

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Comparación del RPAS y estación total en rendimientos y costos en topografía y diseño geométrico de carreteras en Ambo – Huacar- 2023”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Leandro Quispe, David Roy

ASESOR: Valdivieso Echevarria, Martin Cesar

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión en la construcción

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47044890

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22416570

Grado/Título: Maestro en gestión pública

Código ORCID: 0000-0002-0579-5135

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
3	Martinez Morales, German Gaston	Ingeniero civil	07397555	0000-0002-9182-1861

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 12:00 horas del día **viernes 01 de diciembre de 2023**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

❖ MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	PRESIDENTE
❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA	SECRETARIA
❖ ING. GERMAN GASTON MARTÍNEZ MORALES	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2865 -2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "COMPARACIÓN DEL RPAS Y ESTACIÓN TOTAL EN RENDIMIENTOS Y COSTOS EN TOPOGRAFÍA Y DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS EN AMBO – HUACAR- 2023", presentado por el (la) Bachiller. **David Roy LEANDRO QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) aprobado por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO (Art. 47).

Siendo las 13:08pm horas del día 01 del mes de diciembre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
ORCID: 0000-0001-7920-1304

Presidente

MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA
ORCID: 0009-0001-0745-5433

Secretaria

ING. GERMAN GASTON MARTÍNEZ MORALES
ORCID: 0000-0002-9182-1861

Vocal

DIRECTIVA N° 006- 2020- VRI-UDH PARA EL USO DEL SOFTWARE TURNITIN DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Resolución N° 018-2020-VRI-UDH 03JUL20 y modificatoria R. N° 046-2020-VRI-UDH, 19OCT20



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA**, asesor del PA Ingeniería Civil y designado mediante documento **RESOLUCION N°990-2021-D- FI-UDH** del estudiante **Bach. DAVID ROY LEANDRO QUISPE**, de la investigación titulada **“COMPARACIÓN DEL RPAS Y ESTACIÓN TOTAL EN RENDIMIENTOS Y COSTOS EN TOPOGRAFÍA Y DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS EN AMBO – HUACAR - 2023”**.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del **15%** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 04 de diciembre del 2023


.....
Ing. Martín C. Valdivieso Echevarría,
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40444

M.Sc. Ing. Martin Cesar Valdivieso Echevarria

DNI N° 22416570

CODIGO ORCID N° 0000-0002-0579-5135

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

15% INDICE DE SIMILITUD	14% FUENTES DE INTERNET	2% PUBLICACIONES	7% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.uprit.edu.pe Fuente de Internet	


Ing. Martin C. Valdivieso Echevarria,
INGENIERO-CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 40444

M.Sc. Ing. Martin Cesar Valdivieso Echevarria
DNI N° 22416570
CODIGO ORCID N° 0000-0002-0579-5135

DEDICATORIA

Agradezco a mis padres por su amor sin reservas, por siempre animarme y por su respaldo económico. Gracias por tener fe en mí y acompañarme en cada paso de mi trayectoria académica. Su esfuerzo y entrega me han motivado profundamente.

A mi primo Norbert Walt Leandro Coz, quiero expresar mi gratitud por su asesoramiento y orientación durante todo el proceso de mi tesis. Tu conocimiento y experiencia han sido invaluable, y estoy agradecido por tu disposición para responder a mis preguntas y brindarme tu apoyo.

A mi familia y amigos, les doy las gracias por entenderme, tener paciencia y brindarme palabras motivadoras. Su apoyo emocional y motivacional me ha dado la fuerza para superar los desafíos y seguir adelante. Gracias por estar a mi lado y celebrar mis logros.

Este trabajo no habría sido posible sin el respaldo de todas estas personas especiales en mi vida. Les estoy profundamente agradecido y les dedico este logro con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Deseo manifestar mi sincero agradecimiento a todos los que me brindaron su apoyo y motivación durante la realización de este trabajo. Ante todo, agradezco a Dios por otorgarme vida, bienestar y el vigor para finalizar este proyecto. Su infinito amor y cuidado me han acompañado en todo momento.

Agradezco enormemente a mis padres por su cariño sin límites, su permanente estímulo y su respaldo económico. Gracias por creer en mí y por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida académica. Su sacrificio y dedicación han sido una inspiración para mí.

Para concluir, doy gracias a mi familia y amigos por su tolerancia, perseverancia y sus animadoras palabras. Su apoyo emocional y motivacional me ha dado la fuerza para superar los desafíos y seguir adelante. Gracias por estar a mi lado y celebrar mis logros.

Este trabajo no habría sido posible sin el respaldo de todas estas personas especiales en mi vida. Les estoy profundamente agradecido y les dedico este logro con todo mi corazón.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	13
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	18
2.2. BASES TEÓRICAS.....	19
2.2.1. FOTOGRAMETRÍA.....	19
2.2.2. FOTOGRAMETRÍA DIGITAL CON DRONES	24
2.2.3. TRABAJO DE OFICINA.....	36
2.2.4. LEVANTAMIENTO CON ESTACIÓN TOTAL.....	37

2.2.5. ELABORACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS	43
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	55
2.4. HIPÓTESIS	56
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	56
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	56
2.5. VARIABLES	56
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	56
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	56
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	57
CAPITULO III	58
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	58
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	58
3.1.1. ENFOQUE	58
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	58
3.1.3. DISEÑO	58
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	59
3.2.1. POBLACIÓN	59
3.2.2. MUESTRA	59
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	60
3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	60
3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DATOS	60
3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	60
CAPÍTULO IV	61
RESULTADOS	61
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	61
4.1.1. UBICACIÓN	61
4.1.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN	61
4.1.3. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO PARA LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	62
4.1.4. EJECUCIÓN Y TOMA DE DATOS	62

4.1.5. CÁLCULOS OBTENIDOS EN LA EJECUCIÓN	79
4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	92
CAPÍTULO V.....	97
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	97
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fotogrametría con drones.....	20
Figura 2 División de la fotogrametría	21
Figura 3 Instalaciones a dos (a) y tres (b) cámaras de prospección.....	23
Figura 4 Dron iniciando su vuelo.....	25
Figura 5 Imagen de la phantom 4 pro	27
Tabla 3 Aplicaciones para planificar trayectorias de vuelo	29
Figura 6 Planificación de vuelo del dron	31
Figura 7 El uso de gps para levantamiento topográficos	32
Figura 8 Registros fotográficos tomadas del dron.....	33
Figura 9 Accione usadas en el vuelo y aterrizaje del dron.....	34
Figura 10 Velocidad y dirección del viento.....	35
Figura 11 Nube de puntos y ortoimagen de alta calidad espacial.....	36
Figura 12 Superficies y superficie ajustada	37
Figura 13 Modo de operación de la estación total en el terreno	40
Figura 14 Curva circular.....	50
Figura 15 Sección transversal para una autopista	54
Figura 16 Vuelo del dron en la ruta ambo – huacar	61
Figura 17 Trazo de la ruta en google earth.....	63
Figura 18 Trazo de google earth exportado al civil 3d	63
Figura 19 Utilizando drone play para trazar la ruta	64
Figura 20 Cantidad de vuelos planificados en dron play.....	64
Figura 21 Calculando los minutos de vuelo en drone play.....	65
Figura 22 Usando la apk tracklia en el celular	66
Figura 23 Colocación del primer punto de control.....	67
Figura 24 Primer vuelo programado	67
Figura 25 Exportamos las fotografías tomadas	68
Figura 26 Subiendo las fotografías al agisoft para su procesamiento.....	69
Figura 27 Orientación de fotografías en agisoft	69
Figura 28 Nube básica de puntos	70
Figura 29 Nube de puntos densa.....	71
Figura 30 Clasificación de los tipos de terreno.	71
Figura 31 Eliminación de terreno que no servirá en la investigación	72

Figura 32 Generando el modelo digital de terreno	72
Figura 33 Modelo digital de elevaciones (mda)	73
Figura 34 Modelo digital de terreno (mdt)	73
Figura 35 Exportando a un formato más ligero	74
Figura 36 Datos exportados al global mapper	74
Figura 37 Exportando trabajo a arc ascii	75
Figura 38 Curvas de nivel para hacer el trazo en civil 3d	75
Figura 39 Tiempos de vuelo del dron.....	80
Figura 40 Tiempos de levantamiento con estación.....	82
Figura 41 Costos del levantamiento convencional.....	83
Figura 42 Costos de levantamiento topográfico con dron.....	85
Figura 43 Procesamiento de datos en estación total	87
Figura 44 Procesamiento de datos con dron	88
Figura 45 Procesamiento de datos estación total	89
Figura 46 Procesamiento de datos con dron	91
Figura 47 Costo total y por hora.....	92
Figura 48 Costo por hora	94
Figura 49 Costos totales	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Evolución de la fotogrametría	22
Tabla 2 Características del phantom 4 pro	28
Tabla 4 Softwares en la fotogrametría	29
Tabla 5 Partes de la estación total	40
Tabla 6 Trabajo en gabinete de los datos obtenidos	42
Tabla 7 En función a su demanda	43
Tabla 8 Clasificación por orografía	45
Tabla 9 Categorización de la velocidad proyectada.....	47
Tabla 10 Visibilidad de distancia de detención con pendiente en metros	48
Tabla 11 Distancia de velocidad de paso	49
Tabla 12 Radios más cortos y máximas inclinaciones.....	50
Tabla 13 Máximas pendientes según necesidad y relieve del terreno (%) ...	53
Tabla 14 Población a estudiar.....	59
Tabla 15 Inicio y final de la investigación	60
Tabla 16 Tiempos al hacer el levantamiento con dron.....	79
Tabla 17 Tiempos al hacer el levantamiento con estación	81
Tabla 18 Costos del levantamiento convencional.....	83
Tabla 19 Costos del levantamiento con dron	84
Tabla 20 Procesamiento de datos con la manera convencional.....	86
Tabla 21 Procesamiento de datos dron	88
Tabla 22 Costo procesamiento manera convencional	89
Tabla 23 Costo de procesamiento con dron	90
Tabla 24 Costos totales y por hora	92
Tabla 25 El tiempo total con procesamiento	94
Tabla 26 Costo total en ambos métodos	95

RESUMEN

La tesis se enfoca en comparar el uso de drones y estaciones totales en levantamientos topográficos y el diseño de carreteras en el tramo Maracaná de Ambo a Huácar, Huánuco, en 2023. Su objetivo es determinar cuál de las tecnologías es más eficiente, precisa y económicamente viable, aportando conocimientos para la adopción de nuevas tecnologías en la topografía peruana, donde el uso de drones aún no es ampliamente prevalente. Se aplicó un enfoque cuantitativo y un diseño correlacional en la investigación para comparar métodos de recolección de datos. Se aplicaron técnicas de observación y herramientas como GPS, Drone Phantom 4 Pro y Estación Total para la recolección de datos.

En los resultados del análisis comparativo de la eficiencia entre estación total y drones para levantamientos topográficos en una distancia de 4.70 km, se encontró que la estación total tiene un mayor tiempo de operación y costo total (58 horas y PEN 6,080.00 respectivamente) en comparación con el dron (12.3 horas y PEN 2,653.00), así como un costo por kilómetro más elevado (PEN 1,293.62 frente a PEN 564.47), aunque el costo por hora es menor para la estación total (PEN 104.83 contra PEN 215.69).

La investigación reveló que el levantamiento topográfico con drones no solo supera al levantamiento tradicional con estación total en términos de eficiencia de tiempo y costos, sino que también mantiene una precisión comparable, lo que es crucial para la integridad del diseño geométrico de carreteras; este hallazgo subraya la relevancia de incorporar tecnologías avanzadas en la topografía para optimizar recursos y aumentar la eficacia.

Palabras clave: Drones, estación total, eficiencia, precisión, costos.

ABSTRACT

The thesis focuses on comparing the use of drones and total stations in topographic surveys and road design on the Maracaná stretch from Ambo to Huácar, Huánuco, in 2023. Its goal is to determine which technology is more efficient, accurate, and economically viable, contributing insights for the adoption of new technologies in Peruvian topography, where the use of drones is not yet widely prevalent. A quantitative approach and correlational design were applied in the research to compare data collection methods. Observation techniques and tools such as GPS, Drone Phantom 4 Pro, and Total Station were employed for data gathering.

In the results of the comparative efficiency analysis between total station and drones for topographic surveys over a distance of 4.70 km, it was found that the total station has a longer operation time and total cost (58 hours and PEN 6,080.00 respectively) compared to the drone (12.3 hours and PEN 2,653.00), as well as a higher cost per kilometer (PEN 1,293.62 versus PEN 564.47), although the cost per hour is lower for the total station (PEN 104.83 against PEN 215.69).

The research revealed that topographic surveying with drones not only surpasses traditional total station surveying in terms of time efficiency and costs but also maintains comparable accuracy, which is crucial for the integrity of road geometric design; this finding underscores the significance of incorporating advanced technologies in topography to optimize resources and enhance efficacy. Key words: Drones, total station, efficiency, accuracy, costs.

Keywords: Drones, total station, efficiency, accuracy, costs.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la topografía y el diseño geométrico de carreteras son dos áreas fundamentales de la ingeniería civil porque permiten la planificación y construcción de infraestructuras viales seguras y eficientes. En este contexto, la tecnología ha sido crucial para mejorar los procesos de medición y diseño, lo anterior facilita la recolección de información más exacta y veloz.

Esta tesis compila un estudio exhaustivo sobre la eficiencia y los gastos de dos herramientas empleadas en la topografía y diseño de carreteras de Ambo - Huacar. Se busca determinar cuál de estas herramientas es más efectiva y eficiente en términos de costo y tiempo comparando el RPAS y la Estación Total. El Sistema de Vehículos Aéreos No Tripulados, comúnmente referido como RPAS, es una herramienta topográfica bastante nueva que permite la obtención de datos aéreos de alta precisión y rapidez. Sin embargo, la Estación Total es una herramienta más común que se utiliza para medir puntos en tierra.

La investigación se desarrolló en la zona de Ambo-Huacar, donde se emplearon ambas herramientas en la medición y planificación de carreteras. Con el objetivo de determinar cuál de estas herramientas es más efectiva y eficiente en la práctica de la ingeniería civil, Se contrastaron los resultados en aspectos de exactitud, duración y valor económico. Esta investigación no se limita a comparar herramientas; también examina cómo los hallazgos se aplican a la ingeniería civil en la región de Ambo-Huacar.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel global, la fotogrametría en topografía y diseño geométrico de carreteras progresa al ritmo de los avances tecnológicos, lo que es evidente hoy en día se están realizando levantamientos topográficos con el uso de la fotogrametría que es el uso de vehículos no tripulados (Rpas), más conocido como drones que incluso se están acoplando en la metodología BIM con nuevos programas que ayudan a mejorar la eficiencia del Rpas.

Antes de empezar con proyectos civiles tales como carreteras, canales, edificaciones, sistemas de agua potable, alcantarillados, puentes, entre otros, es esencial llevar a cabo un levantamiento topográfico para comprender la forma del terreno, y con el avance de la tecnología que se va desarrollando nuevas maneras de hacer levantamientos topográficos una de ellas es los vehículos no tripulados que ayuda a reemplazar el uso de estación total que ayudara a reducir el tiempo y costos en la realización de un proyecto.

En el Perú el uso de vehículos no tripulados aun no es muy usado en el centro del centro del Perú debido a que aún no existe muchos estudios que acrediten su confiabilidad en campo. Los vehículos no tripulados, gracias a su capacidad de acceder a áreas de difícil acceso, disminuyen el riesgo al explorar regiones peligrosas, como las presentes en la sierra peruana. En esta línea, es crucial que los instrumentos empleados para recopilar datos en campo sean altamente fiables. Un margen de error significativo durante el levantamiento topográfico puede resultar en cálculos erróneos en la fase de análisis, afectando el diseño final de la carretera.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera el RPAS frente a la estación total se relacionará en los rendimientos y costos en la topografía y diseño geométrico de una

carretera en el cruce de Maracaná de Ambo hasta Huácar - Huánuco - 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿De qué Manera el RPAS se relaciona en los rendimientos y costos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná de Ambo hasta Huácar – Huánuco – 2023?

¿De qué manera se relaciona los tiempos y el levantamiento topográfico en el cruce de Maracaná hasta Huácar – Huánuco – 2023?

¿De qué manera mejorara los resultados obtenidos de ambos levantamientos topográficos (Rpas y estación total) en el diseño geométrico de carreteras en el tramo del cruce con maracaná hasta Huácar en Ambo?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar de qué manera el RPAS con respecto a la estación total se relaciona en los rendimientos y costos en las topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná de Ambo hasta Huácar – Huánuco -2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar si el levantamiento topográfico con drones es una mejor propuesta en cuando a costos en el diseño geométrico de carretas en el tramo del cruce con Maracaná hasta Huácar en Ambo.

Determinar el tiempo usado para el levantamiento topográfico del tramo del cruce con Maracaná hasta Huácar en Ambo.

Comparar los resultados obtenidos de ambos levantamientos topográficos (levantamiento topográfico con estación total y

levantamiento topográfico con drones) en el diseño geométrico de carreteras en el tramo del cruce con Maracaná hacia Huácar en Ambo.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- El movimiento de tierras es uno de los aspectos más cruciales en cualquier obra de ingeniería civil, construcción de taludes, excavaciones profundas o superficiales, replanteos generales orientados a la ingeniería en general, todo esto acarrea a que se tenga diferentes rubros, ya que al existir diferentes equipos con diferentes precisiones y funciones que ayudan a controlar las obras se puede volver un proceso más sencillo, sin necesidad de permanecer varios días en obra recolectando información y así procesarlas más rápido en gabinete.
- En Huánuco, los instrumentos topográficos más comunes son el teodolito y la estación total, pero es importante que en el departamento de Huánuco se estén incorporando nuevas tecnologías como es el caso del dron mediante la fotometría ya que es una alternativa más moderna en la recolección de datos en el diseño geométrico de carreteras, Este aporta a la evolución de la ingeniería topográfica mediante tecnologías innovadoras.
- El estudio permitirá contrastar la confiabilidad, costes y duraciones al ejecutar un levantamiento topográfico usando estación total y drones, proponiendo alternativas en la utilización de dichos dispositivos.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Se tiene áreas densamente cubiertas por vegetación hacen inviable la colocación de marcas visibles para los puntos de georreferencia del Dron.
- Existen puntos de difícil acceso que complican la realización de levantamientos topográficos con drones.
- En ciertas ubicaciones, se experimenta dificultad para captar señales de satélite, lo que obstaculiza el despegue programado del dron.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

- El desarrollo de esta investigación es factible puesto que se dispone de los equipos necesarios y software para poder hacer tales estudios de comparación topográfica.
- La investigación es viable ya que se puede demostrar en campo y de esta manera, se evidencian las conclusiones derivadas de ambos procedimientos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Ojeda (2023) en su estudio titulada “Estudio comparativo entre la topografía clásica con estación total y la fotogrametría digital mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT) en minería a cielo abierto”, emplea un enfoque metodológico que incluye el uso de un Sistema GNSS Trimble R8s, una Estación Total South N6 y un Dron Phantom 4 Pro. El objetivo principal del estudio es comparar las ventajas y desventajas de ambos métodos en el contexto de la minería a cielo abierto. Los resultados indican que la fotogrametría ofrece una mayor precisión en las coordenadas y tiene un costo de inversión que supera en un 7% al de la topografía con estación total.

Jiménez , Magaña & Soriano (2019) en su estudio 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 Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Este trabajo de investigación se enfoca en comparar la precisión de las mediciones obtenidas mediante el uso de una Estación Total, un Dron y un sistema de GPS en levantamientos topográficos. El estudio se lleva a cabo en áreas específicas y evalúa aspectos como costos, precisión y tiempo requerido para cada método. Los resultados buscan determinar cuál es el método más eficiente según las características del terreno. La investigación incluye manuales para el uso de diferentes tecnologías y software, así como análisis detallados de los resultados obtenidos en el campo.

Ortega , Torres & Arbito (2019) en su estudio titulado “Error, incertidumbre, precisión y exactitud, en levantamiento Aerofotogramétrico. Caso de estudio catastro de la parroquia San Carlos

del cantón Naranjal”. Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil. Cuenca, Ecuador. Este trabajo de investigación se centra en evaluar la precisión y exactitud de diferentes métodos de levantamiento topográfico, específicamente en la parroquia San Carlos del cantón Naranjal. El estudio compara la eficacia de levantamientos aerofotogramétricos con otros métodos tradicionales como la Estación Total y GPS-GNSS. Los objetivos incluyen determinar la precisión, eficiencia, tiempo y rentabilidad de los diferentes métodos. Los resultados del estudio buscan establecer qué tipo de levantamiento es más preciso y eficiente para el caso específico.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Regner (2019) en su estudio titulado “Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales “de la Universidad Peruana Los Andes, Escuela de Posgrado, Maestría en Ingeniería Civil, Mención: Ingeniería de Transportes. Huancayo, Perú. Este trabajo de investigación se centra en determinar un modelo analítico para la fotogrametría con drones en obras viales. La investigación se centra en la relevancia de entender a fondo aspectos tales como la programación del vuelo, la navegación aérea, el procesamiento de las imágenes capturadas y su posterior análisis. Su finalidad es lograr una altimetría exacta que contribuya a una evaluación más efectiva de proyectos de infraestructura vial. Se adoptó un enfoque metodológico aplicado y explicativo, basado en la utilización de mediciones tanto directas como indirectas mediante dispositivos electrónicos. Los hallazgos ratifican la eficacia del método analítico para optimizar el estudio de infraestructuras viales.

Mark (2018) en su estudio titulado “Evaluación de levantamientos topográficos con drone (DJI Phantom 4 pro) y estación total, quebrada Señor de Quinuapata del distrito de Ayacucho, Perú 2018” de la Universidad Privada del Norte, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, Trujillo. Este trabajo de suficiencia profesional se enfoca en evaluar y comparar la eficacia de levantamientos topográficos realizados con

estación total y con drones, específicamente el DJI Phantom 4 Pro. El estudio se llevó a cabo en la quebrada Señor de Quinuapata del distrito de Ayacucho, Perú. Los objetivos del estudio incluyen la comparación de precisión, exactitud, tiempo y costos entre los dos métodos. La metodología empleada es de tipo aplicado y se basa en mediciones directas e indirectas. Los resultados indican que el uso de drones ofrece un 95% de confianza estadística en la precisión y exactitud de los levantamientos topográficos.

