado el conocimiento para poder cumplir la meta trazada.

Segundo, a mi madre Luz Bravo Bances que me apoyo en todo el proceso de mi vida y me demuestra todo su amor incondicional.

Sánchez Bravo, Jhon Carlos

AGRADECIMIENTO

A ti nuestro Dios y Padre todo poderoso, gracias por iluminar cada paso de nuestra vida, gracias por permitirnos poder cumplir esta maravillosa meta en nuestra vida, te pedimos humildemente que sigas bendiciendo nuestras vidas y nuestra carrera profesional y permítenos seguir aprendiendo y seguir caminando junto a ti con los pies bien firmes en este maravilloso mundo.

A nuestros padres, que siempre llevaremos con orgullo sus enseñanzas y valores morales inculcados por nuestras familias y por ellos somos profesionales de bien.

**Delgado Cotrina, Ethel Francesca
Sanchez Bravo, Jhon Carlos**

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Argumentación del problema	5
1.3 Formulación del Problema	8
1.4 Objetivo general y específico	9
1.5 Justificación	10
1.6 Impacto potencial	13
1.7 Alcances y limitaciones	144
1.8 Viabilidad	155
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	177
2.1 Antecedentes de la investigación	177
2.2 Bases teóricas	288
2.3 Definición de términos básicos	63
2.4 Hipótesis	677

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	699
3.1 Diseño Metodológico	699
3.2 Población y muestra	7070
3.3 Definición de variables	777
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	799
3.5 Técnica e instrumentos de procesamiento de datos	800
3.6 Procedimiento	81
CAPÍTULO IV. DESARROLLO	82
4.1 Descripción	82
4.2 Metodología de campo	82
4.3 Descripción de la zona	832
4.4. Levantamiento topográfico	84
CAPÍTULO V. RESULTADOS	113
5.1. Planimetría y altimetría	1133
5.2. Evaluación de costos	116
5.3. Evaluación de tiempo.	1188
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	1211
6.1. Contrastación de hipótesis	121
6.2. Contrastación de antecedentes	125
CONCLUSIONES	1299
RECOMENDACIONES	130
FUENTES DE INFORMACIÓN	131
ANEXOS	137

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Características técnicas de la estación total topcon SE105	43
Tabla 2: Características técnicas del Dron Phantom 4 Pro V2.0	544
Tabla 3: Operacionalización de variables	788
Tabla 4: Punto geodésico 01	899
Tabla 5: Punto geodésico 02	900
Tabla 6: Punto geodésico 03	911
Tabla 7: Punto geodésico 04	922
Tabla 8: Nivelación geométrica	933
Tabla 9: Compensación de cotas	944
Tabla 10: Datos de ángulos	988
Tabla 11: Cálculos de ángulos y azimut	999
Tabla 12: Cálculo de rumbo	999
Tabla 13: Cálculo de proyecciones	10000
Tabla 14: Coordenadas parciales y totales	10000
Tabla 15: Coordenadas de puntos de control del GPS Diferencial	1133
Tabla 16: Coordenadas de puntos de control de la Estación Total	1144
Tabla 17: Coordenadas de puntos de control del Vehículo aéreo no tripulado	1144

Tabla 18: Diferencia de coordenadas y cotas de la Estación Total respecto al GPS Diferencial	1155
Tabla 19: Diferencia de coordenadas y cotas del Vehículo aéreo no tripulado respecto al GPS Diferencial	1155
Tabla 20: Evaluación de costos del Vehículo aéreo no tripula	1177
Tabla 21: Evaluación de costos de la Estación Total	1177
Tabla 22: Evaluación de costos	1188
Tabla 23: Evaluación de tiempo	1199
Tabla 24: Discusión de hipótesis general	1222
Tabla 25: Discusión de hipótesis específica 1	1233
Tabla 26: Discusión de hipótesis específica 2	1244
Tabla 27: Discusión de hipótesis específica 3	1255
Tabla 28: Discusión de antecedente internacional	1266
Tabla 29: Discusión de antecedente nacional	1288

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Innovación tecnológica del sector construcción	1
Figura 2: Sector construcción se une a usabilidad de dron (VANT)	3
Figura 3: Levantamiento topográfico con implementación de dron (VANT)	4
Figura 4: Problema principal de nuestra investigación	6
Figura 5: Diagrama de causa y efecto	8
Figura 6: Importancia de la investigación	133
Figura 7: Plano planímetro	299
Figura 8: Plano altimétrico	30
Figura 9: Plano altimétrico y planimétrico	30
Figura 10: Nivelación con geometría simple	311
Figura 11: Nivelación recíproca	322
Figura 12: Vista de nivelación compuesta	322
Figura 13: Compensación de poligonal cerrada	355
Figura 14: Compensación de poligonal abierta	366
Figura 15: Incerteza de la medición	377
Figura 16: Proceso de exactitud y precisión	388
Figura 17: Estación total para la ingeniería de la construcción	422

Figura 18: Uso de estación total como instrumento Electro Óptic	444
Figura 19: Levantamiento con Estación Total	455
Figura 20: Funcionamiento de la Estación Total	466
Figura 21: Trípode y Estación Total	488
Figura 22: La base niveladora de la Estación Total	499
Figura 23: Prisma topográfico	500
Figura 24: Bastón porta prisma de la estación tota	511
Figura 25: Vehículo aéreo no tripulado Phantom 4 Pro	533
Figura 26: Vehículo aéreo no tripulado usados para Ingeniería Civil	600
Figura 27: Plano de planta general	71
Figura 28: Ubicación de la muestra	72
Figura 29: Zona de estudio	73
Figura 30: Zona de estudio	74
Figura 31: Zona de estudio	75
Figura 32: Zona de estudio	75
Figura 33: Procedimiento de la investigación	81
Figura 34: Ubicación del área de estudio	83
Figura 35: Reconocimiento del terreno	84
Figura 36: Ubicación de los puntos geodésicos	866
Figura 37: Excavación del terreno	877
Figura 38: Acabados de concreto	888
Figura 39: Punto geodésico - 01	899

Figura 40: Punto geodésico - 02	900
Figura 41: Punto geodésico - 03	911
Figura 42: Punto geodésico - 04	922
Figura 43: Nivelación geométrica	955
Figura 44: Nivelación geométrica	966
Figura 45: Instalación de la Estación Total	977
Figura 46: Equipos de la Estación Total	1011
Figura 47: Radiación con la Estación Total	1011
Figura 48: Preparación de equipo	1022
Figura 49: Calibración horizontal y vertical del equipo	1033
Figura 50: Dron Phantom 4 Pro	1044
Figura 51: Delimitación del área a sobrevolar	1044
Figura 52: Dron Phantom 4 Pro	1055
Figura 53: Sobrevuelo	1066
Figura 54: Sobrevuelo	1077
Figura 55: Pg- 01 con Vehículo aéreo no tripulado	1088
Figura 56: Pg- 02 con Vehículo aéreo no tripulado	1088
Figura 57: Pg- 03 con Vehículo aéreo no tripulado	1099
Figura 58: Pg- 04 con Vehículo aéreo no tripulado	1099
Figura 59: Procesamiento de ortofotos	1100
Figura 60: Ortofoto de la nube de puntos en campo	1100
Figura 61: Eliminación de techos de edificaciones	1111

Figura 62: Área libre de viviendas, vegetación, vehículos y personas	111
Figura 63: Variaciones máximas	1186
Figura 64: Análisis de costos	1188
Figura 65: Análisis de tiempo	1199

RESUMEN

El vehículo aéreo no tripulado, en el levantamiento topográfico, de obras civiles en Perú se está utilizando, en muchos proyectos públicos y privados, es por ello que es necesario conocer la influencia que representa este avance tecnológico. En la presente investigación, se determina la influencia entre precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado Ciudad de Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque. La metodología es de tipo aplicada con enfoque cuantitativo. Se realizaron vuelos fotogramétricos del área de estudio con el Dron modelo Phantom 4 pro para el método directo y el levantamiento topográfico con estación total para el método tradicional. Los resultados indicaron que el uso del vehículo aéreo no tripulado obtiene una máxima variación de -0.137 m en el Este y -0.199 m en el Norte, mientras que con la estación total un 0.003 m en el Este y 0.004 m en el Norte, en la planimetría; en altimetría solo el vehículo aéreo no tripulado tiene una variación máxima de 0.183 m.s.n.m. Se concluye que el vehículo aéreo no tripulado reduce el costo; pero según los datos obtenidos es de menor precisión. Para obtener una mayor precisión, se deben utilizar más puntos de control con GPS diferencial y así compensar dichas variaciones.

Palabras claves: Estación total, Vehículo aéreo no tripulado, precisión, costo, tiempo.

ABSTRACT

The unmanned aerial vehicle, in the topographic survey of civil works in Peru, is being used in many public and private projects, which is why it is necessary to know the influence that this technological advance represents. In the present research, the influence between accuracy, cost and time of a topographic survey with a total station and an unmanned aerial vehicle in a storm drainage project in the town of Ciudad de Dios in the district of San José, province and department of Lambayeque is determined. The methodology is applied with a quantitative approach. Photogrammetric flights of the study area were carried out with a Phantom 4 pro drone for the direct method and a topographic survey with a total station for the traditional method. The results indicated that the use of the UAV obtains a maximum variation of -0.137 m in the East and -0.199 m in the North, while with the total station a 0.003 m in the East and 0.004 m in the North, in the planimetry; in altimetry only the UAV has a maximum variation of 0.183 m.a.s.l. It is concluded that the UAV reduces the cost; but according to the data obtained it is of lower precision. To obtain a higher accuracy, more control points with differential GPS should be used to compensate for these variations.

Key words: Total station, unmanned aerial vehicle, accuracy, cost, time.

NOMBRE DEL TRABAJO

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL Y VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA EVALUAR LA PRECISI
ÓN

AUTOR

ETHEL FRANCESCA DELGADO COTRIN J
HON CARLOS SANCHEZ BRAVO

RECuento DE PALABRAS

25090 Words

RECuento DE CARACTERES

130844 Characters

RECuento DE PÁGINAS

152 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.1MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 10, 2023 11:50 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 10, 2023 11:52 AM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Biblioteca FIA

Patricia Rodríguez Toledo
Bibliotecóloga

INTRODUCCIÓN

Actualmente, para comenzar a diseñar los diversos proyectos de obras civiles tales como autopistas, canales, túneles, edificación, alcantarillado, etc., se realiza el levantamiento topográfico, para tener una noción total de la forma de la superficie del terreno.

La evolución de la tecnología permite contar con nuevos instrumentos que pueden servir a la industria de la ingeniería, particularmente en el área de la topografía. Los drones ya no son una herramienta de soporte exclusivamente para el ámbito de las telecomunicaciones sino además para la parte de la ingeniería civil; por sus pequeñas dimensiones y capacidad de control remoto.

Estos métodos de levantamiento topográfico se realizaron en el centro poblado Ciudad de Dios, ubicada en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque en Perú. La zona de estudio mide un área de 10.838 Has.

Los objetivos de este estudio son realizar el levantamiento planimétrico y altimétrico en la precisión. Para alcanzar este objetivo, se realizó el levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado teniendo como referencia las coordenadas de los puntos geodésicos, para luego hallar la máxima variación.

Cuantificar y comparar el costo de ejecución, para alcanzar este objetivo se realizó el levantamiento de esto dos métodos donde se tuvieron en cuenta todos los gastos para luego realizar una comparación.

Cuantificar y comparar el tiempo de realización en un levantamiento topográfico con vehículo aéreo no tripulado con relación con un levantamiento con el método tradicional, en un proyecto de drenaje pluvial, para este objetivo se tuvo en cuenta dos situaciones, el trabajo en campo y trabajo en gabinete para que de esta forma podamos hallar una comparación más precisa.

Para la elaboración de esta investigación, se realizó mediante la recopilación de datos, los que fueron procesados mediante el software PIX4D, donde se logró obtener nube de puntos, ortófono, diseño digital de elevación y superficie con curvas de nivel. Seguido, la información adquirida previamente se procesó con el empleo del software AutoCAD Civil 3d a fin de conseguir los puntos y su evaluación con respecto al método tradicional donde se utilizó la estación total.

Esta investigación es importante, según Zevallos (2021), hoy en día, la utilización del dron ha tenido y sigue teniendo un papel muy importante, ya que gracias a él es posible desarrollar operaciones a gran escala con precisión casi exacta, así como ahorros tanto en costo como en tiempo.

Por tanto, podemos decir que la ciencia de la tecnología cuenta con la utilización del Dron, el cual, se vino a incorporar en las ciencias de la investigación de diferentes ámbitos profesionales, con el propósito de simplificar el tiempo de las tareas de levantamiento gráfico de información, y hasta los esfuerzos realizados de traslados en búsqueda de la zona en cuestión para el estudio situacional y demográfica de cada lugar.

La presente investigación está estructurada en seis (6) capítulos. En el primero, se plantea la descripción y argumentación del problema, formulación del problema general y específicos, los objetivos, justificación, impacto potencial, alcances, limitaciones y viabilidad de la investigación. El segundo abarca el marco teórico del estudio, antecedentes nacionales e internacionales, se establecen los términos básicos y la hipótesis general y específicas. En el tercero, se desarrollan el diseño metodológico, las variables operacionales, la población y muestra; instrumentos, procedimientos y técnicas utilizadas. En el cuarto, se explica la investigación. En el quinto, se reportan los resultados obtenidos. Y, en el sexto, presenta el análisis de los resultados con respecto a la hipótesis planteada y antecedentes

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Alrededor del mundo han evolucionado nuevas tecnologías en el rubro de la ingeniería, entre ellas el empleo de drones o vehículos aéreos no tripulados que reemplaza a la estación total en tareas de levantamiento topográfico, logrando de esta manera reducir costos y tiempo.

Figura 1:

Innovación tecnológica del sector construcción



Nota: La figura muestra la innovación en la construcción: Tecnologías que cambian los modelos de la industria. Fuente: Alpha Hardin (2021).

La topografía es una ciencia que se ocupa de mostrar de manera gráfica la superficie terrestre, y es así que se han ido desarrollando métodos para intentar de describir con precisión la forma de la Tierra, a lo largo del tiempo y la aparición de la tecnología en el campo de la ingeniería, la Topografía se está volviendo cada día más primordial en muchas áreas de la actividad humana, por ejemplo en las ramas de ingeniería, Arquitectura, etc., del cual para poder llevar a cabo dichos proyectos se tiene que saber sobre el área del terreno conociendo sus características físicas.

Es por ello que es significativo el avance de nuevas tecnologías para hacer referencia de la importancia topográfica, como el caso del, vehículo aéreo no tripulado que está transformando el área de la Topografía, pues mantiene un conjunto de utilidades sobre la Topografía Tradicional, ya que simplifica los costos tanto de materiales como de trabajadores, es una herramienta aplicada en el área de la fotogrametría mostrándose como una gran opción para la obtención de imágenes con alta resolución espacial y temporal para luego realizar levantamientos topográficos, donde tiene la capacidad de realizar vuelos autónomos, permite realizar mediciones indirectas de la superficie terrestre y/o características tridimensionales, permitiéndonos un análisis más completo tras la obtención de planos topográficos; otro punto que se considera fundamental es la seguridad del personal en zonas de riesgo, donde hay precedentes de incidentes, y por último, facilita una mejor visión del entorno del área de estudio, incluidos los lugares intransitables.

Según Villareal (2015) menciona:

Estos trabajos de topografía para el levantamiento de la información, hoy en día se pueden efectuar y procesar con diferentes métodos, pues, los levantamientos topográficos realizados con estos equipos de tecnología topográfica como por ejemplo los drones, indudablemente definiendo a este tipo de método como la nueva tecnología aérea del siglo XXI, que ha venido evolucionando y que ahora permite versatilidad para el ingeniero y especialista obtener avances gráficos

informativos en sus investigaciones en el terreno de estudio, por lo que, permiten brindar muy buenas precisiones (centimétricas) tanto horizontales como verticales. Esto se determina por medio de los puntos de control que son tomados con un gps diferencial (p.3)

Figura 2:

Sector Construcción se une a usabilidad de Dron (VANT)



Nota: El uso del dron y sus aplicaciones. Fuente: Dronebydrone (2021)

Figura 3:

Levantamiento topográfico con implementación de Dron (VANT)



Nota: La figura muestra las ortofotos del área en estudio. Elaboración: Los autores.

En este sentido, según Corredor (2020) asegura que: Los estudios fotogramétricos a partir de drones han representado un extraordinario apoyo, debido a que en una medida de tiempo y costos es relativamente inferior a un levantamiento topográfico, generando de esta forma, productos geospaciales de gran precisión y contenido. (p.2)

A nivel nacional, el levantamiento topográfico convencional con estación total es muy común, en donde recientemente se está adaptando al surgimiento de nuevas herramientas en el campo de la topografía como avance tecnológico, cabe mencionar que los equipos convencionales requieren de mayor tiempo en la obtención de datos y esto implica mayor costo en su ejecución.

De tal forma Tacca (2015) afirma:

En esta situación, desde hace varios años se utilizan vehículos aéreos

no tripulados (UAV), recientemente comercializados en Perú, equipos sobre los que se realizan trabajos de fotogrametría, iniciando en el continente, pero ya está ingresando en popularidad en nuestro país. Estos drones los cuales pueden conseguir una velocidad hasta de 80 km/h, en horizontal y pueden excederse los 300 metros de altura, también dependiendo de su complejidad, estos vehículos aéreos no tripulados pueden tener más de una hélice, así como planeadores, que se detallaran más adelante. (p.15)

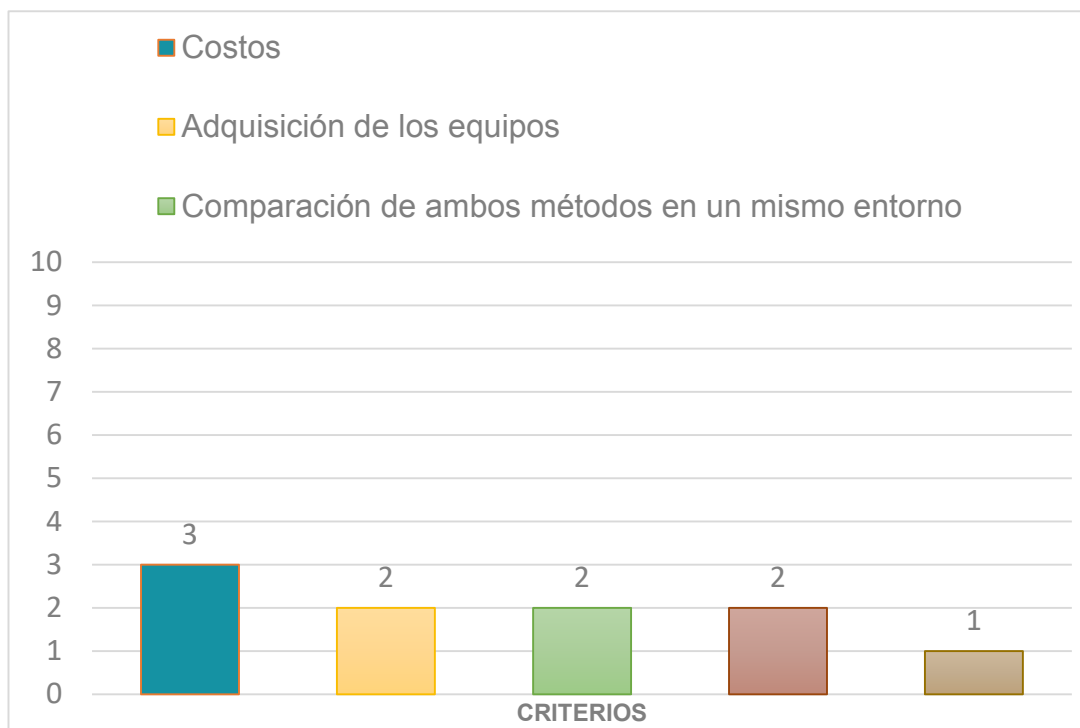
La implementación de la tecnología de avance con posibilidades de ejecución con vehículo aéreo no tripulado, hoy en día, sigue siendo para muchos profesionales y empresas de construcción y/o topografía una complejidad que los distancia de las posibilidades inmediatas de poder implementar esta novedad para poder lograr la simplificación de tiempo y costo, pero además poder alcanzar mayor precisión en la demostración y presentación de sus resultados, los cuales permitirían mayor avance y un paso acelerado para los estudios fotogramétricos.

1.2 Argumentación del problema

En una validación externa a 10 diferentes profesionales expertos en el rubro de topografía, hicimos la siguiente pregunta: ¿Cuál es el problema principal de la presente investigación?, De la figura 4 podemos concluir que el problema principal que genera realizar la investigación sería los costos, seguido de la adquisición de los equipos y la comparación de ambos métodos en un mismo entorno, teniendo por último a la precisión.

Figura 4:

Problema principal de nuestra investigación



Nota: La figura muestran la cifra de cuál es el principal problema de nuestra investigación según la encuesta realizada a 10 expertos en el año 2022. Elaboración: Los autores.

Es preciso evaluar de manera realista en nuestra región en qué dimensión esta tecnología es más adecuada de usar que la topografía tradicional, principalmente en términos de precisión, costo y tiempo. Este estudio nos permitió obtener los criterios primordiales para tomar una decisión a la hora de realizar un estudio topográfico para un proyecto de drenaje pluvial.

Actualmente ante la ausencia de un planeamiento técnico, que facilite el estudio de las características topográficas en el centro poblado de Ciudad de Dios, ubicado en el distrito de San José, provincia de Lambayeque y departamento de Lambayeque, la cual, es un lugar en constante proceso de expansión demográfica, y que a lo largo del tiempo ese crecimiento urbano ha sido de forma desmedido, se hace cada vez más necesario un planeamiento técnico que permita definir exactamente las dimensiones topográficas en cuanto al estudio gráfico del terreno de la zona de estudio, la cual, cuenta con

una altitud de 15 msnm.

Además, el centro poblado de Ciudad de Dios es un área de gran urbanización nacida de invasiones que claramente no tuvieron en cuenta la planificación de ingeniería en su desarrollo, además de estar sujeta a la falta de un sistema de agua potable y alcantarillado.

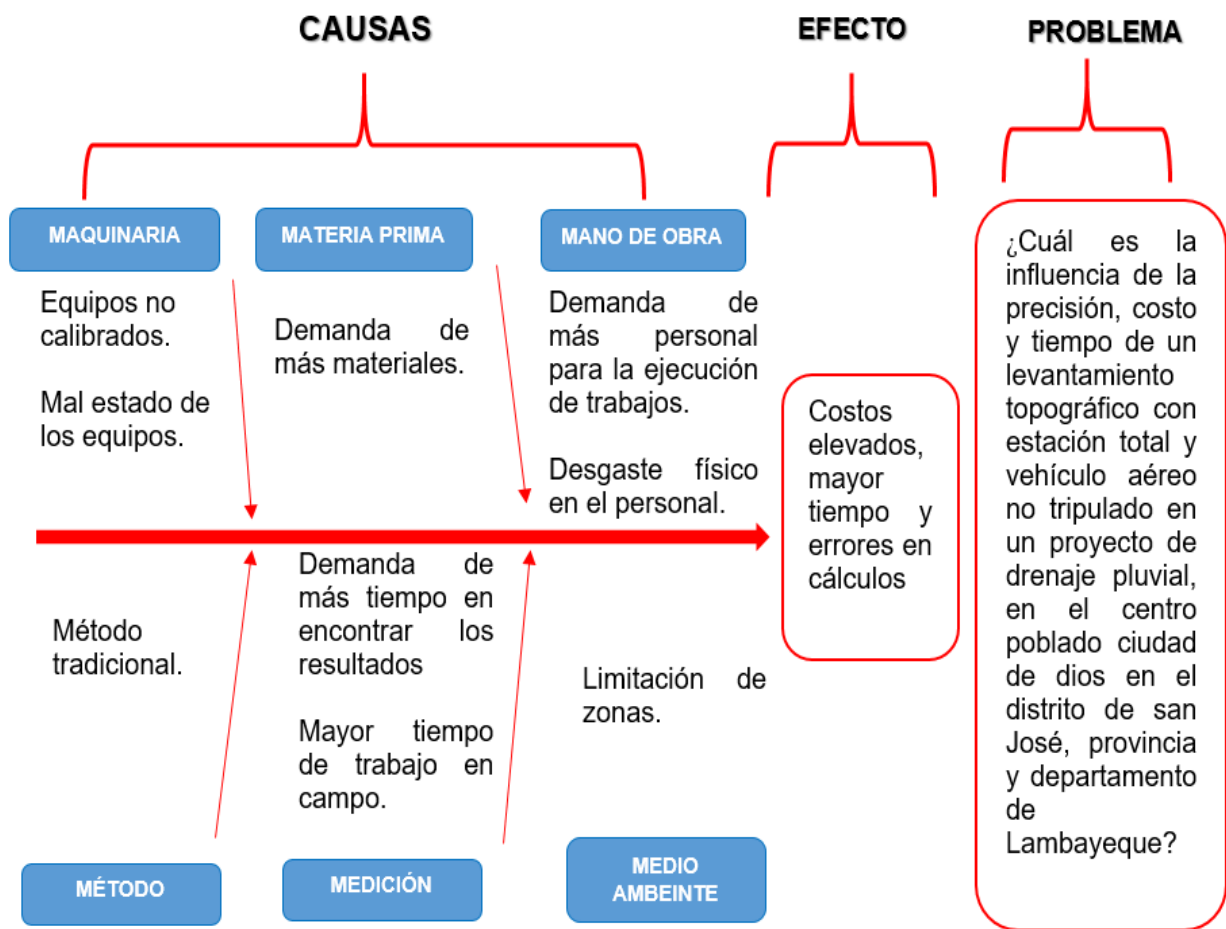
En este sentido, la demarcación del estudio se ubica entre la Caleta de San José y la ciudad de Chiclayo. Al norte cuenta con un mapa geotécnico de la Ciudad de Lambayeque y por el sur de la Ciudad Etén. La topografía de la zona detalla un terreno plano y/o inclinado con una pendiente suave de 0 a 3°. Este permaneció al comienzo de terrazas fluviales y algunos abanicos pluviales, y que actualmente no están dimensionalmente determinados por la ausencia de un planeamiento técnico

Por lo tanto, el estudio tiene como objetivo evaluar la precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico usando el método tradicional o método directo sobre la aplicación del dron de ala rotatoria modelo Phantom 4 pro (el modelo del dron para el planeamiento técnico) en un proyecto de drenaje pluvial, en el Centro Poblado Ciudad de Dios, utilizando a la fotogrametría como instrumento para recolectar datos de campo y luego procesarlos utilizando el software Pix4Dmapper evaluándolo respecto a un levantamiento topográfico con estación total.

La Validación Externa a 10 expertos del rubro de la Topografía que se basó en una encuesta para evaluar las causas que conllevan seguir usando el levantamiento topográfico de manera tradicional. Como podemos observar en la figura 5, cada respuesta de los expertos facilitó la elaboración del siguiente diagrama de Ishikawa:

Figura 5:

Diagrama de causa y efecto



Elaboración: Los autores.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de la precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque?

1.3.2 Problemas específicos:

¿Cuál es incidencia del levantamiento planimétrico y altimétrico en la precisión, respecto al levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado teniendo como referencia las coordenadas de los puntos geodésicos, en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque?

¿Cuál es el costo de ejecución del levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque?

¿Cuál es el tiempo de realización en un levantamiento topográficos con vehículo aéreo no tripulado con relación a un levantamiento con el método tradicional, en el centro poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque?

1.4 Objetivo general y específicos

1.4.1 Objetivo general:

Determinar la influencia entre precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Realizar el levantamiento planimétrico y altimétrico en la precisión, respecto al levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado teniendo como referencia las

coordenadas de los puntos geodésicos, en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.

- Cuantificar y comparar el costo de ejecución del levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.
- Cuantificar y comparar el tiempo de realización en un levantamiento topográficos con vehículo aéreo no tripulado con relación a un levantamiento con el método tradicional, en el centro poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.

1.5 Justificación

En la Ingeniería de la construcción, la tecnología de software, junto a los avances técnicos para el progreso continuo de estrategias para el estudio y el levantamiento y obtención gráfica de la información es cambiante, avanza, progresa y se vuelve indispensable, pues, últimamente, considerando lo principal que es salvaguarda la vida de las personas mediante obras civiles; dicho sea que para su realización, demanden de los principios de la topografía, la cual se logrará al momento de realizar levantamientos topográficos.