Irvin (2017) en su estudio titulado “Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la Plaza San Luis-2017” de la Universidad César Vallejo, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Nuevo Chimbote. Este trabajo de investigación tiene como objetivo general determinar el grado de confiabilidad de los levantamientos topográficos realizados con drones en la Plaza San Luis. Utiliza una metodología no experimental y descriptiva de corte transversal, y emplea la aplicación Pix4Dcapture para programar la trayectoria de vuelo del dron y Pix4Dmapper para el procesamiento de datos. Los resultados muestran que los datos obtenidos con el dron son confiables y comparables a los obtenidos con métodos topográficos tradicionales, como la estación total.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. FOTOGRAMETRÍA

La técnica de fotogrametría facilita el proceso de deducir la forma y dimensiones de un terreno a través de fotografías tomadas en el lugar. Estas imágenes pueden ser capturadas tanto desde una perspectiva terrestre como aérea, categorizándose así en fotogrametría terrestre y aérea (Santamaria & Sanz , 2011).

Además, la fotogrametría se caracteriza como el conjunto de técnicas y procesos que nos permiten inferir, a partir de una imagen, la estructura y proporciones del objeto fotografiado.

La fotogrametría consiste en efectuar mediciones y obtener interpretaciones fiables a partir de imágenes, logrando así determinar aspectos métricos y geométricos del objeto en cuestión.

La fotogrametría es la técnica de discernir y especificar la forma, y un método para determinar las dimensiones y la localización espacial de un objeto mediante el análisis de una o varias fotografías. (Bonneval ,1972).

Figura 1

Fotogrametría con drones



Nota. Sobrevolando el nevado Rajuntay – Junin, alcanzando los 5,100 msnm. (Robotic Air Systems, 2018)

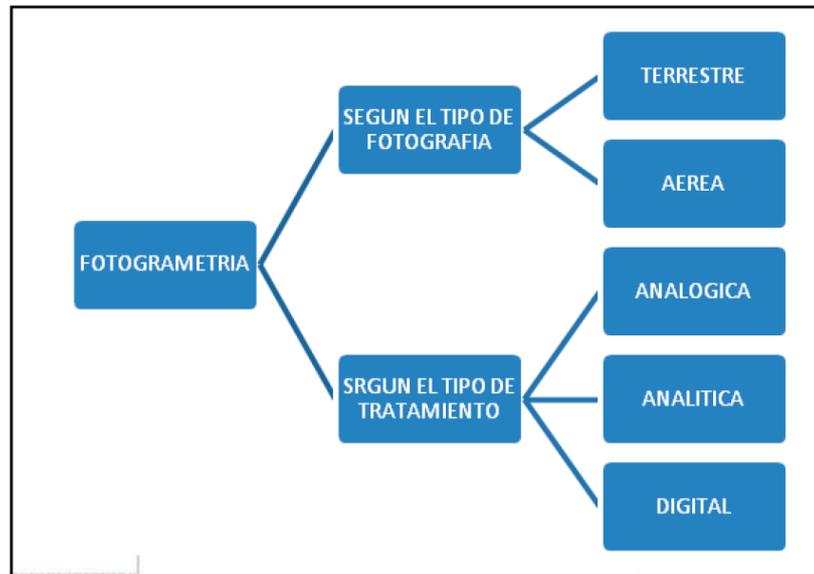
➤ **DIVISIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA**

Comúnmente, la fotogrametría se clasifica en dos categorías según el tipo de imagen usada (Herrera, 1987) y estas son:

Fotogrametría terrestre Y fotogrametría aérea.

Figura 2

División de la fotogrametría



Nota. Esta categoría puede aplicarse para diferentes propósitos y requerirá distintos métodos de procesamiento y análisis. (Geociencias Aplicadas, 2016).

Fotogrametría terrestre: Se refiere a cuando la cámara, al tomar la foto, mantiene su eje horizontal y alineado con la superficie terrestre. (Herrera, 1987).

Esta técnica se utiliza principalmente en campos como la arquitectura y la arqueología. Se basa en capturar imágenes desde la superficie terrestre, conociendo exactamente la posición de la cámara y el objeto (Geociencias Aplicadas, 2016).

Fotogrametría aérea: Implica la obtención de imágenes desde aeronaves, con el eje de la cámara posicionado de manera casi perpendicular al suelo (Herrera, 1987).

Este método utiliza fotografías capturadas desde el aire mediante una cámara instalada en una estructura específica (Geociencias Aplicadas, 2016).

Según la técnica utilizada, se pueden identificar tres variantes de fotogrametría:

Fotogrametría de tipo analógico, analítica y digital.

Fotogrametría analógica: Si definimos fotogrametría como la determinación exacta de un objeto en el espacio usando fotos aéreas, la variante analógica logra esto empleando directamente estas fotos (a través de modelos estereoscópicos) y recreando el espacio usando sistemas ópticos o mecánicos (Otero, Ezquerria A., Rodriguez R., Martin L., Bachiller I., 2008).

Fotogrametría analítica: Aquí, el espacio es recreado únicamente con software que simula esa geometría.

Fotogrametría digital: Este tipo de fotogrametría emplea imágenes aéreas que se han convertido previamente a formato digital, realizando una reconstrucción numérica o digital del espacio; en esta situación, los elementos del procesamiento digital de imágenes son cruciales (Otero, Ezquerria A., Rodriguez R., Martin L., Bachiller I., 2008). Por último, la tecnología moderna ha facilitado la transición hacia la fotogrametría digital, aprovechando las computadoras y el software especializado para crear modelos digitales 3D del terreno (Geociencias Aplicadas, 2016).

Tabla 1

Evolución de la fotogrametría

Tipo de fotogrametría	Entrada	Procesamiento	Salida
Analógica	Película fotográfica	Analógico (óptico-mecánico)	Analógica
Analítica	Película fotográfica	Analítico (Computadora)	Analógica
Digital	Imagen digital	Analítico (Computadora)	Digital

Nota. Según el tratamiento se resume la siguiente imagen. (Geociencias Aplicadas, 2016)

➤ FOTOGRAFÍAS AEREAS

Las fotografías aéreas con drones se pueden categorizar de diferentes formas, según distintos criterios. Puede ser por el ángulo de captura, las características técnicas o el propósito de uso.

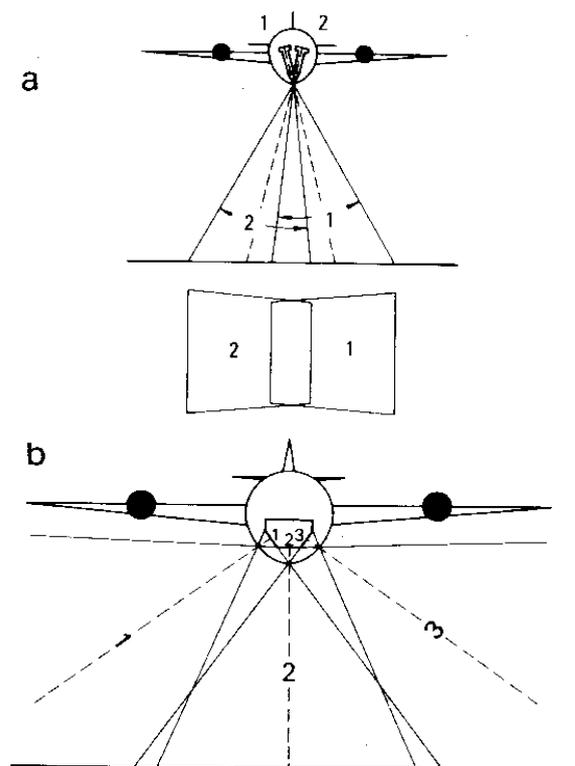
➤ POR EL ANGULO DE LAS FOTOGRAFÍAS

Verticales: Las cámaras apuntan directamente hacia el suelo, produciendo una imagen que parece un mapa del área.

Oblicuas: El enfoque de la cámara se dirige en un ángulo respecto al suelo. Si se ve el horizonte, se denomina oblicua alta; si no, oblicua baja.

Figura 3

Instalaciones a dos (a) y tres (b) cámaras de prospección



Nota. se puede observar como las cámaras están tomando fotografías desde diferentes puntos. (Dickinson, 1969)

➤ **BASÁNDOSE EN SUS CARACTERÍSTICAS**

De acuerdo a su escala: Las imágenes pueden categorizarse por su proporción de representación. Las escalas comunes en fotografía aérea oscilan entre 1:20.000 y 1:40.000.

Según la cámara que se usa: Las diversas cámaras empleadas en vuelos fotogramétricos generan imágenes con características muy variadas.

Por temporada del año: El momento del año en que se toman las imágenes influye significativamente en su precisión.

Dependiendo de la emulsión utilizada: Pueden ser fotografías en blanco y negro o a color.

2.2.2. FOTOGRAMETRÍA DIGITAL CON DRONES

La fotogrametría utiliza la relación perspectiva entre dos imágenes para determinar un punto específico, utilizando líneas de visión que se cruzan en un "punto principal", similar a cómo vemos con nuestros ojos. Para ello, es esencial que las cámaras estén adecuadamente calibradas y enfocadas al mismo punto.

La fotogrametría es esencial en cartografía. Nos permite evaluar y entender las características geométricas de objetos y lugares usando fotografías. Una sola imagen brinda datos bidimensionales, pero con dos imágenes solapadas, se logra una perspectiva estereoscópica, o sea, datos tridimensionales. Se trata de una técnica de medición tridimensional que emplea fotografías y referencias topográficas del lugar.

El dron es un dispositivo de navegación autónoma equipado para diversos trabajos. Puede operar tanto al aire libre como en espacios cerrados, portando diversos sensores ópticos y otros instrumentos. Su altura de vuelo varía, desde 1 m hasta 500 m, y puede operar automáticamente o con control remoto (Rosana M. & Gerardo V., 2017).

Figura 4

Dron iniciando su vuelo



Nota. Se puede observar a un dron levantando vuelo para hacer la toma de puntos en el campo. (DJI enterprise, 2020)

➤ **RECOLECCIÓN DE DATOS**

Las fotografías y las imágenes tomadas desde un rpAS (dron) suelen ser subortogonales. Su precisión no es perfecta y para obtener medidas precisas se utilizan puntos de referencia en el terreno, distribuidos de forma equitativa. Además, es vital conocer el terreno y sus características distintivas.

Elegir la escala adecuada es crucial, y durante el vuelo, la altitud no debe ser excesiva. En Perú, por ejemplo, se aconseja volar por debajo de los 120 m. Las cámaras usadas varían desde las convencionales hasta las multiespectrales, y es esencial mantenerlas calibradas, ya que factores ambientales pueden afectarlas.

Es vital tener en cuenta las condiciones climáticas al recopilar datos. Los dron son ligeros y susceptibles a condiciones climáticas, como el viento. Por ello, la capacitación de los pilotos y Es esencial

tener estrategias de vuelo adaptadas a las condiciones meteorológicas. Condiciones climáticas adversas pueden causar fallos de seguridad en el vuelo, llevando a resultados impredecibles. Las condiciones adversas pueden desplazar la posición del dron durante la toma de fotografías, lo que podría comprometer la calidad y precisión de los datos recopilados.

➤ **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL DRON PHANTOM 4 PRO**

En este trabajo se utilizó un Phantom 4 Pro de 4 hélices. Este equipo refleja la expertise adquirida en este dominio y la búsqueda del vehículo aéreo más adecuado para operaciones en áreas urbanas y periurbanas.

Phantom 4 UAV-ligero: Para este estudio, se empleó el Phantom 4, un cuadricóptero ligero tipo UAV. Este Phantom 4 es un dron diseñado para fotografía aérea de corto alcance, dotado de una cámara de 12.4 megapíxeles y 4K, con un objetivo f/2.8 (20 - 35 mm) que graba a 30 fps en video. Gracias a un gimbal de 3 ejes, la cámara se mantiene estable independientemente de las condiciones de vuelo. El UAV tiene un peso total de 1380 gramos. Para prevenir accidentes, cuenta con un sistema de telemetría que monitorea el estado del dron en tiempo real, desde su activación hasta el aterrizaje, supervisando aspectos como altitud, velocidad, carga de batería, y propulsión.

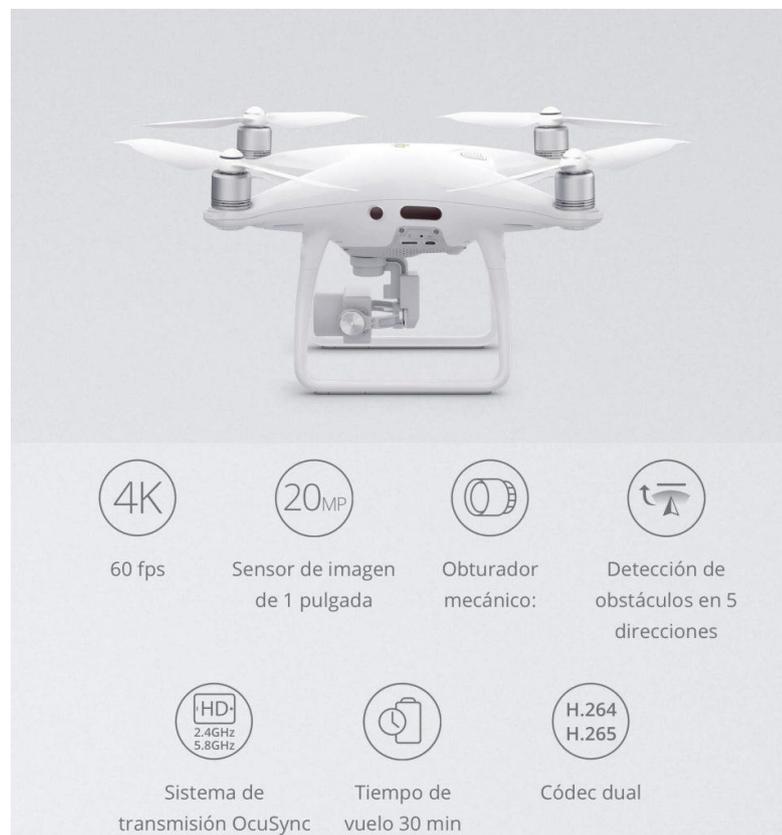
La telemetría informa al operador a través de un Smartphone vinculado a un control remoto, permitiendo controlar el UAV de forma manual o automática. Esto es posible gracias a sensores sónicos y el control remoto tipo joystick, complementado con botones y palancas que facilitan el pilotaje del dron. El control remoto ofrece una conectividad eficaz hasta unos 5 km. Si se interrumpe la señal, el UAV vuelve siguiendo su ruta programada.

hasta restablecer la conexión (Dji, 2017). Entre las características del Phantom 4 para su operación se incluyen:

- Localización por GPS.
- Sistemas de navegación y equilibrio.
- Acelerómetro para monitorizar inclinación y desplazamiento
- Registro de velocidad de los motores.
- Unidad de medición inercial equipada con giroscopios de seis ejes.
- Un sistema ESC motorizado de alta precisión.

Figura 5

Imagen de la Phantom 4 Pro



Nota. Se observa las características que tiene el dron Phantom 4 pro. (Dji, 2017).

Características Técnicas relevantes para el levantamiento topográfico con la Phantom 4 Pro:

Tabla 2*Características del Phantom 4 Pro*

AERONAVE		
Peso total		1380g
Distancia diagonal sin incluir propelas		350mm
Maxima Velocidad de ascenso		6 m/s
Maxima Velocidad de descenso		4 m/s
Nivel max de altura sobre el nivel del mar		6000m
Max velocidad de resistencia de viento		10m/s
Tiempo maximo de vuelo		30 min
Rango de temperatura operativo		0'-40'e
Sistemas de posicionamiento satelital	GPS/GLONASS	
	Vertical	
	± 0.1m con posicionamiento de visión	
	± 0.5 m con posicionamiento de GPS	
Rango de precisión	Horizontal	
	± 0.3 m con posicionamiento de visión	
	± 1.5 m con posicionamiento de GPS	
SISTEMA DE VISION		
Rango de velocidad		10 m/seg
Rango de Altura		0 - 10m
Rango Operativo		0 - 10m
Rango del sensor de obstáculos		0.7 - 15m
CAMARA		
Sensor		1/2.3" CMOS
Lente		FOV 94 • 20 mm (equivalente en 100-3200 (video)
Rango ISO		100-1600 (fotografía)
Velocidad de disparo electrónico		8 - 1/8000 seg
Tamaño de imagen		4000 x 3000 pixeles
Imagen Tipo		JPEG,DNG (RAW)

Nota. Se puede verificar las características que tiene el dron que se usó en esta investigación. (Dji, 2017)

Es necesario la ayuda un Smartphone que tenga Android 6 en adelante para controlar el Drone y nos permita visualizar su vuelo, también nos necesario utiliza el GPS para determinar su posición y admite diversas aplicaciones (apps).

Hay diversas aplicaciones disponibles en la Play Store para este dispositivo, tales como:

Tabla 3

Aplicaciones para planificar trayectorias de vuelo

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	DJI GO	Aplicaciones útil para el vuelo manual y automático, guía el UAV liviano por medio de waypoints (puntos de paso). Cuenta con una nube para la carga y descarga de puntos. Muestra video y datos de telemetría.
	Litchi	
	UAV Forecast	comprueba las condiciones climáticas aptas para el vuelo.
	GNSS Status	Conexión Gps para encontrar su ubicación y puntos de paso
	Mobile Topographer Pro	
	Pixel4Dcapture	Herramienta útil para la captura de fotografías

Nota. se puede ver las diferentes aplicaciones que se puede usar al momento de la recolección de datos en dron. (Cepeda, 2017)

Softwares utilizados para la fotogrametría: En su mayoría son de uso comercial entre las cuales tenemos:

Tabla 4

Softwares en la fotogrametría

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	PIX4D- Drone Mapping	El programa especializado en fotogrametría para cartografía profesional con drones. Capture imágenes RGB, térmicas o multiespectrales con cualquier cámara.
	Agisoft Photoscan.	Es una clase de software independiente que lleva a cabo el tratamiento fotogramétrico de imágenes digitales y produce información espacial en 3D.

	PHOTOMODELER	Se utiliza para la creación tridimensional basada en fotos de un objeto o construcción.
	ACUTE 3D	Con él, se puede examinar y determinar con exactitud las mallas tridimensionales realistas de cualquier tamaño hechas con el programa ContextCapture de Bentley.
	VisualSFM	Busca formar una agrupación de puntos en 3D utilizando diferentes instrumentos.
	AUTODESK 123D Catche	Es un software que se basa en la captura de la realidad que permite transformar la realidad en un modelo 3D.

Nota. Diferentes softwares que se usan para procesar los datos de los drones. (Costales G., 2018).

➤ **METODOLOGÍA**

Las etapas para obtener los puntos en la fotogrametría se dividen en 4 pasos:

➤ **Diseño de vuelo**

La planificación del recorrido se basa en la resolución o escala deseada, las características del terreno, su localización, detalles específicos, el área a inspeccionar y, principalmente, las condiciones climáticas, sobre todo la intensidad del viento.

Para este proyecto de investigación se eligió el cruce de Maracana Ambo hasta Huácar en donde se programa el vuelo con

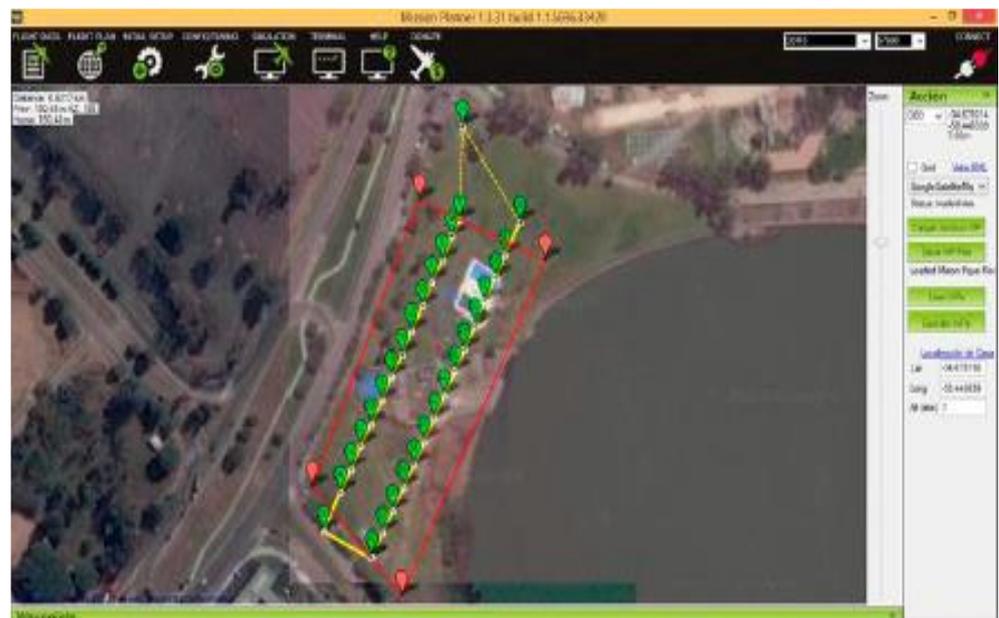
la ayuda de programas en el smartphone el cual nos ayudara a saber la ruta y captura de imágenes.

Para definir el área de vuelo, se empleará una imagen georreferenciada extraída de Google Earth, la cual se trasladará al software Mission Planner, donde se planearán las distintas rutas.

En esta herramienta, se establecen las rutas detallando parámetros como la distancia entre capturas, el solapamiento entre imágenes consecutivas, altura de vuelo, tiempo de disparo de la cámara y velocidad del dron, marcando también los puntos donde se efectuarán las tomas (Rosana M. & Gerardo V., sf).

Figura 6

Planificación de vuelo del dron



Nota. Se observa la creación de la ruta de vuelo que tendrá el dron. (Rosana M. & Gerardo V., s.f.).

➤ Apoyo De GPS

Es un apoyo topográfico que nos ayudara a establecer marcas o referencias en el área a capturar para identificar los puntos mediante G.P.S., los cuales contribuirán en la construcción del modelo fotogramétrico del terreno.

Figura 7

El uso de GPS para levantamiento topográficos



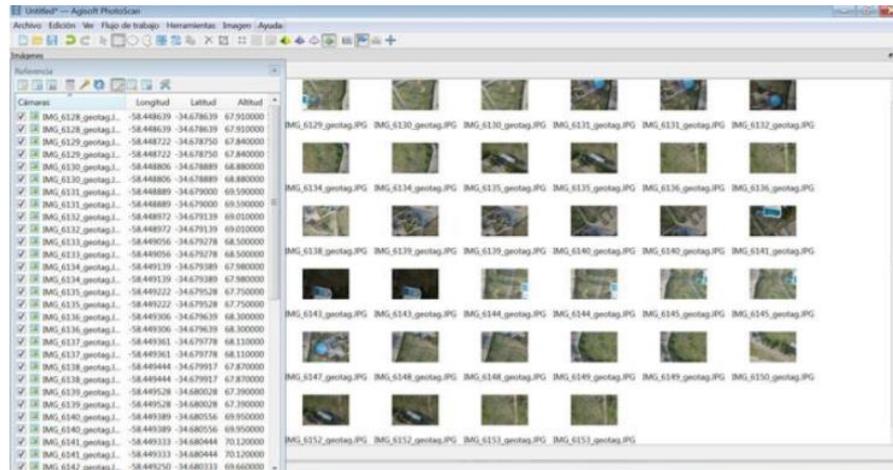
Nota. Se observa como el operario está utilizando un GPS diferencial para la utilización de los equipos topográficos. (dronical, 2020)

➤ **Captura de imágenes**

Las imágenes se adquieren de acuerdo con la ruta previamente establecida, registrándose la cantidad determinada en las aplicaciones. Estas fotos se guardan en la memoria del dron, tras finalizar el vuelo las descargas de estas fotografías se harán en gabinete.

Figura 8

Registros fotográficos tomadas del drone



Nota. Se observa la exportación de datos obtenidos del dron a la computadora.
(Rosana M. & Gerardo V., s.f.)

➤ **EJECUCIÓN DE VUELO**

➤ **Verificar el tiempo**

Antes de cada ejecución de vuelo, se debe verificar las condiciones meteorológicas. El Phantom 4 pro es un pequeño dron que no podrá volar en condiciones de fuerte viento o lluvia torrenciales. En todo caso siempre se tendrá que asegurar comprobar las condiciones meteorológicas incluyendo valoraciones del viento en la zona de vuelo. Es importante considerar que las corrientes de viento suelen ser más intensas a mayores altitudes. La velocidad del movimiento de las nubes o movimientos de los árboles puedes ayudar a estimar la velocidad del viento, una vez que se está en campo.

Se debe tomar precauciones meteorológicas, Hay diversas medidas para cuantificar la velocidad del viento, tales como:

$$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h} = 2.24 \text{ mph} = 1.94 \text{ kts.}$$

➤ **Preparación del dron para el vuelo**

Esta se divide en 5 pasos las cuales serán:

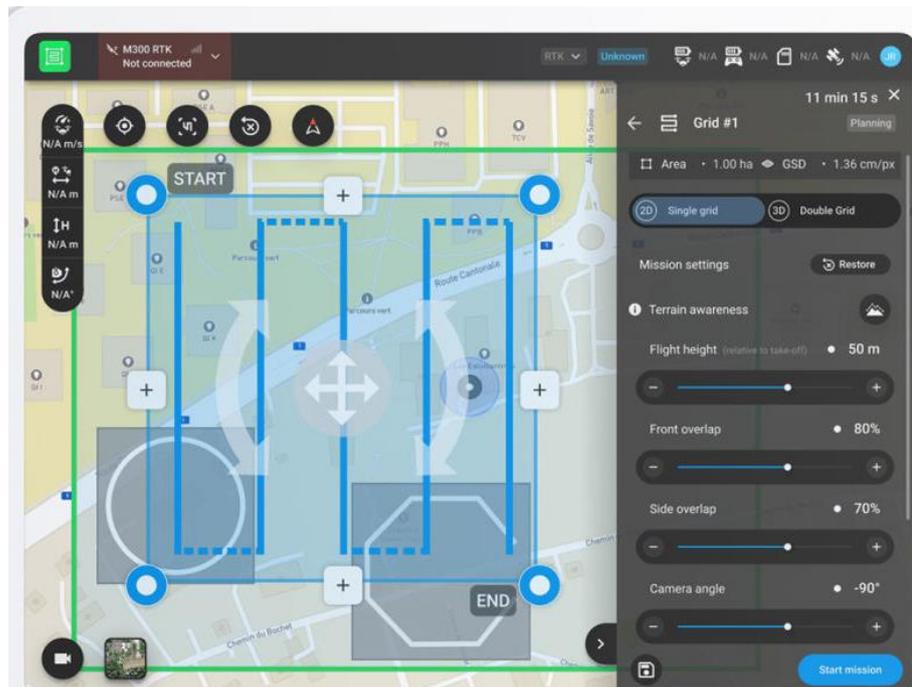
➤ Establecimiento de vuelo del dron

Esta etapa de configuración de vuelo del dron incluye waypoints y actos relacionados al despegue y aterrizaje del Dron y estas son:

Take-off location, Start waypoint y Home waypoint.

Figura 9

Accione usadas en el vuelo y aterrizaje del dron



Nota. Se observa la ruta de vuelo del dron desde el despegue y otros puntos referenciados. (pix4d, sf).

Es fundamental seleccionar con cuidado el lugar de despegue, el punto de inicio y waypoint Home para que el dron al momento del vuelo este a una distancia segura de los obstáculos.

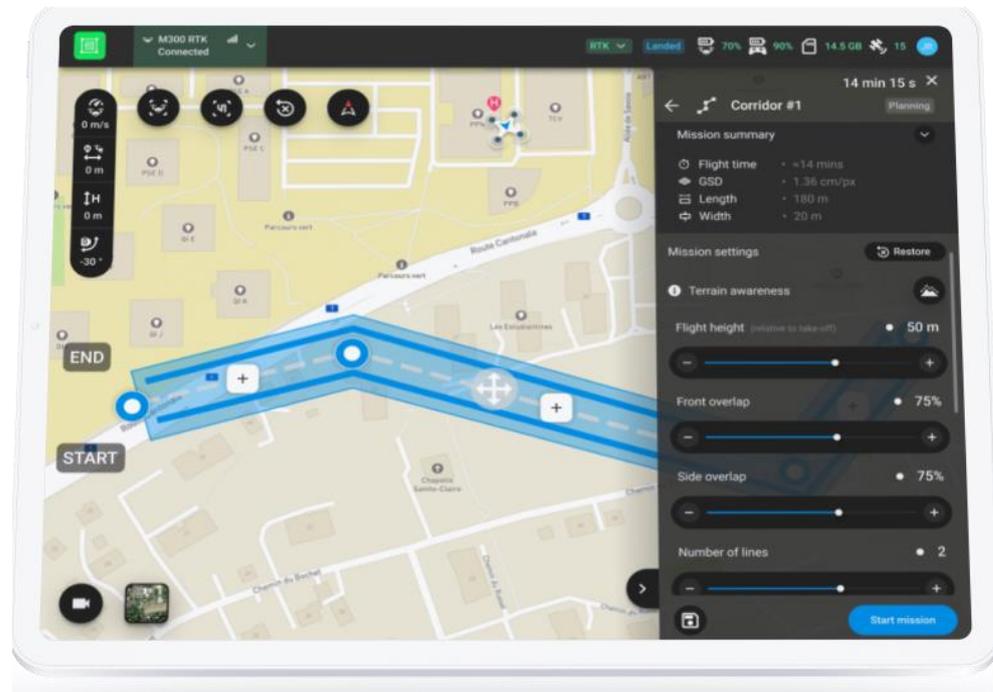
➤ Despegue

Una vez planeada la ruta de la misión de vuelo se procederá con el vuelo del dron, tras despegar, el dron intentará mantener su rumbo inicial o seguir la dirección establecida en el despegue. En este momento, se activará el modo de navegación por puntos de

referencia y se dirigirá hacia el punto inicial de la ruta. Una vez que llegue a la ubicación del waypoint de inicio y la altitud del Drone se encierre en un círculo alrededor del punto de referencia.

Figura 10

Velocidad y dirección del viento



Nota. Se observa en la pantalla del Smartphone el trayecto que tiene el dron con otros estados. (pix4d, s.f.).

➤ **Monitoreo y control**

Se monitoreará y controlará el dron durante el vuelo usando los programas mencionados anteriormente ya sea mediante el uso de una laptop o smartphone con el uso del mapa y la ficha de control de vuelo creada. En el mapa veremos la ubicación actual de vuelo de nuestro dron y también podremos ver a qué velocidad está volando el dron. En el panel de control de software que usaremos se muestra la duración de la batería del dron, el tiempo de vuelo y la altitud.

Durante la etapa de vuelo el dron automáticamente tomara las fotos en momentos predefinido o basándonos en los criterios establecidos durante la planificación de la tarea.

➤ Aterrizaje

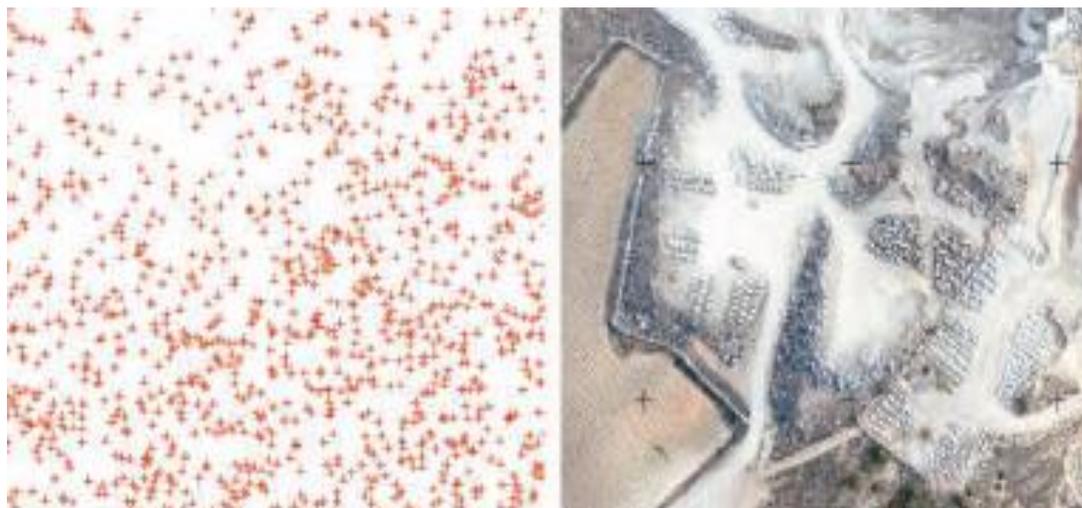
Una vez finalizada su tarea aérea, el dron regresará automáticamente al punto de partida e iniciará el procedimiento de aterrizaje, el Drone aterrizará en lineal vertical de acuerdo al plan de vuelo introducido con anterioridad.

2.2.3. TRABAJO DE OFICINA

Después de obtener los datos, estos se introducen en programas especializados que facilitan el procesado fotogramétrico y el posterior análisis, resultando en una nube de puntos con coordenadas x, y, z, un modelo digital terrestre y la generación de una ortoimagen georeferenciada. Hay softwares como Photoscan o Pix4D que se dedican a construir un modelo a partir del conjunto de datos recopilados. Antes de procesar la información, es esencial conocer el sistema de coordenadas usado durante la recogida de datos, También es aconsejable conocer la localización de cada foto incluida en el proceso. Si las coordenadas son locales, es necesario configurar el software con antelación para evitar distorsiones en los resultados (Fenercom, 2019).

Figura 11

Nube de puntos y ortoimagen de alta calidad espacial

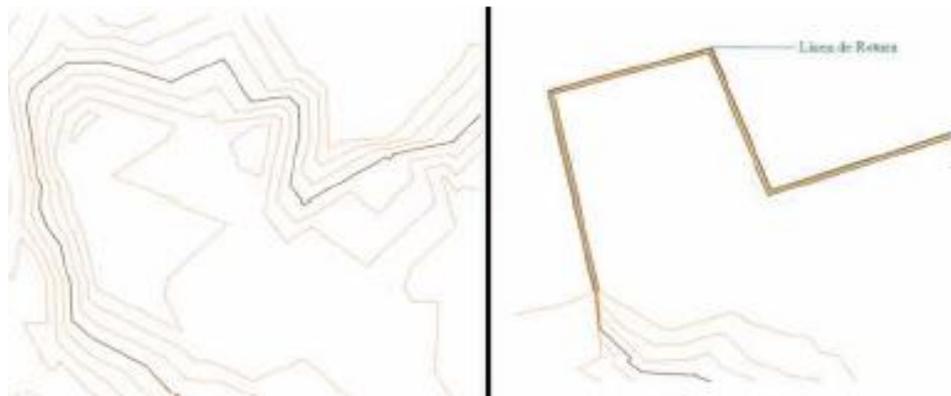


Nota. Se observa la nube de puntos densa que al ser procesadas dan imágenes de las fotografías tomadas desde el equipo. (fenercom, 2015).

Una vez creados estos modelos, se trasladan a programas destinados al modelado, análisis o diseño. Para tal fin, hay múltiples herramientas de utilización de programas de diseño asistido como Autocad o Microstation, además de sistemas de información geográfica como ArcGIS, Quantum GIS, Global Mapper, entre otros que ofrecen funciones parecidas.

Figura 12

Superficies y superficie ajustada



Nota. Se observa la superficie original derivada de la nube de puntos y superficie ajustada a través de líneas de fractura. (fenercom, 2015).

➤ **BASES NORMATIVAS DEL USO DE DRONES RPAS EN EL PAÍS**

➤ **LEY N° 30740**

Legislación que regula el uso y operaciones de aeronaves controladas a distancia (RPAS), fundamentada en el artículo 8 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional o Convenio de Chicago, y busca regular el manejo de drones para asegurar la operatividad segura en el espacio aéreo y proteger a las personas y propiedades en tierra y agua. (MTC, 2019)

2.2.4. LEVANTAMIENTO CON ESTACIÓN TOTAL

➤ **ESTACIÓN TOTAL**

Es un aparato electro-óptico empleado en trabajos topográficos, que opera gracias a avances electrónicos. Combina un distanciómetro con un teodolito digital.

La incorporación de chips y distanciómetros electrónicos en los teodolitos ha llevado al desarrollo de las Estaciones Totales. Con el uso de una estación total es posible calcular distancias tanto verticales como horizontales, ángulos en ambas direcciones y, mediante un chip, calcular las coordenadas topográficas de los puntos observados. La inclusión de chips y distanciómetros electrónicos en teodolitos ha llevado al desarrollo de las Estaciones Totales. Con una estación total se pueden determinar distancias verticales y horizontales, ángulos en ambas direcciones y, mediante un chip, calcular las coordenadas topográficas de los puntos observados (Meléndez, 2008).

La estación total es una evolución del teodolito, Integrando diversas herramientas útiles para medir distancias y equipado con un procesador de datos (Zeiske K., 2000).

La ciencia ha transformado el Teodolito en un Teodolito Electrónico y posteriormente en una Estación Total (Peña & Méndez, 2011).

Las estaciones actuales incluyen un distanciómetro óptico y un medidor de ángulos digital, permitiendo la lectura electrónica de las escalas. Los cálculos de distancias y coordenadas se realizan de forma automática. Los modelos modernos de estaciones totales están equipados con software que simplifica las labores topográficas, evitando cálculos complicados y facilitando la digitalización en programas CAD (Pachas R., 2009).

➤ **FUNCIONAMIENTO**

A menudo, la estación total se compara con un teodolito, ya que tiene las mismas componentes y características. Aunque el proceso de estacionamiento y observación son similares, la estación total se beneficia de niveles electrónicos que facilitan las tareas en el terreno. Sus ejes y sus errores asociados a la medición de ángulos también existe el componente de verticalidad, que, con

su doble compensación, puede interpretarse como la medición del círculo vertical utilizando un eje de observación vertical ve limitado su efecto en cuanto a las mediciones horizontales y los errores de inclinación, estos se manejan al igual que en un teodolito convencional, pero en el caso de la estación total, los primeros pueden corregirse con software especializado, mientras que en el segundo deberá ser corregido utilizando procedimientos mecánicos.

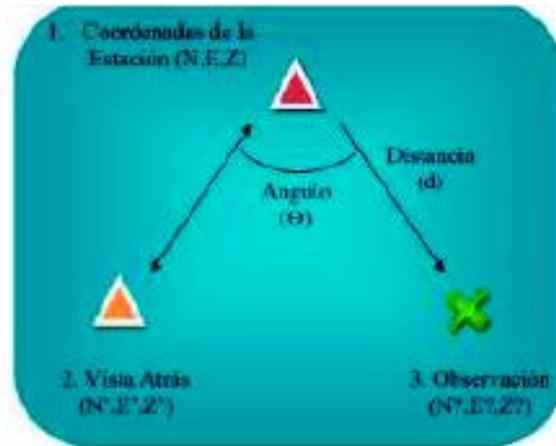
Este aparato mide ángulos basándose en marcas presentes en discos transparentes. Las distancias se miden usando una señal electromagnética que, al ser emitida con diferentes frecuencias, se refleja en el prisma situado en el punto objetivo y regresa, permitiendo al instrumento detectar el desfase entre las ondas emitidas y recibidas. Actualmente, numerosas estaciones totales tienen la habilidad de medir sin necesidad de un prisma, es decir, "a sólido".

Con la estación total, es posible determinar las coordenadas de diversos puntos basándose en un sistema referencial local o establecido. Para la adquisición de estas coordenadas la estación total realiza una variedad de mediciones y cálculos basándose en la información captada y otros datos proporcionados por el usuario. Los datos capturados con la estación total incluyen ángulos verticales, horizontales y distancias. Además, este equipo ofrece la posibilidad de ingresar información adicional, como coordenadas, códigos y correcciones atmosféricas. Esta herramienta lleva a cabo un conjunto de mediciones y análisis basados en la data recopilada y la información aportada por el usuario. Se obtienen ángulos en distintas orientaciones y distancias. Un aspecto distintivo de la estación total es la capacidad de agregar datos externos, tales como coordenadas, códigos y ajustes relacionados con condiciones atmosféricas. Para asegurar la máxima eficiencia de este dispositivo, es esencial que esté adecuadamente calibrado.

Para ello, se recomienda un mantenimiento regular y ajustes utilizando un colimador.

Figura 13

Modo de operación de la estación total en el terreno



Nota. Se observa las visadas del equipo en diferentes ángulos. (abreco, 2011).

➤ COMPONENTES Y COMPLEMENTOS

El equipo se compone de múltiples elementos esenciales y accesorios que garantizan su funcionamiento adecuado. Es crucial conocer cada componente y accesorio para su óptima operación.

Tabla 5

Partes de la estación total

Fotografía	Instrumento	Descripción
	Trípode	Es el soporte donde se instala el dispositivo en el campo.
	Soporte nivelador	Usada para acoplar la estación total al trípode y para nivelar el equipo.

	Estación Total	<p>Dispositivo que integra una lente telescópica con un fin láser, acompañado de un teclado que, en modelos más recientes, puede ser táctil, una pantalla y un microprocesador interno que se encarga de los cálculos y almacenaje de datos.</p>
	Prisma	<p>comúnmente conocido como objetivo se emplea para recibir el láser y hacer que este refleje de vuelta hacia el dispositivo.</p>
	Bastón	<p>Consiste en un palo metálico de altura regulable, donde se sitúa el prisma, el cual tiene un nivel circular para asegurar precisión al sostenerlo en una ubicación específica del suelo.</p>

Nota. Se describe cada accesorio que se usaran junto a la estación total para un levantamiento topográfico. (Geotop, s.f.).

➤ **PROCEDIMIENTO DE TERRENO**

Inicialmente, es necesario examinar el terreno que se va a representar para prevenir problemas durante la captura de datos, especialmente en el proceso de medición subsiguiente.

Se definirán los puntos de medición en puntos de cambio de estación según lo permita el terreno, estas se denominarán A, B, C, etc. ubicándolos de manera táctica en la vía vehicular formando un circuito cerrado.

Las tomas de datos se harán con un equipo de estación total electrónica, luego se tendrá que hacer una inspección previa al terreno para ver donde posicionarnos y lograr una óptima visualización de los puntos requeridos para obtener las coordenadas necesarias en el trazado de carreteras.

Al mismo tiempo de levantar los puntos se registra la información en dos libretas de apuntes; una contendrá detalles del esquema y comentarios sobre las acciones y la otra nos proporcionará los valores medidos y nombres que tendrá cada punto o cambio de estación.

➤ **TRABAJO DE OFICINA**

La información recopilada se procesará en Microsoft Excel, introduciendo los respectivos cálculos y procesándolos para luego llevarlos a un software especializado.

Tabla 6

Trabajo en gabinete de los datos obtenidos

Estación	Observación	X	Y	Detalle
A	D	-	-	Estación Anterior
A	B	159.685	141.496	Estación B
B	A	-	-	
B	C	198.631	147.406	Estación C
C	B	-	-	
C	D	189.912	200.000	Estación D
D	C	-	-	
D	A	150.000	200.000	Estación A

Nota. Se observa los diferentes datos obtenidos del equipo topográfico.

(inacap, 2011)

Procedimiento de construcción de plano:

Primeramente, se tiene que llevar los puntos obtenidos y ya procesados al Civil 3D, luego se tiene que Se debe definir la escala de trabajo y, tras decidirla, se determinará la posición de las estaciones para iniciar el trazado de la vía, si surge algún

inconveniente al diseñar el mapa topográfico se tendrá que hacer un replanteo y corregirlas.

2.2.5. ELABORACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

➤ CATEGORIZACIÓN SEGÚN DEMANDA

De acuerdo al manual de carreteras DG-2018 de Perú, las vías se categorizan basadas en su demanda:

Tabla 7

En función a su demanda

Imagen	Clasificación	Descripción
	Autopista de primera clase	<ul style="list-style-type: none"> - IMDA > 6000 Veh/día - Separación central de al menos 6.00 m. - Cada vía tendrá dos carriles con una anchura de 3.60 m. - Debe estar pavimentada.
	Autopista de segunda clase	<ul style="list-style-type: none"> - IMDA es de 4001 a 6000 Veh/Dia. - separados central varia entre 1.00 m a 06.00 m. - Dos o más carriles con un ancho base de 3.60 m. - Es necesario que esté asfaltada.



Carretera de primera clase

- IMDA es de 2001 a 4000 veh/día.
- Dos carriles con un ancho base de 3.60 m.
- Debe estar pavimentada.



Carretera de segunda clase

- IMDA entre 400 y 2000 vehículos/día.
- Dos carriles de mínimo 3.30 m de ancho.
- Debe estar pavimentada.



Carretera de tercera clase

- IMDA menor a 400 veh/día.
- Dos carriles de 3 m de ancho mínimo.
- en circunstancias excepcionales, pueden tener un ancho de 2.50 metros.



Trochas carrozables

- IMDA inferior a 200 vehículos/día.
- Vía con un ancho base de 4.00 m.
- construcción de plazoletas de cruce cada 500.
- Debe ser afirmada o no afirmada.