Dichos trabajos se pueden hacer actualmente y abordar de diferentes maneras, ya que, la ciencia de la tecnología cuenta con la utilización del Dron, el cual, se vino a incorporar en las ciencias de la investigación de diferentes ámbitos profesionales, con el propósito de simplificar el tiempo de las tareas de levantamiento gráfico de información, y hasta los esfuerzos realizados de traslados en búsqueda de la zona en cuestión para el estudio situacional y demográfica de cada lugar.

Sedano & Pari (2018) explica:

En los países Latinoamericanos se han visto influenciados por el comienzo de la transición del tradicionalismo topográfico a la era del Dron con levantamiento de información en 3D, para ser aplicada como tecnología innovadora para el estudio de los espacios y dimensiones de tierras, lo que le permite a la ingeniería civil de esta forma la simplificación de tiempo de ejecución, simplificación de procesos, predicción de incidencias y multiplicación de resultados para el fortalecimiento del rubro de construcción de obras civiles y el Perú no es indiferente a este empeño y con la finalidad de involucrarse en el desarrollo de actividades cooperativas y el establecimiento de estándares regionales e internacionales a fin de brindarle a la ingeniería civil, especialmente a la Topografía un nuevo giro en la aplicación de estrategias tecnológicas de estudios de tierras (p.8)

Para la parte de la construcción, en el Perú es fundamental que se estandarice totalmente la utilización del planeamiento técnico con el empleo de vehículos aéreos no tripulados (DRON) como una ley, pues, en los tiempos que atraviesa la humanidad y con las adversidades climatológicas que eventualmente suceden como por ejemplo precipitaciones constantes, es menester que exista un estudio previo de las características topográficas del espacio terrestre, pues, al no existir un adecuado sistema pluvial, este problema trae como consecuencia desbordamientos de aguas que posteriormente arrasan con plantaciones, viviendas y hasta con las vidas de los residentes de la zona, sin dejar de mencionar que hoy en día son diversas las coyunturas que se manifiestan si no se dejan de lado los tradicionalismos en el ámbito profesional y no se avanza con un paso hacia adelante con la tecnología.

En este sentido, no debemos olvidar que las poblaciones y ciudades cada vez están más urbanizadas y el desmedido crecimiento debe alertar a la ciencia de la tecnología para la búsqueda y obtención de mejores resultados para las garantías de la calidad de vida apropiado para que los ciudadanos

habiten tranquilamente en todas las regiones del Perú.

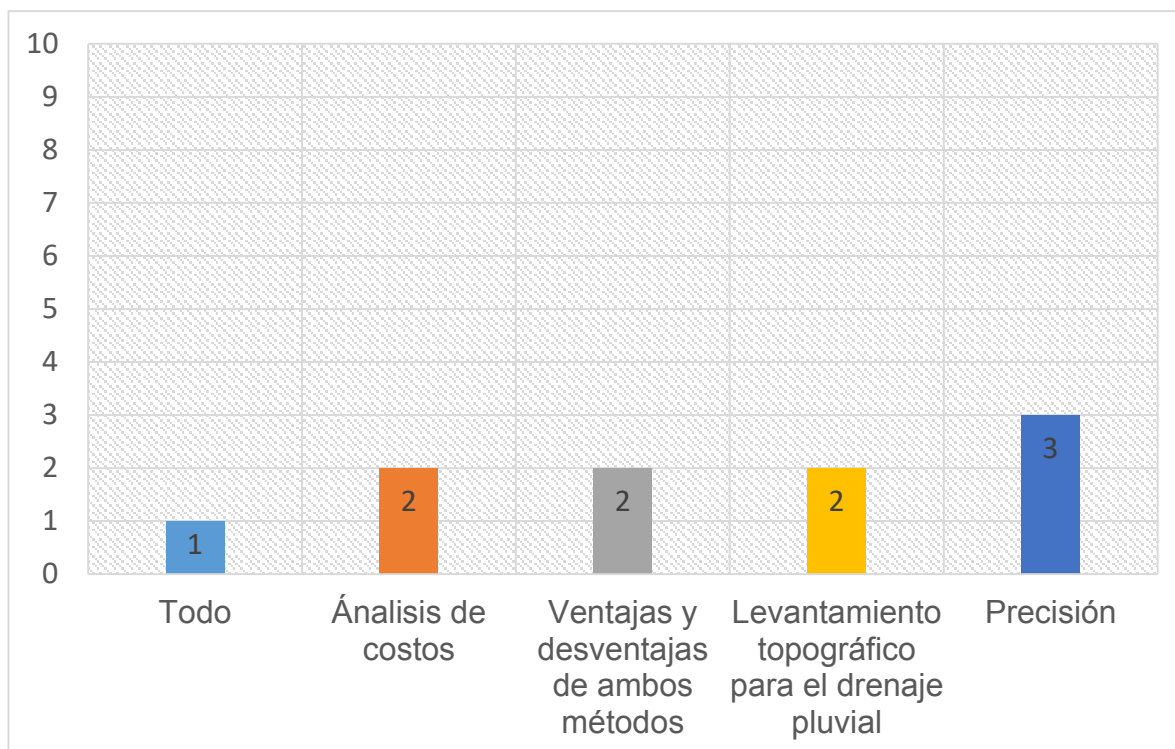
A lo anteriormente explicado, hay que agregarle que sin el uso adecuado de tecnologías que perfilen y modelen los diseños propuestos para la construcción de sistemas pluviales para las obras civiles, van a seguir ocurriendo tras pies al momento de la realización de los trabajos de urbanización e inconvenientes con acarreados por la ausencia de estudios para la construcción de sistemas pluviales, los cuales traerán como consecuencias, problemas derivados del desmedido crecimiento demográfico, además de altos costos que no estén previstos, replanteamientos de la obra, pérdida de tiempo e insatisfacción del sector social como benefactor final.

Por otro lado, es parte importante para el proceso de formación de un profesional de la construcción contar con los conocimientos y posibilidad de poder obtener un vehículo no tripulado para el estudio de las zonas, y es que esto le permitirá poder tener mayor alcance y una mejor elección como lo es el caso de los sistemas pluviales y su implementación en las diferentes regiones en estudio.

En una encuesta realizada a 10 diferentes profesionales expertos en el rubro de topografía, hicimos la siguiente pregunta: ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?, Donde de la figura 6 podemos concluir que la importancia que más ha primado es la evaluación de precisión de ambos métodos.

Figura 6:

Importancia de la investigación



Nota: La figura muestran la cifra de cuál es la importancia de nuestra investigación según la encuesta realizada a 10 expertos en el año 2022. Elaboración: Los autores.

También podemos decir que en el Perú las inversiones tanto en construcciones como en infraestructuras han mostrado insuficiencia, generando demoras y gastos adicionales durante la etapa de inversión. Por ello, es necesario implementar métodos y desarrollar estrategias tecnológicas como la utilización de un vehículo no tripulado que faciliten lograr eficacia y calidad de la inversión pública, tomando el caso de los sistemas pluviales.

1.6 Impacto potencial

1.6.1 Impacto práctico

La investigación beneficiará a todo el centro poblado de Ciudad de Dios, del distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.

Sirve para el proceso de formación de un profesional de la construcción contar con los conocimientos acerca del implementar nuevas tecnologías en el ámbito de la topografía, y le permitirá tener una mayor visión en el caso de los sistemas pluviales y su implementación. Por lo tanto, esta investigación aporta una alternativa de solución óptima, obteniendo ventajas respecto a lo tradicional.

1.6.2 Impacto teórico

La información recaudada del estudio topográfico, aportara si el uso del método indirecto es más rentable, si se realiza en menos tiempo y si tiene una excelente precisión sobre el método convencional, en un proyecto de drenaje pluvial y de esta manera poder optar una alternativa ideal que desarrolle la productividad de obra y reduzca la cantidad del personal. Además, se desempeñará como para posteriores proyectos.

1.7 Alcances y limitaciones

Para la realización de esta tesis, nos hemos propuesto como objetivo evaluar la precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico usando el método tradicional o método directo en relación al empleo del dron de ala rotatoria modelo Phantom 4 pro (que este viene hacer el modelo del dron) en el proyecto de drenaje pluvial, en el Centro Poblado Ciudad de Dios, empleando la fotogrametría como instrumento de recopilación de datos tecnológicos en el trabajo de campo para luego procesarlos a través del programa Pix4Dmapper, y compararlos con el levantamiento topográfico de la estación total.

Una de las limitantes de nuestro proyecto de investigación es la falta de conocimientos y capacitación para poder utilizar el vehículo no tripulado, el cual, es un Dron modelo Phantom 4 pro, el cual, actualmente por ser una estrategia tecnológica innovadora y poco utilizada por su costo de obtención son escasos los profesionales que poseen los conocimientos y la obtención

de este vehículo tan indispensable para proyectos topográficos de levantamientos de información de forma aérea.

Al final se comprueba si el uso del método indirecto (uso de drones) tiene una mejor precisión sobre el método convencional.

1.8 Viabilidad

1.8.1 Teórica

El tema de la investigación si cuenta con información y antecedentes de estudios, lo cual es importante y necesario para poder llevar a cabo el desarrollo de nuestra tesis.

1.8.2 Económica

Los gastos de la investigación y todo lo concerniente a la adquisición del equipo necesario para el estudio tecnológico fueron asumidos por los mismos ejecutores de la tesis.

1.8.3 Social

Se indican los resultados provenientes de la investigación e implementación del estudio con el vehículo no tripulado, los cuales, determinan los beneficios que se obtienen al implementar la estrategia tecnológica aérea para el estudio y así relacionar el costo, tiempo y precisión en un proyecto de drenaje pluvial que servirán como base para la ejecución y mejoras de proyectos de tipo pluviales en la localidad en estudio.

1.8.4 Tecnológica

Brindar un aporte sobre el empleo de un vehículo no tripulado con la finalidad de obtener información de alto contenido gráfico determinante para

relacionar el costo, tiempo y precisión para un proyecto de drenaje pluvial, ya que con esta investigación se puede dar a conocer una forma de hacer frente a situaciones no previstas de tipo pluvial en la zona geográfica donde los resultados serán determinantes para buscar mejores resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

En la tesis se han tomado en cuenta diferentes investigaciones tanto nacionales como internacionales que se fundamentan en temas similares a la presente investigación, y que proporcionan más conocimientos sobre las estrategias y metodologías implementadas en cada una de ellas, en los cuales la información presentada permite vincular las incidencias del vehículo no tripulado en el estudio de sistemas pluviales, porque nos muestran los resultados que se han alcanzado con la aplicación de esta estrategia tecnológica.

2.1.1 Antecedentes a nivel Internacional:

Del Rio, Espinoza, Sáenz & Cortez (2019), en su estudio titulado Levantamiento topográfico con drones; en esta investigación se realizó un levantamiento topográfico comparativo entre sí con tres métodos, para poder identificar el método o aparato técnico que ejerce un destacado trabajo, por lo que se medirá el desempeño acorde a la variación alcanzada en el total de mediciones obtenidos del levantamiento topográfico. Los equipos y materiales que se utilizaron en este trabajo de levantamiento topográfico son drone, estación total y una cinta métrica.

El concepto de Topografía no ha cambiado con el tiempo. Los procedimientos, los instrumentos de medición y los métodos a utilizar se han modificado ampliamente. En este trabajo la tecnología inicia el proceso para desarrollar levantamientos topográficos de una manera distinta a las anteriores, en donde las mediciones topográficas se hacían primero midiendo

con cinta métrica, luego por avances tecnológicos se integró el teodolito y finalmente por estación total.

La investigación presenta mediciones topográficas utilizando los drones en fotogrametría, en particular, se empleó el Drone Phantom 4 pro Drone y Pix4D. La obtención de medidas por la fotogrametría del dron será comparada con los métodos típicos citados al inicio de esta investigación, así mismo con esta comparativa queremos conocer la exactitud con la que el dron logró las siguientes mediciones de campo.

Para poder llevar a cabo este trabajo se seleccionaron medidas de geometría conocida, las cuales en el trabajo de investigación se tomó como muestra las medidas ejecutadas sobre un terreno de futbol situado en la Universidad Estatal de Juárez Durando en Gómez Palacio, Durango México.

Como consecuencia de lo antes citado se obtuvo los resultados experimentales realizado por métodos diferentes, el primero se desarrolló de forma típica con medición de cinta métrica. Luego se realizó un segundo levantamiento topográfico del mismo terreno de fútbol utilizando tecnología de estación total y por último el método de medición aérea utilizando vehículos de vuelo llamados Drone, así mismo para poder realizar la comparativa, tuvo que tomarse en cuenta las mediciones de inició de la obra o el trazo del terreno de futbol de la Universidad, por lo que se obtuvo que las medidas fueron de un área de 6336 m², con un frente de 64 metros y un largo de 99 metros.

Concluyendo que con el vehículo área se obtuvo un margen de error menor, por otro lado, se reflejó un mayor margen de error en medición con cinta métrica. Presentando finalmente el área totalmente reconstruida con 103 imágenes tomadas con Drone a una elevación de de 50 metros con un traslape entre imágenes del 80%.

El levantamiento con vehículo aéreo no tripulado tiene muchas ventajas en cuanto a optimizar el tiempo durante el cual se realiza el

levantamiento topográfico, otra virtud es que solo se necesita un operario para la manipulación y programación del dron para un levantamiento topográfico, el obstáculo de la tecnología Dron es que la adquisición del dron y el software capaz de realizar las misiones que se le encomiendan, siendo este el caso de la topografía, requiere de una gran inversión económica.

Vásquez & Backhoff (2017), en su estudio titulado Procesamiento geo-informático de datos generados mediante drones para la gestión de infraestructura del transporte, de la Universidad La Salle de México, se analizaron temas como sensores, drones y datos resultantes de su uso en la gestión de planeamiento de planeamiento para mejorar la infraestructura de transporte a través de la utilización de Drones que permitirán las captaciones de imágenes precisas para gestionar sistemas pluviales.

Se consideraron varios programas actualmente en uso para analizar datos observados en el campo utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV), tomando en cuenta la aplicación del software más adecuado para este propósito. Así mismo se muestra la información de datos con funciones necesarias y software dedicado a la creación de datos. El manejo e integración de las nubes obtenidas del Sistema de Información Geográfica (SIG), como es el caso de ArcGIS, que procesa y visualiza empleando herramientas de software. Productos como orto mosaicos, modelos digitales de elevación (DEM) y curvas de nivel que se crean como muestras finales además de estas se pueden obtener cálculos precisos de área, volumen, acumulación y escorrentía.

Finalmente, la investigación arrojó los favorables resultados para el estudio, donde se terminó cumpliendo con su objetivo principal de comprobar que el sistema geoinformático utilizado en los equipos de planeamiento no tripulado (VANT), permite generar datos de precisión para las ciencias profesionales involucradas en el estudio utilizando la tecnología del (VANT), en lo cual, los resultados obtenidos fueron que ni la presencia de nubosidad espesa impide que el (VANT) pueda obtener a través de su

recorrido supervisado los datos de las coordenadas a través del sistema de información geográfica (SIG), con el propósito de llevar a cabo el estudio realizado por una sola persona, y demostró además que no es necesario la presencia de otra persona en el punto medido, simplificando la labor de tareas extras por inclusión de más horas hombre.

Además, se pudo conseguir y demostrar satisfactoriamente la precisión del trabajo realizado ofreció resultados más homogéneos, ya que por lo tanto el error es específico de cada punto: No se acumula en pases ni emisiones.

Amaya & Muñoz (2021), en su investigación titulada Estudio comparativo de levantamientos topográficos con RPAS versus Estación Total en el área de medición de terrenos en el municipio del distrito central, Honduras durante el período 2015-2021, de la universidad politécnica de ingeniería el cual, realizo el estudio con el propósito de demostrar los valores obtenidos en base al levantamiento topográfico utilizando la Estación Total que está denominado como un equipo de alta precisión; por otro lado, los resultados finales con el RPAS que son fotos áreas, siendo una herramienta tecnológica que se está poniendo en práctica y que asegura tener mayor precisión que los métodos topográficos tradicionales.

En el estudio, se pusieron en emplearon dos formas de trabajo. La primera, basada en la utilización del método topográfico convencional tradicional con estación total y un segundo método, implementado por Aeronave pilotada a distancia (dron). Para obtener el diseño, el propósito principal fue comparar las dos formas de trabajo que contribuyeron definitivamente a la definición de elementos y valores. Brindar condiciones de operación seguras, manejo armonioso y bajo impacto de las condiciones ambientales existentes, especialmente atención técnica y económica, de acuerdo con especificaciones técnicas aprobados por organismos de investigación del proyecto.

La capacidad de contribuir con nueva información a partir del conjunto de datos espaciales que ofrecen los Sistemas de Información Espacial (SIG) ha revolucionado la gestión y la evaluación de la información geográfica, transformándose en una herramienta de alta especialización para gestionar esta información, lo que se refleja en la generalización del uso de sistemas en diversos sectores que se ocupan de la información espacial y relacionada, principalmente para resolver problemas ambientales, sociales y económicos.

Y finalmente, tras haber realizado los dos estudios topográficos de campo se han obtenido los resultados de la precisión, costo y tiempo de ejecución, así como la forma de poder utilizar estos dos levantamientos de manera integrada. En el tema de precisión se inició con el descarte del error humano, debido a eso la estación Total obtuvo $\pm 4\text{mm}$ y por el segundo método el error del RPAS está entre 1m y 4m con un traslape horizontal y vertical del 90% en las ortofotos, se concluye que la Estación Total tiene mayor precisión.

Por consiguiente, al realizar un estudio con Estación Total si se compraría todo el equipamiento nos costaría un promedio de L. 255,958.75 y si se compraría el aparato RPAS nos costaría un promedio de L.155,277.50 por lo tanto se dice que los costos al hacer estudios topográficos con vehículo aéreo no tripulado son más económicos y en lo que respecta al tiempo utilizando la Estación Total dependerá del terreno a levantar.

En la investigación, el tiempo de levantamiento fue un aproximado de 8 horas y el levantamiento con el vehículo aéreo no tripulado fue de 1 hora desde su principio hasta el término de ello, Por lo que podemos decir que el vehículo aéreo no tripulado ayuda a optimizar el rendimiento para los dos métodos.

Jiménez, Magaña & Soriano (2019), en su tesis doctoral titulada Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con Estación Total

como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos, de la Universidad de el Salvador. Cuyo propósito principal es constatar las mediciones obtenidas que resultan de manera directa con la estación total que está catalogada como un instrumento de alta precisión; a partir de mediciones obtenidas a través de fotografías aéreas tomadas desde un dron y desde un sistema GPS, que es un sistema global de navegación por satélite (GNSS).

En este sentido, como resultado final de este trabajo de investigación se demostró el análisis de costos de ambos métodos, como también la precisión y tiempos empleados que permite evaluar en la práctica el adecuado método de acuerdo al sitio a investigar

Túlio (2019), en su estudio titulado, Comparación entre topografía clásica y levantamiento aéreo con VANT, para uso en georreferenciación de propiedades rurales, tiene como objetivo general comprobar la posibilidad de utilizar la restauración fotogramétrica a partir de imágenes UAV para la georreferenciación de topografías en inmobiliarias rurales y contrastar el levantamiento del área con topografía tradicional, con la restauración de datos aerofotogramétricos.

La conclusión de este estudio enfatizó que se lograron las metas propuestas y la metodología demostró ser efectiva en la obtención de buenos resultados y productos eficientes. Se logró PEC clase A ,en una escala de 1:1500, excepto que en comparación con la medición topográfica clásica mostró diferencias en área y perímetro de menos del 1%, debido a que la diferencia entre las coordenadas de referencia y de prueba se demostró en la mayoría de los casos, inferior a lo establecido en la NTGIR 3ra edición, para los vértices M y P con un límite de hasta 0.5 m, y cuando es mayor se acercaba mucho al límite de 0.5 m, lo que indica un alto potencial de aplicación en áreas con características tan singulares y que aún no han sido certificadas.

2.1.2 Antecedentes a nivel nacional:

Fiestas & Merino (2020). En su tesis titulada Cálculo preciso del índice de condición del sistema pluvial flexible a la Av. Don Bosco - Piura usando Vehículo no tripulado; de la Universidad Nacional de Piura, se utilizan vehículos aéreos no tripulados para mejorar los procesos de control. Las propuestas de mantenimiento se desarrollan de manera similar. Se muestra la metodología práctica de uso del dron, luego se procesan las imágenes recolectadas para inspección en gabinete, se logra identificar fallas, donde indica que el tema de la inspección e inventario de obras de drenaje es muy extenso, debido a la variedad de estructuras incluidas en el sistema de alcantarillado vial. Siendo una función de gran interés para la mejora del País, como de los departamentos, provincias, ciudades y municipios por los que atraviesan, constituyen un preciado patrimonio de la nación que necesita ser protegido y conservado adecuadamente, para evitar así su destrucción prematura.

Por lo tanto, ante la constancia e implementación del estudio realizado, como resultado se pudo calcular de manera precisa con apoyo de las matemáticas puras para determinar precisión de la condición del sistema pluvial en estudio, lo que le permitió saber exactamente su estado físico en deterioro.

En este sentido, se pudo presentar la propuesta de restablecimiento y reparación del sistema pluvial determinando los tiempos y costos exactos gracias a la precisión del estudio con vehículo no tripulado. Otro resultado obtenido es poder determinar gracias al trabajo del equipo no tripulado las condiciones de riesgo de la zona en estudio y poder prevenir de esa forma futuros desastres de gran magnitud que conlleven verdaderamente a altos costos y tiempos de inversión en restauraciones urgentes y totales.

Leiva & Niño de Guzmán (2021). Con su tesis titulada 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 carretera Abra Ccorao-Ccorao, esta tesis de la Universidad

Andina del Cusco, Tiene como propósito comparar la precisión obtenida en un levantamiento topográfico utilizando un vehículo aéreo no tripulado y estación total en la carretera Abra Ccorao - Ccorao, que va desde la Progresiva 15+000 hasta la Progresiva 20+000 en el Centro Poblado de Ccorao, Distrito de San Sebastián, Provincia y Departamento del Cusco.

El trabajo se dio inicio con sobrevuelos fotogramétricos del área examinada utilizando el Mavic 2 Pro Modelo del vehículo aéreo tripulado, luego las fotos fueron procesadas en el programa Pix4D Pro, que obtuvo como resultado ortofoto y nube de puntos, para luego poder realizar un plano topográfico en AutoCAD Civil 3D, en el cual obtuvimos datos que nos sirvió para comparar la precisión entre los dos equipos, al mismo tiempo se estimaron variables cuyas dimensiones son costo y tiempo de implementación para llegar a conclusiones adecuadas.

Los resultados finales obtenidos de la investigación nos dicen que la aplicación del vehículo aéreo no tripulado es más preciso para proyectos de carreteras, dando a conocer que los resultados de error tanto absoluto como relativo son menores respecto al levantamiento topográfico con estación total, lo que acorta la duración del trabajo.

Según Vásquez (2021), en su tesis titulada Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con Drone comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con Estación Total; de la Universidad Nacional de Cajamarca, esta investigación tiene como objetivo principal determinar qué tan similar es el cálculo de volumen de material apilado adquirido de un levantamiento topográfico con Drone DJI Phantom 4Pro, al de un levantamiento utilizando la Estación Total Trimble 5603 DR200+.

El desarrollo de esta tesis se inició con el cálculo del volumen de 8 apilamientos de agregados, para así llevar a cabo la construcción de la

Carretera Abra Tocto – Vilcashuaman, Tramo: Condorcocha – Vilcashuaman. Para hacer el cálculo se procedió hacer dos tipos de levantamiento topográficos, uno usando la estación total (Método tradicional), y el otro haciendo uso de un dron.

Todos los datos que se adquirieron con el método tradicional fueron procesados en el software Autodesk Civil 3D, que crea representación del terreno. Por otro lado, los datos del levantamiento con dron, se elaboraron en el software Pix4Dmapper, que luego se exporta a Autodesk Civil 3D para calcular su volumen.

Finalmente, los resultados obtenidos, arrojan como respuesta con un error permisible de 5%, concluyendo que los volúmenes del levantamiento con Dron son superiores en 0.4% a 1.30% (15.98m³ a 22.80m³) respecto con Estación Total, en relación al tiempo con Dron se tuvo 48.85% (11.44 horas) y en relación al costo se tuvo un total de 60.28% (S/. 1,593.33) siendo inferior que la Estación Total. Determinando que los dos levantamientos dan volúmenes semejantes, en cambio, demanda menos tiempo y ahorro al efectuar el proceso con vehículo aéreo no tripulado.

Peña & Peña (2020), en su tesis titulada, Propuesta de levantamiento de tipos de fallas asistido por el sistema de Aeronaves Pilotadas Remotamente (RPAS) para intervenir en carreteras de bajo volumen en Lima provincias, 2020 de la Universidad Ricardo Palma. Como objetivo de la investigación fue analizar y proponer propuestas de un problema común en varios países, como es el caso especialmente de Perú, Como el deterioro vial (agujeros, grietas, surcos, etc.) generada por distintos factores como vehículos pesados, el clima, agua empozada.

Es ahí donde las autoridades locales deben designar a una persona para que inspeccione y controle el estado de las carreteras, ya que la detección de grietas en el pavimento en su etapa inicial puede ayudar a

mantener las carreteras en condiciones de mantenimiento mas no de reparación donde aplica que el costo sea muy alto.

Hoy en día, han surgido métodos de inventario de carreteras. Recientemente, muchos investigadores han decidido recopilar de manera eficiente datos sobre el estado de la carretera. Se ha logrado un progreso significativo en esta área y se están proponiendo nuevos planteamientos con el acelerado desarrollo de la teledetección y la tecnología, estamos considerando el uso de tecnología de imágenes y teledetección basada en drones para evaluar caminos sin pavimentar.

Y finalmente los resultados obtenidos de la presente investigación fueron los siguientes: Se estableció el sistema de aeronaves pilotadas remotamente, con el drone modelo Phantom 4pro, software Pix4Dmapper, los que nos permite mejorar el 70% del tiempo. Se reconoció el vehículo aéreo no tripulado modelo Phantom 4Pro entre 5 modelos de drones más recomendados por el vuelo y su peculiaridad de acuerdo al trabajo en carreteras de volumen pequeño, el mismo que optimiza el tiempo en un 72%. El uso del vehículo aéreo no tripulado ayuda en la recopilación de información en poco tiempo, no hubo necesidad de interrumpir el tráfico, gracias a lo cual la vida de los operadores no corre peligro en comparación con el método tradicional. 4. El método RPAs permite reducir el personal en la ejecución en campo a comparación con el método tradicional, minimizando así el costo de la evaluación.

Según Chalco & Fernández (2020). En su trabajo desarrollado, titulado, Influencia del uso de la tecnología de Vehículos aéreos no tripulados (VANT) en los resultados de la topografía tradicional- 2020, Universidad Privada del norte de Ingeniería Civil. El estudio se basó en la aplicación de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados es igual o perfecciona los resultados que alcanzamos con el método tradicional.

En este trabajo de investigación mostramos el impacto del uso de

drones de tecnología aeronáutica en los resultados de la topográfica tradicional, a partir de una investigación cuantitativa con alcance explicativo que revisó las bases de datos científicas de Google, Academia. Para luego estudiar 15 estudios que lo plantean de manera empírica o teórica, teniendo en consideración su trasfondo en idioma español y menos de 5 años de publicación.

Por lo tanto, la propuesta surge con el propósito de demostrar los aportes que se pueden obtener de la tecnología aérea como los vehículos no tripulados tomando como apoyo la tecnología de Estación Total como principal aporte de contribución a la tecnología de distanciamiento que hace más efectivo el trabajo del Dron, su tecnología de tipo integrada que puede llegar a medir ángulos y distancias simultáneamente, lo que representa incluso en tiempos de pandemia un aporte a la continuidad de la tecnología de la ingeniería civil y la topografía, para que de ese modo se puede seguir dando avance a los proyectos de progreso y beneficio social.

Finalmente, se pudo concluir que el impacto de la aplicación de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados en los resultados de las mediciones tradicionales fue positivo, lo que reflejó una buena precisión, costos, tiempo de implementación y convencimiento en la utilidad de la metodología.

Sin embargo, estos resultados se lograron en mayor medida gracias al control en tierra que se deriva de la metodología tradicional como soporte; también, se cree que los resultados más eficientes de esta tecnología en topografía serán acordes a la ampliación del área levantada, ya que siempre se requerirá el uso de equipos topográficos tradicionales para trabajos de detalle.

Todos los antecedentes mencionados, tanto los internacionales como los nacionales, han servido como base y vinculo de aprendizaje, y como sustento teórico para el desarrollo de la investigación con fines de seguir

proporcionando material para soporte de futuros estudios y aplicaciones de tecnologías similares para posteriores estudios de la ingeniería civil y de la topografía.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Topografía

Según Mendoza (2019):

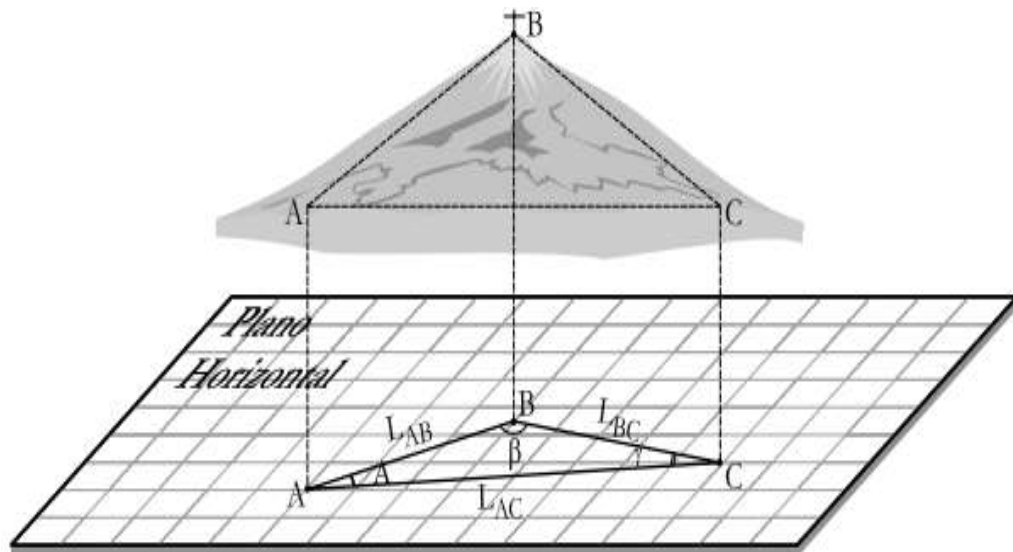
Es parte de la ingeniería que plantea de establecer las posiciones relativas de los puntos por medio de la recopilación y la ejecución de información sobre las secciones físicas del geoide, suponiendo que la superficie observable de la Tierra es horizontal. En pocas palabras: la geodesia consiste en tomar medidas sobre un área de tierra relativamente pequeña. La información obtenida de agencias cartográficas especializadas y/o por mediciones terrestres "supervisadas", complementó esta información con procedimientos matemáticos básicos. (p.9)

2.2.1.1 División básica de la topografía

2.2.1.1.1 Planimetría

Es el responsable de colocar los puntos en la superficie terrestre y calcular sobre un plano denominado plano de referencia, se observa en la figura 7. Para obtener estos puntos en un plano (en conclusión, es un espacio bidimensional), es esencial fijar una métrica que precise el lugar del punto de medición en relación al origen común. (Mendoza, 2019)

Figura 7:
Plano planímetro



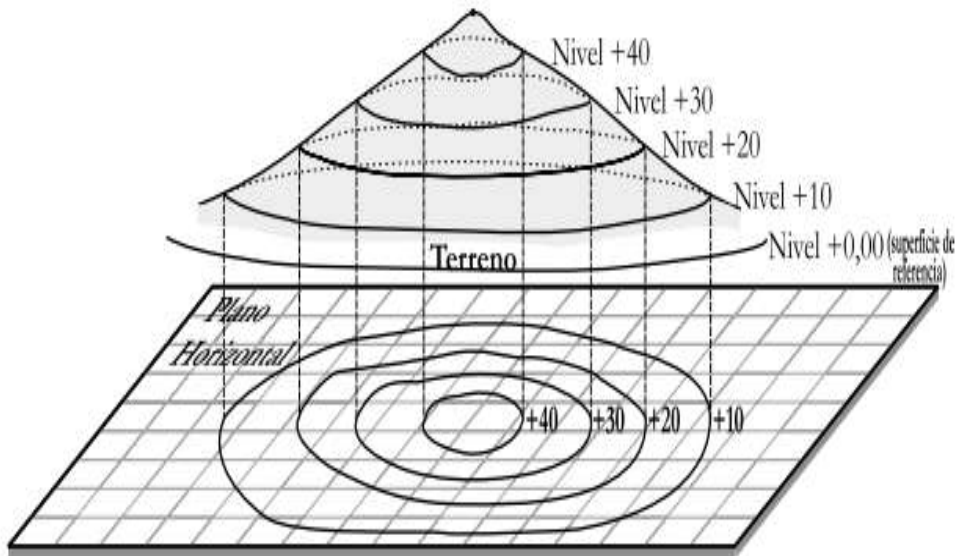
Nota: Topografía y Geodesia. Fuente: Mendoza (2019)

2.2.1.1.2 Altimetría

Sirve como una representación gráfica de las distintas alturas de los puntos en la superficie de la Tierra para una superficie de referencia. (Mendoza, 2019)

En la figura 8, se determinan la altura o "cota" de cada uno de los puntos sobre un plano de referencia. Con lo que podemos decir que la altimetría simboliza el relieve del terreno.

Figura 8:
Plano altimétrico

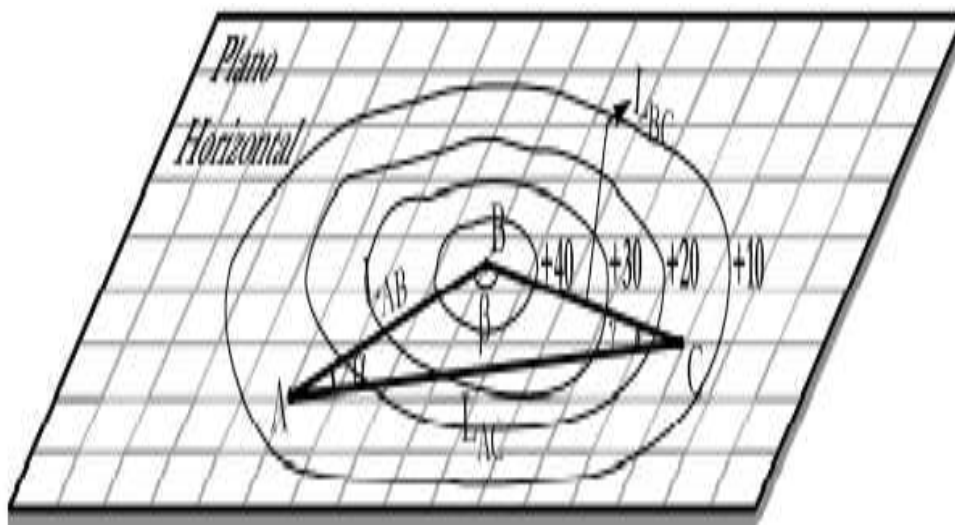


Nota: Cotas del terreno. Fuente: Mendoza (2019)

2.2.1.1.3 Topografía integral

Es el estudio gráfico de diferentes puntos de la superficie terrestre, teniendo en cuenta la posición horizontal y vertical, tal y como se representa en la figura 9, donde se combina altimetría y planimetría.

Figura 9:
Plano altimétrico y planimétrico



Nota: Topografía y Geodesia. Fuente: Mendoza (2019)

2.2.1.2 Nivelación geométrica

2.2.1.2.1 Nivelación geométrica simple:

Permite conocer la altitud de uno o más puntos en el suelo mediante una sola estación de instrumentos.

En la figura 10, observamos la aplicación de una nivelación geométrica simple para obtener el desnivel de nuestro terreno, haciendo uso del nivel como instrumento.

Figura 10:

Nivelación con geometría simple.



Nota: Toma de los puntos con el Nivel. Elaboración: Los autores.

2.2.1.2.2 Nivelación recíproca:

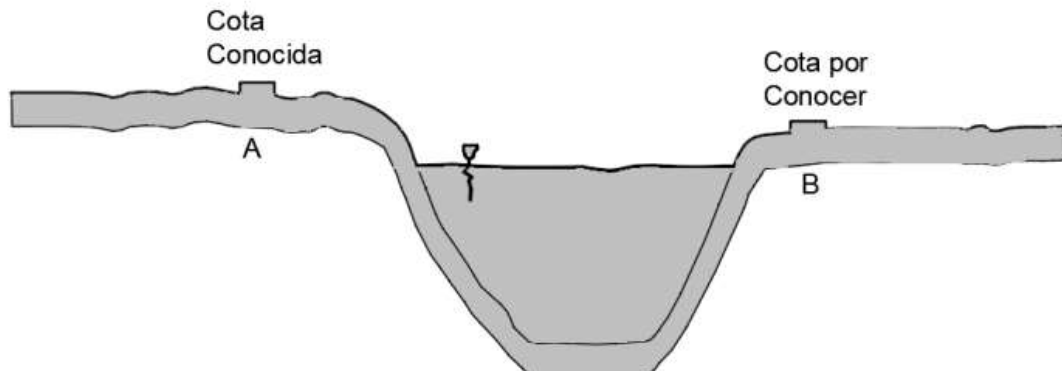
Esto se usa cuando:

Se quiere corroborar que el eje óptico del telescopio está paralelo a la guía del nivel de burbuja.

El aparato no puede colocarse en una posición intermedia entre dos asientos diagonales, a causa de ríos, pantanos o cualquier otro obstáculo. Ver figura 11.

Figura 11:

Nivelación recíproca



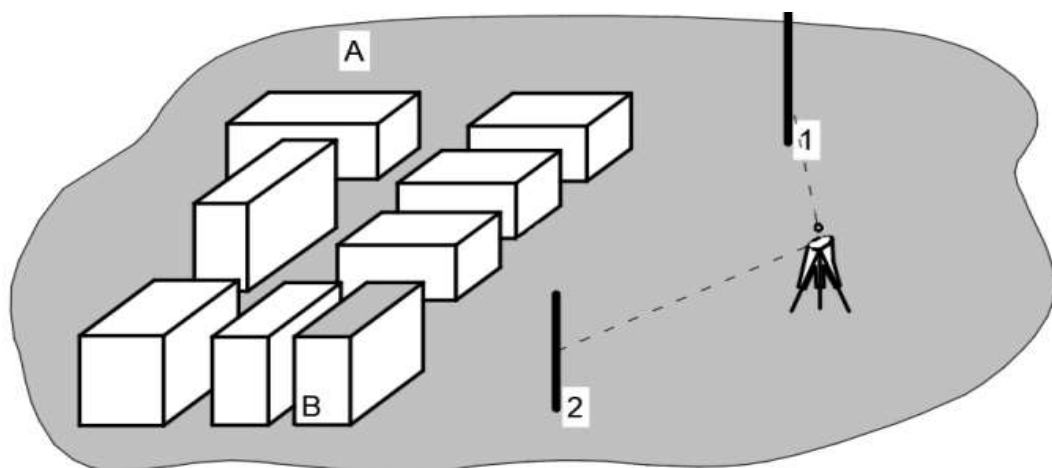
Nota: Topografía y Geodesia. Fuente: Mendoza (2019)

2.2.1.2.3 Nivelación compuesta:

Es una secuencia de niveles simples interconectados, así como se muestra en la figura 12, esto se usa cuando se necesita una diferencia en el orden de dos puntos muy distantes, o cuando la visión desde la estación es difícil.

Figura 12:

Vista de nivelación compuesta.



Nota: Topografía y Geodesia. Fuente: Mendoza (2019)

2.2.1.2.3.1 Precisión de una nivelación compuesta

La precisión en la nivelación está directamente relacionada con el objetivo perseguido; por lo tanto, si se requiere una investigación preliminar, no se justificará el uso de equipos de alta precisión, ya que esto requeriría una mayor inversión económica.

Sin embargo, no importa cuán cuidadoso sea, es imposible evitar errores accidentales. La precisión se puede cuantificar por el error máximo tolerable, cuyo valor es función de dos parámetros.

$$E_{\text{máx}} = e\sqrt{k}$$

2.2.1.2.3.2 Nivelación aproximada

Se utiliza en reconocimiento o levantamiento preliminar, la mira puede llegar hasta 300 metros, la lectura en la parcela puede ser de aproximadamente 5 cm, no es necesario colocar el dispositivo equidistante de los puntos de necesidad, fulcro. Puede estar sobre el suelo de forma natural.

$$E_{\text{máx}} = \pm 0.10\sqrt{k}$$

2.2.1.2.3.3 Nivelación ordinaria

Se usa en la construcción de carreteras, autopistas, vías férreas, construcciones todoterreno en general, etc. La imagen puede tener hasta 150 yardas, el índice en el visor puede tener una distancia de hasta 0,5 cm; el dispositivo debe colocarse aproximadamente a la misma distancia entre los puntos a nivelar, ya que esto es suficiente para medir las distancias antes mencionadas en etapas.

$$E_{\text{máx}} = \pm 0.20\sqrt{k}$$

2.2.1.2.3.4 Nivelación precisa

Se utiliza para determinar los grados de pendiente, en la elaboración de planos catastrales, en trabajos cartográficos; La visibilidad puede ser de hasta 100 metros, la lectura a la vista puede ser de aproximadamente 0,1 cm; el dispositivo debe colocarse aproximadamente a la misma distancia entre los puntos a nivelar, ya que esto es suficiente para medir las distancias antes mencionadas en etapas; Un cuerpo sólido debe ser el soporte de la visión.

$$E_{\text{máx}} = \pm 0.01\sqrt{k}$$

2.2.1.2.3.5 Nivelación de alta precisión

Utiliza la identificación de pisos muy espaciados, en el establecimiento de B.M. así como en trabajos geodésicos de primer grado; las imágenes pueden llegar a 100 yardas, las lecturas en el visor pueden ser tan cercanas como 0,1 cm; el equipo debe colocarse a distancias prácticamente iguales entre los puntos nivelados, ya que esto es suficiente para medir las distancias antes mencionadas por el método constante; el punto de soporte de la visión debe ser un objeto sólido; el dispositivo no debe tener contacto con el sol y estar bien protegido.

$$E_{\text{máx}} = \pm 0.004\sqrt{k}$$

2.2.1.3 Compensación de errores en una nivelación geométrica.

La verificación de la nivelación geométrica del rasgo del terreno es positiva, los errores totales de cierre se distribuyen según cada cota de los puntos intermedios, ya que conllevan a un determinado error aleatorio.

En el caso específico en que el error de cierre del alfiler sea mayor que el valor máximo admisible, se tendrá que rehacer el trabajo de campo.

2.2.1.3.1 En un itinerario cerrado:

La corrección de errores cerrados se realiza distribuyendo el error especificado a todas las coordenadas del punto medio y es equitativo a la distancia entre el punto especificado y el origen.

$$C_i = \frac{(a_i)(E_c)}{dt}$$

C_i : Compensación en el punto "i"

a_i : Distancia del punto inicial al punto "i"

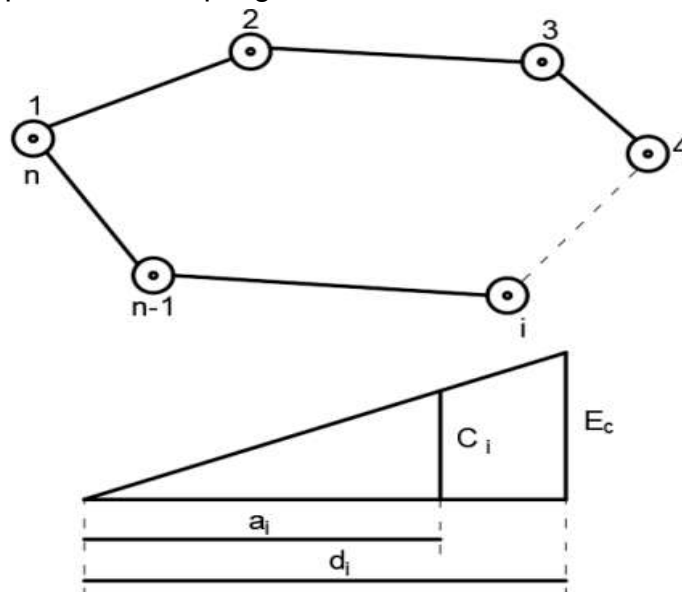
E_c : Error de cierre

dt : Distancia total

En la figura 13, vemos que cuando se trata de un itinerario cerrado, ambas estaciones tanto de inicio como final estas deben de verse entre sí.

Figura 13:

Compensación de poligonal cerrada



Nota: Cálculo de una poligonal cerrada. Fuente: Mendoza (2019)

2.2.1.3.2 En un itinerario abierto:

El proceso es parecido al de un itinerario cerrado. Pero en este caso en la compensación de su poligonal abierta, como muestra

en la figura 14, el punto inicial y final no se unen entre sí.

$$C_i = \frac{(a_i)(E_C)}{dt}$$

C_i : Compensación en el punto "i"

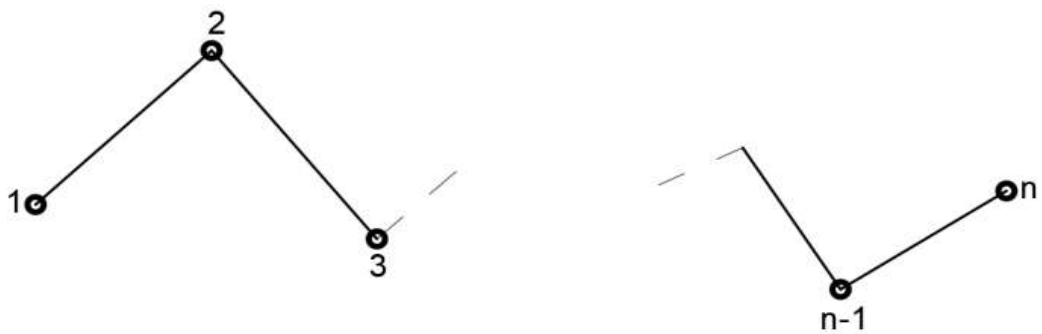
a_i : Distancia del punto inicial al punto "i"

E_C : Error de cierre

dt : Distancia total

Figura 14:

Compensación de poligonal abierta



Nota: Topografía y Geodesia. Fuente: Mendoza (2019)

2.2.1.4 Errores de la medición

La compensación del error cerrado se lleva a cabo distribuyendo el error en la totalidad de las coordenadas de los puntos intermedios y la distancia será proporcional entre el punto propiamente dicho y el punto de partida.

2.2.1.4.1 Valor verdadero

Es uno de esos sin fallas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el valor real no se conoce y nunca se conocerá.

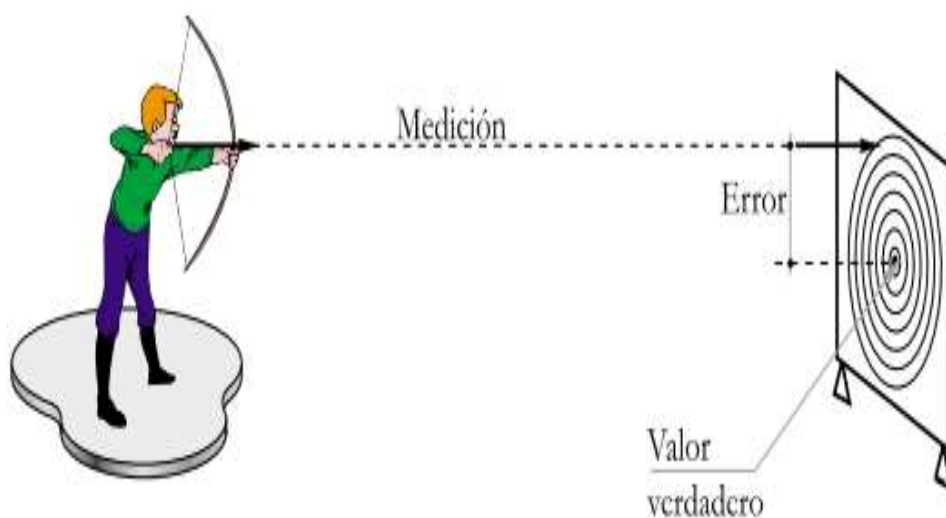
2.2.1.4.2 Error

Es la incertidumbre en la definición del resultado de una medida.

En la figura 15, mostramos un ejemplo representativo de una medición y el error que se obtiene.

Figura 15:

Incerteza de la medición.



Nota: Topografía y Geodesia. Fuente: Mendoza (2019)

2.2.1.4.3 Exactitud

Es el nivel de cercanía o el grado de perfección a la verdad por el que debemos esforzarnos. La herramienta equivocada nos da resultados erróneos o incompletos.

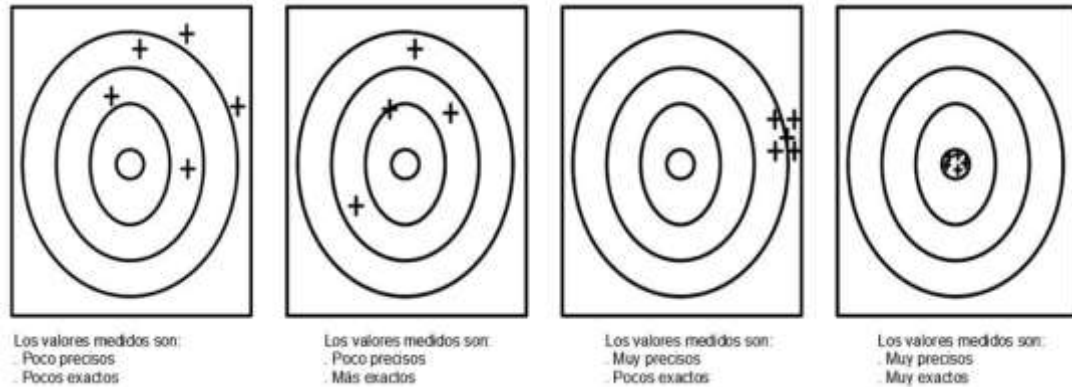
2.2.1.4.4 Precisión

Es un grado de eficiencia del procedimiento de herramientas implicadas. La precisión de un instrumento está disponible a través de su graduación mínima.

Al realizar una medición se obtienen valores medidos, tal como vemos en la figura 16.

Figura 16:

Proceso de exactitud y precisión



Nota: Topografía y Geodesia. Fuente: Mendoza (2019)

2.2.1.5 Causa de los errores

2.2.1.5.1 Naturales

Estos son errores causados por cambios en el clima (lluvia, viento, temperatura, humedad, etc.).

2.2.1.5.2 Instrumentales

Estas son las cosas que surgen debido a las imperfecciones de los instrumentos de medición.

2.2.1.5.3 Personales

Son causados por las limitaciones de los sentidos humanos para observar (tacto, vista, etc.)

2.2.1.6 Clases de errores

2.2.1.6.1 Propios

Son cosas que resultan de la negligencia del observador, que no encajan en el análisis de la teoría del error.

2.2.1.6.2 Sistemáticos

Son errores causados por defectos en los materiales utilizados. No sólo de factores externos como el calor y la humedad.

Estos errores siempre están sujetos a leyes físicas o matemáticas corregibles.

2.2.1.6.3 Accidentales o fortuitos

Son errores que ocurren por causas independientes de la pericia del observador y para los cuales no se pueden tomar medidas correctivas, sin embargo, suelen obedecer estos errores a la ley de probabilidad; Por este motivo, es recomendable realizar varias lecturas de la misma medida, ya que suelen ser diferentes.

2.2.1.7 Teoría de probabilidades

Son entidades matemáticas que sirven para acercar una cantidad a un rango aceptable (por error aleatorio); De acuerdo con esta teoría, se supone que:

Los errores mínimos son más comunes que los errores más grandes.

No cometer grandes errores.

Los errores pueden ser ciertos o falsos.

El valor verdadero de una cantidad es el promedio de las observaciones similares de un número infinito.

2.2.1.7.1 Observaciones de igual precisión

A. Media (\bar{X})

Este suele ser el valor en el centro del conjunto de datos ordenado por tamaño. Este es el promedio del conjunto de datos.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

B. Desviación (V_i)

También se conoce como error aparente de una medida, es la desigualdad entre el valor medio y el valor que corresponde a una medida.

En la práctica, la desviación es el error aproximado de cada medida, ya que no se determina el valor real.

$$V_i = X_i - \bar{X}$$

C. Error medio cuadrático de una observación (desviación típica o estándar): σ

Compete al valor del error del punto de inflexión de la curva típica de probabilidad.

$$V_i = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2}{n-1}} \quad 2 \leq n \leq 30 \quad \sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2}{n}} \quad n \geq 3$$

D. Error probable (E_v)

Es este intervalo, en sus límites existe la posibilidad de que el número total de mediciones sea un 50% que integre dicho rango. Este error rara vez se usa hoy en día.

$$E_v = \frac{E_c}{(n)^{1/2}}$$

E. Ecuación general del índice de precisión (E_p)

$$E_p = K\sigma$$

E_p : Porcentaje de error.

K : Factor numérico que corresponde al porcentaje de error.

σ : Desviación estándar.

2.2.2 Medidas de ángulos

Generalmente los ángulos utilizados en topografía son de dos tipos: horizontales y verticales.

2.2.3 Medidas de direcciones

Acimut (Z): Es el ángulo horizontal horario conformado por el Norte y la línea referencial.

Rumbo: Es el ángulo horizontal agudo conformado por el Norte o Sur y la línea de referencia.

2.2.4 Levantamiento topográfico con estación total.

Según Hernández (2011):

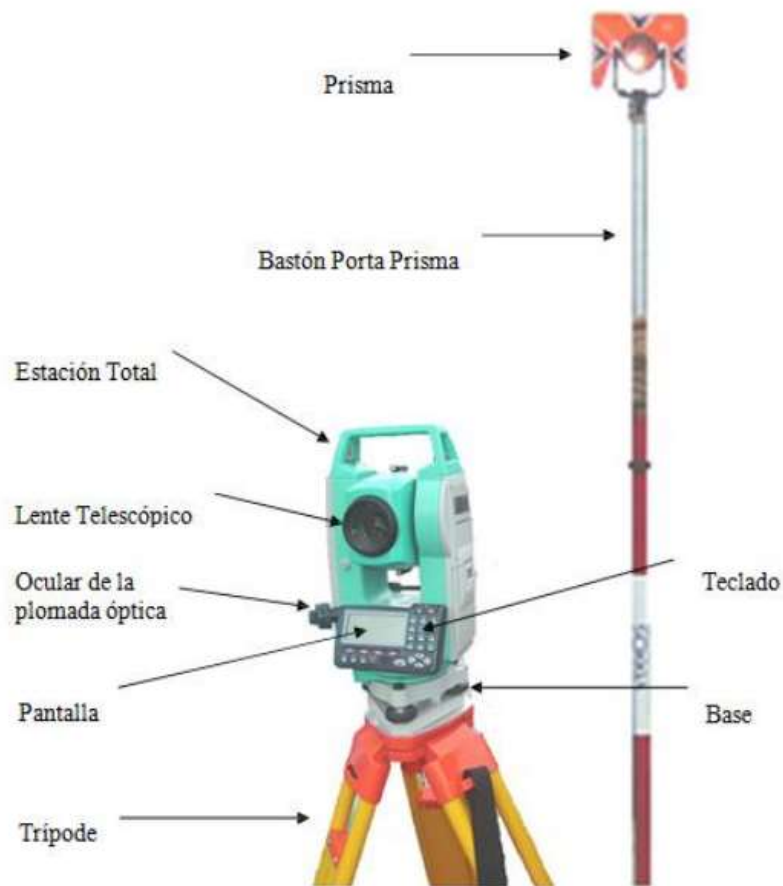
Es preciso antes mencionar que en las mediciones de estación total se logra una precisión de distancia láser y precisión de ángulo digital, a diferencia del teodolito y nivel que utilizan precisión óptica para medir ángulos y distancias.

Asimismo, partiendo de ambas partes (ángulos y distancias) más la posición actual de la Estación Total mide y reúne las coordenadas geográficas de cada punto (N, E, Z) excluyendo de esta manera ejecutar cálculos complicados para digitalizar el levantamiento en un software CAD. (p.6)

A continuación, mostramos en la figura 17, los componentes y accesorios de una estación total:

Figura 17:

Estación Total para la Ingeniería de la Construcción



Nota: Manual de operación de la estación total (2011).

Un levantamiento topográfico con la Estación Total es precisamente una herramienta de obtención de exactitud en donde se generan los resultados de la investigación realizada, teniendo como alcance el alcance numérico de las distancias en el terreno en estudio.