Nota. se clásica las carreteras en función a la demanda que tienen. (MTC, 2018)

➤ **Clasificación por orografía**

Tabla 8

Clasificación por orografía

Imagen	Clasificación	Descripción
	<p>Superficie llana (categoría 1)</p>	<p>- Inclinaciones transversales de hasta el 10%. - Inclinaciones a lo largo menores al 3%.</p>
	<p>Terreno sinuoso (categoría 2)</p>	<p>- Inclinaciones transversales desde el 11% hasta el 50% respecto al camino. - Pendiente longitudinal varía de 3% y 6%.</p>
	<p>Paisaje abrupto (categoría 3)</p>	<p>- Pendiente transversal oscila del 51% al 100%. - pendientes longitudinal oscila del 6% al 8%.</p>



	- Pendiente transversal superiores al 100%.
Terreno escabroso (categoría 4)	- Pendientes longitudinal superior al 8%.

Nota. Se clasifica las carreteras de acuerdo a su superficie que tengan. (MTC, 2018)

➤ **vehículo de diseño**

La planificación geométrica de vías se efectúa considerando clases de automóviles, dimensiones, cargas y otras especificidades, conforme al Reglamento Nacional de Automóviles en vigor (Manual de carreteras DG – 2018).

Los diferentes tipos de autos definirán las dimensiones y estructura que tendrá un camino, de esta manera como, la amplitud que el auto ocupará en los anchos de vía, calzadas, bermas, el radio más pequeño así como la separación entre los ejes que inciden en los anchos mínimos y máximos internos y externos, y también la relación del peso neto total/con fuerza, se asocia con las inclinaciones permitidas (Manual carreteras DG – 2018).

➤ **Velocidad de diseño**

Conforme al manual de diseño geométrico vial actualizado se comprende que la velocidad proyectada será aquella que se pueda mantener de forma segura y cómoda en un segmento específico de la vía, cuando predominen las condiciones ideales de diseño. Para determinar los segmentos uniformes y establecer su velocidad proyectada, se deben considerar los criterios siguientes:

- Si la velocidad proyectada oscila entre veinte y cuarenta kilómetros por hora, la distancia mínima es de tres kilómetros.
- Si la velocidad proyectada fluctúa entre setenta y ciento veinte kilómetros por hora, la extensión mínima a considerar es de cuatro kilómetros.
- La velocidad proyectada en segmentos continuos no debe exceder una diferencia de diez kilómetros por hora por tramos más cortos que los especificados previamente.

Tabla 9

Categorización de la velocidad proyectada

TI	orografía	velocidad de diseño de un tramo homogéneo VTR (KM/H)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano						X	X	X	X	X	X
	Ondulado						X	X	X	X	X	
	Accidentado					X	X	X	X			
	Escarpado					X	X					
Autopista de segunda clase	Plano				X	X	X	X	X	X	X	
	Ondulado				X	X	X	X	X			
	Accidentado				X	X	X	X	X			
	Escarpado				X	X	X					
Carretera de primera clase	Plano				X	X	X	X	X			
	Ondulado				X	X	X	X				
	Accidentado			X	X	X	X					
	Escarpado			X	X	X						
Carretera de segunda clase	Plano				X	X	X	X	X			
	Ondulado				X	X	X					
	Accidentado			X	X	X						
	Escarpado		X	X	X							
Carretera de tercera clase	Plano		X	X	X	X	X	X				
	Ondulado		X	X	X	X	X	X				
	Accidentado	X	X	X								
	Escarpado	X										

Nota. Se visualiza las velocidades proyectadas según se demanda y características del terreno, (MTC, 2018)

➤ **Visibilidad en distancia**

Refiere a la capacidad del conductor de ver adelante para ejecutar diversas maniobras requeridas. Se categorizará en tres clases de visibilidad en función de la distancia.

➤ **Distancia de visibilidad de parada**

Es el recorrido mínimo previo al choque contra un obstáculo en el camino; en superficies mojadas, se determina con la fórmula siguiente:

$$Dp = 0.278 * V * T_p + 0.039 \frac{V^2}{a}$$

Donde:

- Dp : Distancia de parada (m)
- V : Velocidad de diseño (km/h)
- Tp : Tiempo de percepción + reacción (s)
- a : Deceleración en m/s²

Cuando tengan una pendiente mayor a 3% se aplicará la fórmula siguiente:

$$Dp = 0.278VT_p + \frac{V^2}{254\left(\frac{a}{9.81} \pm i\right)}$$

Donde:

- Dp : Distancia de parada (m)
- V : Velocidad proyectada (km/h)
- Tp : Tiempo de detección + respuesta (s)
- a : Reducción de velocidad en m/s²
- i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)
- +i : Ascensos en dirección de tráfico
- i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

Tabla 10

Visibilidad de distancia de detención con pendiente en metros

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114

90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

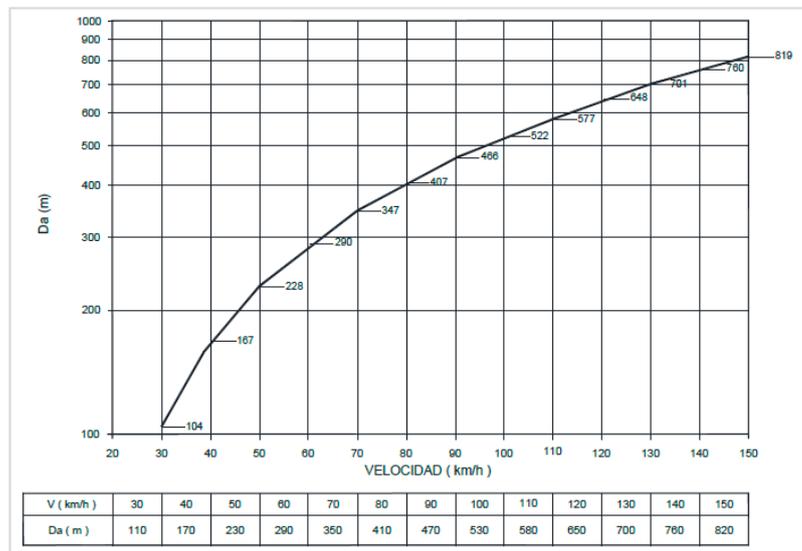
Nota. Se visualiza las diferentes velocidades de diseño para cada tipo de pendiente.
(MTC,2018)

➤ **Rango de visibilidad de paso adelante**

Es aplicable solo en vías de doble carril con flujo bidireccional, donde el rebasamiento se realiza en el carril opuesto (Manual de carreteras DG – 2018).

Tabla 11

Distancia de velocidad de paso



Nota. la gráfica nos muestra la distancia que hay para dar paso en diferentes velocidades. (MTC, 2018)

➤ **Distancia de velocidad de cruce**

La longitud mínima de cruce se asocia con la velocidad de los autos y las distancias cubiertas durante el tiempo de percepción y respuesta al frenar.

➤ **Diseño geométrico en planta**

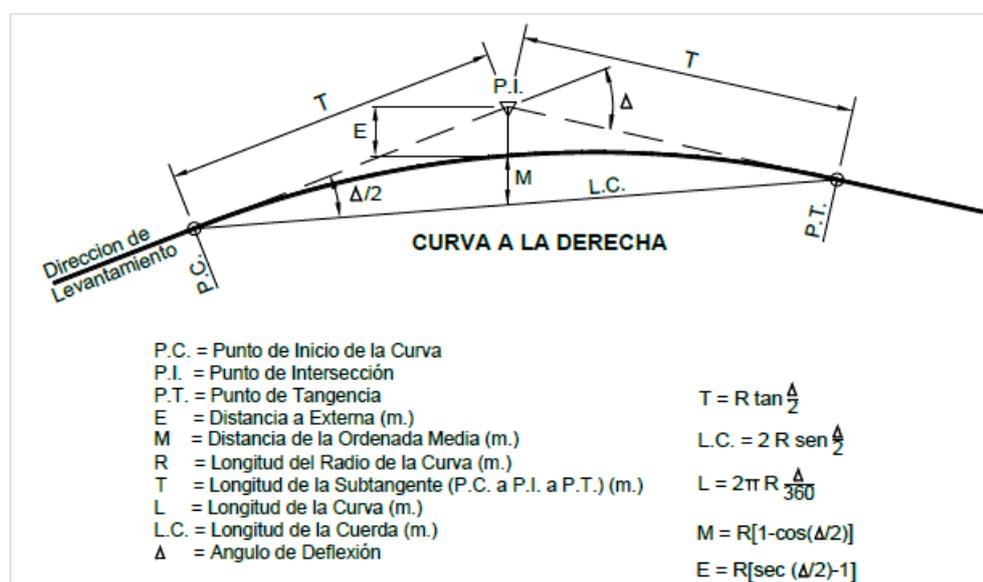
Es conveniente evitar segmentos con trayectos rectos muy extensos. Tales trayectorias pueden resultar monótonas durante el día

y, por la noche, pueden intensificar el riesgo de deslumbramiento por las luces de vehículos en dirección contraria. Lo óptimo es sustituir extensas líneas rectas por curvas de amplio radio.

Es aconsejable eludir tramos excesivamente rectos durante el día; por la noche, el riesgo de deslumbramiento por las luces de vehículos contrarios aumenta. Sería adecuado reemplazar trayectorias rectas extensas por curvas con radios amplios.

Figura 14

Curva circular



Nota. en la figura se observa los complementos que tiene la curva circular. (MTC, 2018)

➤ **Radios mínimos**

Son los radios más ajustados que se pueden transitar considerando la velocidad proyectada y la máxima inclinación. Estos radios se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 12

Radios más cortos y máximas inclinaciones

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	I _v máx. (%)	I máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Area Urbana	30	400	0.17	337	35
	40	400	0.17	600	60
	so	400	0.16	984	100

	60	400	0.15	1,492	150
	70	400	0.14	214.3	215
	80	400	0.14	2,800	280
	90	400	0.13	3,752	375
	100	400	0.12	49,210	495
	110	400	0.11	6,352	635
	120	400	0.09	8,722	875
	130	400	0.08	11,089	1,110
	30	600	0.17	308	30
	40	600	0.17	548	55
	50	600	0.16	895	90
	60	600	0.15	1,350	135
Área rural (con peligro de hielo)	70	600	0.14	1,929	195
	80	600	0.14	2,529	255
	90	600	0.13	3,359	335
	100	600	0.12	4,374	440
	110	600	0.11	5,604	560
	120	600	0.09	7,559	755
	130	600	0.08	9,505	950
Área rural (plano u ondulada)	30	800	0.17	283	30
	40	800	0.17	504	50
	50	800	0.16	820	85

Nota. Visualiza la velocidad de diseño con diferentes radios. (MTC, 2018)

Donde:

Pmax: Máxima inclinación relacionada con la velocidad proyectada (en porcentaje)

Pmax: Máxima inclinación relacionada con la velocidad proyectada (en porcentaje)

➤ **Diseño geométrico en perfil**

Está formado por tramos rectos unidos por curvas verticales de tipo parabólico, y su desarrollo en sentido del pendiente se efectúa conforme al recorrido kilométrico de acuerdo:

Ascendentes: Las que elevan sus alturas.

En negativas: Aquellas que disminuyen sus cotas.

El trazado vertical se determina en función de la topografía, alineación horizontal, rangos de visibilidad, velocidad planificada, seguridad, costos constructivos, tipo de carretera, aspectos estéticos y sistema de drenaje. (Manual de carreteras DG-2018).

➤ **Pendiente mínima en perfil**

Debe mantener una inclinación mínima del 0.5% para que cuando llueva el agua drene en todo punto de la calzada.

Si el bombeo tiene 2.5% se puede ajustarse a una inclinación del 0%.

En áreas de cambio de inclinación, se recomienda un 0.5% como mínimo.

➤ **Pendiente máxima en perfil**

Las inclinaciones máximas se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 13

Máximas pendientes según necesidad y relieve del terreno (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
vehículo/día	>6.000				6.000 a 4001				4001 a 2001				2000 a 2001				<400			
características	primera clase				segunda clase				primera clase				segunda clase				tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño 30 km/h																			10.0	10.0
40 km/h															9.0	8.0	9.0	10.0		
50 km/h									7.0	7.0			8.0	9.0	8.0	8.0	8.0			
60 km/h					6.0	6.0	7.0	7.0	6.0	6.0	7.0	7.0	6.0	7.0	8.0	9.0	8.0	8.0		
70 km/h			5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	7.0	6.0	6.0	7.0	7.0	6.0	6.0	7.0					
80 km/h	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0			7.0	7.0		
90 km/h	4.5	4.5	5.0		5.0	5.0	6.0		5.0	5.0			6.0				6.0	6.0		
100 km/h	4.5	4.5	4.5		5.0	5.0	6.0		5.0				6.0							
110 km/h	4.0	4.0			4.0															
120 km/h	4.0	4.0			4.0															
130 km/h	3.5																			

Nota. Se visualiza en la tabla las pendientes según el terreno. (MTC, 2018)

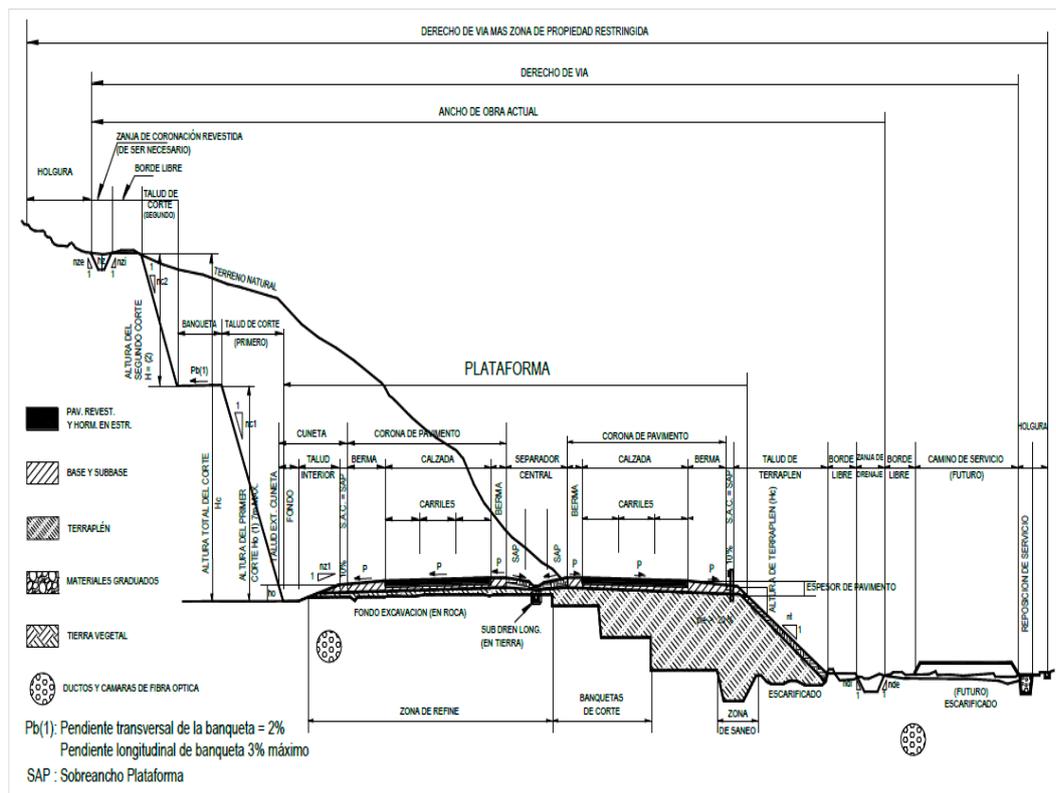
➤ Diseño geométrico en sección transversal

Representa los componentes viales en una perspectiva vertical, permitiendo definir la ubicación y tamaño de cada elemento.

Los componentes de la sección transversal de la ruta incluyen: carriles, pista, bermas, desagües, inclinaciones y otros complementos (barreras, conductos para telecomunicaciones, barreras protectoras, etc.) ubicados dentro del área de derecho de paso. Si el tráfico de bicicletas es relevante, se debe considerar añadir carriles dedicados para bicicletas, separados de vehículos y peatones. (Manual de carreteras DG-2018).

Figura 15

Sección transversal para una autopista



Nota. Se puede ver los elementos que conforma la sección transversal de la vía. (MTC, 2018)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Drone RPAS: El término RPAS se centra en aquellos sistemas que son específicamente pilotados de manera remota. Los RPAS son parte de una categoría más grande de sistemas aéreos no tripulados y se diferencian por su grado de autonomía, definido por la independencia de los pilotos, la complejidad de la misión y la dificultad del escenario, (Gradiant, 2019).

Altura de vuelo (Altitude -m): La limitación de altura de vuelo según la regularización peruana es hasta los 500 ft o 152.4 metros sobre el terreno RPA (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019).

Angulo de líneas de vuelo (Angle – deg): Este Angulo es con respecto al norte geográfico y se adaptara de acuerdo a las direcciones del viento que mejor ayuden al vuelo RPA (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019).

Puntos de giro (Overshoot): Radio de giro en los extremos de las líneas de vuelo, (DROARA, 2022).

Sidelap: se refiere a la superposición lateral entre imágenes sucesivas tomadas durante un vuelo de mapeo aéreo, (Velandia, 2019).

Velocidad de vuelo (Flying speed-m/s.): El tiempo de vuelo variara si se aumenta o disminuye el valor de este parámetro, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019).

Fotogrametría: Sirve para determinar el plano topográfico de un terreno mediante la toma de fotografías, estas imágenes pueden ser capturadas desde el suelo o desde el aire (Santamaria J. & Sanz T., 2011).

Cámara digital: Ofrecen visualización instantánea y se registran digitalmente, eliminando la necesidad de conversión. Estas imágenes pueden ser procesadas con rapidez, (DJI, 2017).

Estación total: Nos facilita obtener coordenadas de puntos en un sistema determinado. El dispositivo realiza múltiples mediciones y cálculos,

junto con información ingresada por el usuario. La estación total mide ángulos verticales, horizontales y distancias, (Alcantara, 2016).

Rendimientos: Es el retorno positivo obtenido de una inversión o actividad financiera, evidenciando una ganancia sobre el capital invertido, (Fornero, sf).

Costos: Representa el desembolso hecho para producir un bien, abarcando la adquisición de materiales, salarios, costos de producción y otros gastos administrativos y operativos, (Propel, 2023).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El uso de RPAS con respecto a la estación total mejora en los rendimientos y costos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná Ambo hasta Huácar – Huánuco – 2023.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

El uso de RPAS con respecto a la estación total mejorara los rendimientos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná Ambo hasta Huácar -Huánuco –2023.

El uso de RPAS con respecto a la estación total disminuirá favorablemente los costos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná Ambo hasta Huácar – Huánuco – 2023.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Rendimientos y costos

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	Dimensiones	INDICADORES
INDEPENDIENTE RPAS y estación total	RPAS comúnmente lo conocen como dron.	Nos permite aumentar el rendimiento en los trabajos e ingresar a zonas peligrosas y obtener resultados.	Levantamiento topográfico	- levantamiento topográfico con drones. - levantamiento topográfico con estación total.
			comparar	- Tiempo - Costo
			precisión	- confiabilidad - Errores
DEPENDIENTE Rendimientos, costos.	variación en los tiempos empleados en el diseño geométrico de carreteras 2018.	mejorará los rendimientos usando levantamiento topográfico mediante drones y estación total el cual reduce los tiempos en proyectos de obras viales.	Tiempo	- DG 2018 en planta. - DG 2018 en perfil. - DG 2018 en secciones transversales. - Día.
			diseño geométrico de carreteras 2018.	
	Variación de costo en la topografía.	Soles (Moneda nacional del Perú)	Costo	S/.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

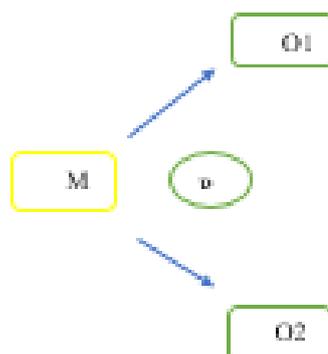
Para esta investigación, emplearemos un enfoque Cuantitativo, dado que es necesario recolectar y analizar de manera estadística en el cual analizaremos el grado de confiabilidad que tendrá este método investigativo (Sampieri, 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Este tipo de investigación tiene un alcance correlacional, Examina la relación entre dos o más variables. Estos estudios pueden predecir el comportamiento de una variable basándose en el comportamiento de otra es decir evalúa la relación que hay en el uso de vehículos no tripulados frente a la estación total mejora en los rendimientos y costos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná de Ambo hasta Huácar - Huánuco -2023

3.1.3. DISEÑO

Esta investigación posee un diseño no experimental ya que estos estudios se realizan sin manipulación de variables, y pueden ser observacionales, correlacionales, caso-control, entre otros (Sampieri, 2014). El diseño empleado se alinea con el siguiente modelo:



Donde:

M: Muestra

O1: Variable dependiente (Rendimientos y costos).

O2: Variable independiente (RPAS y estación total).

r: relación entre ambas variables

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Según Oseda (2008), la población se refiere al conjunto de individuos que comparten al menos un atributo en común.

La población analizada se encuentra constituida por en la carretera del cruce Maracaná hasta Huácar, de la provincia de Ambo, del departamento de Huánuco.

Tabla 14

Población a estudiar

Lugar	Población	Porcentaje
Tramo Ambo – Huacar	4.7 km	100%

Nota. Es la carretera en el cual se hizo el estudio.

3.2.2. MUESTRA

Oseda (2008) también destaca que la muestra es un fragmento representativo de la población que conserva sus características esenciales. Es esta representatividad lo que permite al investigador extrapolar los hallazgos de la muestra a la población completa. Para esta investigación, optaremos por el muestreo aleatorio simple, pues en este método todos los elementos del universo tienen la misma probabilidad de ser escogidos. (P-121) La muestra analizada se encuentra constituida por el tramo de cruce Maracaná hasta Huácar, localizadas en la provincia

de Ambo, del departamento de Huánuco. Del tramo 0+000 hasta el tramo 4+700.

Tabla 15

Inicio y final de la investigación

Posición	Ubicación geográfica	
	Latitud	Longitud
Inicio	10° 7'53.58"S	76°12'36.73"O
Final	10° 9'41.19"S	76°13'58.17"O

Nota. Se indica la ubicación inicial y final de la tesis

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La obtención de datos que se usara en este estudio es mediante la observación.

3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DATOS

Las fichas de campo se utilizarán para registrar datos obtenidos mediante la observación directa son las fichas de estación total y fichas de recolección de datos fotogrametría

Los recursos que emplearemos para obtener datos son:

- GPS
- Drone Phantom 4 Pro
- Estación total

3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de estos resultados y procesarlas se usará el Excel con un 95% de confiabilidad.