La estación utilizada en este proyecto, para nuestro levantamiento topográfico es la Topcon Se105, y sus características técnicas la mostramos a continuación:

Tabla 1:

Características técnicas de la estación total Topcon SE105

Características	General	Datos
Plomada	Tipo	Laser
	Precisión	1"/5" (25,4 mm/127 mm)
Bateria	Autonomía	Aprox. 36 Horas
	Precisión	5" (127 mm)
Ángulos	Con prisma	Doble eje (Desactivable y precisión 5")
	Distancia	
Alcance	Con prisma	4000 m
	Sin prisma	500 m
Presición	Prisma EDM	2 mm + 2 ppm
	Sin prisma	3 mm + 2 ppm(0.3-200 m)
Tiempo de medición	Fina	0,9 seg
	Rápido	0,7 seg
	Seguimiento	0,3 seg
Interfaz y gestión de datos		
Almacenamiento	Tamaño de memoria	Max 8 gb
	Puntos de almacenamiento	Hasta10,000
Conexión	LongLink	Comunicación Movil
	Bluetooth	Clase 1
Pantalla	Ranura USB	2.0 (host + esclavo)
	Visualización	LCD dual retroiluminada
Temperatura	funcionamiento	-20 °C a +60 °C

Nota: Geotop geodesia y topografía (2019).

2.2.4.1 Aplicación General de la Estación total.

Hernández (2011), detalla:

En una Estación Total alcanza su máxima funcionalidad en la Ingeniería de Alta Precisión Topográfica, esto es en la construcción de Carreteras, Puentes, Edificios, Redes de Tuberías o conductos, Represas, etc. En todas estas estructuras, la precisión es un requisito importante para un rendimiento óptimo. En la construcción, la estación total realiza dos funciones principales. (p.5)

Figura 18:

Uso de Estación Total como Instrumento Electro Óptic



Elaboración: Los autores.

Levantamiento: Es la medida que representa la realidad física existente en el terreno. Como se presenta a continuación:

Figura 19:

Levantamiento con Estación Total.



Elaboración: Los autores.

Replanteo: En el terreno sigue el diseño de la obra ya proyectada. En términos catastrales, el uso de estaciones totales en áreas urbanas solo es factible porque los costos económicos y el desempeño de las áreas rurales están muy separados y su aplicabilidad es ineficiente. Además, la visibilidad limitada en las esquinas traseras de la propiedad probablemente limitará su uso en áreas urbanas a mediciones frente a la propiedad, logrando una precisión inigualable. En este caso, este paso debe combinarse con la medición de la geometría interna de la propiedad utilizando una cinta métrica y brújula. De cualquier modo, no olvidar que en catastro la aplicación de la Estación Total solo cumple una función: Levantamiento.

2.2.4.2 Funcionamiento.

Hernández (2011):

El funcionamiento del aparato se basa en un principio geométrico sencillo y muy difundido entre los técnicos catastrales conocido como Triangulación, que en este caso consiste en determinar la coordenada geográfica de un punto cualquiera a partir de otros dos conocidos. Dicho de otra manera, para hacer un levantamiento en una estación total, debe comenzar con dos puntos con coordenadas conocidas. Si esto no es posible son las coordenadas conocidas y desde la posición se debe hacer observaciones y cálculos. La nomenclatura de estos tres puntos se ha convertido en un lugar común y se utiliza por igual en cada modelo de estación total. (p.6)

Figura 20:

Funcionamiento de la Estación Total.



Elaboración: Los autores.

Coordenadas de la Estación (Stn Coordinate): Estas son las coordenadas geográficas del punto donde se encuentra el dispositivo en el campo. Desde allí se observan todos los puntos de interés.

Vista Atrás (Back Sight): Estas son las coordenadas geográficas del punto que puede ver desde la ubicación del dispositivo. En lugar de sugerir que este punto está al revés en la dirección en la que se lleva a cabo la investigación, el nombre se refiere a cualquier punto cuyas coordenadas se hayan determinado previamente.

Observación (Observation): Cualquier punto visible desde la ubicación del dispositivo donde las coordenadas geográficas se calculan a partir de Stn Coordinate y el Back Sight

Operacionalmente se sigue también el mismo orden:

1. Centrado y Nivelación del aparato (Stn Coordinate).
2. Orientación del Levantamiento (Back Sight).
3. Observación (Observation).

2.2.4.3 Partes y accesorios.

Hernández (2011), explica lo siguiente: “El aparato completo está formado por varias partes indispensables y accesorios para su correcto desempeño. Cada parte o accesorio cumple con una función específica que el técnico debe conocer” (p.7)

Las partes indispensables son:

TRIPODE: Es la estructura en la cual se coloca el dispositivo en el área a realizar el levantamiento.

Figura 21:

Trípode y Estación Total



Elaboración: Los autores.

BASE NIVELADORA: Es una plataforma para conectar el trípode a un dispositivo y se utiliza para la colocación horizontal para fijarlo con 3 tornillos de ajuste y un nivel de forma circular.

Figura 22:

La Base Niveladora de la Estación Total.



Elaboración: Los autores.

ESTACIÓN TOTAL: Es el dispositivo en sí, que básicamente consta de una lente telescópica con lente láser, un teclado, una pantalla y un procesador interno para el cómputo y almacenamiento de datos. Opera con una batería de litio recargable.

PRISMA: Este es un objetivo que se coloca en cualquier lugar y se muestra en la estación total para capturar el láser y rebotarlo en el dispositivo. Puede disparar con un solo prisma, pero puede usar al menos dos prismas para optimizar el rendimiento.

Figura 23:

Prisma topográfico.



Elaboración: Los autores.

BASTÓN PORTA PRISMA: Es una especie de varilla metálica regulable en altura sobre la que se coloca un prisma. Tiene una burbuja redonda que te permite ubicarlo con precisión en un punto del suelo. Se requiere para cada prisma utilizado bastón.

Figura 24:

Bastón Porta Prisma de la Estación Tota



Nota: El la Figura muestra la medición de la altura del bastón Porta Prisma.
Elaboración: Los autores.

Donde además detalla que entre los accesorios más comunes tenemos:

BRUJULA: Generalmente está incluido dentro del paquete, cuando se pliega con el dispositivo, sirve para dirigir la estación total hacia el Norte Magnético cuando es necesario trabajar con coordenadas supuestas.

2.2.5 Levantamiento topográfico con vehículo aéreo no tripulado.

2.2.5.1 Dron como vehículo aéreo no tripulado.

Según: Vega, Ruiz & Garro (2017):

Define el (DRON) que es un UAV, o también conocido en nuestro país como RPA; y además afirma: Los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) son equipos tecnológicos que

pueden llegar a desempeñar muchas tareas, debido a su capacidad de operar en áreas remotas, zonas peligrosas o con condiciones adversas para la presencia de personas. Esto los hace adecuados para inspeccionar estructuras como puentes, edificios, taludes, etc. Porque es tecnología de punta que está evolucionando rápidamente.

Como sugiere su nombre, los vehículos aéreos no tripulados. Su tamaño puede variar mucho ya que existen dispositivos del tamaño de una mano, así como de dimensiones similares a un avión comercial. Su principal sistema de propulsión consiste en hélices accionadas por motores eléctricos que a su vez son alimentados por baterías internas. Generalmente tienen cuatro hélices, pero hay dispositivos con más de ellas. Son popularmente llamados drones debido al sonido único que emiten durante su uso. Sin embargo, ya se ha establecido el término correcto VANT para un vehículo aéreo no tripulado para distinguirlo de otros dispositivos. Es importante distinguir entre dispositivos comerciales y profesionales. El primero es el más popular debido a su bajo costo. Sin embargo, a diferencia de los profesionales, tiene funciones limitadas, como cámaras y videocámaras de baja resolución, y no tiene procedimientos de vuelo complicados. Los vehículos aéreos no tripulados profesionales pueden equiparse con una variedad de sensores como cámaras de alta resolución, imágenes térmicas, gases, multiespectrales, sensores de radar, así como baterías de alto rendimiento y procedimientos de vuelo avanzados (vuelo automático, navegación GPS, corrección de altitud). (p.1)

2.2.5.2 Tipos De Vehículos Aéreos No Tripulados

Cabada (2019), explica:

Existen varios tipos de drones, los cuales son de ala fija y multiala o multiala, sus nombres indican más de dos hélices. Los multirotores tienen ventajas porque sus aspas brindan estabilidad y ayudan en diferentes climas. (p.9)

Para el levantamiento topográfico con vehículo aéreo no tripulado, utilizamos el Phantom 4 pro, ver imagen 25.

Figura 25:

Vehículo aéreo no tripulado Phantom 4 Pro



Elaboración: Los autores.

Tenemos las características técnicas del vehículo aéreo no tripulado que se muestran en la tabla 2:

Tabla 2:

Características técnicas del Dron Phantom 4 Pro V2.0

General	Datos
Peso de despegue	1375 g
Distancia diagonal	350 mm
Techo de servicio máximo sobre el nivel del mar	19 685 pies (6000 m)
Velocidad máxima de ascenso	6 m/s (vuelo automático) ; 5 m/s (control manual)
Máxima velocidad	Modo S: 45 mph (75 kph) Modo A: 36 mph (58 kph) Modo P: 31 mph (50 kph)
Angulo de inclinación máxima	Modo S: 42° Modo A: 35° Modo P: 25°
Velocidad angular máxima	Modo S: 250 °/s Modo A: 150 °/s
Techo de servicio máximo sobre el nivel del mar	19685 pies (6000 m)
Resistencia máxima a la velocidad del viento	10 m/s
	Vertical
Rango de precisión de desplazamiento	±0,1 m (con posicionamiento visual) ±0,5 m (con posicionamiento GPS) Horizontal: ±0,3 m (con posicionamiento visual) ±1,5 m (con posicionamiento GPS)
Rango de temperatura de funcionamiento	32° a 104° F(0° A 40° C)

Nota: Corporación DJI Segurimax SAC (2018).

Entre los tipos de Vehículos Aéreos no Tripulados se encuentran:

Según: Benito (2015):

Ala Fija: Estas aeronaves necesitan velocidad inicial para mantenerse en el aire. No pueden volar por sí solos, sino que requieren de una persona o un mecanismo para lanzarlos. Son vehículos que son capaces de volar por efecto del aire, causado por la velocidad resultante, interactuando con las alas que lo componen estéticamente, son lo más parecidos a un avión normal. La aerodinámica de estos drones les otorga un excelente vuelo autónomo; Son capaces de volar durante determinadas horas, debido a que son ideales para aterrizar y cartografiar inmensas áreas. (p.5)

Ala rotatoria: Son los vehículos aéreos no tripulados más populares y vendidos del mercado. Este tipo de vehículo tiene la característica de que consta de una o más hélices impulsadas debido a un motor, que en conjunto se conoce como rotor. Este sistema se dedica a proporcionar el empuje necesario para que la aeronave pueda despegar y maniobrar, tiene una gran estabilidad durante el vuelo. (p.6)

Ibáñez et al. (2019):

Multirrotores: Posee hélices con diferentes palas, lo que facilita su funcionamiento estable, su estructura mecánica no es complicada por lo que su mantenimiento es fácil. A comparación que el Helicóptero RPA, tiene menos alcance que el Avión. Cabe señalar que en esta categoría se encuentran: (p.4)

- a. Tricóptero (Tres Hélices)
- b. Cuadricóptero (Cuatro Hélices)
- c. Hexacóptero (Seis Hélices)
- d. Octocóptero (Ocho Hélices)

Helicópteros: Tiene hélices funcionales de un solo rotor, distinto del RPA de la aeronave, puede sostener un sobrevuelo estacionario, pero la velocidad es más limitada y el mantenimiento también es complejo y cuesta más. (p.4)

2.2.5.3 Uso y aplicaciones.

Cabada (2019), menciona:

Tiene hélices funcionales de un solo rotor, a diferencia del RPA de la aeronave, puede sostener un vuelo estacionario, pero la velocidad es más limitada y el mantenimiento también es complejo y costoso. (p.10):

En eventos: Este tipo de trabajo ya es conocido, ya que los drones se utilizan para filmar cualquier evento doméstico, deportivo o musical. El uso de drones es flexible debido al diminuto tamaño y se manejan cómodamente desde una pantalla de un teléfono móvil conectado a un control remoto a través de una app de la misma compañía de drones, similar.

En situaciones de emergencia: Los drones se distinguen por su eficacia en momentos extremos para las personas, ya que pueden brindar la asistencia adecuadas en caso de desastre.

Búsqueda de personas: La capacidad de volar a una determinada altura y recorrer una gran longitud para los humanos, sirviendo para conocer y explorar entre montañas y bosques.

Vigilancia: Este es el método adoptado por las empresas de seguridad para proteger su integridad y que las autoridades puedan intervenir rápidamente.

Agricultura: Permite el seguimiento del terreno en explotación.

Construcción: También ayuda a monitorear el progreso y que el trabajo sea más productivo.

Investigaciones arqueológicas: Se usan para estudiar y evaluar restos arqueológicos debido a su característica de moverse y tomar fotos a grandes

áreas. Por ejemplo, en nuestro país, se emplearon drones para inspeccionar las ruinas del Cerro Chepén, tomando más de 700.000 fotos en solo 10 min, casi 50 veces más que otros medios de transporte.

Fines geológicos: En casi todos lados, los drones se emplean para llegar a áreas inhóspitas para las personas. Como por ejemplo los volcanes activos. Los drones pueden sacar muestras de la parte interna de un volcán y de la ceniza que libera, lo que posibilita predecir las erupciones y advertir antes a las poblaciones cercanas.

Los drones también se utilizaron para estudiar y predecir el curso de los huracanes. Estos vehículos fueron a la vista de un huracán en los EE.UU, usando mediciones de temperatura y humedad, pudieron advertir a los residentes y mitigar los daños.

Cabada (2019), asegura:

En América Latina y Perú, los técnicos y especialistas deben contar con la tecnología más avanzada, que les permita optimizar costos y tiempos frente a las estaciones totales; equipo electro-óptico alimentado por tecnología electrónica que requiere una persona con la habilidad o la experiencia para operar el equipo y, a menudo, se encuentra en un lugar donde el trabajo no es accesible para el personal a través del terreno circundante, con sus diversos oponentes. (p.11)

Por otro lado, Corredor (2020), explica:

Un dron es una aeronave que vuela sin tripulación humana a bordo. Se utilizan en consultoría de ingeniería civil para lograr una mayor cobertura del suelo, reducir costos y recopilar información de campo en áreas inaccesibles para los humanos. (p.5)

En el Perú, en los últimos 10 años, ha habido un desarrollo muy importante en la ingeniería civil, que sirvió como base y punto de partida para el despeje del terreno. Asimismo, los proyectos actuales requieren que los levantamientos topográficos se realicen con la máxima precisión y detalle.

En este sentido, la medición óptica reduce costes, mejora la precisión y rinde en menos tiempo. Por lo tanto, es el tema de investigación de este trabajo.

2.2.5.4 Uso de vehículo aéreo no tripulado (Drone) en el ámbito de la ingeniería.

2.2.5.4.1 Uso de drones en la topografía

Según Ferreira & Aira (2019):

Un dron es un dispositivo automático de navegación con unas características técnicas especiales para realizar todo tipo de trabajos, se puede utilizar tanto en exteriores como en el interior de determinados espacios, tipos. Se pueden combinar varios sensores ópticos como: cámaras de vídeo, cámaras de espectro visible, infrarrojos, etc., hasta otros tipos. Puede desarrollar distintas altitudes de vuelo (desde 1 m hasta 500 m.) en vuelos totalmente automáticos que se programan y controlan a distancia o manualmente por radiocontrol.

Para poder ejecutar la data se utiliza un software como agisoft metashape, Pix4Dmapper, PhotoScan, Photomodeler, etc. para procesar la imagen adquirida.

Según Aerial Insights (2019), hay innumerables usos que se benefician estas herramientas. Entre ellos:

- Levantamiento topográfico de precisión y modelado topográfico digital.
- Cálculo de masas y movimiento de tierras.
- Gestión y actualización catastral.
- Seguimiento y seguimiento de obras, inventario, obras subcontratadas.
- Estimación y presupuestación de obras de mantenimiento vial.
- Vigilancia y mantenimiento de infraestructuras ferroviarias.
- Crear mapas de líneas eléctricas de alta resolución.

Como podemos apreciar, las alternativas que da la tecnología dron en el área del terreno son muchísimas, pero sobre todo destaca la rapidez en la recogida de información y una importante reducción de costos.

2.2.5.4.2 Implementación de drones en la topografía.

Para el despliegue de drones en terreno, la determinación de los siguientes pasos viene determinada según: (Drone Services, 2020).

- 1) Se define la zona de estudio por software y colocamos las coordenadas exactas de la zona de estudio.
- 2) El vuelo del dron comienza con todas las especificaciones dadas, es decir, altitud y vuelo.
- 3) Si se quieren tener valores auténticos, es esencial utilizar georreferencias. Esto significa que usamos GPS. Con cerca de 22 puntos seriales como referencia gracias a la topografía tradicional.
- 4) Una vez que el dron haya completado la misión y aterrizado con las imágenes, se utiliza la fotogrametría a través de un software para crear un modelo digital 3D.

En la figura 26, se muestra la configuración del equipo antes del vuelo a realizar, para esto se siguió una serie de pasos con el aplicativo DJI GO.

Figura 26:

Vehículo aéreo no tripulado usados para Ingeniería Civil



Nota: La figura muestra el área a sobrevolar. Elaboración: Los autores.

2.2.5.4.3 Ventajas del levantamiento topográfico con drones

Este levantamiento representa un crecimiento significativo en el rendimiento para las industrias que ofrecen o requieren trabajos de topografía. Hablamos de cómo un dron, puede reedificar miles de hectáreas en tan solo un día de trabajo. Esto significa una reducción en tiempo y costo, y un aumento significativo en la precisión. (Aerial Insights, 2019).

Las ventajas que esta tecnología presenta:

- El rendimiento aumentó entre tanto el costo por hectárea disminuyó considerablemente.
- Reducir el tiempo de realización del trabajo.

- En muchas ocasiones, los resultados estarán disponibles el mismo día del viaje.
- La precisión centimétrica está disponible en cualquier parte del área del derrame, no solo en los puntos donde se centra la asignación.
- Tiene un control preciso sobre la precisión de los resultados. En otras palabras, cuando no se solicite una máxima precisión, se puede simplificar el trabajo requerido para el ingreso y procesamiento de datos.
- Disposición, de muchos resultados: ortografía, mapas de elevación, nubes de puntos, curvas de nivel y reconstrucciones 3D.
- Ingreso indeterminado a herramientas de medición en línea precisas sin obligación de estaciones de trabajo o costoso software GIS/CAD.
- Finalmente, y también algo muy relevante es el hecho de no arriesgar a los trabajadores zonas en donde existe peligro: carreteras muy transitadas, zonas de difícil acceso o terrenos empinados.

2.2.5.4.4 Productos obtenidos de la topografía con drones

Ortofotografías: Fotografía aérea donde ha sido excluido los cambios de posición y la desviación de la cámara, todos los componentes se renderizan a la misma escala y se modifican para manejar una proyección ortogonal.

Modelos Digitales del Terreno (dtm y mds): Son mapas 2D que, en cada píxel, suministran información de elevación para cada punto.

Curvas de nivel: es una representación vectorial simple en la que se especifican líneas que conectan puntos al mismo nivel que el nivel del mar.

El modelo de terreno 3d: C' cuadrícula tridimensional conformada de triángulos. Suele venir con una textura que le da un aspecto realista. Aerial Insights (2019).

2.2.6 Fotogrametría

Santamaria & Sanz (2011), Lo definen:

Es una ciencia mediante el cual el plano y la elevación se alcanzan sacarse de fotografías para elaborar planos topográficos. Dichas imágenes se logran capturar ya sea desde el suelo o desde el aire, separando así la fotometría en: terrestre y aérea.

Podemos conceptualizarlo como una agrupación de métodos y procesos que se pueden inferir de la medición óptica de un elemento, su forma y tamaño. (Pag.9)

2.2.6.1 Clasificación de la Fotogrametría

Según el Centro de geociencias aplicadas de la Universidad Nacional del Nordeste lo clasifica:

Según el tipo:

- **Fotogrametría Terrestre:** encuentra su aplicación crucial en la arquitectura y la arqueología y se apoya en el inicio de disparar desde el suelo, como se hace a menudo; donde se conoce la posición de la cámara y del sujeto.
- **Fotogrametría Aérea:** Es aquel que emplea fotos capturadas desde cámaras aéreas para su visualización, ubicadas en una plataforma especial.

Según el tipo de tratamiento:

- **Fotogrametría analógica:** Se fundamenta en el uso de dispositivos de representación ópticos o mecánicos, en los que el ejecutor alinea las capturas para producir una muestra estereoscópico equilibrado y con

la escala adecuada. Por otra parte, la construcción de un mapa, con información de tiempo promedio, se lleva a cabo según el principio de un punto flotante o un plotter basado en este principio.

- **Fotogrametría analítica:** La fotometría analítica comienza con el uso de archivos analógicos y la comparación por computadora. Los renderizadores analíticos se crean optimizando el tiempo y logrando granularidad en diferentes escalas.
- **Fotogrametría digital:** Por último, el progreso de la tecnología ha hecho factible acercarse a la fotometría digital. El uso de ordenadores y programas de aplicación que crean modelos digitales del terreno en 3D, etc.

Las imágenes digitales se ingresan en la computadora y el operador puede identificar similitudes con buena precisión, o la computadora realiza estas operaciones comparando las imágenes; el resultado final es una imagen en formato raster o vectorial.

Lo interesante de esta salida (digital) es que puede ser utilizada, como veremos más adelante, como base para la creación de conocidos sistemas de información geográfica. (SIG).

2.3 Definición de términos básicos

Altimetría: Un levantamiento topográfico constituye el conjunto de operaciones que tienen por objeto conocer la posición relativa de los puntos sobre la tierra en base a su longitud, latitud y elevación (x,y,z). (Barrera 2010).

Autocad: Es un software que tiene la característica de ser asistido por un ordenador, su creador es la empresa Autodesk. Ayuda con la innovación de los equipos con las propiedades de informática,

cooperación y aprendizaje automático del software AutoCAD. (Autodesk, 2020):

Civil 3d metric: Es un software especialmente utilizado en las especialidades de ingeniería civil, el cual tiene como característica principal mejorar los bocetos, también los diseños y documentos especialmente utilizados para los levantamientos de diseños en 3D. (Autodesk, 2022). Este tipo de software tiene mucha compatibilidad con el software BIM en cuanto al modelado de la información. Realiza una clasificación de los estudios en función de las restricciones de diseño. (Autodesk). Además, automatiza las tediosas tareas de nivelación, explora alternativas a las soluciones de nivelación óptimas y devuelve sugerencias de nivelación seleccionada a Civil 3D para implementar un diseño detallado.

Desnivel: Está definido como la diferencia de cota que se presenta entre dos puntos en cualquier parte del terreno. (Villamandos, 2022).

Drenaje pluvial: Es un sistema recolector especialmente diseñado e implementado para que se conduzcan a través de sus canales las aguas pluviales que se mantienen en escurrimiento, las cuales provienen de las ciudades y zonas metropolitanas del país, cuya composición estructural especialmente para infiltración, filtración y detención son transportadas a través de tuberías que las van descargando hacia los cuerpos de aguas naturales que existen en las cercanías posteriores. (SIAPA-México, 2014, p.3).

Dron: Es un equipo sin piloto o lo que es lo mismo un equipo aéreo no tripulado y de la tecnología de la comunicación, y va acondicionado de una cámara GoPro. Este equipo volador de no pilotaje tiene sus orígenes en el ámbito militar, pues, eran utilizados para investigaciones y captación de información precisa en tiempo real para la posibilidad de un ataque militar, pero con el pasar y avanzar del tiempo los drones se ganaron la confianza y aceptación del mundo más allá del ámbito militar

y comenzaron a ser un instrumento de investigación profesional para la toma de imágenes de forma aérea, con el propósito de tener mejor visibilidad de áreas de estudios. Su morfología puede adoptar diferentes formas, dependiendo de la forma de direccionamiento hasta puede ser manipulado por medio de control remoto o por tecnología GPS. (Mesa & Izquierdo, 2018).

Error lineal: Es la distancia en metros producida por el desplazamiento de un mismo punto que tiene coordenadas absolutas (punto geodésico) y a su vez con coordenadas relativas (punto de levantamiento), es el resultado de la variación en sus proyecciones X e Y. (Ramos, 2018)

Error angular: Es la distancia angular generada entre la diferencia del azimut conocido menos el azimut de llegada. (Ramos, 2018)

Acimut: Es un ángulo de orientación calculado en el sentido de las manecillas del reloj desde el norte geográfico. Cuando empiezas a contar desde el norte magnético, se llama rumbo magnético o acimut. En geodesia, este se usa para definir la dirección de un sistema de triangulación.

El ángulo en el que se forma la línea con el Norte, medido de 0 a 360 grados. El término acimut sólo se usa cuando se trata del norte geográfico. (Instituto geográfico nacional, 2016).

Curvas de nivel: Es el método más empleado para la representación gráfica de las formas del relieve de la superficie del terreno, ya que permite determinar, en forma sencilla y rápida, la cota o elevación del cualquier punto del terreno, trazar perfiles, calcular pendientes, resaltar las formas y accidentes del terreno, etc. (Casanova, 2002).

Rumbo: Es un ángulo horizontal agudo conformado por el Norte o Sur y la línea de referencia. Se le llama también rumbo directo. (Mendoza, 2019).

Coordenada geodésica:

Latitud geodésica: ángulo que forma la normal al elipsoide con el plano del Ecuador.

Longitud geodésica: ángulo entre el meridiano geodésico del punto y el meridiano de Greenwich. (Instituto geográfico nacional, 2016).

Elevación o cota: Distancia medida sobre un plano vertical, desde un plano tomando como referencia (Usualmente el nivel de mar), hasta el punto considerado. (Instituto geográfico nacional, 2016).

Estación total: Está definido como un instrumento electro-óptico usado en trabajos topográficos, cuya operatividad se basa en la tecnología electrónica.

Consiste en un teodolito electrónico que posee un distanciómetro electrónico que posee comunicaciones internas que hacen posible establecer la transferencia de datos a un procesador interno, el cual hace posible la realización de tareas múltiples de medición además de cálculos en tiempo real. (Jiménez, Magaña, Soriano, 2019).

Fotogrametría: Es la técnica que se emplea para obtener información visual cuantitativa y cualitativa a partir de fotografías de objetos físicos y de todo lo comprendido en el medio ambiente, que funciona por medio de procesos de registros, medición e interpretación de las imágenes obtenidas (Jiménez, Magaña, Soriano, 2019).

Planimetría: Proyección de los rasgos del terreno referente un plano horizontal, es decir la representación de la superficie en los planos. (Bonillo, 2019)

Precisión: Es la cercanía existente cuantificada basada entre un valor medido y un determinado valor verdadero. Así pues, una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida. (Leiva & Niño

de Guzmán, 2021)

Prismas: Es un accesorio topográfico que permite generar imágenes de calidad, ya que al ubicarse en un punto que es desconocido, junto a la estación total hace la captura del láser provocando un efecto de rebote hacia el aparato.

Es esencial para un levantamiento de información, pero para que haya mayor aprovechamiento y rendimiento se recomiendan usar a partir de dos prismas en la generación de imágenes. (Hernández, 2011).

Software Pix4Dmapper: Es el software que encabeza en la fotogrametría y cartografía, adquiriendo resultados exactos y altamente eficientes en el tiempo, con medidas claras y evaluación de proyectos.

Es un sistema manejable y completo que tiene planificación del vuelo, Obtención de imágenes y procesamiento de datos.

Obtiene resultados con precisión subcentimétrica gracias al análisis fotogramétrico. GSD de 1-2 píxeles en las direcciones X, Y GSD de 1-3 píxeles en la dirección Z. (GeoSpatial, 2013).

Trípode: Estructura de tipo profesional de tres patas que sirve para el sostenimiento o soporte de diferentes instrumentos. (Hernández, 2011).

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general:

La precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico utilizando un vehículo aéreo no tripulado es más eficiente que un levantamiento con estación total, en un proyecto de drenaje pluvial en el centro poblado Ciudad de Dios, en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.

2.4.2 Hipótesis específicas:

El levantamiento topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado presenta una mayor precisión de altimétrica y planimétrica que con la estación total.

El levantamiento topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado resulta ser más rentable y óptimo para la realización de levantamientos topográficos.

El levantamiento topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado resulta más eficiente en reducción de tiempo en relación a un trabajo realizado con estación total.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Enfoque de la investigación.

Debido a los métodos implementados para realizar este estudio, esta investigación está definida mediante un enfoque cuantitativo, debido a que, la utilización de las tecnologías de levantamiento topográfico con Estación Total y Vehículo no Tripulado (Drone), se han obtenido la cuantificación de las medidas descriptivas con las características del terreno estudiado, para luego poder evaluar la precisión, costo y tiempo en la implementación de ambas formas de levantamiento topográfico y sus posteriores resultados con Estación Total de Planimetría y Altimetría y, en cuanto al Vehículo no Tripulado de Fotografía Digital, Altura de Vuelo y Tiempo de realización, permitiendo obtener resultado numéricos del uso de ambas tecnologías topográficas para relacionarlos entre sí al ponerlos en marcha en el Centro Poblado Ciudad De Dios en el Distrito de San José, Provincia y Departamento de Lambayeque.

3.1.2 Tipo de investigación.

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que, con la investigación se ha podido comprobar que el Levantamiento topográfico con estación total y vehículo no tripulado (Drone) nos han proporcionado el acercamiento a diferentes beneficios ante la aplicación de ambas tecnologías para el levantamiento topográfico, y nos permitió además, tener una visión asertiva de los resultados gráficos y poder relacionar la precisión, costo y tiempo del levantamiento topográfico, ya que se pueden analizar los resultados de ambas para relacionarlos en la práctica profesional, y con ello se evidenció la diferencias de precisión, simplificación de tiempos y costos de

su implementación siendo una de las tecnologías la más tradicional (Estación Central) y la más novedosa e innovadora (Vehículo no tripulado Drone), en el Centro Poblado Ciudad De Dios en el Distrito de San José, Provincia y Departamento de Lambayeque.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de la presente investigación es de tipo correlacional, ya que, se manipularon las variables para medir la influencia que existe al utilizar para el levantamiento topográfico la Estación Central y el Vehículo no tripulado (Drone) para un levantamiento topográfico y así pudiendo relacionar la precisión, costo y tiempo de ambas tecnologías topográficas.

3.1.4 Diseño de la investigación

El diseño que se utilizó es cuasi-experimental, ya que se seleccionó el proyecto de forma no aleatoria para hacer el levantamiento topográfico, llevado a cabo con el uso de Estación Total y con Vehículo no Tripulado (Drone) como se ha mencionado en la presente tesis, pues, se manipula la variable independiente que es el Levantamiento Topográfico sobre la variable dependiente que son Estación Total y Vehículo no Tripulado (Drone) para así obtener los resultados, y relacionarlos analizándolos para dar una conclusión sobre los resultados obtenidos.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Tiene como población al distrito de San José, ubicado en la provincia y departamento de Lambayeque en Perú.

3.2.2 Muestra

La muestra estudiada es el Centro Poblado Ciudad De Dios ubicada en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque en Perú, la zona de estudio cuenta con un área de 10.838 ha. El distrito de

San José es uno de los doce que constituyen la provincia de Lambayeque, ubicada en el Norte del Perú. En la figura 27, señalamos la muestra:

Figura 27:

Plano de planta general.



Nota: Google earth.

Ubicación

Departamento: Lambayeque

Provincia: Lambayeque

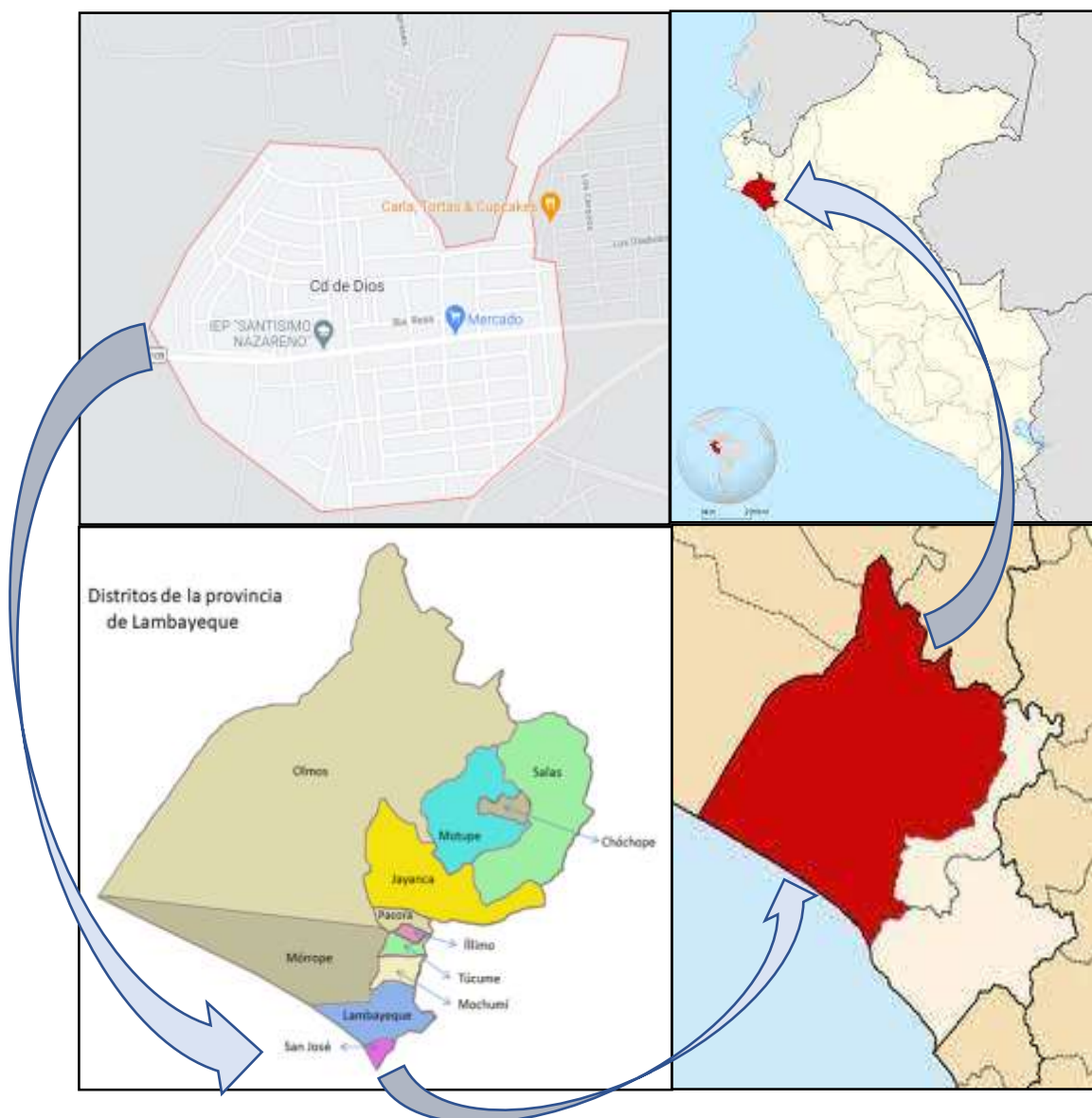
Distrito: San José

Área: 10.838 Hectáreas

En la figura 28, damos a conocer de manera más detallada la ubicación de nuestra zona de estudio, partiendo desde el centro poblado Ciudad de Dios hasta el mapa del Perú.

Figura 28:

Ubicación de la muestra



Elaboración: Los autores.

Límites

Norte: Distrito de Lambayeque

Sur: Distrito de Pimentel

Este: Distrito de Chiclayo

Oeste: Océano pacífico

Antes de empezar con nuestro desarrollo, procedimos a reconocer el área de trabajo, como podemos observar en las siguientes figuras, tenemos algunas calles y el sobrevuelo con el dron.

Figura 29:

Zona de estudio



Elaboración: Los autores.

Figura 30:
Zona de estudio



Elaboración: Los autores.

Figura 31:

Zona de estudio.



Elaboración: Los autores.

Figura 32:

Zona de estudio



Nota: *En la figura muestra la zona de estudio tomada por el dron.*
Elaboración: Los autores.

Geología, geomorfología y topografía

Según CENEPRED (2019):

La geología corresponde a una franja costera desértica. La ciudad ahora tiene una envoltura superficial uniforme de materiales arenosos, arcillosos, limosos, raíces de vegetación y materiales orgánicos.

En la Carta Geológica del Perú, el área a estudiar se halla en el Mapa Geológico del Cuadrángulo de Chiclayo – Hoja 14d3. De este modo, Ciudad de Dios se construyó encima de depósitos aluviales 2 (QI-al2), que vienen hacer enormes abanicos aluviales.

En términos de geomorfología, de acuerdo con INGEMMET, el área de estudio se ubica en una planicie urbana (PI-aurb) debido a que se trata de un área con cambios en la topografía original.

La topografía del centro poblado detalla un terreno plano y/o inclinado con una pendiente de 0 a 3 grados. Este terreno originalmente consistía en terrazas aluviales y algunos abanicos proluviales.

Servicios básicos

CENEPRED (2019), detalla:

En tanto a las instalaciones médicas del centro poblado, cuenta únicamente con un puesto de Salud. La infraestructura no es la apropiada y no existen servicios básicos.

El agua potable y el saneamiento tienen un servicio de carencia en todo el distrito, con solo 1800 usuarios, el 95% no tienen medidor. El centro poblado cuenta con un Reservorio inactivo. Incluso, hasta el día de hoy, el centro poblado carece de la insuficiencia técnica de los servicios de saneamiento por la mala construcción de las obras anteriores.

Si hablamos de la energía eléctrica, se puede decir que si alcanza a tomar una buena parte de la demanda urbana del centro poblado. A pesar de ello, en el campo de las comunicaciones, muy pocos hogares tienen conexión a internet.

Vías de comunicación

No tienen carreteras asfaltadas en su interior y todas sus calles son trochas en mal estado por las que normalmente se desplazan mototaxi.

Vulnerabilidad de Inundación Pluvial

Según CENEPRED (2019), cita a:

CENEPRED, en 2015, donde decretó que cerca del 80% de las construcciones en el centro poblado Ciudad de Dios cuentan con una Vulnerabilidad Media referente al Riesgo por Inundación Pluvial. Los pobladores consumen el servicio de agua potable por medio de camiones, cisternas, etc. mientras que para los servicios higiénicos utilizan pozos ciegos; además, estas viviendas tienen como material principal a la quincha y cuyo techo es de calamina.

3.3 Definición de variables

3.3.1 Definición conceptual

3.3.1.1 Variable independiente

La variable independiente, para este caso fue el Levantamiento Topográfico, debido a que esta no se manipuló y solo siguió los lineamientos establecidos.

3.3.1.2 Variable dependiente

La variable dependiente que son las tecnologías de Estación Total y Vehículo no Tripulado (Drone) debido a que estas no se manipularon, sino que se midió para ver el efecto que la variable independiente tuvo sobre ambas tecnologías utilizadas.

3.3.2 Definición operacional

Las variables independientes y las variables dependientes se han podido determinar con la ayuda de la tabla de operacionalización de variables, que se describen en la siguiente tabla.

Tabla 3:

Operacionalización de variables.

Variables		
Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores
Levantamiento Topográfico	Estudio Técnico	Descripción de Terreno
	Descripción de Terreno	Características Físicas, geográficas y geológicas
	Representación Gráfica	Medidas de exactitud
Variable Dependiente		
Estación Total	Planimetría	Precisión, Costo y Tiempo
	Altimetría	
Vehículo no tripulado	Fotogrametría Digital	Precisión, Costo y Tiempo
	Altura de vuelo	
	Tiempo de realización	

Elaboración: Los autores.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

Al realizar la tesis se utilizó la técnica del Análisis Documental para la recolección de los datos, pues por medio de la información que se obtenga se procederá al análisis de los resultados extraídos en el estudio de la zona en la que se realizó en levantamiento topográfico, mediante el estudio del contexto en el Centro Poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Entre los equipos topográficos que se utilizaron para la recolección de datos en el levantamiento topográfico se encuentran a continuación los siguientes:

Drone ala rotatoria modelo Phantom 4 pro: Ya que el modelo utilizado se conoce como una de las mejores soluciones tecnológicas para su uso en la topografía, de lo que nos brindó toda la tecnología necesaria, puesto que es fiable, preciso y versátil, es utilizado para diversas aplicaciones topográficas siendo una herramienta que nos ayudó para la simplificación del tiempo, costo y precisión al momento de presentar las lecturas de las imágenes para poder posteriormente poder graficas los resultados finales a partir de las tomas aéreas del Drone.

Estación total Topcon s105: Porque nos permitió medir muchos más metrajes a prismas estándar, y su capacidad de medir en modo sin reflector nos permitió tener una mejor precisión, ya que con la implementación y adaptación tecnológica como el compensador doble eje, además su alfanumérico teclado permite la transmisión de la información a través de cable USB y Bluetooth.

Trípode: Con este instrumento y su posibilidad de que sus 3 patas se claven

en la tierra lo convierten en el instrumento y soporte ideal para objetos de tipo topográfico para la medición, ya que la firmeza de sus patas permite precisión al momento de realizar el trabajo de análisis en la medición.

Prismas: Los prismas proporcionan para nuestro estudio gran calidad en todas las mediciones realizadas en nuestro levantamiento topográfico, pues, es la calidad de imagen lo que tiene mejor relación con respecto a la precisión del trabajo.

Nivel del ingeniero: Con este instrumento se ha podido determinar y describir en el plano horizontal los desniveles que se presentaron entre un punto y otro dentro del levantamiento topográfico realizado.

Wincha: Es un instrumento o cinta flexible que ha sido de suma utilidad, pues con ella se ha podido medir espacios entre superficies, curvas y líneas.

3.5 Técnica e instrumentos de procesamiento de datos

3.5.1 Técnicas de procesamiento de datos

Las técnicas empleadas para el análisis de datos consistirán en la relación de los resultados que se han recolectado en el levantamiento topográfico con la estación total y el vehículo aéreo no tripulado y el procesamiento de estas para la obtención de la precisión.

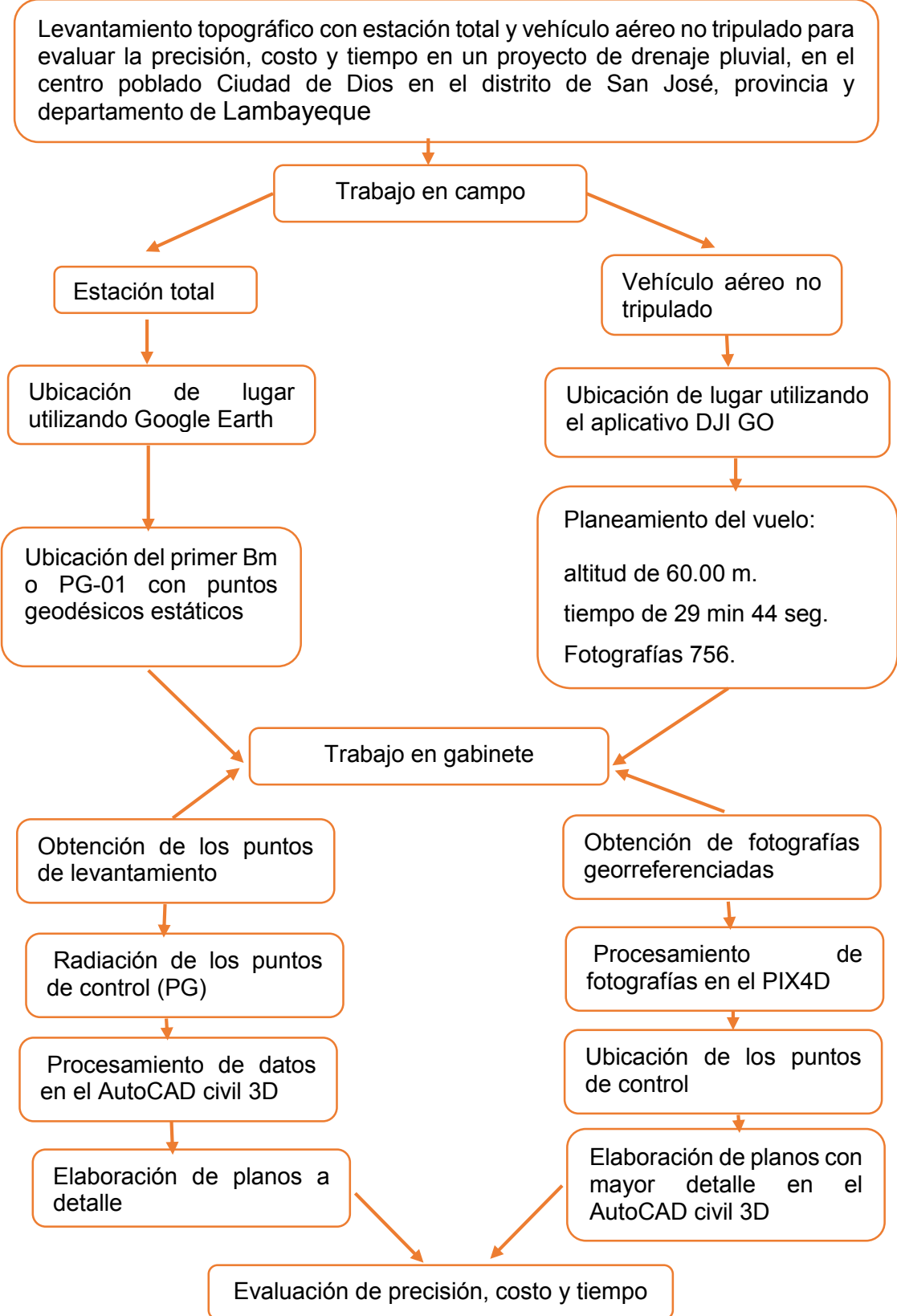
3.5.2 Instrumentos de procesamiento de datos

En el procesamiento de datos se empleó los softwares Topcon link V 7.5. Nos permitió interactuar con los Archivos de datos de importación de todos los instrumentos de Topcon, Pix4Dmapper para llevar a cabo la organización automática de la nube de puntos en fotogramétrica, Civil 3D 2022 nos permitió el procesamiento de planos y Microsoft Excel para la realización de tablas y gráficos para obtener una mejor relación.

3.6 Procedimiento

Figura 33:

Procedimiento de la investigación



Elaboración: Los autores.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

4.1 Descripción

En el presente capítulo, se detallan los cálculos para poder relacionar presión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado en un proyecto de drenaje pluvial, el cual se desarrolló en el centro poblado ciudad de Dios, Distrito de san José, Provincia y departamento de Lambayeque.

4.2 Metodología de campo

Se comenzó con el levantamiento de información de campo utilizando un vehículo aéreo no tripulado como instrumento, al igual que el levantamiento topográfico con estación total, como factor de análisis comparativo en términos de precisión, costo y tiempo.

4.3 Descripción de la zona

4.3.1 Ubicación

La presente tesis tiene como zona de estudio al centro poblado Ciudad de Dios, ubicado en el distrito de San José, en la provincia de Lambayeque y región de Lambayeque. Ver figura 34:

Localidad: Centro poblado Ciudad de Dios
Distrito: San José
Provincia: Lambayeque
Departamento: Lambayeque
Latitud Sur: 6°46'21" S
Longitud Oeste: 79°55'14.5" W

Figura 34:

Ubicación del área de estudio



Nota: La figura muestra el área delimitada. Fuente: (Google Earth)

4.3.2 Vías de acceso

El acceso a la zona en donde se realizará de estudio tiene como única vía la carretera pavimentada que va desde la ciudad de Chiclayo hacia a la ciudad de San José. El tiempo de viaje desde la ciudad de Chiclayo hasta el centro poblado Ciudad de Dios es alrededor de 15 minutos en carro.

4.3.3 Clima

El clima es subtropical y seco, caluroso en la estación de verano, y templado en casi todo el año. La temperatura en término medio del año es aproximadamente de 23°C. Llega a alcanzar hasta 35°C de temperatura máxima y de temperatura mínima alcanza los 15° C. En casi todo el año los vientos son uniformes, con dirección Este- Oeste.

4.3.4 Altitud del área del proyecto

El área de estudio se encuentra a una altitud de 15 m s. n. m.

4.4 Levantamiento topográfico

4.4.1 Reconocimiento de terreno y plan de trabajo

Para lograr establecer la poligonal se hizo el recorrido y reconocimiento del terreno que forma parte del estudio.

Figura 35:

Reconocimiento del terreno



Elaboración: Los autores.

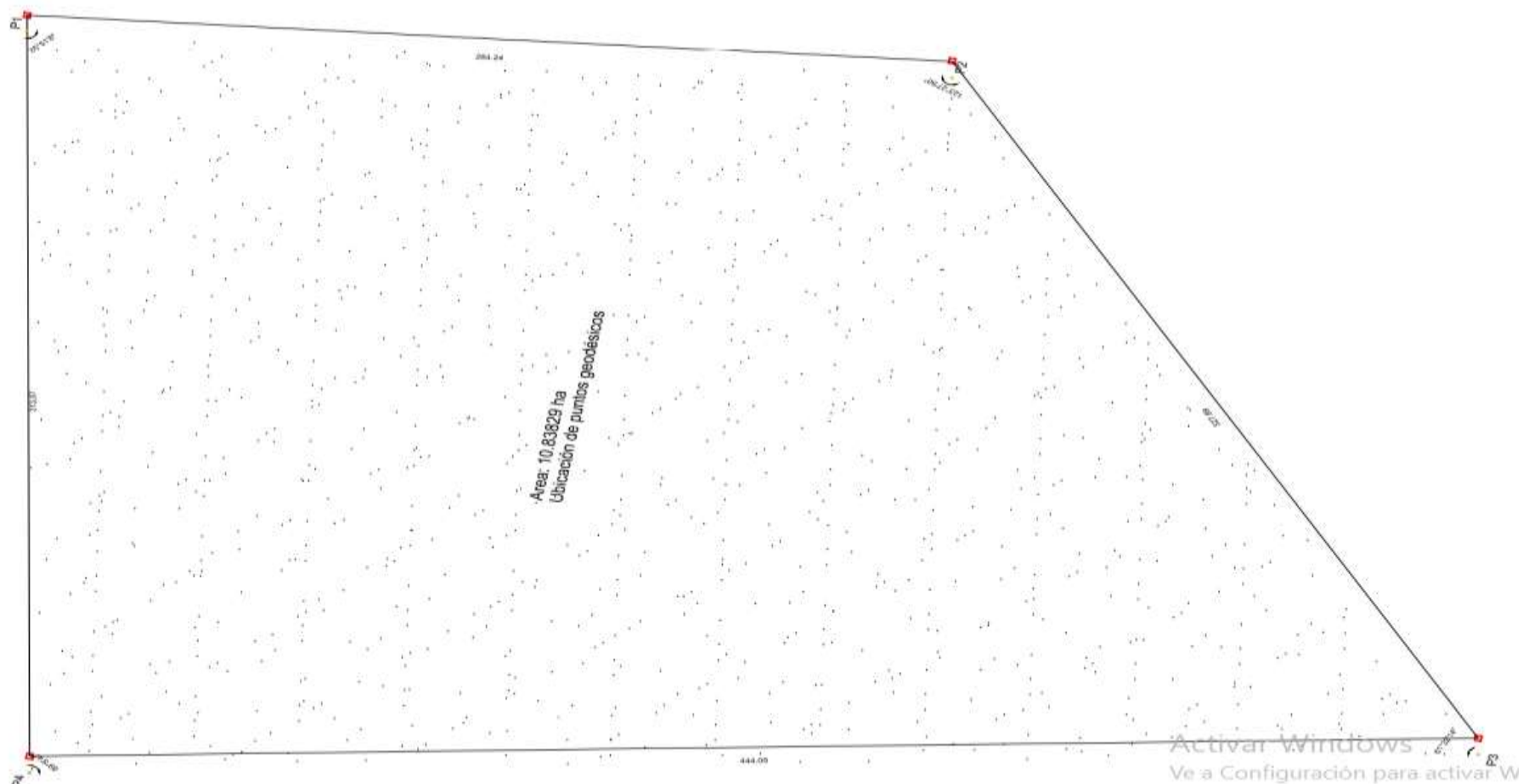
4.4.2 Monumentación de los vértices de la poligonal

Teniendo ya en claro la ubicación de los cuatro puntos denominados: PG-01, PG-02, PG-03 Y PG-04, se procede con la munumentación.

En la figura 36, observamos los 4 puntos geodésicos, a través de un plano realizado.

Figura 36:

Ubicación de los puntos geodésicos



Elaboración: Los autores.– detallado, escala, y norte magnético.

Los materiales que se emplearon para la georreferenciación son: cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y un molde de madera. Seguido se procedió hacer un agujero de (0.4*0.4 m) con una profundidad de 0.6 m e inmediatamente se ubicó el molde de madera y así obtener un mejor acabado, se esparce el concreto y se centra la varilla de acero corrugado de 1/2".

El primero está ubicado al lado de la carretera que conlleva Chiclayo a San José, el segundo está ubicado al lado del dren y una trocha carrozable, el tercero está ubicado en una curva de la trocha y a lado del dren y cuarto está ubicado en el parque frente a la carretera que conlleva al distrito de San José.

Figura 37:

Excavación del terreno



Elaboración: Los autores.

Figura 38:

Acabados de concreto



Elaboración: Los autores.

4.4.3 Georreferenciación por el método estático

Para el desarrollo de este método se establecieron cuatro puntos geodésicos, de orden “C”, se instala la base del GPS con un mínimo de 3 horas según la norma técnica geodésica.

Luego se instaló el receptor RTK con el fin de tomar coordenadas exactas.

A continuación, se describe cada punto geodésico:

Tabla 4:

Punto geodésico 01

PG -01	
DESCRIPCIÓN	
CARACTERISTICAS DE LA MARCA	Varilla de acero corrugado de 1/2"
ESTE (E) WGS-84	619544.168 m
NORTE (N) WGS-84	9251265.937 m
ZONA UTM	17 S
LATITUD	6°46'21.043" S
LONGITUD	79°55'5.704" W
ELEVACIÓN (EGNM-2008)	25.375 m
ORDEN DEL PUNTO GEODESICO	C

Elaboración: Los autores.

Figura 39:

Punto geodésico -01



Nota: La figura muestra la ubicación y toma del PG-01 con el GPS Leica GS18 T.

Elaboración: Los autores

Tabla 5:

Punto geodésico 02

PG -02	
DESCRIPCIÓN	
CARACTERISTICAS DE LA MARCA	Varilla de acero corrugado de 1/2"
ESTE (E) WGS-84	619569.881m
NORTE (N) WGS-84	9250982.858 m
ZONA UTM	17 S
LATITUD	6°46'30.258" S
LONGITUD	79°55'4.846" W
ELEVACIÓN (EGNM-2008)	25.31 m
ORDEN DEL PUNTO GEODESICO	C

Elaboración: Los autores.

Figura 40:

Punto geodésico -02



Nota: La figura muestra la ubicación y toma del PG-02 con el GPS Leica GS18 T. Elaboración: Los autores.

Tabla 6:

Punto geodésico 03

PG -03	
DESCRIPCIÓN	
CARACTERISTICAS DE LA MARCA	Varilla de acero corrugado de 1/2"
ESTE (E) WGS-84	619313.824 m
NORTE (N) WGS-84	9250778.055 m
ZONA UTM	17 S
LATITUD	6°46'36.945" S
LONGITUD	79°55'13.171" W
ELEVACIÓN (EGNM-2008)	26.295 m
ORDEN DEL PUNTO GEODESICO	C

Elaboración: Los autores.

Figura 41:

Punto geodésico -03



Nota: La figura muestra la ubicación y toma del PG-03 con el GPS Leica GS18 T. Elaboración: Los autores.

Tabla 7:

Punto geodésico 04

PG -04	
DESCRIPCIÓN	
CARACTERISTICAS DE LA MARCA	Varilla de acero corrugado de 1/2"
ESTE (E) WGS-84	619235.249 m
NORTE (N) WGS-84	9251215.141 m
ZONA UTM	17 S
LATITUD	6°46'22.719" S
LONGITUD	79°55'15.762" W
ELEVACIÓN (EGNM-2008)	25.524 m
ORDEN DEL PUNTO GEODESICO	C

Elaboración: Los autores.

Figura 42:

Punto geodésico -04



Nota: La figura muestra la ubicación del PG-04. Elaboración: Los autores.

4.4.4 Levantamiento topográfico con estación total

4.4.4.1 Nivelación geométrica

Luego de ubicar los puntos geodésicos se procede con la realización de la red de BM, para luego hacer la poligonal cerrada. Se hizo una nivelación geométrica precisa con los datos obtenidos, como se muestra en la tabla 8, donde el error máximo se calcula con la siguiente formula $\pm 0.01 \sqrt{k}$ donde k es la longitud de dicho circuito.