Para el diseño vial, aplicaremos el manual de carreteras DG-2018 en vigor e integraremos dicho manual al software Civil 3d para obtener resultados más precisos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. UBICACIÓN

La investigación tuvo lugar en el departamento de Huánuco, específicamente en la provincia de Ambo, cubriendo los distritos de Ambo y Huacar.

Figura 16

Vuelo del dron en la ruta Ambo – Huacar



4.1.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

La vía donde se efectuó la investigación se encuentra en la provincia de Ambo, el tramo a estudiar inicia en el distrito de Ambo y Huacar, el cual tiene una longitud en metros lineales de 4,700 metros.

Es decir, el área de estudio puede pensarse como una región rural y agrícola, con el eje del camino alineado con la margen izquierda del río

Chaupihuaranga, que recorre todo el tramo del corredor de investigación.

4.1.3. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO PARA LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para llevar a cabo el levantamiento topográfico con ambos métodos se fue una semana con anticipación para ver las condiciones del terreno en el cual se pudo ver el mal estado de la carretera afirmada en sectores el cual no era un impedimento para la realización de la ejecución de la tesis, también se vio que tiene accesos difíciles para hacer el plan de vuelo con el dron, el cual se tuvo que tener en cuenta para el día cuando se hizo el levantamiento topográfico con dron.

4.1.4. EJECUCIÓN Y TOMA DE DATOS

➤ PLANIFICACIÓN DE VUELO RPAS

Primeramente, se procedió hacer un trabajo en gabinete en el cual el primer trabajo que se hizo es trazar la ruta por donde volaría el dron en el cual se tiene que tener un inicio y final de la ruta todo esto se hizo en el google earth el cual se exporto en un archivo KML o KMZ para exportarlo a otro programa.

Figura 17

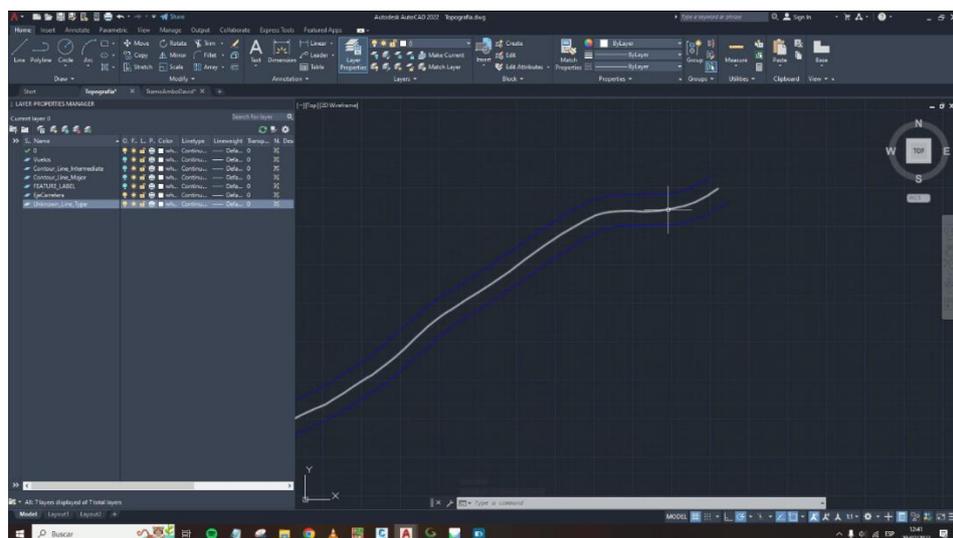
Trazo de la ruta en Google Earth



Luego exportamos el trazo de la carretera al Civil3D al cual dimos un desface de 20 metros para que el dron pueda hacer un levantamiento topografía total del terreno y calcular la cantidad de baterías que se usaran para el tramo de estudio.

Figura 18

Trazo de Google Earth exportado al Civil 3D

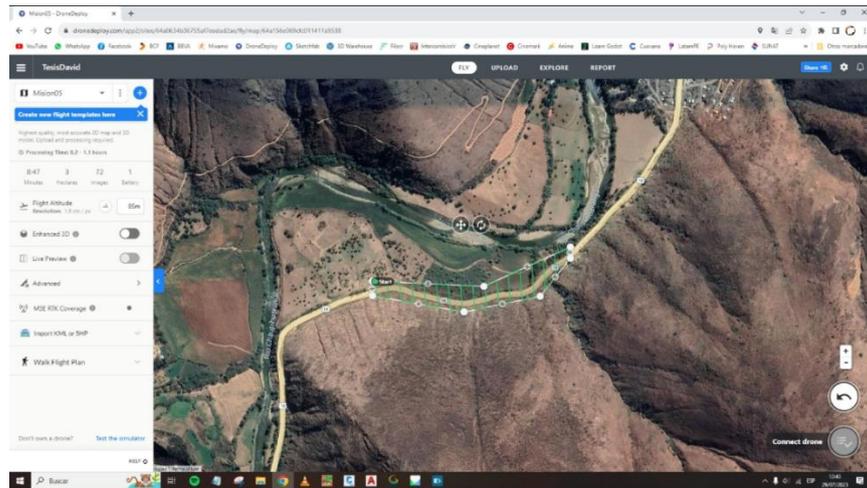


- **Crear las misiones de vuelo**

Para el tramo de Ambo a Huacar se propuso median la ayuda de la página web Drone de Play la cantidad de misiones y baterías que se usaran para este estudio en cual también se trazó las ruta que seguirá el dron por misión.

Figura 19

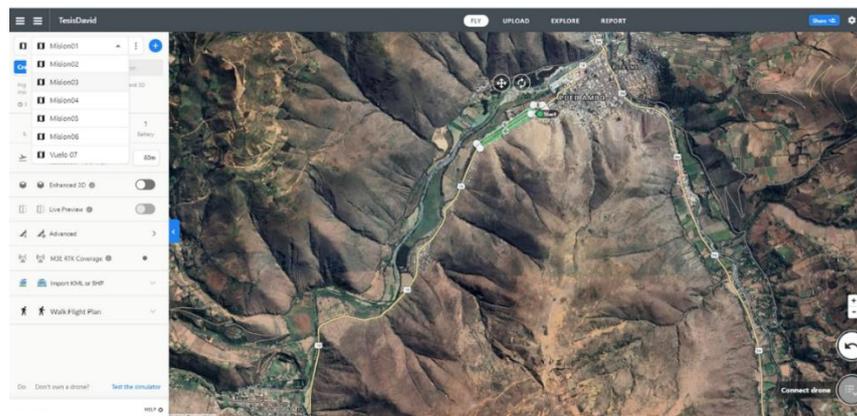
Utilizando Drone Play para trazar la ruta



Se realizó 7 planificaciones de vuelo para levantar el tramo de Ambo a Huacar en el cual también se tomó en cuenta la altitud de vuelo determinada para esta investigación fue de 60 metros. y en el cual podrá tener un error de 1 a 10 metros durante todo el trayecto del tramo.

Figura 20

Cantidad de vuelos planificados en Dron Play

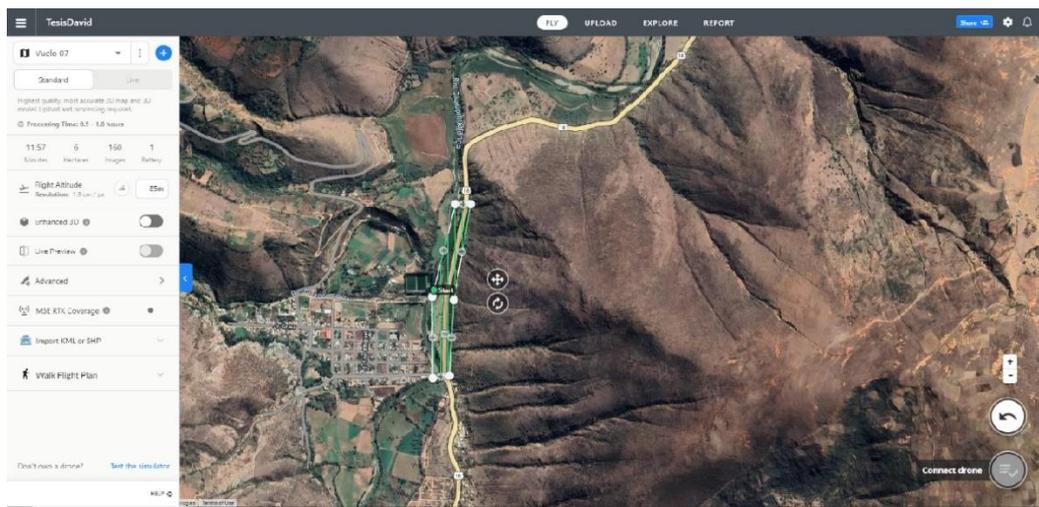


- **Duración de las baterías por misión de vuelo del dron**

se usaron 7 baterías que por lo regular llegan a durar 20 a 25 minutos por batería en el cual se tuvo en cuenta también la cantidad porcentaje de batería que se necesitara para que el dron retorne al punto inicial de despegue y así nuestro equipo no se pierda.

Figura 21

Calculando los minutos de vuelo en Drone Play

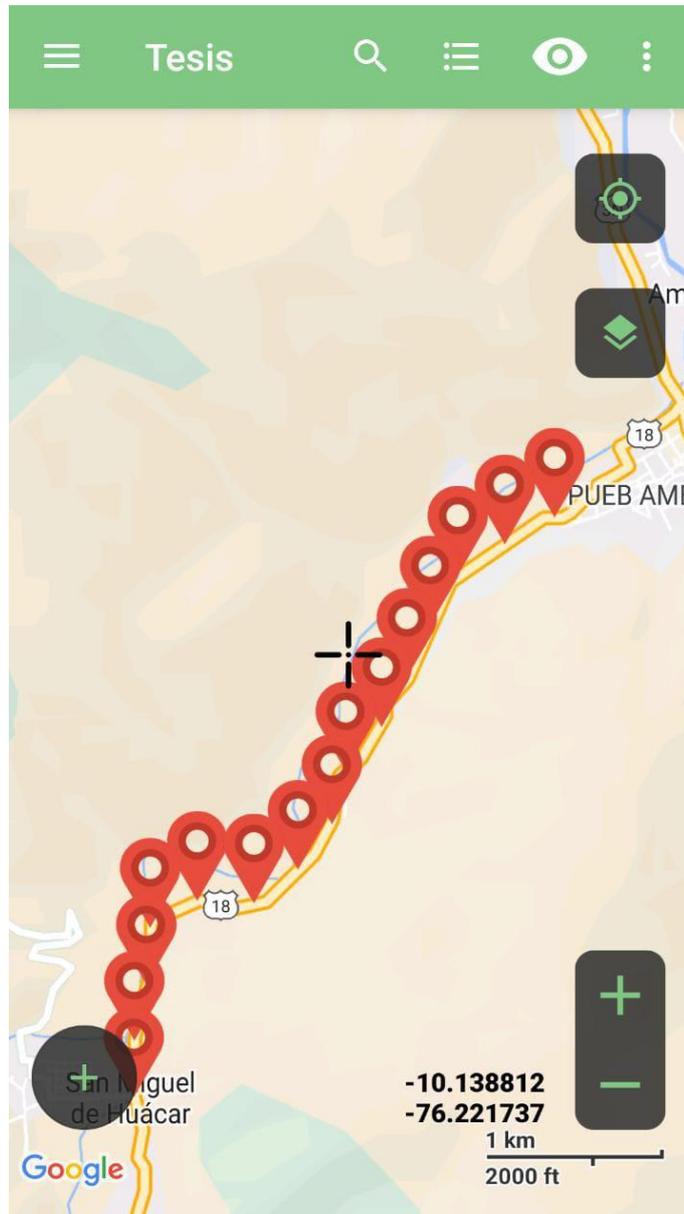


- **Establecer puntos de control para el vuelo**

Antes de la realización del levantamiento topográfico con dron se establecieron puntos de control separados por 330 metros, dicho de otra manera, es necesario marcar un indicador visual en cada punto de control (esto podría ser un objeto, una señal en el suelo o un objetivo impreso). Estos marcadores deben ser claramente visibles desde el aire y, preferentemente, distinguibles en varias imágenes.

Figura 22

Usando la APK Tracklia en el celular



Además, se requiero de un GPS de alta precisión para determinar la ubicación geográfica de cada punto de control.

Para el tramo de estudio de Ambo a Huacar se utilizaron 15 puntos de control para asistir en el procesamiento de los datos.

Figura 23

Colocación del primer punto de control



El primer punto de control como se ve en la figura N°22 se aprecia que el método de control utilizado es mediante círculo y un punto medio central, el cual cuando se haga el barrido de los puntos con el dron este lo tiene tendrá que ver desde el cielo para que sea un punto de referencia al momento de procesar los datos.

- **Levantamiento topográfico Rpas**

Se realizó vuelos horizontales con Dron de este a oeste y de sur a norte con un traslape del 70% al 80% para una buena reconstrucción topográfica de la carretera y en el cual el punto de inicio tiene que ser el punto más alto o de referencia que deberá tener las próximas misiones de vuelo al largo del tramo.

Figura 24

Primer vuelo programado



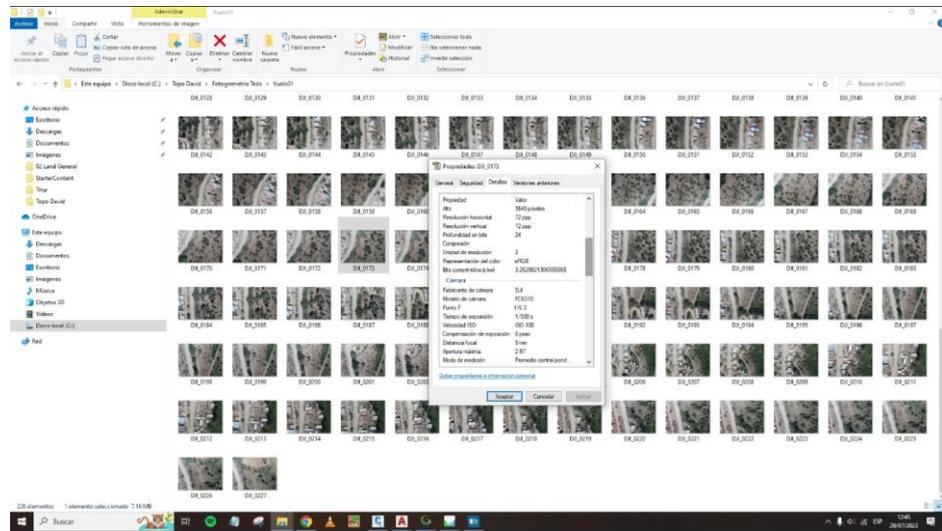
- Trabajo de gabinete fotogramétrico

Selección

El proceso de selección y eliminación de imágenes en levantamientos topográficos implica revisar todas las imágenes recopiladas, evaluar su calidad, identificar aquellas con información insuficiente, eliminar imágenes irrelevantes, retener imágenes relevantes y documentar el proceso de selección.

Figura 25

Exportamos las fotografías tomadas

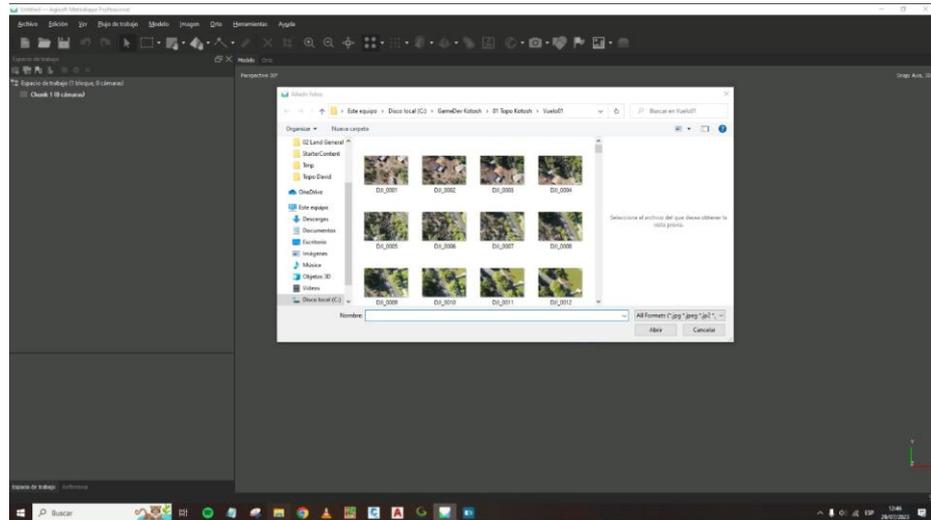


Orientación, Referencia y Preprocesamiento

Se procedió a cargar las fotografías al Agisoft para empezar a orientar las imágenes en el cual se pudo ver que hay saltos debido al viento que influye bastante a la hora de hacer los levantamientos topográficos con Drone.

Figura 26

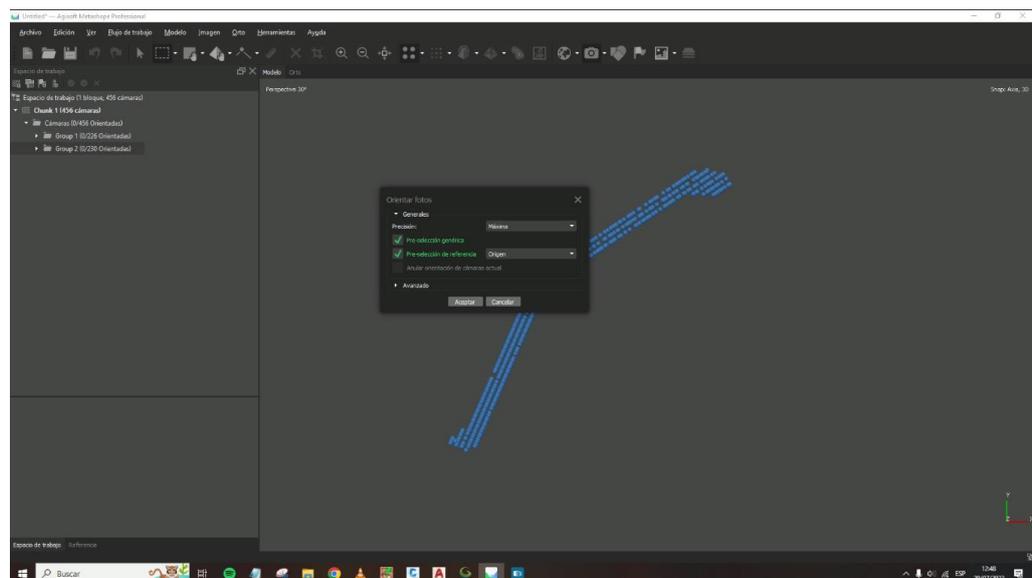
Subiendo las fotografías al Agisoft para su procesamiento



se orientó las imágenes en el programa Agisoft para levantamiento topográfico con drones el cual implica seleccionar parámetros como la secuencia de las fotografías, anular la orientación actual de las cámaras si es necesario, y configurar los parámetros de orientación interior, elementos como la longitud focal y los factores de distorsión del lente son fundamentales para definir la ubicación y dirección de las imágenes en un contexto tridimensional.

Figura 27

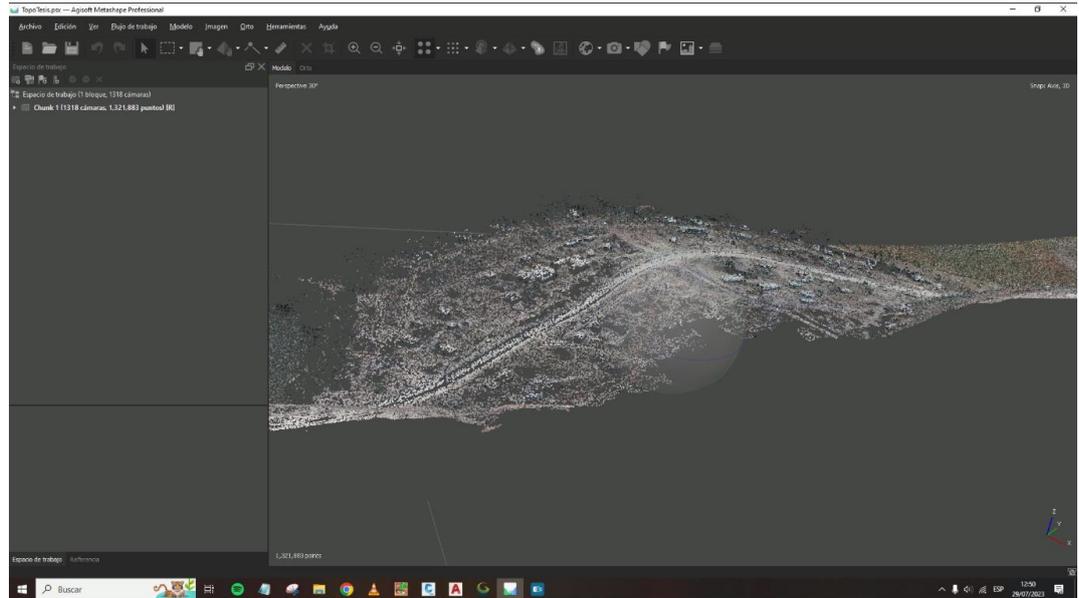
Orientación de fotografías en Agisoft



Luego de hacer el proceso de orientar las fotografías nos da como resultados una nube básica en el cual podremos notar que hay un alto grado de dispersión en el cual también podremos notar los techos las casas y la vegetación el cual tendremos que eliminar.

Figura 28

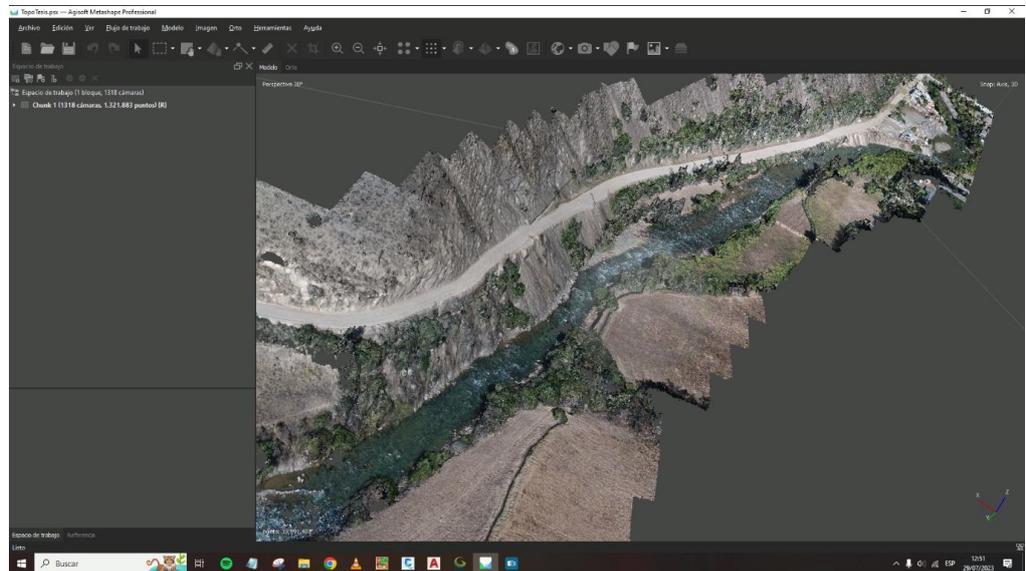
Nube básica de puntos



El siguiente paso sería crear las **nubes de puntos densa** en el que se eligió por seguir con una calidad Extra Alta para generar mejores mapas de profundidad el cual nos tomó alrededor de 14 horas de procesamiento el cual se dejó a la computadora trabajar por si sola durante la noche y la conclusión arrojó un modelo digital de elevación (MDE) que abarca el área forestal, viviendas es decir todo aquel que ha tenido en cuenta como captura básica en un inicio el cual no nos sirve para una topografía por lo cual se tendrá que eliminar.