Tabla 8:

Nivelación geométrica

PUNTO	PUNTO VISADO	V.ATRAS (+)	V. ADELANTE (-)	ALTURA DE INSTR.	COTA	DISTANCIA
1	PG-01	0.942		26.317	25.375	0
2	T1	1.207	1.656	25.868	24.661	74.762
3	T2	1.954	1.63	26.192	24.238	121.456
4	PG-02	1.015	0.882	26.325	25.31	91.864
5	T3	2.054	1.536	26.843	24.789	122.312
6	PG-03	0.446	0.548	26.741	26.295	111.521
7	T4	2.124	2.275	26.59	24.466	108.567
8	T5	1.168	1.268	26.49	25.322	110.812
9	T6	1.308	1.048	26.75	25.442	120.543
10	PG-04	0.853	1.226	26.377	25.524	113.326
11	T7	1.025	1.128	26.274	25.249	109.368
12	T8	1.056	1.023	26.307	25.251	110.365
13	T9	0.895	0.956	26.246	25.351	102.231
14	PG-01		0.869		25.377	95.864
DISTANCIA TOTAL						1392.991

Nota: Datos tomados en campo. Elaboración: Los autores.

❖ Cálculo del error máximo:

$$E_{\text{máx}} = \pm 0.01\sqrt{k}$$

$$E_{\text{máx}} = \pm 0.01\sqrt{1392.991/1000}$$

$$E_{\text{máx}} = \pm 0.010$$

E= Error de cierre altimétrico

E=cota inicial - cota final

$$E=25.375 - 25.377$$

$$E= -0.002$$

Una vez que estamos en el rango de tolerancia, comenzamos a compensar la cota, como se muestra en la tabla 9:

Tabla 9:

Compensación de cotas.

PUNTO	COTA	DIST.	DIST. ACUMULADA	FACTOR DE CORRECCIÓN	COTA CORREGIDA
PG-01	25.375	0.00	0.00	0.000	25.375
T1	24.661	74.762	74.762	0.000	24.661
T2	24.238	121.456	196.218	0.000	24.238
PG-02	25.31	91.864	288.082	0.000	25.310
T3	24.789	122.312	410.394	-0.001	24.788
PG-03	26.295	111.521	521.915	-0.001	26.294
T4	24.466	108.567	630.482	-0.001	24.465
T5	25.322	110.812	741.294	-0.001	25.321
T6	25.442	120.543	861.837	-0.001	25.441
PG-04	25.524	113.326	975.163	-0.001	25.523
T7	25.249	109.368	1084.531	-0.002	25.247
T8	25.251	110.365	1194.896	-0.002	25.249
T9	25.351	102.231	1297.127	-0.002	25.349
PG-01	25.377	95.864	1392.991	-0.002	25.375

Elaboración: Los autores.

En la imagen 43, se ve la instalación del nivel, para luego proceder a realizar la corrección de cotas:

Figura 43:
Nivelación geométrica



Elaboración: Los autores.

En la imagen 44, se evidencia el procedimiento de la nivelación geométrica y toma de datos:

Figura 44:

Nivelación geométrica



Elaboración: Los autores.

4.4.4.2 Método de levantamiento topográfico utilizado.

Se realiza el levantamiento topográfico con la estación total Topcon SE105:

Para iniciar las actividades de campo, se debe instalar el trípode y esta es la parte un poco complicada, que con la práctica se vuelve mucho más práctico, y esto con perseverancia y permanencia y la necesidad de poder posicionar continuamente en los puntos se convertirá en una práctica común. Es aconsejable hacer un trabajo rápido y en equipo, se debe mantener un cronograma de procedimientos antes de los 3 minutos.

Figura 45:

Instalación de la Estación Total



Elaboración: Los autores.

Iniciando con la realización de la poligonal cerrada de apoyo por el método de radiación, el cual, se tomó como primera estación y referenciación a los Bms (PG) 4 y 3 respectivamente. Con la estación total se levantó los puntos de seccionamiento de las calles, así como los buzones y postes, recordando que también se tomó los puntos de Bms (PG) con la estación para luego verificar y corregir poligonales de la estación.

Por medio del manejo de la estación total y observación a los prismas posicionados en cada vértice de la Poligonal; obtenemos los siguientes ángulos, detallados en la tabla 10:

Tabla 10:

Datos de ángulos

ESTACIÓN	ÁNGULO			DECIMALES
	G	M	S	
PG-04	89	8	47	89.146
PG-03	61	32	13	61.537
PG-02	123	27	48	123.463
PG-01	85	51	8	85.852
Σ=	358	118	116	359.999

Nota: Datos tomados de la estación total. Elaboración: Los autores.

Sumatoria de ángulos internos:

$$\sum \alpha_i = (n - 2) * 180^\circ$$

$$\sum \alpha_i = (4 - 2) * 180^\circ$$

$$\sum \alpha_i = 360^\circ$$

Error angular:

$$Ea = 360^\circ - \sum \alpha$$

$$Ea = 360^\circ - 358^\circ 118' 116''$$

$$Ea = 0^\circ 0' 4''$$

Corrección angular:

$$CA = 4''/4$$

$$CA = 1.00''$$

En este paso, medimos los lados del polígono teniendo como base de apoyo al distanciómetro de la estación total.

Datos de ángulos, azimut y distancias:

Tabla 11:

Cálculos de ángulos y azimut

ANGULO CORREGIDO				AZIMUT				DISTANCIA
G	M	S	DECIMALES	G	M	S	DECIMALES	
89	8	48	89.147	169	48	32	169.809	444.090
61	32	14	61.537	51	20	46	51.346	327.890
123	27	49	123.464	354	48	35	354.810	284.240
85	51	9	85.853	260	39	44	260.662	313.067
358	118	120	360					

Nota: Datos tomados en campo. Elaboración: Los autores.

Una vez corregidos los ángulos se procede con el cálculo de los rumbos, mostrados a detalle en la tabla 12:

Tabla 12:

Cálculo de rumbo

RUMBO							
	G	M	S		DECIMALES	E - sen -W	N- cos - S
S	10	11	28	E	10.191	0.1769325	0.984222996
N	51	20	46	E	51.346	0.7809347	0.624612734
N	5	11	25	W	5.190	0.0904638	0.995899744
S	80	39	44	W	80.662	0.9867495	0.162251217

Elaboración: Los autores.

Teniendo el azimut y rumbo, continuamos con el cálculo de proyecciones, teniendo en cuenta la distancia:

Tabla 13:

Cálculo de proyecciones

PROYECCIONES			
E	W	N	S
78.574			437.084
256.061		204.804	
	25.713	283.075	
	308.919		50.796

Elaboración: Los autores.

Finalmente se realiza el cálculo de las coordenadas parciales y totales:

Tabla 14:

Coordenadas parciales y totales

COORDENADAS PARCIALES		COORDENADAS TOTALES	
ΔE	ΔN	E	N
78.57	-437.08	619235.249	9251215.141
256.06	204.80	619313.823	9250778.057
-25.71	283.07	619569.884	9250982.861
-308.92	-50.80	619544.170	9251265.936

Elaboración: Los autores.

Figura 46:

Equipos de la Estación Total



Nota: La figura muestra los equipos utilizados en el levantamiento topográfico con estación total. Elaboración: Los autores.

Figura 47:

Radiación con la Estación Total



Nota: La figura muestra el inicio de la toma de puntos. Elaboración: Los autores.

4.4.5 Levantamiento topográfico con vehículo aéreo no tripulado

4.4.5.1 Descripción del trabajo en campo

Antes de continuar con el sobrevuelo con el dron Phantom 4 pro se procedió con la verificación de los puntos de control. En este estudio se tomaron en cuenta 4 puntos: PG-01, PG-02, PG-03 Y PG-04. Se marcan los puntos BMs para que sean reconocidas por el dron, y así tener referencia topográfica georreferenciada.

En la figura 48 y 49, se verifica y se programa al dron poniéndole sus baterías y las alas de rotor. Se procede con la calibración horizontal y vertical del equipo.

Figura 48:

Preparación de equipo



Nota: Colocación de alas del dron Phantom 4 pro. Elaboración: Los autores.

Figura 49:

Calibración horizontal y vertical del equipo



Elaboración: Los autores.

Se empieza a ejecutar el plan de vuelo en cual se inicia con la localización del área a sobrevolar, mediante el aplicativo DJI GO para determinar un polígono. El vuelo se realizó a una altitud de 60.00 m, el sobrevuelo tuvo una duración de 29 min con 44 seg, obteniendo 756 imágenes, ver figura 50:

Figura 50:

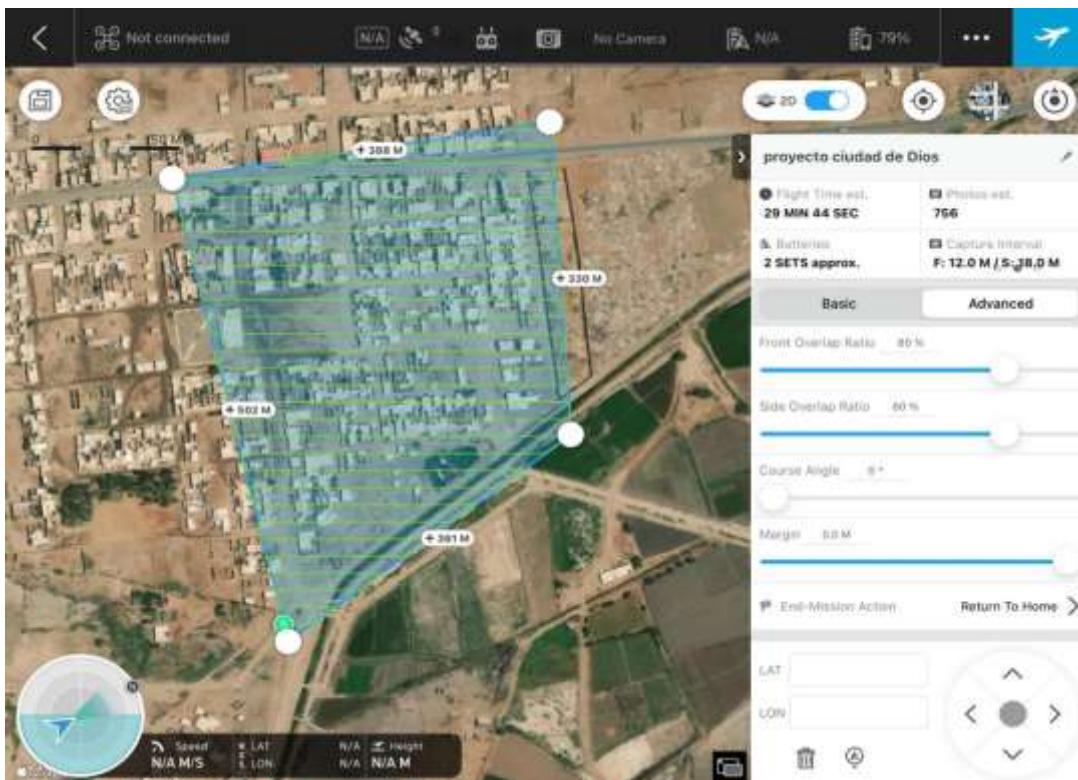
Dron Phantom 4 Pro



Elaboración: Los autores.

Figura 51:

Delimitación del área a sobrevolar



Nota: La figura muestra la aplicación DJI GO vinculada al dron. Elaboración: Los autores.

Figura 52:

Dron Phantom 4 Pro



Elaboración: Los autores.

Se da inicio al sobrevuelo de la zona en estudio, el cual consta de un área de 10.838 ha. A continuación, presentamos el manejo del vehículo aéreo no tripulado:

Figura 53:
Sobrevuelo



Elaboración: Los autores.

Figura 54:
Sobrevuelo



Elaboración: Los autores.

Luego del sobrevuelo se procedió a descargar los datos que son fotografías realizadas, y luego llevarlas al software PIX4D, y reconociendo la georreferenciación de los puntos de control.

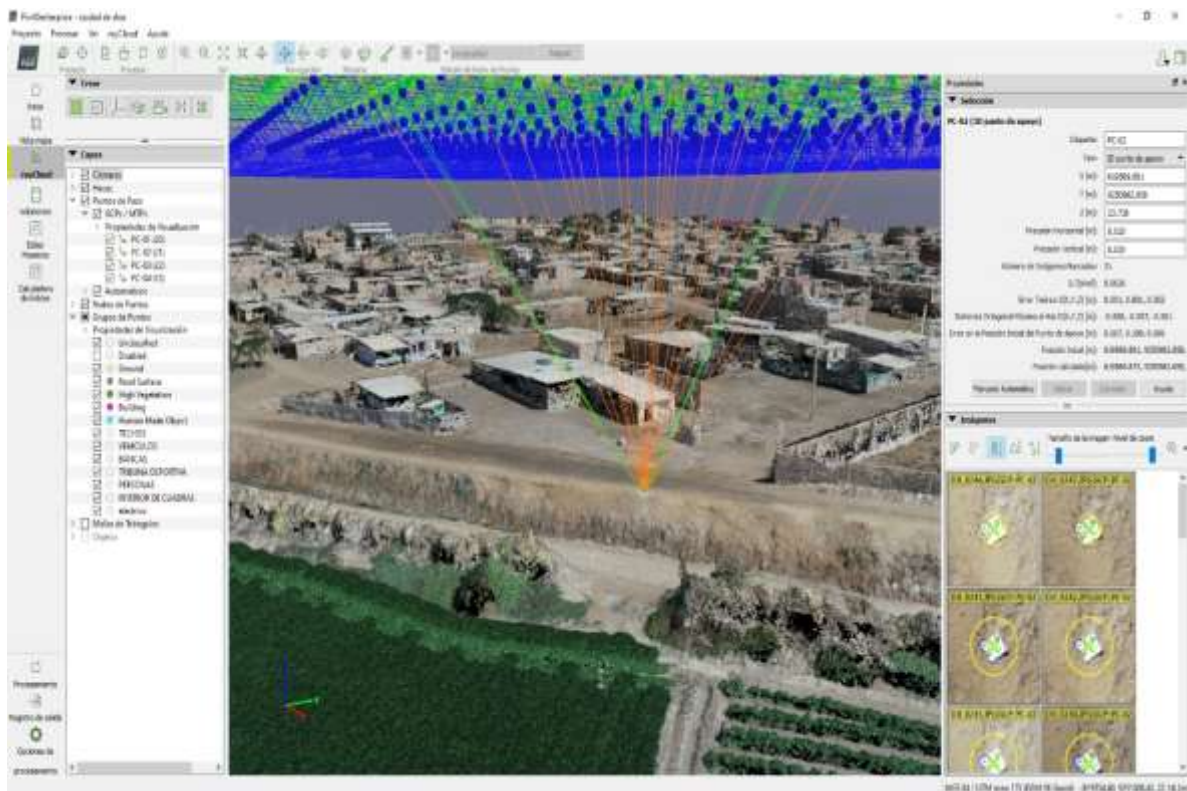
En las figuras se muestran lo obtenido del procesamiento, tenemos la visualización de cada punto de control, ortofotos, nube de puntos, curvas de nivel, etc.

Figura 55:
PG-01 con Vehículo aéreo no tripulado



Elaboración: Los autores.

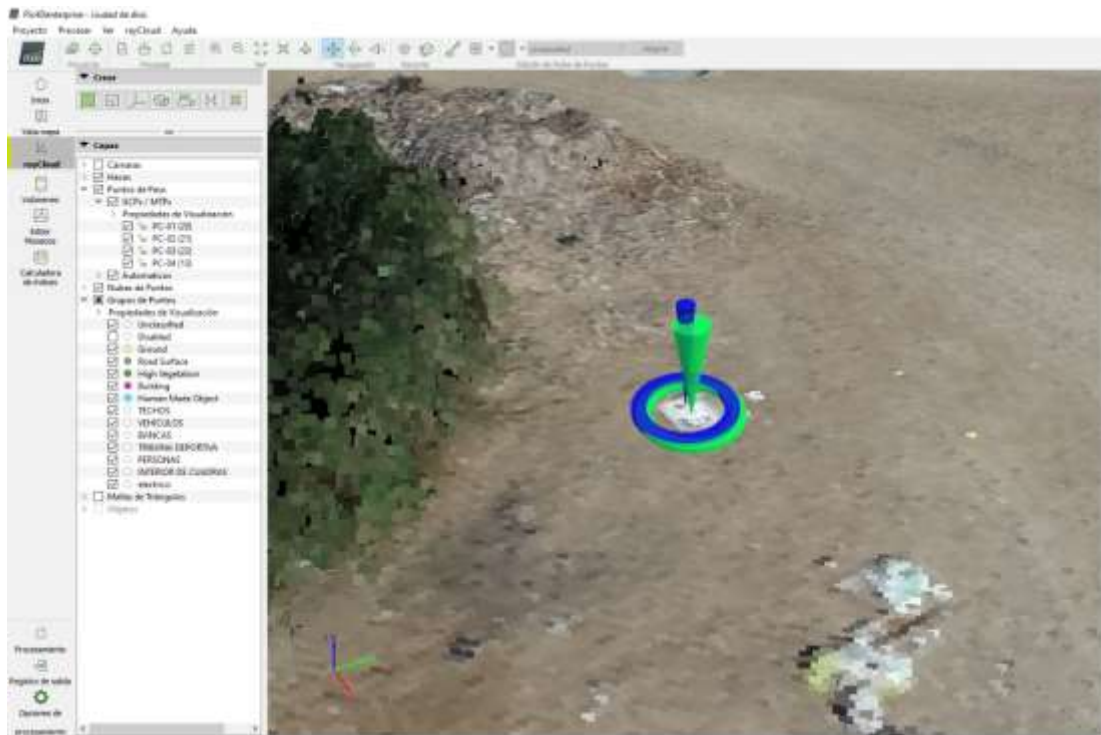
Figura 56:
PG-02 con Vehículo aéreo no tripulado



Elaboración: Los autores.

Figura 57:

PG-03 con Vehículo aéreo no tripulado



Elaboración: Los autores.

Figura 58:

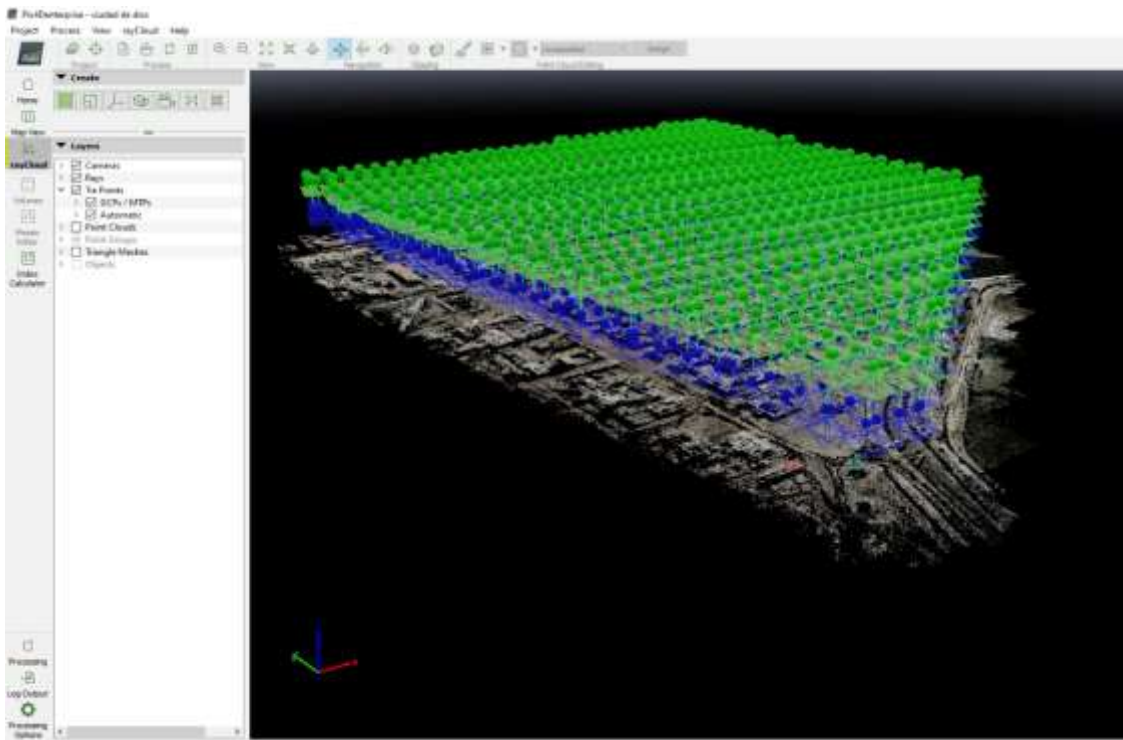
PG-04 con Vehículo aéreo no tripulado



Elaboración: Los autores.

Figura 59:

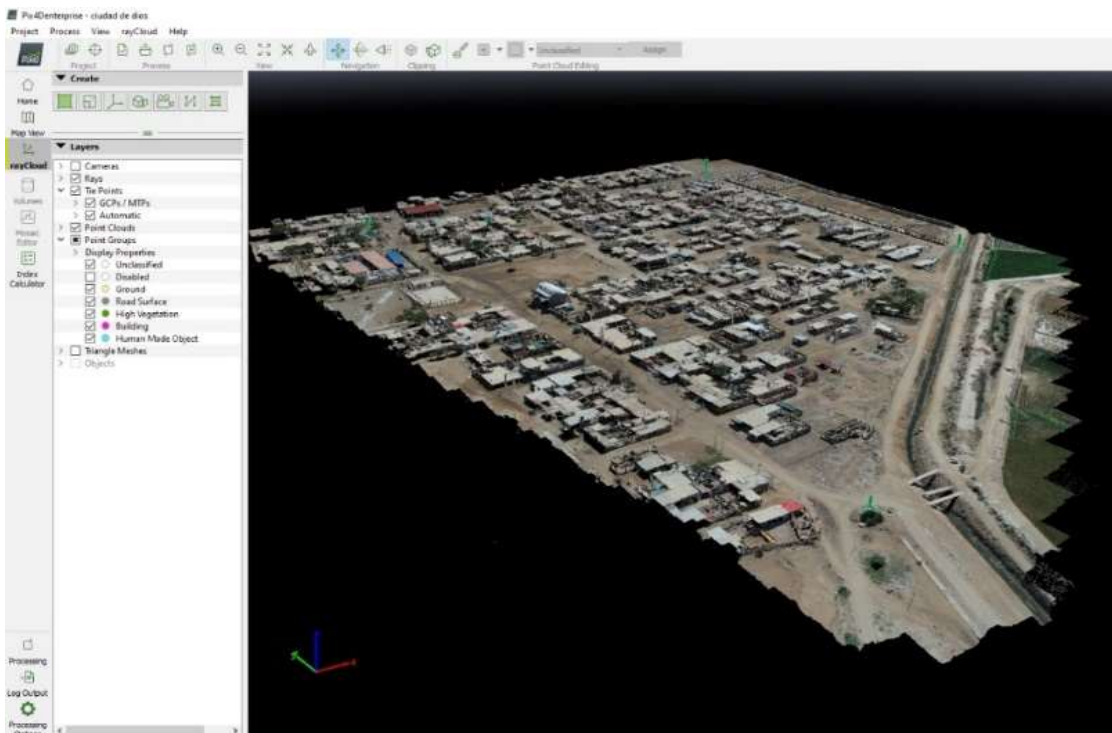
Procesamiento de ortofotos



Nota: la figura muestra las 756 fotos tomadas por el dron. Elaboración: Los autores.

Figura 60:

Ortofoto de la nube de puntos en campo



Elaboración: Los autores.

Posteriormente se procede a eliminar puntos que puedan ser de edificaciones para que así formen las curvas de nivel.

Figura 61:

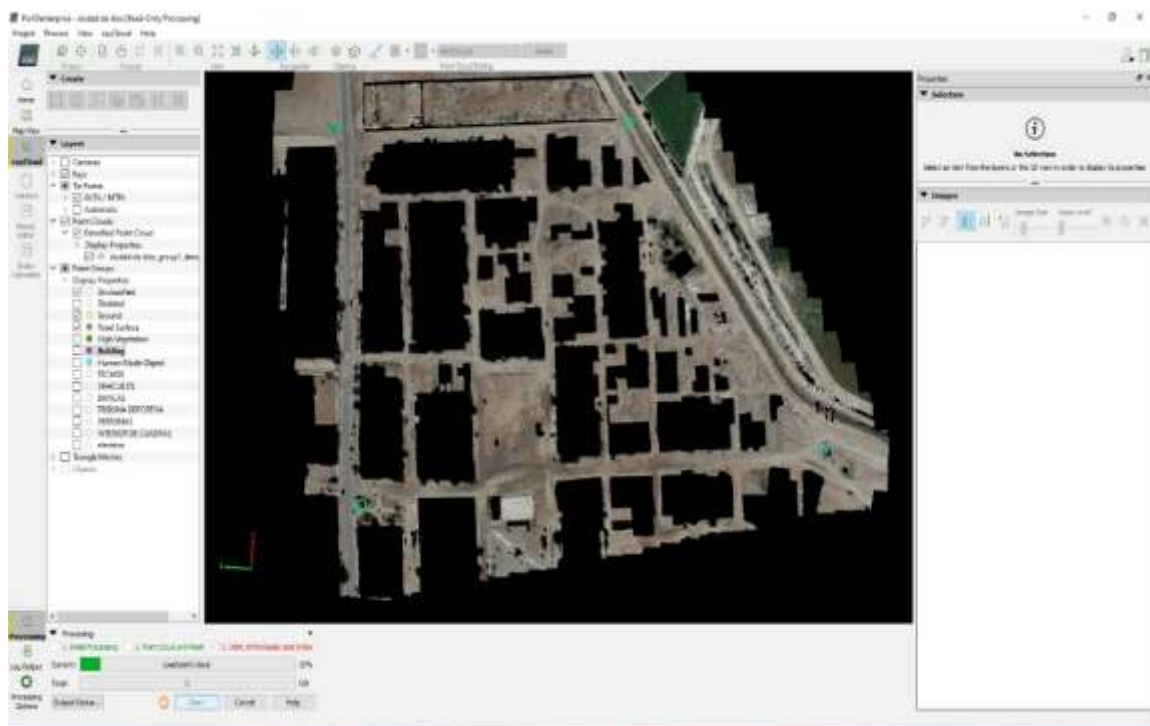
Eliminación de techos de edificaciones



Elaboración: Los autores.

Figura 62:

Área libre de viviendas, vegetación, vehículos y personas.



Elaboración: Los autores.

Elaboración de planos:

Durante este período se utiliza el procesamiento de datos extraídos por equipos de medición topográfica y el uso del programa Autocad Civil 2022, donde se elaboran los planos con las cotas correspondientes para la delimitación del área.

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1. Planimetría y altimetría

5.1.1. Levantamiento planimétrico y altimétrico

Procesando los datos obtenidos por el método estático de cada punto se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 15:

Coordenadas de puntos de control del GPS Diferencial

Coordenadas de puntos de control de GPS diferencial			
Descripción	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m)
PG-04	619235.249	9251215.141	25.524
PG-03	619313.824	9250778.055	26.295
PG-02	619569.881	9250982.858	25.31
PG-01	619544.168	9251265.937	25.375

Elaboración: Los autores.

5.1.2. Planimetría y altimetría con estación total

Luego de realizar tanto las correcciones de puntos de apoyos (PG) trabajados en gabinete, se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 16:

Coordenadas de puntos de control de la Estación Total

Coordenadas de puntos de control de la estación total			
Descripción	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m)
PG-04	619235.249	9251215.141	25.524
PG-03	619313.823	9250778.057	26.295
PG-02	619569.884	9250982.861	25.31
PG-01	619544.170	9251265.936	25.375

Elaboración: Los autores.**5.1.3. Planimetría y altimetría con el vehículo aéreo no tripulado**

Luego de realizar el procesamiento de datos de las ortofotos se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 17:

Coordenadas de puntos de control del Vehículo aéreo no tripulado

Puntos de control del vehículo aéreo no tripulado			
Descripción	ESTE (m)	NORTE(m)	COTA (m.s.n.m)
PG-04	619235.305	9251215.251	25.687
PG-03	619313.909	9250778.073	26.398
PG-02	619569.873	9250982.659	25.493
PG-01	619544.031	9251265.993	25.527

Elaboración: Los autores.**5.1.4. Variaciones planimétricas y altimétricas.****5.1.4.1. Gps Diferencial y Estación Total**

Tabla 18:

Diferencia de coordenadas y cotas de la Estación Total respecto al GPS Diferencial

Diferencia			
Descripción	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m)
PG-04	0.000	0.000	0
PG-03	-0.001	0.002	0
PG-02	0.003	0.004	0
PG-01	0.002	-0.001	0

Elaboración: Los autores.**Máxima variación en el ESTE (X):** 0.003 m (En el PG-02)**Máxima variación en el NORTE (Y):** 0.004 m (En el PG-02)**Máxima variación en la Elev (Z):** 0.00 m.s.n.m**5.1.4.2. Gps Diferencial y Vehículo aéreo no tripulado****Tabla 19:**

Diferencia de coordenadas y cotas del Vehículo aéreo no tripulado respecto al GPS Diferencial

Diferencia			
Descripción	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m)
PG-04	0.056	0.110	0.163
PG-03	0.085	0.018	0.103
PG-02	-0.008	-0.199	0.183
PG-01	-0.137	0.056	0.152

Elaboración: Los autores.