Figura 29

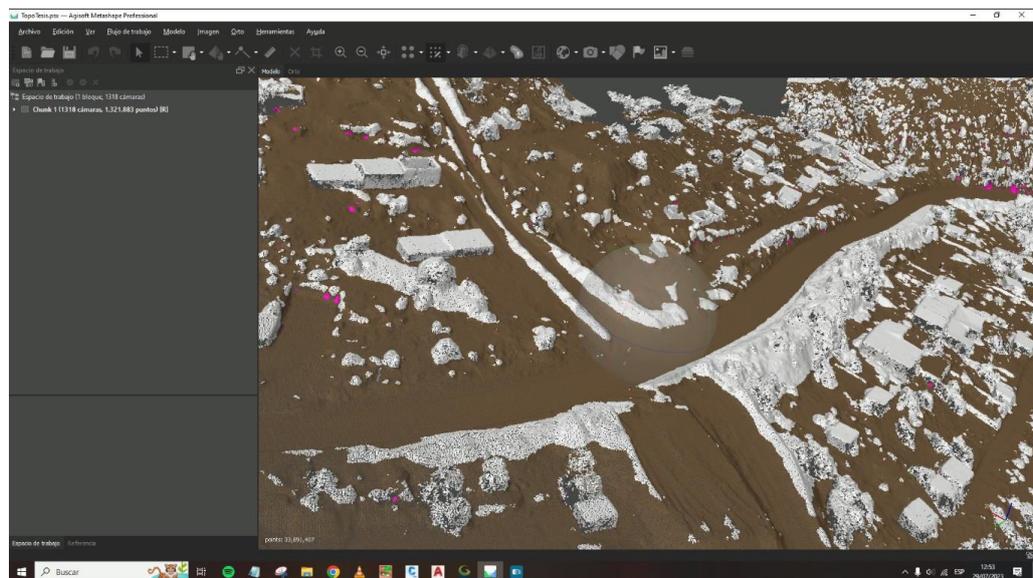
Nube de puntos densa



Luego se procedió a clasificar los puntos mediante un filtro de Nube de Puntos el cual se notan al seleccionar clases de puntos el cual los no procesados tienen un color gris y el terreno un color marrón.

Figura 30

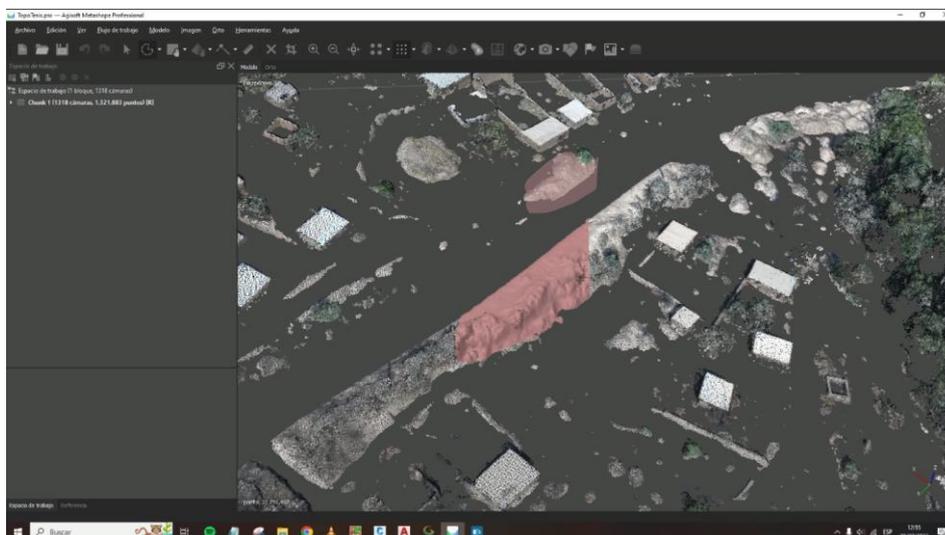
Clasificación de los tipos de terreno.



La zona es demasiado agreste por lo que hay zonas en lo que se va tener que trabajar de manera manual para poder clasificar esos esos colores grises a color marrón que son del terreno.

Figura 31

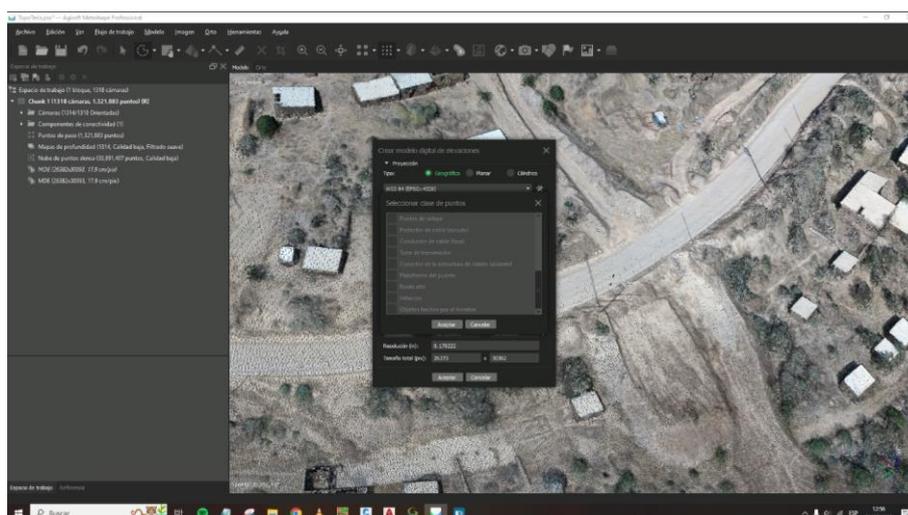
Eliminación de terreno que no servirá en la investigación



Una vez terminado procedimos de generar el modelo digital del suelo, donde únicamente destacamos la superficie y las demás capas lo desactivamos.

Figura 32

Generando el modelo digital de terreno



Donde veremos la diferencia que hay entre un modelo digital de altitud y un modelo digital de la superficie.

Figura 33

Modelo digital de elevaciones (MDA)

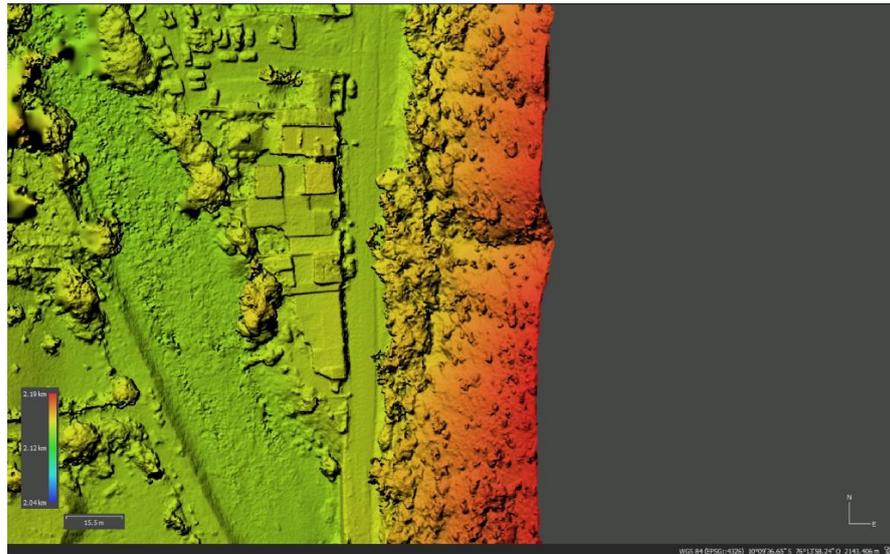
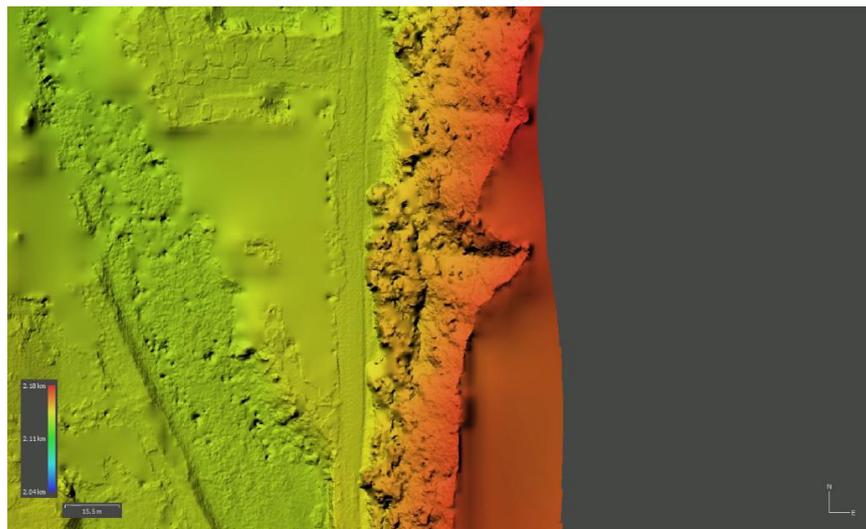


Figura 34

Modelo digital de terreno (MDT)

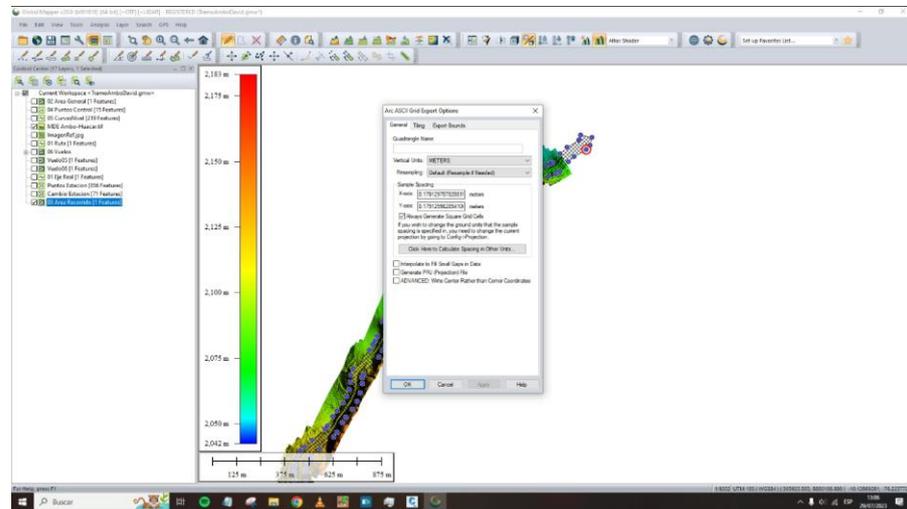


Donde es evidente el contraste entre los dos modelos digitales pero el que nos interesa para el estudio es modelos digitales de terreno el cual exportaremos como MDE en un formato TIFF.

compatible con autocad y Civil3D porque su peso es menor a los otros formatos.

Figura 37

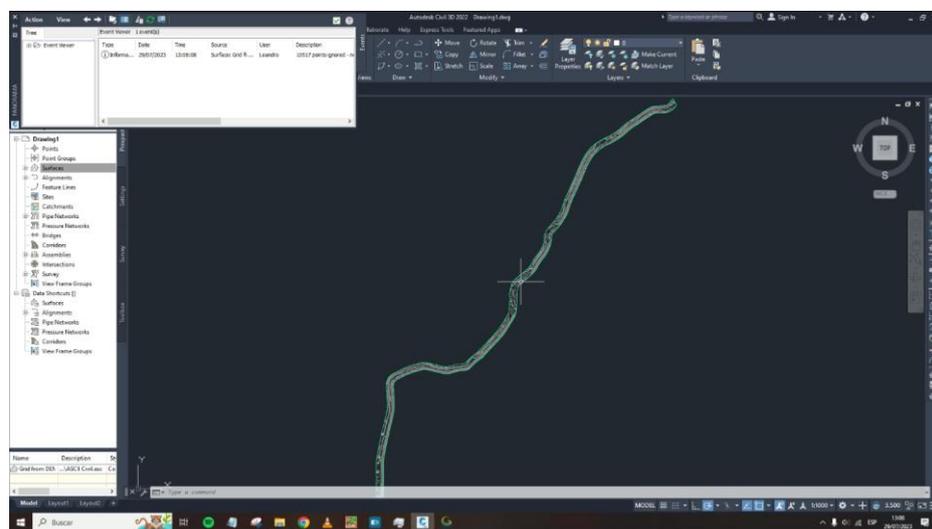
Exportando trabajo a Arc ASCII



Procedemos a abrir el archivo ASCII en el Civil3D y tendremos la superficie del terreno y podremos diseñar nuestra carretera.

Figura 38

Curvas de nivel para hacer el trazo en Civil 3D



➤ **REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL**

- **Calcular la duración del proceso**

Para calcular la duración de los levantamientos topográficos con estación total, se consideraron factores como el tamaño del área, la complejidad del terreno y la cantidad de puntos a medir, así como el tiempo de montaje y ajuste del equipo en cada punto. Se subraya la importancia de estimar el tiempo antes de iniciar para planificar eficientemente, reconociendo que el montaje del equipo puede ser complejo y físicamente exigente, y destacando que el desplazamiento y la reinstalación del equipo, que deben ser eficientes, idealmente no deberían superar los 3 minutos por estación.

- **Elegir y marcar el punto de control topográfico**

Identificar los puntos de control topográfico: Los puntos de referencia topográfica son sitios claramente identificables en el terreno cuyas coordenadas se conocen precisamente. Dichos puntos son clave para geolocalizar con exactitud el contorno del suelo y adquirir datos de particularidades topográficas, ya sean naturales o creadas por el hombre.

Seleccionar los puntos de control topográfico: Se deben seleccionar los puntos de control topográfico que se utilizarán para el levantamiento topográfico. Estos puntos deben estar en ubicaciones determinadas dentro del espacio de interés.

Marcar los puntos de control topográfico: Una vez seleccionados los puntos de control topográfico, se deben marcar en el terreno para poder montar y ajustar la estación total sobre ellos. La clave para señalar estos puntos es que su centro esté bien identificado.

Es importante destacar la selección y demarcación del punto de referencia topográfica es crucial en la recolección topográfica, pues de esto depende la exactitud de la información recabada.

- **Montar y ajustar la estación total sobre el punto topográfico elegido**

El proceso de instalación de la estación total comienza con la selección cuidadosa de un punto topográfico adecuado, seguido por el posicionamiento y anclaje firme del trípode en el terreno. Una vez establecido, el siguiente paso crítico es nivelar la estación total ajustando el nivel de burbuja y la plomada óptica para garantizar la precisión. Tras la nivelación, se centra la estación sobre el punto topográfico alineando el visor con el punto de referencia. Finalmente, se realizan ajustes precisos en los ángulos horizontal y vertical para dirigir la estación hacia los puntos específicos de medición. La correcta instalación y calibración de la estación total es una fase esencial que impacta directamente en la exactitud de los datos recolectados durante el levantamiento topográfico.

- **Colocar el prisma en el punto que se desea medir y apuntar con la estación total**

Para ubicar y registrar un punto con la estación total, se seleccionó primero el punto a medir y se colocó el prisma, asegurándose de que estuviera nivelado y alineado con una marca en el suelo.

Luego, se apuntó la estación total hacia el prisma, ajustando los ángulos horizontal y vertical. Después de apuntar, se midió la distancia entre la estación y el prisma, utilizando una estación total electrónica para obtener medidas verticales y horizontales precisas.

La exactitud en la colocación del prisma y el apunte con la estación total son cruciales para la precisión de los datos en el levantamiento topográfico.

- **Tomar las medidas de ángulos y distancias y registrarlas en un cuaderno de campo**

Durante el levantamiento topográfico, se midieron y registraron meticulosamente ángulos y distancias usando la estación total. Se apuntó hacia el prisma para medir los ángulos horizontales y verticales, y se utilizó la señal infrarroja para determinar las distancias. Todos los datos fueron cuidadosamente anotados en un cuaderno de campo, con

una organización que asegura la claridad y precisión necesarias para el procesamiento posterior y la determinación de las coordenadas de los puntos medidos.

- **Trabajo de gabinete procesando la información recolectada**

Tras haber registrado las mediciones de ángulos y distancias y se han registrado en la estación total, se deben procesar los datos para obtener las coordenadas de los puntos medidos.

Elaborar los planos y mapas topográficos

Tras la recolección topográfica con estación total, se exportaron los puntos a Excel para su procesamiento y análisis. Se conectó la estación total al ordenador mediante USB o conexión inalámbrica, y luego se transfirieron los datos al Excel siguiendo el software de la estación. Finalmente, se procesaron los datos en Excel utilizando sus fórmulas y funciones para obtener las coordenadas de los puntos medidos.

A partir de los datos procesados en el Excel, se pueden elaborar los planos exportando los puntos topográficos correspondientes utilizando programas de diseño asistido por computadora para lo cual se recurrió aplicando el programa AutoCAD Civil 3D 2020 (CAD).

Es importante destacar que al exportar los puntos al Excel es un paso fundamental para poder procesar y analizar los datos obtenidos durante la recolección de datos topográficos con estación total. Además, la elaboración de los planos a partir de los datos procesados en el Excel es fundamental para poder utilizar la información obtenida durante el levantamiento topográfico en la ejecución de la tesis.

Luego se pasó diseñar el tramo de la carreta en Civil 3D y al diseñar la vía, es esencial considerar las propiedades del terreno, como la topografía, la geología y la hidrología.

4.1.5. CÁLCULOS OBTENIDOS EN LA EJECUCIÓN

Calcular el tiempo de levantamiento topográfico con estación total y dron

Ahora analizaremos el desglose de tiempos tomados para cada actividad realizada tanto en Dron y estación total.

Tabla 16

Tiempos al hacer el levantamiento con Dron

Levantamiento con Dron			
N°	Actividad	Tiempo (Minutos)	Tiempo (Horas)
1	Reconocimiento del terreno	120	2
2	Planificación del vuelo	60	1
3	Primer vuelo	30	0.5
4	Segundo vuelo	30	0.5
5	Tercer vuelo	35	0.6
6	Cuarto vuelo	25	0.4
7	Quinto vuelo	40	0.7
8	Sexto vuelo	40	0.7
9	Séptimo vuelo	30	0.5
10	Trabajo de gabinete	495	8.3
TOTAL		915	15.2

Figura 39

Tiempos de vuelo del dron



Interpretación: en la figura se observa el análisis del tiempo dedicado a las distintas actividades involucradas en el levantamiento con dron reveló una distribución variada de duraciones. El reconocimiento del terreno fue la actividad inicial y consumió dos horas, lo que indica una preparación exhaustiva antes del vuelo. La planificación del vuelo se llevó a cabo en una hora, estableciendo la base para las operaciones subsiguientes. Los vuelos individuales —primero, segundo, séptimo— tuvieron una duración consistente de 30 minutos cada uno, lo que refleja una posible estandarización en la ejecución de estos. En contraste, el tercer y cuarto vuelo presentaron tiempos ligeramente diferentes, con 35

y 25 minutos respectivamente, posiblemente debido a condiciones variables o ajustes en el procedimiento. El quinto y sexto vuelo tuvieron una duración de 40 minutos, marcando la mayor cantidad de tiempo invertido en una sola sesión de vuelo. Estas variaciones sugieren una adaptación a condiciones o requisitos específicos durante las fases de vuelo. De manera significativa, el trabajo de gabinete, que implicó el procesamiento y análisis de los datos recogidos, fue la actividad que más tiempo consumió, con un total de 8.3 horas. Esto subraya la naturaleza intensiva en tiempo de la fase de post-procesamiento en comparación con las fases de vuelo y planificación. En conjunto, las actividades sumaron un total de 15.2 horas, reflejando la considerable inversión de tiempo necesaria para completar todas las fases del levantamiento con dron.

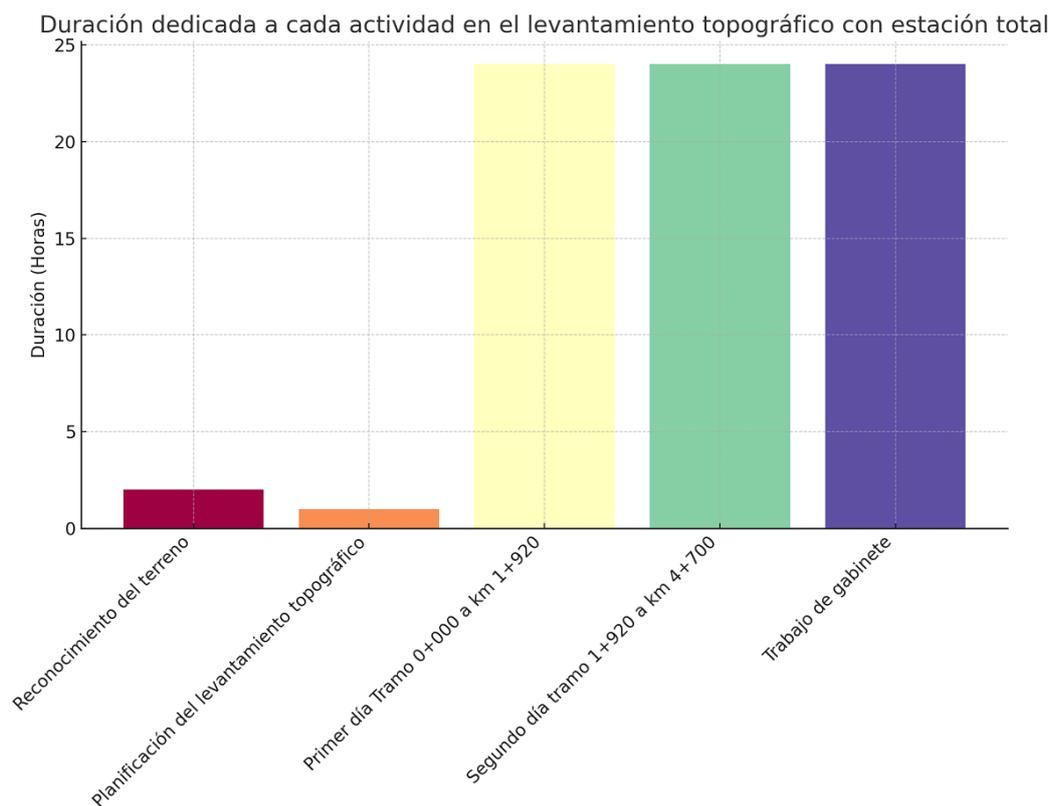
Tabla 17

Tiempos al hacer el levantamiento con estación

Levantamiento topográfico con estación total			
N°	Actividad	Duración (minutos)	Duración (horas)
1	Reconocimiento del terreno	120	2
2	Planificación del levantamiento topográfico	60	1
3	Primer día Tramo 0+000 a km 1+920	1440	24
4	Segundo día tramo 1+920 a km 4+700	1440	24
5	Trabajo de gabinete	1440	24
TOTAL		4500	75

Figura 40

Tiempos de levantamiento con estación



Interpretación: El estudio de la distribución de tiempos de las actividades en el levantamiento topográfico con estación total indicó que las jornadas de campo, cada una con una duración de 24 horas, constituyeron las etapas más extensas del proceso. Estos periodos extendidos, correspondientes al primer y segundo día de trabajo en tramos específicos, reflejan la intensidad y la dedicación requerida para la recolección de datos in situ. El reconocimiento del terreno y la planificación del levantamiento topográfico, aunque críticos para el éxito de la empresa, demandaron proporcionalmente menos tiempo, con dos y una hora respectivamente. Curiosamente, la actividad de gabinete, que incluyó la elaboración y análisis de los datos, igualó en duración a los

días de campo, subrayando su papel fundamental en el procesamiento de la información recabada. En total, el proyecto absorbió 75 horas, poniendo de manifiesto el esfuerzo considerable que implica un levantamiento topográfico de esta naturaleza.

ESTABLECER LOS GASTOS DEL LEVANTAMIENTO

TOPOGRÁFICO EN LAS DOS TÉCNICAS

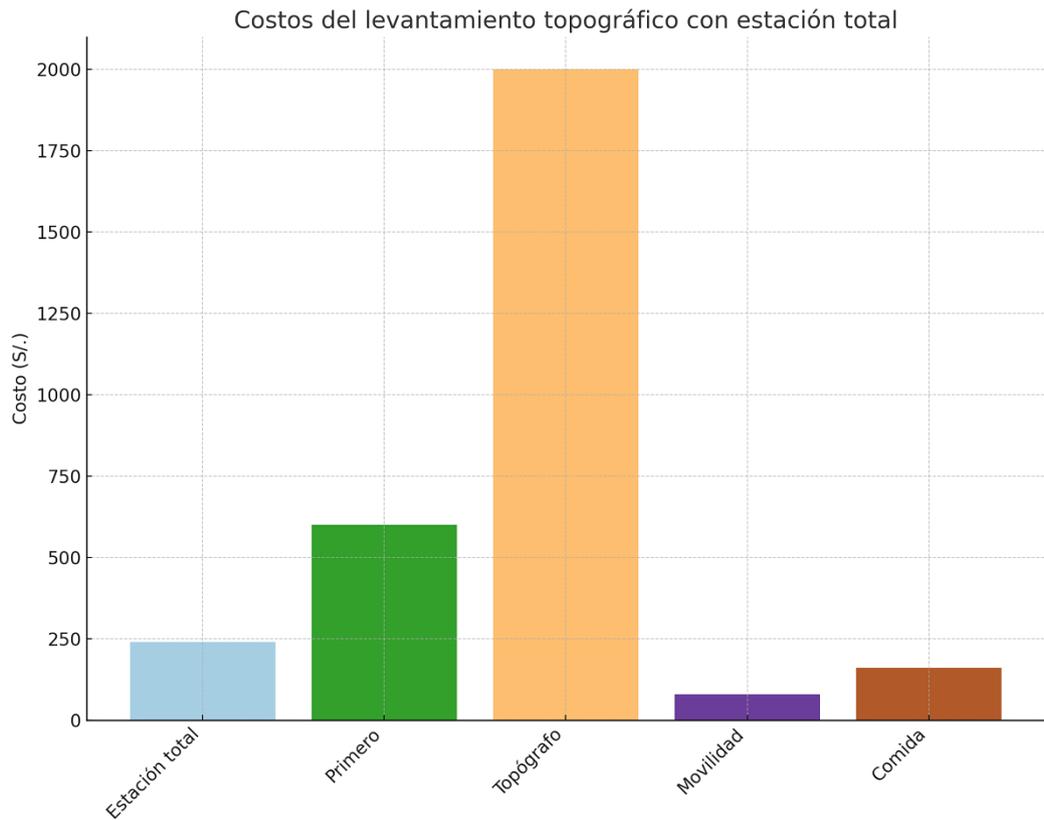
Tabla 18

Costos del levantamiento convencional

Costos del levantamiento topográfico con estación total				
N°	Descripción	Cuadrilla	Días	Precio
1	Estación total	1	2	240
2	Prismero	3	2	600
3	Topógrafo	1	2	2000
4	Movilidad	4	2	80
5	Comida	4	2	160
Total				S/. 3080.00

Figura 41

Costos del levantamiento convencional



Interpretación: La evaluación de los costos incurridos durante el levantamiento topográfico con estación total reveló que la contratación del topógrafo representó la mayor proporción del presupuesto, con un total de 2000 soles, reflejando la importancia y el valor de la experiencia técnico en la realización de tareas de precisión. Los gastos en personal de apoyo, bajo la categoría "Primerero", alcanzaron los 600 soles por los 2 días de trabajo en el cual se tuvo el apoyo de 3 personas, mientras que la inversión en equipo, específicamente en la estación total, fue de 240 soles, lo que indica un menor costo relativo de equipamiento frente a la mano de obra especializada. Los costos de movilidad y alimentación para el equipo implicaron 80 y 160 soles respectivamente, subrayando los gastos operativos asociados con la ejecución del trabajo de campo. En total, el levantamiento topográfico implicó un desembolso de 3080 soles, demostrando la composición y la escala de los costos operacionales para este tipo de proyectos topográficos.

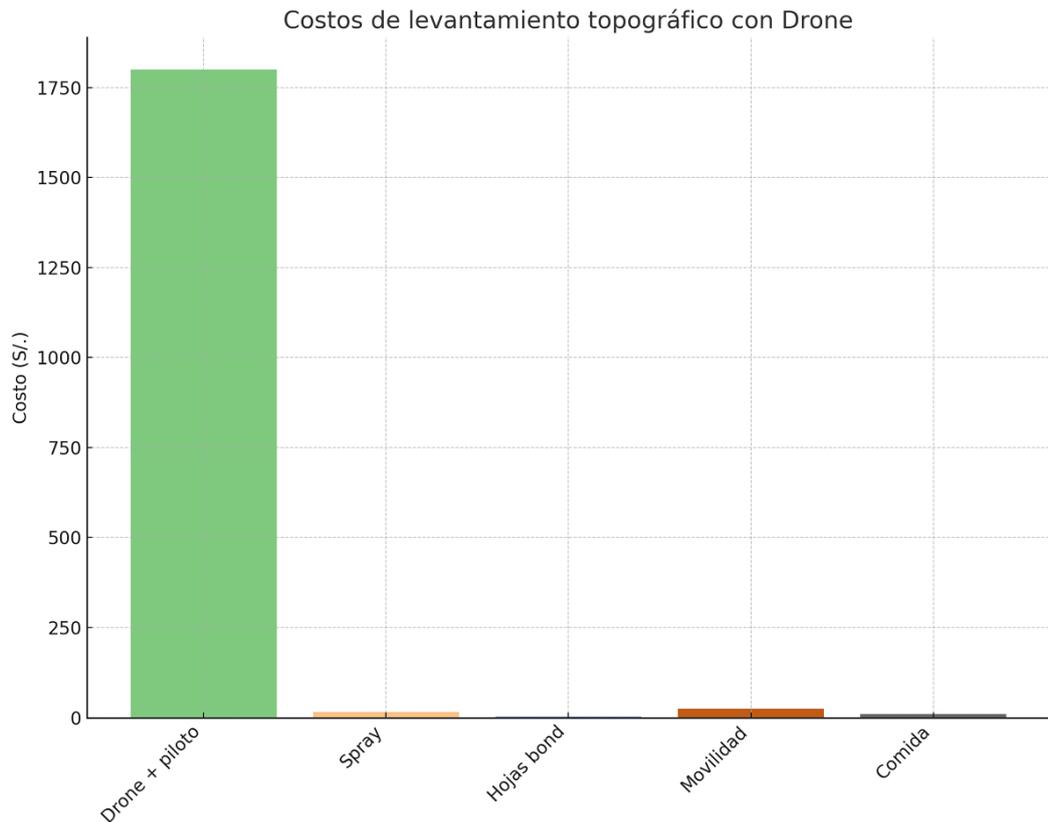
Tabla 19

Costos del levantamiento con drone

Costos de levantamiento topográfico con Drone				
N°	Descripción	Cuadrilla	Días	Precio
1	Drone + piloto	1	0.25	1800
2	Spray	1	0.1	16
3	Hojas bond	1	0.1	2
4	Movilidad	1	0.1	25
5	Comida	1	0.1	10
Total				1853

Figura 42

Costos de levantamiento topográfico con Drone



Interpretación: La distribución de costos para el levantamiento topográfico utilizando un droné mostró que el elemento más significativo fue el "Drone + piloto", con un costo de 1800 soles, lo que refleja la relevancia de la tecnología y la especialización del personal en la captura de datos aéreos. Los insumos adicionales, como el spray y las hojas bond, representaron gastos mínimos de 16 y 2 soles respectivamente, indicando su papel auxiliar en el proceso. Los costos de movilidad y alimentación sumaron 25 y 10 soles, evidenciando los gastos operativos reducidos en comparación con los asociados a la contratación de equipos y personal calificado. En suma, el costo total del levantamiento con droné ascendió a 1853 soles, destacando la inversión predominante en equipamiento avanzado frente a los costos logísticos y de materiales.

Establecer los periodos de tratamiento de información del reconocimiento topográfico en los dos procedimientos

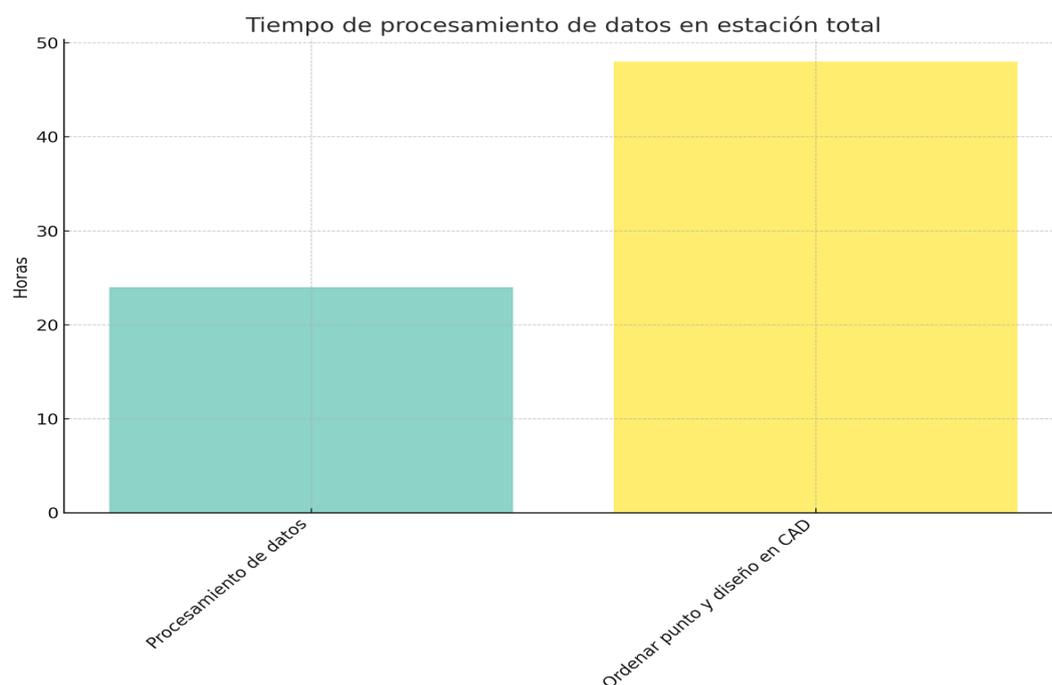
Tabla 20

Procesamiento de datos con la manera convencional

Tiempo de procesamiento de datos en estación total			
Nº	Descripción	Horas	Días
1	Procesamiento de datos	24	1
2	Ordenar punto y diseño en CAD	48	2
Total		72	3

Figura 43

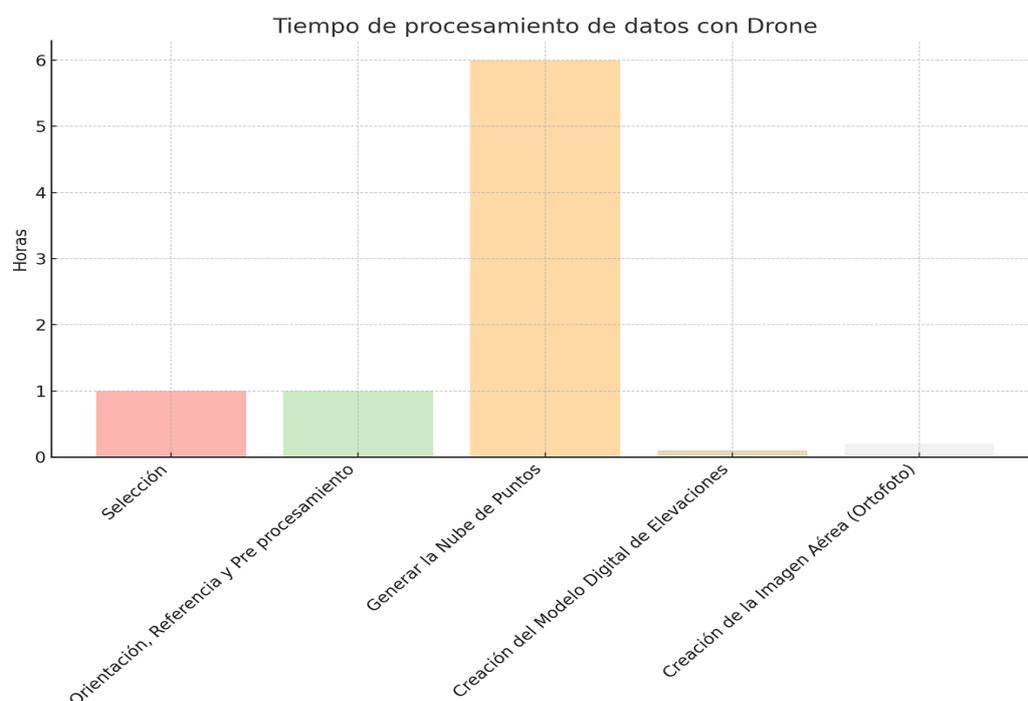
Procesamiento de datos en estación total



Interpretación: El análisis del tiempo de procesamiento de datos para un levantamiento realizado con estación total indicó una asignación de 24 horas al procesamiento de datos inicial, que comprende el tratamiento y la verificación de la información recabada en el campo. Posteriormente, el ordenamiento de puntos y el diseño asistido por computadora (CAD) requirieron un tiempo considerablemente mayor, con 48 horas dedicadas a esta fase, sugiriendo una mayor complejidad y demanda de atención al detalle en la elaboración de planos y mapas. En total, estas tareas sumaron 72 horas de trabajo, distribuidas equitativamente en tres días, lo que refleja la naturaleza intensiva en tiempo del post-procesamiento en proyectos de levantamiento topográfico.

Tabla 21*Procesamiento de datos Dron*

Tiempo de procesamiento de datos con Dron		
N°	Descripción	Horas
1	Selección	1
2	Orientación, Referencia y Pre procesamiento	1
3	Generar la Nube de Puntos	6
4	Creación del Modelo Digital de Elevaciones	0.1
6	Creación de la Imagen Aérea (Ortofoto)	0.2
Total		8.3

Figura 44*Procesamiento de datos con Dron*

Interpretación: En el estudio del tiempo de procesamiento de datos obtenidos mediante tecnología de drones, se observó que la generación de la nube de puntos fue la actividad más demandante, con un total de seis horas invertidas, lo cual subraya la complejidad inherente a la conversión de imágenes crudas en datos tridimensionales utilizables. Las fases de selección y de orientación, referencia y preprocesamiento mostraron cada una una duración de una hora,

indicando una carga de trabajo equilibrada en las etapas preliminares del procesamiento. Por otro lado, la creación del modelo digital de elevaciones y la imagen aérea (ortofoto) requirieron sustancialmente menos tiempo, con 0.1 y 0.2 horas respectivamente, reflejando la eficiencia de los procesos automatizados para estas tareas finales. El tiempo total para el procesamiento completo de los datos fue de 8.3 horas, evidenciando la rapidez con la que se pueden procesar grandes volúmenes de datos recogidos a través de métodos de levantamiento topográfico asistidos por drones.

Determinar los costos de procesamiento de datos en levantamiento topográfico con ambos métodos

Tabla 22

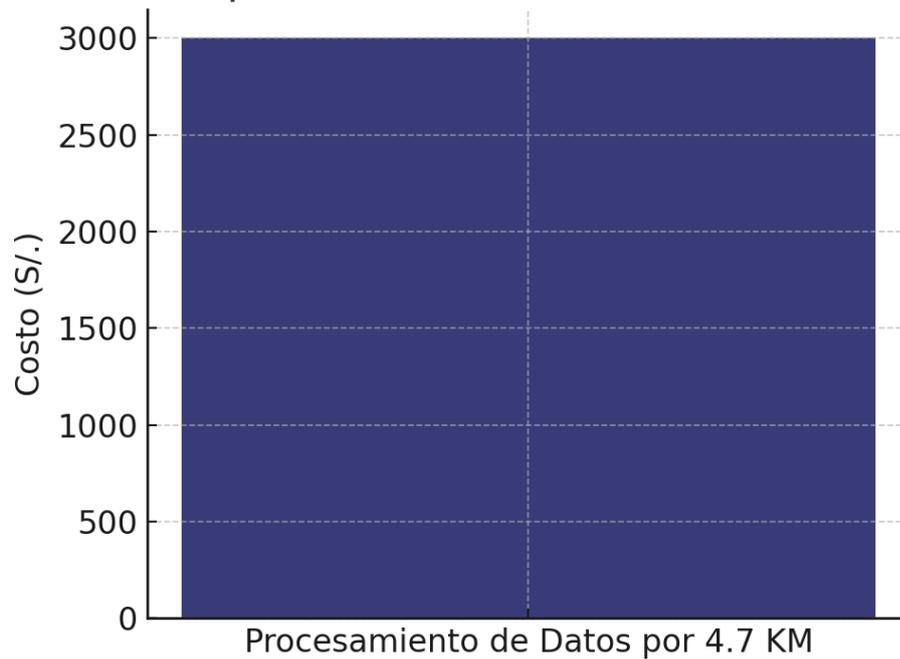
Costo procesamiento manera convencional

Costo del procesamiento de datos estación total		
N°	Descripción	Costo
1	Procesamiento de Datos por 4.7 KM	3000
Total		S/.3000.00

Figura 45

Procesamiento de datos estación total

Costo del procesamiento de datos estación total



Interpretación: El análisis de costos para el procesamiento de datos obtenidos mediante estación total para un tramo de 4.7 kilómetros reflejó un costo consolidado de 3000 soles. Este monto representa la inversión total para el procesamiento, que incluye la integración, el análisis y la conversión de los datos crudos en información aplicable para propósitos de mapeo y planificación. El costo unitario, visualizado mediante una barra singular en el gráfico de barras, enfatiza la magnitud de la inversión necesaria para el manejo de datos en proyectos topográficos de esta extensión. La presentación de la figura subraya la singularidad del costo, proporcionando una representación visual directa del gasto en la tarea específica de procesamiento de datos.

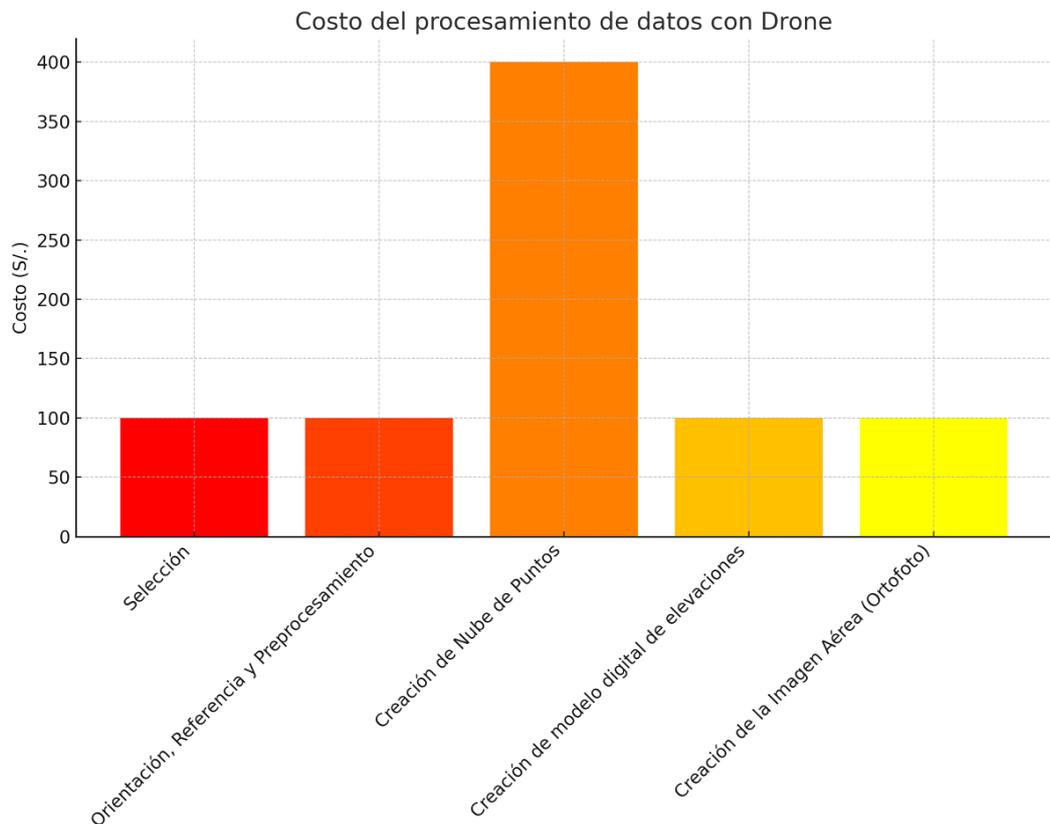
Tabla 23

Costo de procesamiento con Dron

Costo del procesamiento de datos con Drone		
N°	Descripción	Costo
1	Selección	100
2	Orientación, Referencia y Preprocesamiento	100
3	Creación de Nube de Puntos	400
4	Creación de modelo digital de elevaciones	100
5	Creación de la Imagen Aérea (Ortofoto)	100
Total		S/.800.00

Figura 46

Procesamiento de datos con Drone



Interpretación: El desglose de costos asociados con el procesamiento de datos utilizando tecnología de drones reveló que la etapa de creación de la nube de puntos constituyó la mayor parte del gasto, con un costo de 400 soles. Este gasto es indicativo de la importancia y la complejidad inherente a la generación de datos

espaciales precisos y detallados. Las fases de selección, orientación, referencia y preprocesamiento, así como la creación del modelo digital de elevaciones y la imagen aérea (ortofoto), representaron costos uniformes de 100 soles cada una, sugiriendo una inversión equilibrada en estas actividades preliminares y finales del procesamiento de datos. En total, el costo acumulado para el procesamiento completo de los datos fue de 800 soles, lo que resalta la eficiencia coste-efectiva de utilizar drones para la recolección y el procesamiento de datos topográficos.