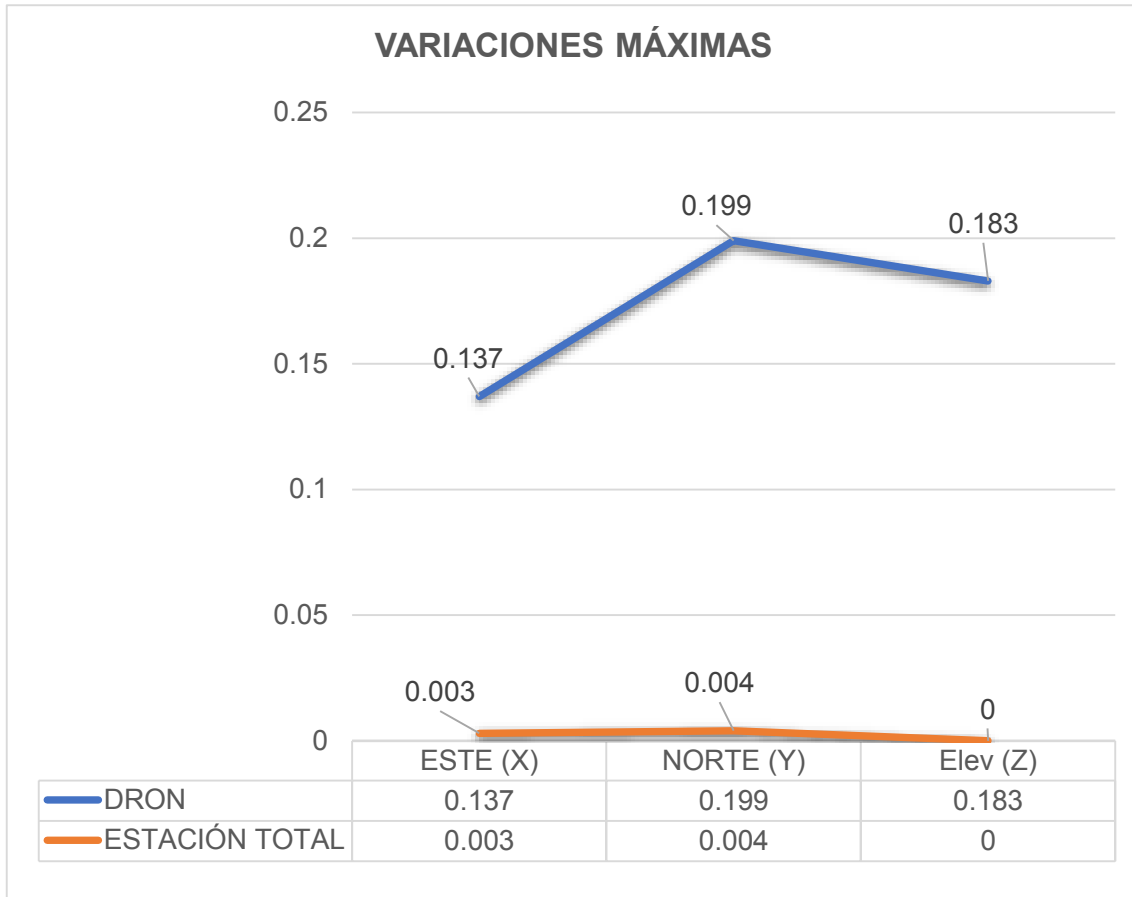
Máxima variación en el ESTE (X): -0.137 m (En el PG-01)

Máxima variación en el NORTE (Y): -0.199 m (En el PG-02)

Máxima variación en la Elev (Z): 0.183 m.s.n.m

Figura 63:

Variaciones máximas



Elaboración: Los autores.

Como podemos observar las mayores variaciones se presentan en el cuadro de comparación entre el GPS Diferencial y el VANT, lo cual daría como resultado que con la estación total tendríamos menor error de cierre planimétricamente y altimétricamente.

5.2. Evaluación de costos

Para calcular el costo de cada método de levantamiento topográfico, se efectuó una estimación en base a los precios vigentes, así como la experiencia de algunos expertos.

Tabla 20:

Evaluación de costos del Vehículo aéreo no tripula

VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO				
MANO DE OBRA				S/ 470.00
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PARCIAL
PILOTO CERTIFICADO	día	1	250.00	250
OPERADOR GPS	día	1	150.00	150
AYUDANTE	día	1	70.00	70
EQUIPOS TOPOGRAFICOS				S/ 1,100.00
DRON	día	1	700.00	700
GPS	día	1	400.00	400
TOTAL				S/ 1,570.00

Elaboración: Los autores.**Tabla 21:**

Evaluación de costos de la Estación Total

ESTACIÓN TOTAL				
MANO DE OBRA				S/ 1,966.00
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PARCIAL
TOPOGRAFO	Ha	11.24	150.00	1686
PORTAMIRA	día	4	70.00	280
EQUIPOS TOPOGRAFICOS				S/ 330.00
ESTACIÓN TOTAL	día	3	100.00	300.000
NIVEL DE INGENIERO	día	1	30.00	30.000
TOTAL				S/ 2,296.00

Elaboración: Los autores.

Tabla 22:

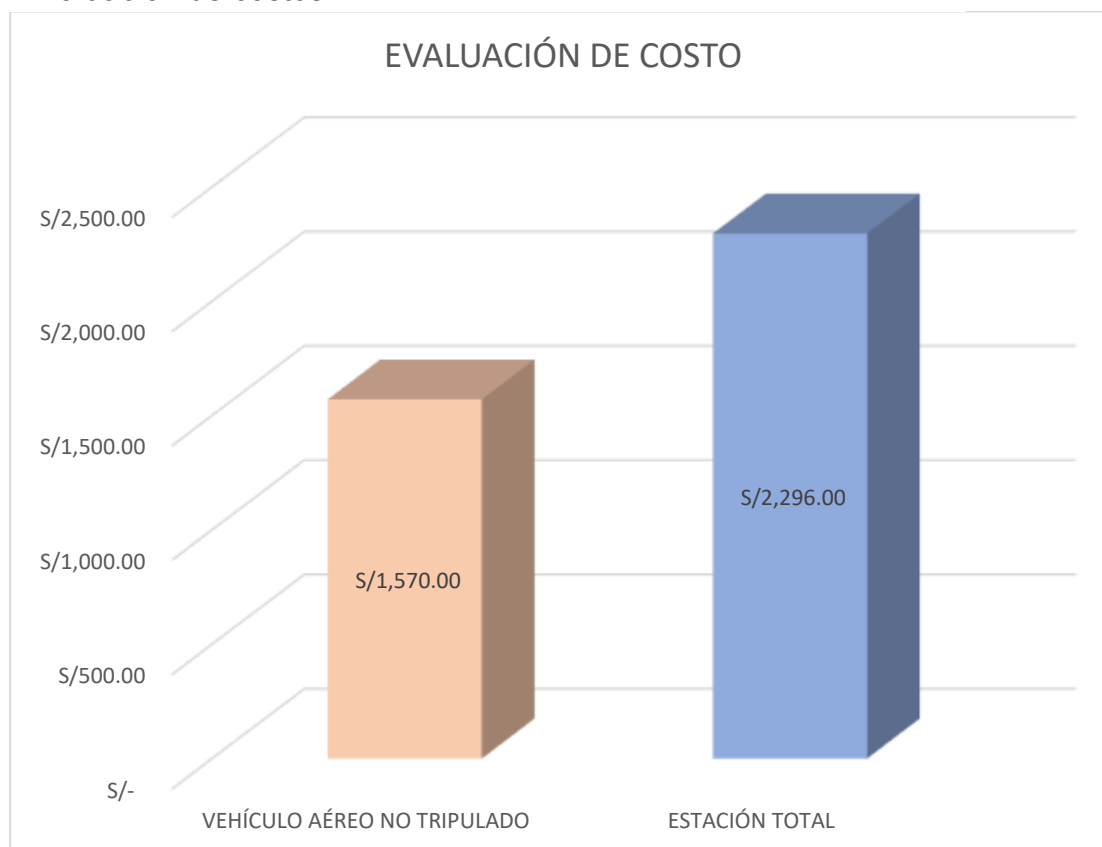
Evaluación de costos

EVALUACIÓN DE COSTO		
VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO	S/ 1,570.00	68.38%
ESTACIÓN TOTAL	S/ 2,296.00	100%

Elaboración: Los autores.

Figura 64:

Evaluación de costos



Elaboración: Los autores.

5.3. Evaluación de tiempo.

Para la evaluación de tiempo se tuvieron encuentra dos situaciones: Trabajo en campo y en gabinete, detallados en la siguiente tabla:

TABLA 23:

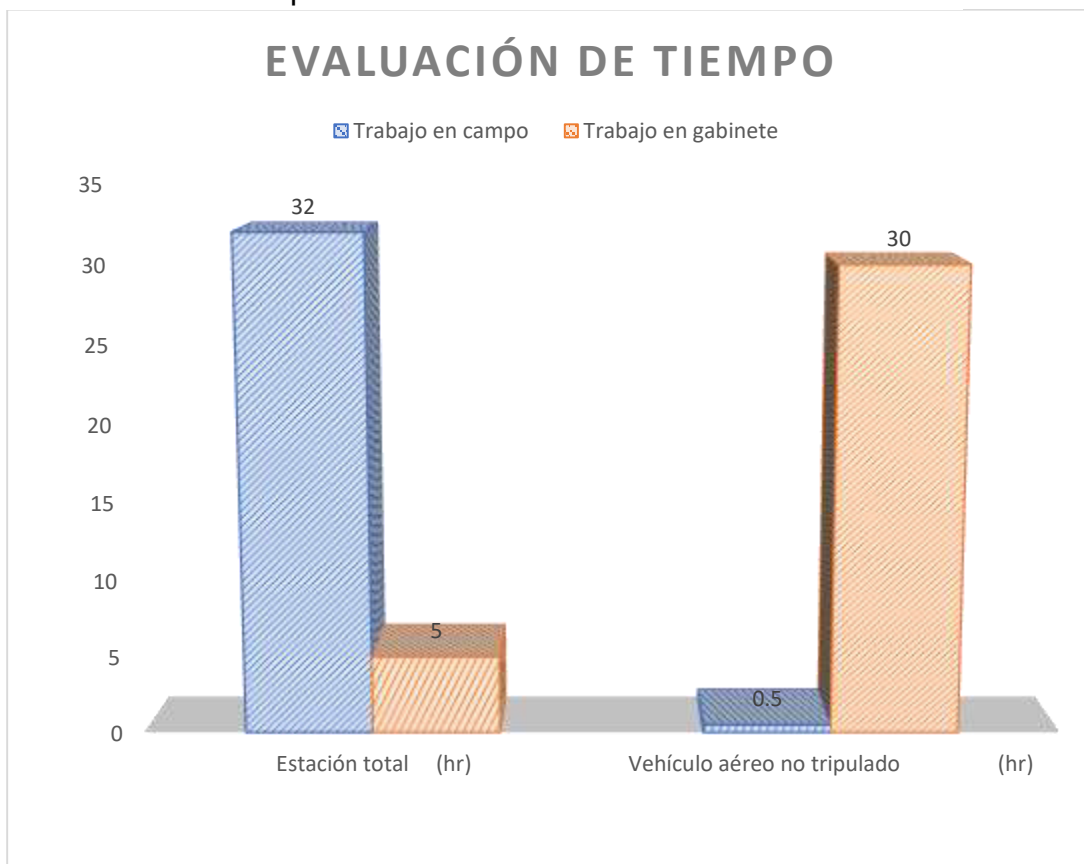
Evaluación de tiempo

EVALUACIÓN DE TIEMPO		
Descripción	Estación total (hr)	Vehículo aéreo no tripulado (hr)
Trabajo en campo	32	0.5
Trabajo en gabinete	5	30
TOTAL	37	30.5

Elaboración: Los autores.

Figura 65:

Evaluación de tiempo



Elaboración: Los autores.

El levantamiento con estación total, en trabajo en campo se demoró un total de 32 horas y en gabinete 5 horas, teniendo un total de 37 horas. El levantamiento con el vehículo aéreo no tripulado en trabajo en campo tuvo un total de 0.3 horas, y en gabinete 30 horas, con un total de 30.3 horas. El total se hizo 1 vuelo, con un tiempo de vuelo de 29 min 44 seg.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contratación de hipótesis

Se contrastaron las hipótesis a partir de los diferentes resultados obtenidos en cada levantamiento topográfico realizados para nuestra investigación, los cuales se verán detallados a continuación.

6.1.1. Hipótesis general:

H.G: La precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico utilizando un vehículo aéreo no tripulado es más eficiente que un levantamiento con estación total, en un proyecto de drenaje pluvial en el centro poblado Ciudad de Dios, en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.

Es por ello que en nuestra hipótesis general nace dos hipótesis, la primera hipótesis es si es válida siempre y cuando sean para estudios previos, la segunda hipótesis es no válida para trabajos de alta precisión, llegando así a una conjunción lógica que nuestra hipótesis general sería no válida.

Al realizar la evaluación entre precisión, costo y tiempo de cada levantamiento topográfico con los equipos mencionados, nos permite demostrar que el uso de vehículos aéreos no tripulados en levantamientos topográficos es más eficaz debido a que la toma de datos se hace más rápido por ende optimiza el tiempo, llegando a lugares inaccesibles, previniendo riesgos durante la ejecución (Seguridad

para el operador), disminuye costos y pone en funcionamiento tecnologías que son nuevas para el método tradicional; pero según los datos obtenidos es menos preciso, obteniendo errores de cierre tanto en el Norte y Este mucho mayores que en la estación total, demostrando que el VANT es eficiente en costo y tiempo, e ineficiente en precisión para un proyecto de drenaje pluvial y otros similares que requieren alta precisión.

TABLA 24:

Discusión de hipótesis general

Hipótesis planteada	Resultados obtenidos	Observaciones
La precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico utilizando un vehículo aéreo no tripulado es más eficiente que un levantamiento con estación total, en un proyecto de drenaje pluvial en el centro poblado Ciudad de Dios, en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.	En costo y tiempo el vehículo aéreo no tripulado es más útil y óptimo debido a que la recopilación de datos se realiza de forma más rápida y en menor tiempo pero según los datos obtenidos es menos preciso, obteniendo errores de cierre tanto en el norte y este mucho mayores que en la estación total.	Es por ello que de nuestra hipótesis general nace dos hipótesis, la primera hipótesis es si es válida siempre y cuando sean para estudios previos, la segunda hipótesis es no válida para trabajos de alta precisión, llegando así a una conjunción lógica que nuestra hipótesis general sería no válida.

Elaboración: Los autores.

6.1.2. Hipótesis específicas:

H1: El levantamiento topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado presenta una mayor precisión de altimétrica y planimétrica que con la estación total.

Es por ello que la hipótesis 1 es considerada es nula ya que los errores son muy altos para el tipo de proyectos a la cual hace referencia la siguiente investigación requiriendo resultados de mayor precisión.

Según la comparación de los resultados obtenidos, nos demuestra que no es tan preciso al momento de obtener nuestros datos planimétricos y altimétricos a comparación con la estación total; y esto se ha observado en el análisis de los puntos de control (Puntos geodésicos).

TABLA 25:

Discusión de hipótesis específica 1

Hipótesis planteada	Resultados obtenidos	Observaciones
El levantamiento topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado presenta una mayor precisión de altimetría y planimetría que con la estación total.	La comparación de los resultados obtenidos demuestra que no es tan preciso al momento de obtener nuestros datos planimétricos y altimétricos a comparación con la estación total.	La hipótesis es considerada no válida ya que los errores son muy altos para el tipo de proyectos a la cual hace referencia la siguiente investigación requiriendo resultados de mayor precisión.

Elaboración: Los autores.

H2: El levantamiento topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado resulta ser

más rentable y óptimo para la realización del trabajo Topográfico.

La hipótesis específica 2 es válida debido a que el levantamiento Topográfico con el vehículo aéreo tripulado es más rentable y óptimo para los trabajos previos, alcanzando un ahorro de 31.62%.

Los análisis de costos realizado en cada método determinaron que el método tradicional con estación total demanda elevados costos, mayor mano de obra y tiempo, asimismo es muy delicado en lo referido al acceso al área de estudio y ocasiona un mayor riesgo laboral al momento de realizar el levantamiento topográfico.

TABLA 26:

Discusión de hipótesis específica 2

Hipótesis planteada	Resultados obtenidos	Observaciones
El levantamiento topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado resulta más rentable y óptimo para la realización del trabajo Topográfico.	Los análisis de costos realizadas en cada el sistema determinaron que el sistema topográfico con estación total demanda de alta cantidad de costos, mano de obra y tiempo	La hipótesis específica 2 es válida debido a que el levantamiento Topográfico con el vehículo aéreo tripulado es más rentable y óptimo para los trabajos previos.

Elaboración: Los autores.

H3: El levantamiento Topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado resulta más eficiente en reducción de tiempo en relación a un trabajo realizado con estación total.

Es por ello, que la hipótesis específica 3 se considera valida debido a que el vehículo aéreo no tripulado optimiza el tiempo tanto en campo como en gabinete.

Con respecto al tiempo de realización se consideró 2 situaciones: Trabajo en campo y trabajo en gabinete para ambos métodos, logrando así 37 horas utilizando la Estación Total frente a 24 horas con el vehículo aéreo no tripulado, lo que nos da a conocer un ahorro del 17.57% del tiempo, pudiendo conseguir optimizar más si se contaran con un ordenador de alta capacidad que acelere el tiempo en el procesamiento de las fotografías.

Tabla 27:

Discusión de hipótesis específica 3

Hipótesis planteada	Resultados obtenidos	Observaciones
El levantamiento Topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado resulta más eficiente en la reducción de tiempo en relación a un trabajo realizado con estación total.	Se consideró 2 situaciones: Trabajo en campo y trabajo en gabinete para ambos métodos, obteniendo 37 horas con uso de la Estación Total frente a 24 horas con uso del vehículo aéreo no tripulado, lo que evidencia un ahorro del 17.57% del tiempo	La hipótesis específica 3 se considera valida debido a que el vehiculo aéreo no tripulado optimiza el tiempo tanto en campo como en gabinete.

Elaboración: Los autores.

6.2. Contrastación de antecedentes

6.2.1. Contrastación con un antecedente internacional

(Jimenez, Magaña, & Soriano, 2019). En su tesis doctoral titulada Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con Estación Total como método directo y el uso de Drones y GPS como métodos indirectos, concluyo que el análisis de tiempo y costo realizado en cada sistema mostró que las topografías tradicionales son ineficientes, costosos, laboriosos y lentos, y muy sensibles en términos de acceso

a las áreas. El personal técnico que realiza el levantamiento, los datos obtenidos en campo, los datos adquiridos por el dron, los valores medidos por la estación total, ambos aparatos georreferenciados, tienen resultados muy parecidos respecto a los tomados con GPS en técnica RTK que presentan desviaciones que varían en un rango de 1.00 a 3.50 cm; además, al comparar la estación total y el dron (Phantom 3 Advanced), podemos ver una desviación en el rango de 1,00 a 5,00 cm. Teniendo en cuenta que el uso de una estación total aumenta las causas de errores, los resultados obtenidos son muy similares entre sí y son satisfactorios en ambos casos.

Tabla 28:

Discusión de antecedente internacional

Antecedente internacional	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
Jiménez, C. Magaña, A. & Soriano, E. (2019). En su tesis doctoral titulada Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con Estación Total como método directo y el uso de Drones y GPS como métodos indirectos.	Levantamiento topográfico con el método directo y método indirecto	El dron tiene una mayor eficiencia en tiempo y costo con una precisión similar al GPS, con desviaciones que varían en un rango de 1.00 a 3.50 cm; así también el comparativo entre estación total y Dron presentan desviaciones que varían en un rango de 1.00 a 5.00 cm.	Los resultados obtenidos en la parte de precisión no coinciden con los alcanzados en la presente investigación por que señalan que el dron tiene una precisión similar respecto al GPS y la estación total, en cambio se presenta una coincidencia en ahorro de tiempo y costo.

Elaboración: Los autores.

6.2.2. Contrastación con un antecedente nacional

(Vásquez A. , 2021). En su tesis titulada Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con Drone comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con Estación Total, en la Carretera Abra Tokkto-Vilkashuaman, Tramo: Kondorkocha- Se ha calculado el volumen de ocho pilotes de agregado para la construcción de Vilkashuaman. Se realizaron dos tipos de levantamientos topográficos para calcular la cantidad de agregado. Uno es el método tradicional como base de comparación usando una estación total y el otro es usando un vehículo aéreo no tripulado. Los datos del levantamiento de la estación total fueron procesados por Autodesk Civil3D y se creó un modelo de elevación digital para calcular su volumen. Los datos obtenidos luego de un levantamiento fotogramétrico o del terreno con un dron fueron procesados por el programa Pix4Dmapper para obtener un modelo de elevación digital para que se exporté este modelo a Autodesk Civil 3D y calculé su volumen.

Finalmente, los resultados obtenidos, arrojan como respuesta con una tolerancia permisible de 5%, resultando de la cantidad del volumen en el procedimiento con vehículo aéreo no tripulado mayores en 0.4% a 1.30% (15.98m³ a 22.80m³) a los obtenidos con Estación Total, el procedimiento con vehículo aéreo no tripulado se llevó a cabo en 48.85% (11.44 horas) menos que con Estación Total y con el vehículo aéreo no tripulado tuvo un costo de 60.28% (S/. 1,593.33) menos que la Estación Total. Concluyendo que ambos levantamientos dan volúmenes parecidos, pero toma menos tiempo y costo realizar el levantamiento con vehículo aéreo no tripulado.

Tabla 29:

Discusión de antecedente nacional

Antecedente nacional	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
Vázquez, A. (2021). En su tesis titulada "Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con Drone comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con Estación Total."	Levantamiento topográfico de radiación en estación total y fotogrametría en el drone.	Los resultados arrojan como respuesta con una tolerancia permisible de 5%, resultando de la cantidad del volumen en el procedimiento con vehículo aéreo no tripulado mayores en 0.4% a 1.30% (15.98m ³ a 22.80m ³) a los obtenidos con Estación Total. Pero se toma menos tiempo y costo realizar el proceso con drone.	Los resultados obtenidos coinciden con nuestro estudio por que señalan que el drone nos brinda datos no tan precisos pero si ahorro tanto en tiempo como en costo.

Elaboración: Los autores.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la evaluación de precisión, costo y tiempo del levantamiento topográfico con el vehículo aéreo no tripulado y la estación total, analizados en esta investigación se establece que el vehículo aéreo no tripulado puede ser empleado en trabajos previos, ya que obtuvimos variaciones máximas respecto a la estación total; además en relación al costo es 31.62% más económico, debido a la reducción de tiempo en trabajo en campo.
2. En el levantamiento topográfico con la estación total obtenemos una máxima variación de 0.003 m en el este y 0.004 m, en el norte; mientras que con el vehículo aéreo no tripulado tenemos una máxima variación de -0.137 m en el este y -0.199 m en el norte, todo esto con la parte planimetría; de lo cual en la parte altimétrica en la estación total tenemos una variación máxima de 0.00 m.s.n.m y con el vehículo aéreo no tripulado una variación máxima de 0.183 m.s.n.m, y así, demostrando que el vehículo aéreo no tripulado puede ser usado siempre y cuando sean proyectos que no requieran alta precisión como proyectos de drenaje pluvial, sino para trabajos previos que demanda de menos precisión.
3. El costo del levantamiento topográfico del área de estudio de 10.838 ha. con la estación total es de S/2,296.00 que resulta elevado en comparación al levantamiento con el vehículo aéreo no tripulado que tiene un precio de S/1,570.00, y así demostrando que este último es más rentable y óptimo en la parte económica con un 31.62% de ahorro.
4. El tiempo empleado determinamos 2 situaciones: Trabajo en campo y en gabinete, de la cual con la primera situación el vehículo aéreo no tripulado con 0.5 horas respecto a la estación total que tiene 32 horas, donde resulta ser más

efectivo. En la segunda situación tenemos al vehículo aéreo no tripulado con 30 horas de trabajo y a la estación total con 5 horas, siendo en este caso la estación total más efectiva en reducción al tiempo.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar el levantamiento topográfico con vehículo aéreo no tripulado para estudios provisionales o previos que requieran conocer un trazo o un área específica y una precisión no tan exigente y para mejorar dicha precisión se debe tener en cuenta más puntos de control con la ayuda del GPS diferencial que compensen dichas variaciones y de esta manera ser usado en proyectos que requieran alta precisión.
2. Conocer el área donde se va a realizar el sobrevuelo, debido que esto influirá en la decisión del tipo de dron a emplear, además de tener en cuenta sus especificaciones. El Dron Phanthom 4pro V2, se debe utilizar en áreas que no sobre pase los 6 000 m.s.n.m, el tiempo de vuelo variará en función de diferentes patrones de vuelo, condiciones climáticas y altitudes.
3. Utilizar una laptop u ordenador con alta capacidad, con especificaciones de: Memoria RAM de 32GB, tarjeta de video de 8GB, procesador CORE i7, y también se necesita tener un disco sólido. Estos requisitos son necesarios para una rápida instalación y procesamiento del software que requiere el proceso de datos del vehículo aéreo no tripulado y así poder optimizar el tiempo obtenido en este estudio.
4. Aplicar el uso de nuevas técnicas y procedimientos, especialmente el uso de vehículos aéreos no tripulados en la malla curricular de estudio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, como el software para el procesamiento de fotografías.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas:

Santamaría P., J., & Sanz M., T. (2011). *Fundamentos de la fotogrametría*. Universidad de la Rioja.

Mendoza D., J. (2019). *Topografía y Geodesia*. Maraucano E.I.R.L.

Cooperación DJI segurimax SAC. (s.f.). Phantom 4 pro V2.0.

Electrónicas:

Aerial Insights SL. (2019). *Topografía con drones: qué es y cómo realizarla*. <https://www.aerial-insights.co/blog/topografia-con-drones/>

Alpha Hardin. (s.f.). *10 innovaciones tecnológicas que revolucionan la industria de la construcción en 2021*. <https://www.alpha-hardin.com/innovacion-tecnologica-en-la-industria-de-la-construccion/>

Amaya M., J.M., & Muñoz D., M.A. (2021). Estudio Comparativo de Levantamientos Topográficos con RPAS versus Estación Total en el área de Medición de Terrenos en el Municipio del Distrito Central, Honduras Durante el Período 2015-2021. Revista Técnico – Científica, 8(1), 1-134. https://milimetro.upi.edu.hn/wp-content/uploads/2022/02/05_Maynor_Jonathan_50_170_Final.pdf

Autodesk. (s.f.). *AutoCAD: millones de personas confían en el software CAD 2D y 3D para dibujar, crear y automatizar diseños en cualquier momento y en todo lugar*. https://latinoamerica.autodesk.com/products/autocad/overview?panel=buy&AID=13955714&PID=8299320&SID=jkp_Cj0KCQjwma6TBhDIARIsAOKuANza7WlJEPGxqB9zg_4OyBYzUMwmmqDTcVB2zBBFQjOTn7-J9nquVjoaAnayEALw_wcB&cjevent=389206f6c81311ec807e01020a82b821&mktvar002=afc_lat&term=1-YEAR&tab=subscription&plc=ACDIST

Autodesk. (s.f.). *Civil 3D: software completo de diseño y documentación detallados para infraestructuras civiles*. <https://latinoamerica.autodesk.com/products/civil-3d/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=CIV3D>

Barrera G., B.L. (2010). *Estudio Topográfico para la Actualización de Cotas de la Red de Bancos de Nivel de la Ciudad de México*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/1335/1/Tesis.pdf>

Benito C., J. A. (2015). *Integración de un UAV (vehículo aéreo no tripulado) en la*

plataforma robótica ARGOS. [Universidad Autónoma de Madrid]. <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20150407JuanAlbertoBenitoCarrasco.pdf>

Bonillo L., M.J. (s.f.). *Fundamentos de planimetría y taquimetría*. <https://personal.us.es/leonbo/teoria/Tema10.pdf>

Cabada Q., J. J. (2019). *Evaluación de precisión y costo en un levantamiento topográfico con estación total y aeronave pilotada remotamente (RPA-DRON) en el centro poblado Cashapampa – Cajamarca 2018*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22186/Cabada%20Quiliche%20Jan%20Jhoel.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Casanova M., L. (2002). *Topografía Plana*. http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/topografia_plana/pdf/topografia.pdf

CENEPRED. (2019). Informe de Evaluación de Riesgos por Inundación Pluvial en el Centro Poblado Ciudad de Dios, Distrito de San José, Provincia de Lambayeque, Departamento de Lambayeque. http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//6433_informe-de-evaluacion-de-riesgo-por-inundacion-pluvial-en-el-centro-poblado-ciudad-de-dios-distrito-de-san-jose-provincia-y-departamento-lambayeque.pdf

Centro de Geociencias Aplicadas. (s.f.). Principios de Fotogrametría. Universidad Nacional del Nordeste. <http://ing.unne.edu.ar/dep/goeciencias/fotointer/pub/teoria2011/parte01/fotom.pdf>

Chalco S., A., & Fernández P., C. (2020). *Influencia del uso de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) en los resultados de la topografía tradicional-2020*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25141/Chalco%20Sulca%2C%20Alejandro%20Mart%C3%ADn%20-%20Fern%C3%A1ndez%20Pe%20B1a%2C%20Carlos%20Elmer.pdf?sequence=17&isAllowed=y>

Corredor D., J. (2015). *Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación Sector Tuluá – Río Frio*. [Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7596/CorredorDazaJuanGuillermo2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Del Río S., O., & Espinoza F., T. (2019). Levantamiento topográfico con drones. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, 1(5), 1 – 5. <http://revistacid.itslerdo.edu.mx/coninci2019/CID012.pdf>

Drone Service. (2020, 06 de abril). *¿Qué es un Dron?*. <https://www.droneservices.com.ar/industria-4-0/que-es-un-dron-topografico/>

Geotop geodesia y topografía. (s.f.). *Estación total ES105*. Topcon. <https://geotop.com.pe/geotop-2016/descargas/estacion-total/topcon/estacion-total-topcon-es105-geotop.pdf>

GeoSpatial. (2013). *Pix4D*. <https://www.geospatial.com.co/software/pix4d.html>

Ferreira., M.R., & Aira., V.G. (s.f.). *Aplicaciones topograficas de los drones*. <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otraqr/index/assoc/HASH0159/314a3cb8.dir/doc.pdf>

Fiestas L., C., & Merino R., F. (2020). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible a la Av. Don Bosco - Piura usando drones*. [Tesis de grado, Universidad de Piura]. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4490/ICI_2001.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández V., L. (2011). *Manual de operación de la estación total*. https://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Manual%20de%20Operacion%20de%20Estacion%20Total.pdf

Ibáñez R., I., Andrade A., A., Loaiza J., C., Barreto R., R., Paternina M., J., & Buitrago B., H. (2019). *Generalidades, caracterización e implementación de aeronaves remotamente tripuladas para levantamiento topográfico*. SENA. <https://1library.co/document/qvr600ly-generalidades-caracterizacion-implementacion-aeronaves-remotamente-tripuladas-levantamiento-topografico.html>

Instituto geográfico nacional. (2016). *Especificaciones técnicas para levantamientos geodésicos verticales*. IGN. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/670932/ESPECIFICACIONES-TECNICAS-PARA-LEVANTAMIENTOS-VERTICALES.pdf>

Jimenez C., N., Magaña M., A., & Soriano M., E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos*. [Tesis de grado, Universidad de El Salvador]. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20697/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20entre%20levantamientos%20topogr%C3%A1ficos%20con%20estaci%C3%B3n%20total%20como%20m%C3%A9todo%20directo%20y%20el%20uso%20de%20Drones%20y%20GPS%20como%20m%C3%A9todos%20indirectos.pdf>

Leiva M., S., & Niño de Guzmán A., 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 carretera Abra Ccorao-Ccorao*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco]. https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/4337/Sharon_Jodda_Tesis_bachiller_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mesa C., V., & Izquierdo A., L. (2015). *Los drones, su aplicación en el mundo de la comunicación*. [Tesis de grado, Universidad de la Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1020/Los+Drones.+Su+Aplicacion+en+el+mundo+de+la+comunicacion.+pdf;jsessionid=0D77481828E9F779BD824F9EDC0>

[E00E6?sequence=1](#)

Peña C., E., & Peña C., L. (2020). *Propuesta de levantamiento de tipos de fallas asistido por el sistema de aeronaves pilotadas remotamente (RPAS) para intervenir en carreteras de bajo volumen en lima provincias*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3899/CIV-T030_76624967_T%20%20%20PE%c3%91A%20CARBAJAL%20EDU%20BRAYAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramos Y., J. A. (2018). *Optimización Del Error Lineal – Angular de la poligonal abierta para control horizontal en la carretera Acora – Jayu Jayu*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7563/Ramos_Yucra_Jesus_Angel.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sedano M., F., & Pari R., R. (2018). *Ventajas en los levantamientos topográficos con el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV)*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21067/Sedano%20Mateo%2c%20Fredy%20Diogenes%20-%20Pari%20Rendon%20%2c%20Rufo%20Wiston.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Sevillano, M. (2021, 31 de agosto). *UAS para logística con el colegio Aldovea en la First Lego League*. Dronebydrone. <https://www.dronebydrone.com/noticias/613/uas-para-logistica-con-el-colegio-aldovea-en-la-first-lego-league-.html>

SIAPA. (2014). *Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades. Cap.3 alcantarillado pluvial*. https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3_alcantarillado_pluvial.pdf

Tacca Q., H. (2015). *Comparacion de resultados obtenidos de un levantamiento topografico utilizando la fotogrametria con drones al metodo tradicional*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3882/Hilario_Tacca_Qquelca.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Túlio G, M. (2019). *Comparação entre topografia clássica e aerolevanteamento com VANT, para uso no georreferenciamento de imóveis rurais*. [Tesis de posgrado, Universidad Católica de Brasilia]. <https://repositorio.ucb.br:9443/jspui/bitstream/123456789/12919/1/MarcoTulioGranjaPoubeldeCastroTCCCLatoSensu2019.pdf>

Vásquez C., A. (2021). *Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con drone comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con estacion total*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4747>

Vázquez P., J., & Backhoff P., M. (2017). *Procesamiento geo-informático de datos generados mediante drones para la gestión de infraestructura del transporte*.

<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt490.pdf>


Vega S., P., Ruiz C., Ph., & Garro., J. (2017). Vehículos aéreos no tripulados del LanammeUCR: Una herramienta multidisciplinaria adaptada para todo tipo de condiciones al servicio del país. *Laboratorio Nacional de materiales y modelos estructurales LanammeUCR*, 8(4), 1-7. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/911/Boletin%204-%20Vehiculos%20aereos%20no%20tripulados.pdf>

Villareal M., J. (2015). *Análisis de la precisión de levantamiento topográfico mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control*. [Tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja]. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/13079/1/Villareal%20Moncayo%20Joffre%20Vicente.pdf>

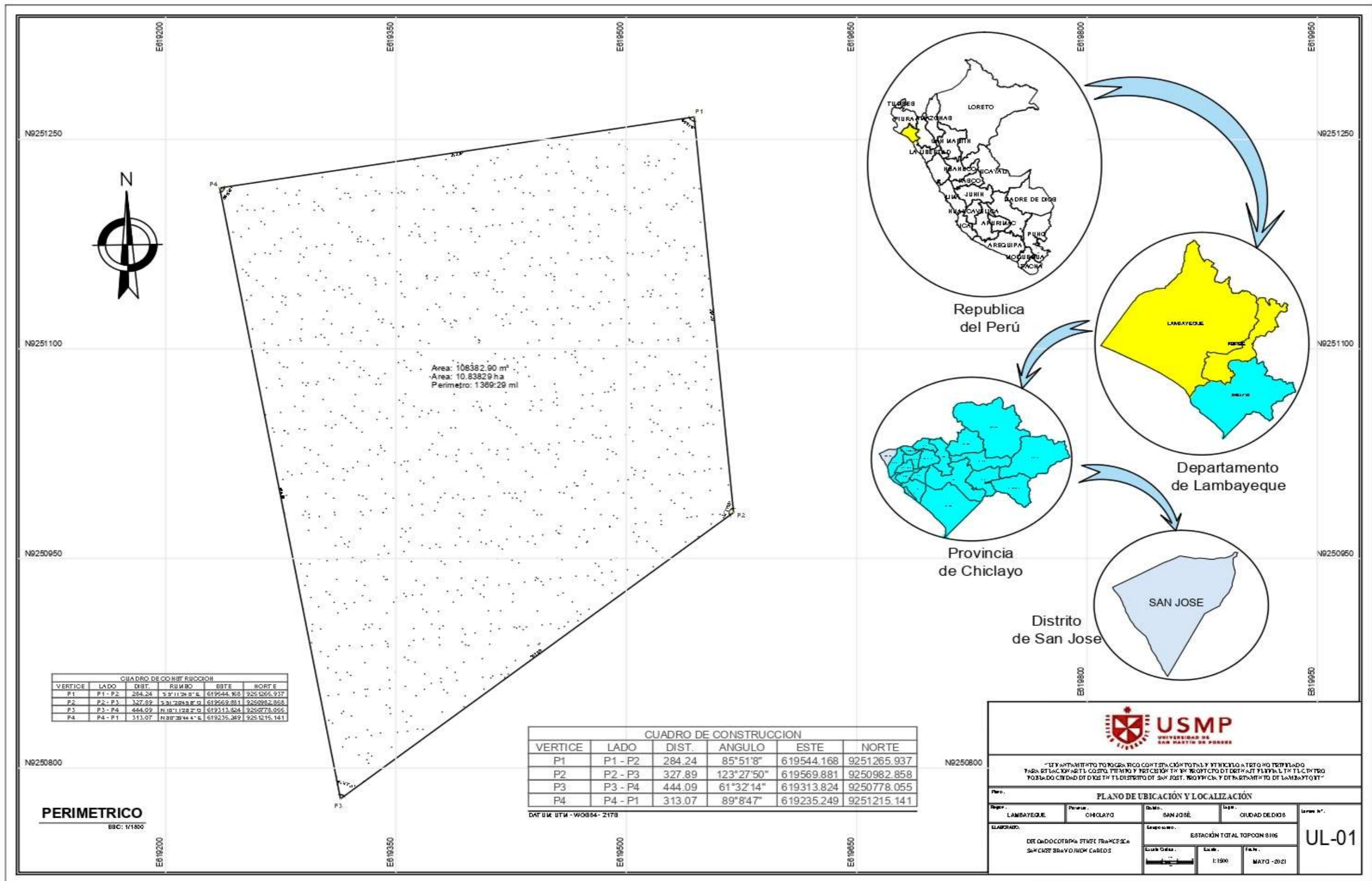
Villamandos. (2022, 12 de abril). *Diccionario de la Topografía: 50 términos que deberías conocer*. <https://topografia2.com/terminos-topografia/>

Zevallos E., M. (2021). *Evaluación de costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con Dron en la carretera Pillco Marca distrito de Cayran 2019*. [Tesis de grado, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2841/Zevallos%20Estrada%20c%20Manuel%20Orlando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

 MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Título de Tesis: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL Y VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA EVALUAR LA PRECISIÓN, COSTO Y TIEMPO EN UN PROYECTO DE DRENAJE PLUVIAL, EN EL CENTRO POBLADO CIUDAD DE DIOS EN EL DISTRITO DE SAN JOSÉ, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE						
Elaborado por: Ethel Francesca Delgado Cotrina y Jhon Carlos Sanchez Bravo						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable independiente	Diseño		
¿Cuál es la influencia de la precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado ciudad de dios en el distrito de san José, provincia y departamento de Lambayeque?	Determinar la influencia entre precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado ciudad de dios en el distrito de san José, provincia y departamento de Lambayeque	La precisión, costo y tiempo de un levantamiento topográfico utilizando un vehículo aéreo no tripulado es más eficiente que un levantamiento con estación total, en un proyecto de drenaje pluvial en el centro poblado Ciudad de Dios, en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.	Levantamiento Topográfico	Estudio Técnico	Descripción de Terreno	TIPO DE INVESTIGACIÓN
				Descripción de Terreno	Características Físicas, geográficas y geológicas	Aplicada
				Representación Gráfica	Medidas de exactitud	NIVEL DE INVESTIGACIÓN
						Correlacional
						DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
						Cuasi-experimental
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variable dependiente	Muestra		
¿Cuál es la incidencia del levantamiento planimétrico y altimétrico en la precisión , respecto al levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado teniendo como referencia las coordenadas de los puntos geodesicos, en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado ciudad de dios en el distrito de san José, provincia y departamento de Lambayeque?	Realizar el levantamiento planimétrico y altimétrico en la precisión , respecto al levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado teniendo como referencia las coordenadas de los puntos geodesicos, en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado ciudad de dios en el distrito de san José, provincia y departamento de Lambayeque	El levantamiento topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado presenta una mayor precisión de altimétrica y planimétrica que con la estación total.	Estación Total	Planimetría	Precisión, Costo y Tiempo	La muestra estudiada es el Centro Poblado Ciudad De Dios ubicada en El Distrito De San José, Provincia Y Departamento De Lambayeque, la zona de estudio cuenta con un área de 10.838 ha. El distrito de San José es uno de los doce que conforman la provincia de Lambayeque, ubicada en el Norte del Perú. Limita por el Norte, con el distrito de Lambayeque, por el Este con los distritos de Lambayeque y Chiclayo, por el Sur, con el distrito de Pimentel y por el Oeste con el océano Pacífico.
				Altimetría		
						Instrumento
¿Cuál es el costo de ejecución del levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado ciudad de dios en el distrito de san José, provincia y departamento de Lambayeque?	Cuantificar y comparar el costo de ejecución del levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado ciudad de dios en el distrito de san José, provincia y departamento de Lambayeque	El levantamiento topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado resulta ser más rentable y óptimo para la realización de trabajo topográfico.	Vehículo no tripulado	Fotogrametría Digital	Precisión, Costo y Tiempo	Se utilizó la técnica del Análisis Documental para la recolección de los datos y mediante la utilización de los siguientes instrumentos de levantamiento de datos: Leica infinity (GSP Diferencial Leica GS108) ya que Leica Infinity permite decisiones rápidas desde un primer momento. TOPCON LINK V7.5 (Estación total Topcon s105) Especial para Archivos de datos de importación de todos los instrumentos de Topcon. Pix4Dmapper (Dron) para la Clasificación automática de la nube de puntos.
				Altura de vuelo		
						Procedimiento
¿Cuál es el tiempo de realización en un levantamiento topográficos con vehículo aéreo no tripulado con relación a un levantamiento con el método tradicional, en el centro poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque?	Cuantificar y comparar el tiempo de realización en un levantamiento topográficos con vehículo aéreo no tripulado con relación a un levantamiento con el método tradicional, en el centro poblado Ciudad De Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque.	El levantamiento topográfico utilizando el vehículo aéreo no tripulado resulta ser más eficiente en reducción de tiempo en relación a un trabajo realizado con estación total	Vehículo no tripulado	Tiempo de realización	Precisión, Costo y Tiempo	1.- Realizar la red de BM para obtener una base de orientación para realizar el levantamiento con estación total. 2.- Se utilizó la estación total para recolectar los datos del área a estudiar. 3.- Ubicación de los cuatro puntos georreferenciados lo cual se realizando con el receptor RTK para realizar el sobrevuelo del dron. 4.- Realizar el plan de vuelo con el dron y obtener la data. 5.- Procesamiento de datos y relación de ambos métodos. 6.- Realización de planos

Fuente: Elaboración por los Autores (2022)



VERTICE	LADO	DIST.	RUMBO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	284.24	S 51°12'0" E	619544.168	9251265.937
P2	P2 - P3	327.89	S 21°27'50" O	619569.881	9250982.858
P3	P3 - P4	444.09	N 16°12'22" O	619313.824	9250778.055
P4	P4 - P1	313.07	N 89°28'44" E	619235.249	9251215.141

VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	284.24	85°51'8"	619544.168	9251265.937
P2	P2 - P3	327.89	123°27'50"	619569.881	9250982.858
P3	P3 - P4	444.09	61°32'14"	619313.824	9250778.055
P4	P4 - P1	313.07	89°8'47"	619235.249	9251215.141

DATUM UTM - WGS84 - 2173

PERIMETRICO
Escala: 1:1500



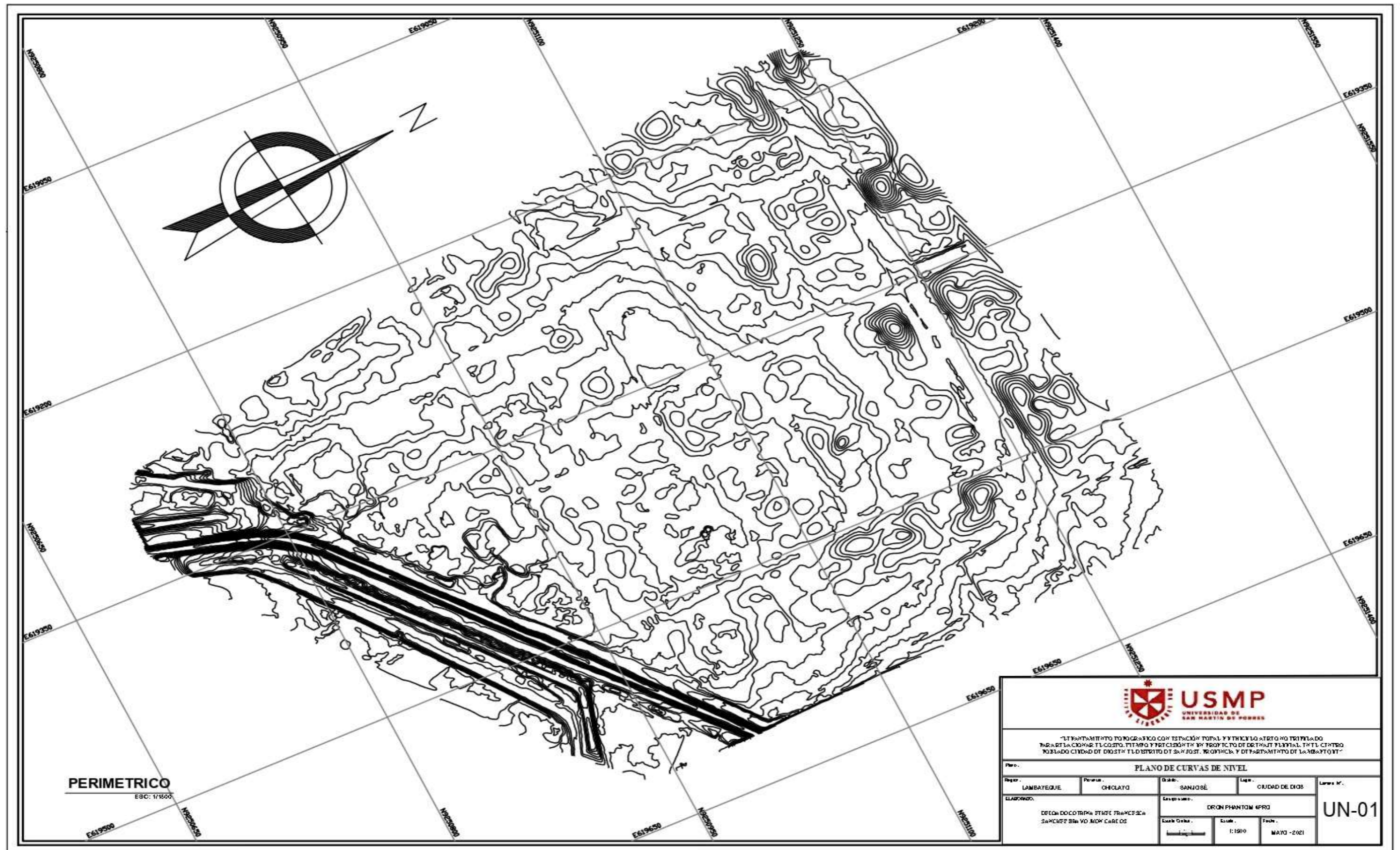
USMP
UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES

"EL PRESENTE PLAN TOPOGRAFICO CON TITULO DE PROYECTO Y PLAN TOPOGRAFICO PARA EL DISEÑO DEL DISEÑO Y PERCEPCIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DEL DISEÑO TOPOGRAFICO EN EL DISTRITO DE SAN JOSÉ, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN				
Región	Provincia	Distrito	Cajón	Lote N°
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	SAN JOSÉ	CIUDAD DE DIOS	
Elaborado por:		ESTACIÓN TOTAL TOPOGRÁFICA		
DE DADOS TOPOGRÁFICOS FRANCISCA SANCHEZ BRAVO/JON CARLOS		Escala Gráfica:		
		Escala: 1:1500		
		Fecha: MAYO - 2021		

UL-01







**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



**FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO
PERMANENTE**

0. DATOS GENERALES:

Preparado por: Departamento de Procesamiento Geodésico
Realizado: 4 de Abril de 2022
Versión: 3.0.0



1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:

Nombre: Chiclayo
Código Nacional: LB01
Código Internacional: 42212M001
Inscripción: Placa de bronce
Orden de la estación: "0"
Fecha de monumentación: 19 de noviembre de 2009

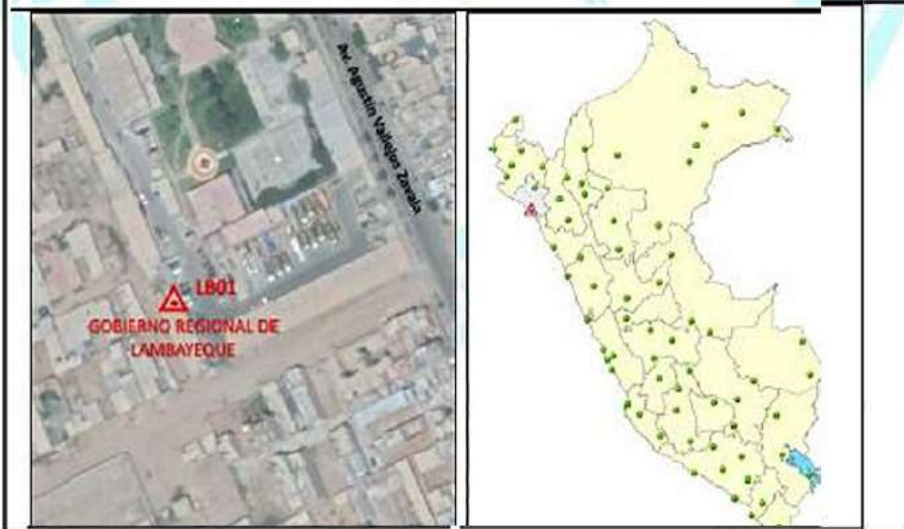


2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:

Departamento: Lambayeque
provincia: Chiclayo
Distrito: Chiclayo
Ubicación de la estación: Gobierno Regional de Lambayeque



CROQUIS DE UBICACIÓN



LB01



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:

Sistema de referencia: GRS80 / WGS84	Marco de referencia: ITRF2000
---	--------------------------------------

3.1. GEODÉSICAS:

Latitud (S)	Longitud (O)
06° 46' 44.16277"	79° 52' 16.36493"
Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado
42.5611	0.999792556565

3.2. CARTESIANAS

X (m)	Y (m)	Z (m)
1113885.5871	-6235170.9980	-747868.0490

3.3. UTM

Este (m)	Norte (m)
624741.3912	9250544.0325
Zona: 17 Sur	

4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

4.1. RECEPTOR:

Modelo: NET R8 TRIMBLE, Doble frecuencia
N° de serie: 4906K34403
Versión del firmware: 4.41
Fecha de instalación: 20 de noviembre de 2009
Ubicación del receptor: El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco humo, ubicada en la Oficina de Servicio Mecánico de la mencionada institución.

4.2. ANTENA:

Modelo: Zephyr Geodetic Model 2 (L1,L2) Trimble
N° de serie: 1440925402
Cubierta protectora: con domo
Medición de la antena: ARP
Altura de la antena: 0.0750 m
Fecha de instalación: 20 de noviembre de 2009
Ubicación de la antena: La antena está instalada sobre un monumento de concreto de 2.00 m de alto y 30 cm x 30 cm de ancho de color blanco, ubicada en el techo del primer piso de la mencionada institución.

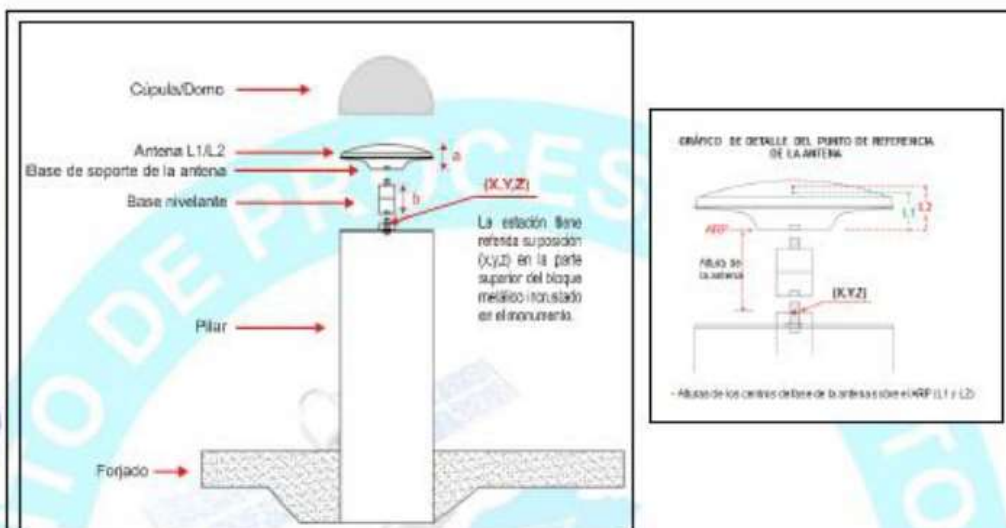


**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



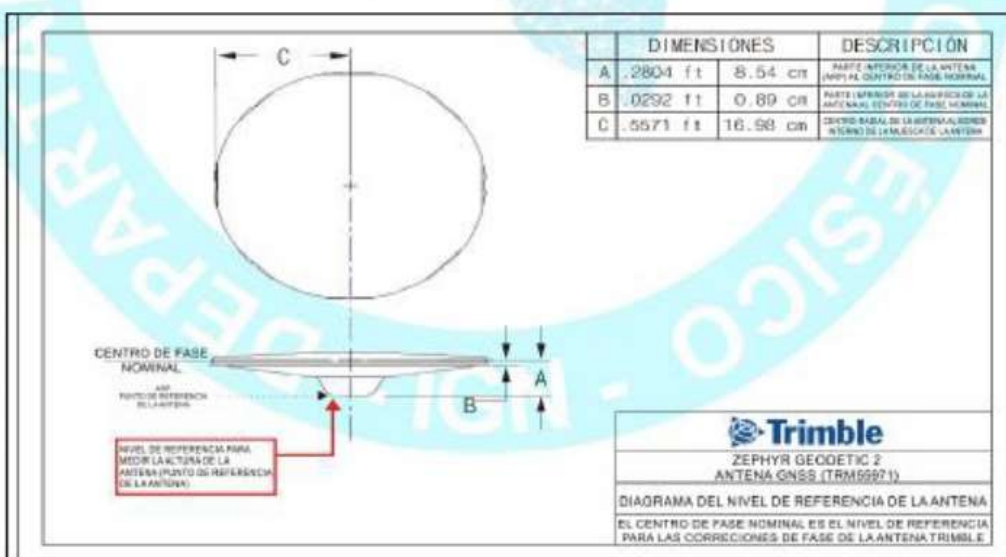
5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA



a = 8.54 cm	Distancia de compensación del centro de fase. (Phase Center Offset)
b = 7.50 cm	Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del bloque metálico incrustado en el monumento.

5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA





**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO

Área de mantenimiento: DPG
Área de control: DPG
Área de procesamiento: DPG
Observables: L1, L2, C1, P2
Intervalo de registro: 5 seg
Máscara de elevación: 5°
Archivo diario: 24 HRS
Formato de archivo nativo: *T01
Datos para el procesamiento: 27 de mayo al 9 de junio de 2019
Tipo de órbita: Efemérides precisas finales
Archivo procesado: Rinex 2.11
Software de procesamiento: Gamit / Globk V 10.7
Procesador y analista GNSS: Maño César Mendoza Del Aguila
Revisado por: CAP. EP. Rogger Montoya Monroy

CONTACTOS

Oficina: Departamento de Procesamiento Geodésico
Dirección: Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú
Teléfono: 4759960 / 4753030 Anexo 120
Correo: cpg@ign.gob.pe / cpg.ign@hotmail.com
Web site: http://209.45.65.186/rastreo_permanente