4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

➤ Hipótesis general

(H1): El uso de RPAS con respecto a la estación total mejora en los rendimientos y costos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná Ambo hasta Huácar – Huánuco – 2023.

(H0): El uso de RPAS no tiene un efecto significativo en los rendimientos y costos en la topografía y diseño geométrico de carreteras en comparación con la estación total en el cruce de Maracaná Ambo hasta Huácar – Huánuco – 2023.

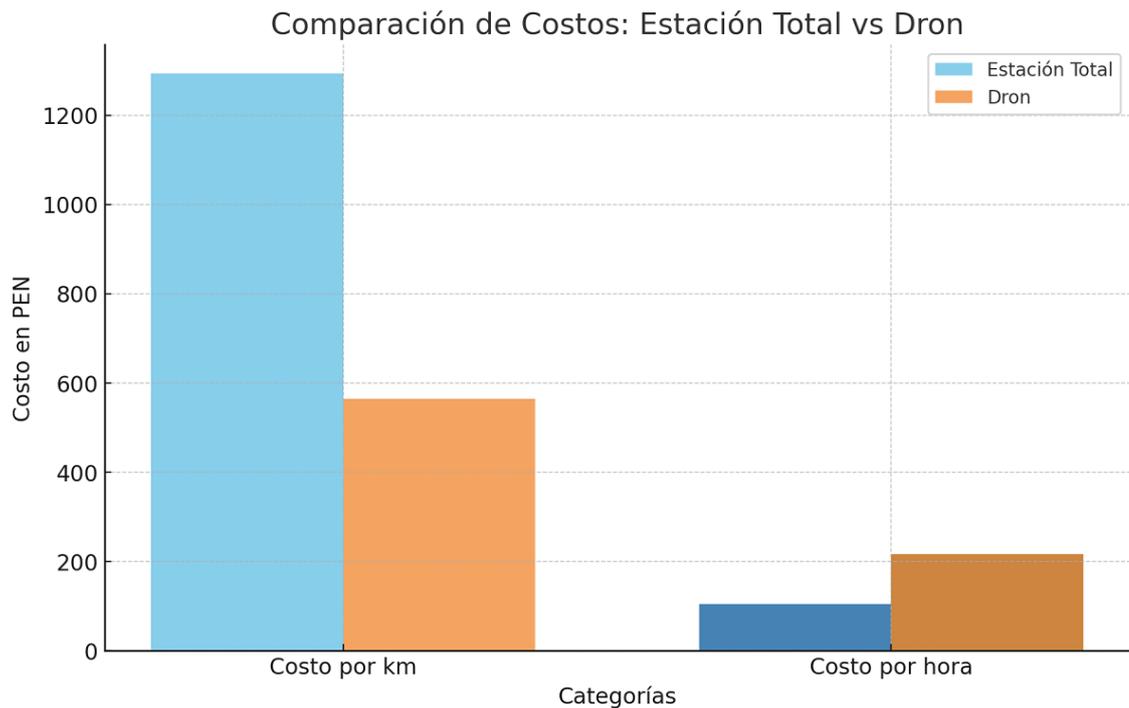
Tabla 24

Costos totales y por hora

Estación Total	Dron
PEN/km 1,293.62	PEN/km 564.47
PEN/h 104.83	PEN/h 215.69

Figura 47

Costo total y por hora



Interpretación: Al observar detenidamente la figura, se pudo apreciar una distinción notable en cuanto al tiempo y costo involucrados en la realización del trabajo de levantamiento utilizando un dron en comparación con la técnica convencional de levantamiento topográfico. La evidencia gráfica demostró que la adopción de la tecnología de drones fue favorable en términos de eficiencia temporal, logrando una reducción de tiempo más que significativa, al concluir el trabajo en menos de la mitad del tiempo que la técnica tradicional habría requerido. Sin embargo, fue crucial mencionar que, durante la fase de procesamiento, el mapeo topográfico realizado con el dron demandó un período de tiempo superior. Esta prolongación en la duración del procesamiento se vio influenciada en gran medida por las especificaciones técnicas del equipo de cómputo utilizado, ya que contar con una computadora de alto rendimiento habría facilitado un procesamiento más ágil y eficiente de los datos recopilados mediante la tecnología de drones. En lo que respecta al aspecto financiero, el gráfico también reveló una diferencia palpable entre los costos asociados con cada método de levantamiento topográfico. El uso del dron se presentó como una opción más rentable en comparación con la metodología tradicional, especialmente al considerar las implicaciones económicas en el contexto de la ejecución de un proyecto topográfico

completo. Por lo tanto, mientras que la tecnología de drones ofreció ventajas considerables en términos de tiempo de campo y costos, fue imperativo considerar los requisitos y posibles obstáculos durante la fase de procesamiento de datos para realizar una evaluación comprensiva y objetiva de su aplicabilidad y eficiencia en proyectos topográficos.

➤ **Hipótesis específica 1**

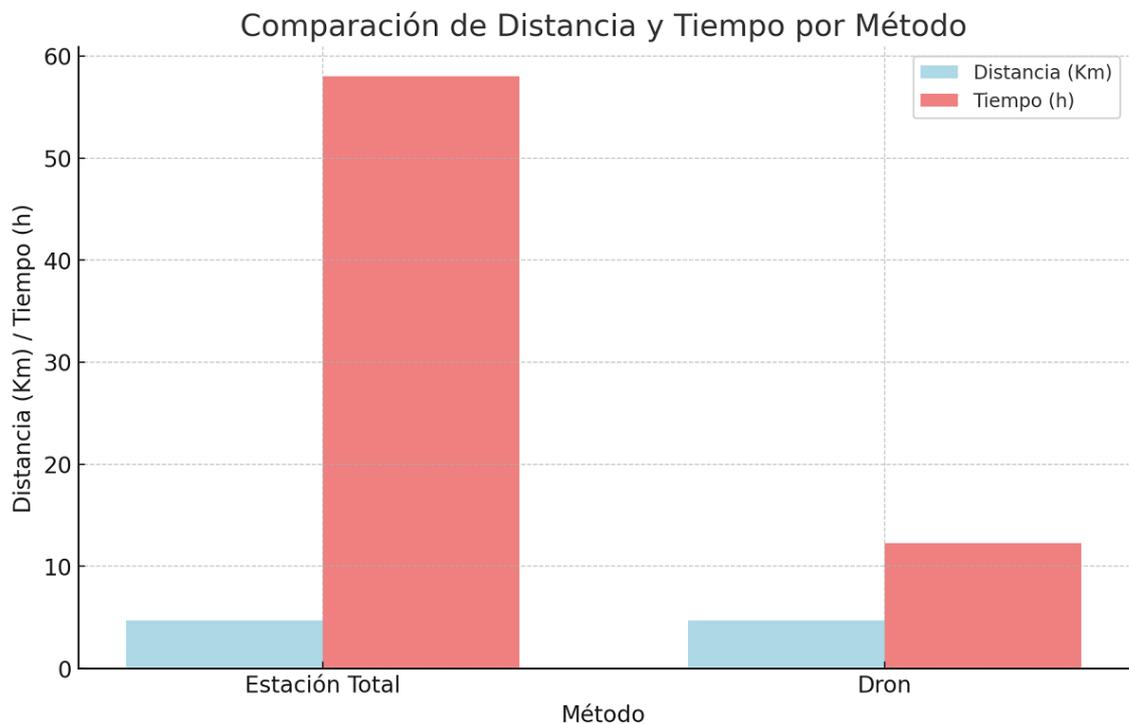
Tabla 25

El tiempo total con procesamiento

	Estación Total	Dron
Distancia	4.70Km	4.70Km
Tiempo	58.0h	12.3h

Figura 48

Costo por hora



Interpretación: Como se pudo apreciar en el gráfico estadístico, el levantamiento topográfico, cuando se realizó utilizando la estación total, demandó un total de 48 horas de trabajo en campo. Este tiempo incluyó diversos factores, como la movilidad y otros imprevistos que surgieron durante

la ejecución del levantamiento topográfico. Posteriormente, el trabajo de gabinete para procesar los datos recabados en el campo se llevó a cabo en un periodo de 24 horas. En contraste, al realizar el levantamiento topográfico con el uso de un dron, el tiempo invertido fue notablemente menor, concretamente de 4 horas, en las que también se contemplaron aspectos como la movilidad y otros factores incidentales durante el desarrollo del levantamiento. Además, se observó que el trabajo en gabinete para esta metodología fue de 8.3 horas en total. Un detalle que resaltó en el análisis fue que la creación de las nubes de puntos fue la etapa que más tiempo demandó en el procesamiento de los datos. La comparativa entre ambos métodos, ilustrada en el gráfico, no solo evidenció una diferencia significativa en términos de tiempo sino que también puso de manifiesto consideraciones relevantes respecto a la eficiencia y posibles desafíos en las distintas fases del procesamiento de datos en cada técnica de levantamiento topográfico.

➤ **Hipótesis específica 2**

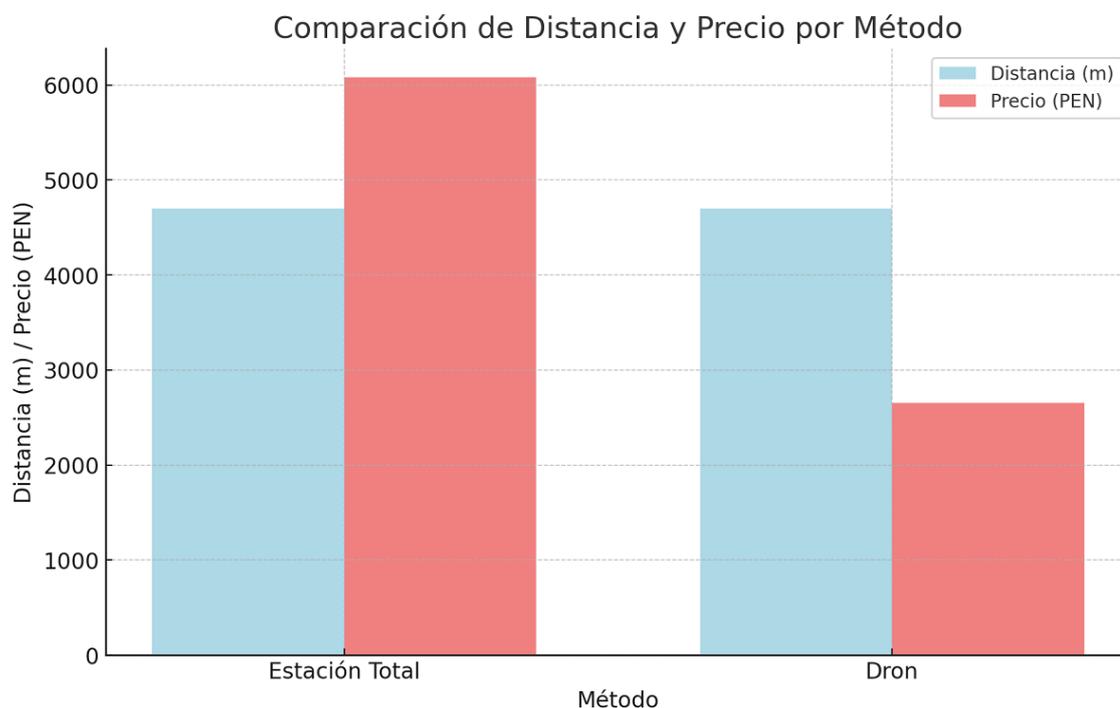
Tabla 26

Costo total en ambos métodos

	Estación Total	Dron
Distancia	4.70Km	4.70Km
Precio	PEN 6,080.00	PEN 2,653.00

Figura 49

Costos totales



Interpretación: Como se aprecia en la gráfica estadística, durante el levantamiento topográfico realizado con estación total, el costo total para los 4.7 km levantados ascendió a S/. 3080.00 nuevos soles, monto que abarcó los dos días de trabajo en el campo. Este costo incluyó todos los gastos asociados, entre los que se contabilizaron los honorarios de los tres ayudantes que fueron necesarios para llevar a cabo el levantamiento topográfico. En lo que respecta al trabajo de gabinete, el costo por kilómetro de procesamiento se estimó en S/. 3000.00 nuevos soles, lo que resultó en un gasto total de S/. 6080.00 nuevos soles para la totalidad del proyecto utilizando esta metodología. Por otro lado, en el caso del levantamiento topográfico realizado con dron, los costos presentaron una notable diferencia. El trabajo de campo, como se visualizó en el gráfico, tuvo un costo total de S/. 1853.00 nuevos soles, mientras que el trabajo de gabinete ascendió a S/. 800.00 nuevos soles. La comparativa entre ambos métodos de levantamiento topográfico puso en evidencia una diferencia significativa en términos de costos, destacando las potenciales ventajas económicas de optar por tecnologías emergentes, como los drones, en la realización de proyectos de esta índole.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se establece que la realización de levantamiento topográficos con drones es más

económica. De la misma forma se estable el análisis de costos da una perspectiva clara sobre la inversión necesaria para implementar cada método concluyendo que el levantamiento topográfico con estación total es 93.6% más caro al compararlo con el método fotogramétrico, (Ojeda, 2023).

En mi estudio se observó que la implementación de drones para realizar levantamientos topográficos ofrece una notable reducción en el tiempo de operación, acumulando un total de 15.2 horas, y minimiza los costos operativos a 1853 soles. Estos resultados subrayan la eficiencia de los drones en la optimización de recursos y en la agilización de las fases de campo y post-procesamiento. Contrastando con estas ventajas, la investigación de Idrogo J. (2023), aporta una perspectiva crucial sobre la precisión, destacando la importancia de una planificación detallada y el impacto significativo que tiene la distribución estratégica de puntos de apoyo, donde se determina que un mínimo de 7 puntos por kilómetro es esencial para obtener una precisión aceptable en Modelos Digitales de Terreno, especialmente en aplicaciones viales. Mis hallazgos, en conjunto con los de Idrogo Livaque, resaltan que, aunque los drones son herramientas altamente eficientes en términos de tiempo y costo, la precisión en los levantamientos topográficos depende críticamente de una adecuada planificación y de la cantidad de puntos de apoyo establecidos.

El análisis y comparativa entre los métodos de levantamiento topográfico, utilizando tecnología de drones y la técnica tradicional, revelaron distinciones claras en términos de eficiencia temporal y costos. Aunque el uso de drones demostró ser superior en reducción de tiempo y costos de campo, este método demandó un período más extenso y un análisis minucioso en la fase de procesamiento de datos, especialmente cuando se generaban nubes de puntos, y los costos se vieron influenciados por las especificaciones del equipo de cómputo empleado. En términos financieros, el levantamiento con drones se mostró como una opción más económica, con costos totales de S/. 1853.00 y S/. 800.00 nuevos soles para trabajo de campo y gabinete respectivamente, en contraste con los S/. 3080.00 y S/. 3000.00 nuevos soles del método tradicional. Sin embargo, es imperativo considerar los desafíos y requisitos de la fase de procesamiento de datos para realizar una evaluación

completa de su aplicabilidad y eficiencia en proyectos topográficos. En general, ambos métodos presentan ventajas y desventajas que deben ser evaluadas en detalle, considerando las especificidades y necesidades de cada proyecto topográfico.

CONCLUSIONES

La investigación destacó una superioridad tangible del mapeo topográfico con drones en comparación con la técnica de levantamiento tradicional, evidenciando una notable eficiencia tanto en términos de tiempo como de costos. Este estudio reafirma la importancia de adoptar tecnologías emergentes en la topografía, permitiendo una optimización considerable de

los recursos y mejorando la eficacia en la realización de proyectos en esta área.

Se confirmó que el mapeo topográfico con dron resulta más asequible al momento de hacer un trabajo en campo en comparación con la técnica convencional ya que se vio reflejado en la diferencia de precios mediante el cual el levantamiento topográfico con Rpas obtuvimos un costo global de S/. 1800.00 nuevos soles en todo el trabajo mientras tanto el levantamiento topográfico tradicional el costo fue S/. 6080 nuevos soles lo cual se ve una notoria variación de gastos muy significativa.

Se validó que el levantamiento topográfico utilizando un dron el tiempo de realización fue de solo 4 horas en el tramo de Ambo a Huacar en el cual y del levantamiento topográfico con estación total en el mismo tramo fue de 48 horas en el cual se tuvo que necesitar ayuda de 3 prismeros para poder avanzar el tramo.

También se corrobora la precisión en ambos métodos en el cual se hizo una comparativa para ver qué tanto es la diferencia en la topografía en ambos métodos el cual resulto ser casi similar ya que con el levantamiento topográfico con Drone tomamos más datos ya que su zona de toma de fotografías es mucho mayor a la que se usa con el levantamiento topográfico con estación que si se podría hacer también esa comparativa completa pero el tiempo y los recursos serían mucho mayores a los que ya se menciona en el presente tesis.

RECOMENDACIONES

Primeramente, se recomienda que al momento de hacer un levantamiento topográfico con Drone se coloque los puntos de control de acuerdo al tamaño del proyecto ya que a mayor puntos control tenga el tramo mayor es la precisión durante el procesamiento de los puntos en el estudio.

Para el levantamiento topográfico con dron para procesar los datos se recomienda contar con una máquina de buenas características para poder procesar los datos con más rapidez, ya que si usamos maquinas con un procesador pobre o antiguas el tiempo de procesamiento será mucho mayor a lo que se tiene planificado.

Para proyectos grandes se recomienda dividir las misiones de vuelos en un primer gabinete usando Autocad y otras páginas que nos ayudaran a medir el tiempo de vuelo y cantidad de baterías que necesitaran para el trabajo y así no perder nuestro equipo de trabajo.

Es aconsejable que la variación de alturas desde el comienzo hasta el final no sea +-5 metros de diferencia porque a mayor diferencia de alturas mayor será el tiempo de procesamiento que le debemos dar al momento de crear nuestra nube de puntos y también así evitamos posibles errores al momento del procesamiento de datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Alcántara, (2017) *Manejo y dominio de estación total segunda edición.*
https://www.academia.edu/32569413/MANEJO_Y_DOMINIO_DE_ESTACION_TOTAL_SEGUNDA_EDICION

- Barrientos A., Gutierrez P., San Martin R., Martinez A., Rossi C. (sf). De la Universidad Politécnica de Madrid, *vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones*.
<https://webdiis.unizar.es/~neira/docs/ABarrientos-CEDI2007.pdf>
- Bonneval, H. (1972). *Photogrammétrie générale*. France: 1ª ed. Eyrolles.
- Córdoba Mesa, C. (2017). *Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría*. Quito.
- Costales G. (2018). De la Escuela Politécnica Nacional, *Análisis comparativo entre los software de prueba Agisoft Photoscan y Pix4D para el procesamiento de datos obtenidos con fotogrametría*.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19825>
- Dickinson, (1969) *Fotografías aéreas y su interpretación*.
<https://www.slideshare.net/SumantDiwakar/aerial-photographs-and-their-interpretation>
- DJI, (2017) *Manual de phantom 4 pro*. <https://www.dji.com/global/phantom-4-pro>
- DJI Enterprise, (2020) *Levantamientos de última generación*.
<https://enterprise-insights.dji.com/es/experiencias/levantamientos-de-ultima-generacion>
- Droara, (2020) *Manual de operaciones de drones: Paso a paso*.
<https://antonioramos.eu/manual-de-operaciones-de-drones/>
- Dronical, (2020) *Topografía de una línea eléctrica de alta tensión con Drone*.
<https://www.dronical.com/topografia-de-una-linea-electrica-de-alta-tension-con-drone/>
- El peruano, (2019) *Ley Nª 30704 ley que regula el uso y las operaciones de los sistemas de aerolíneas pilotadas a distancia (RPAS)*.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/422950/Ley_30740_RPA_S.pdf?v=1573837395

- Fenercom, (2015). *Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil*.
<https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2015/03/Los-Drones-y-sus-Aplicaciones-a-la-Ingenieria-Civil-fenercom-2015.pdf>
- Ferreira, M. & Aira, V. (2014). *Aplicaciones topográficas de los drones*.
Facultad de ingeniería, UBA.
- Fornero, (s/f). *Análisis Del Rendimiento*.
https://economicas.unsa.edu.ar/afinan/dfe/trabajos_practicos/afic/AFIC_Cap3.pdf
- (s/f) *Fotografías aéreas y su interpretación*.
<https://www.slideshare.net/SumantDiwakar/aerial-photographs-and-their-interpretation>
- Geociencias Aplicadas, (2016.). Facultad de Ingeniería, *Principios de Fotogrametría*. Universidad Nacional del Nordeste.
<https://xdoc.mx/preview/fotogrametria-facultad-de-ingenieria-5e49a65bbe909>
- Geotop, (s/f). *Accesorios de la estación total*.
- Gradient, (2019). *DRON, RPA, RPAS, UAS y UAV: ¿Qué son y en qué se diferencian?* <https://www.gradient.org/blog/dron/>
- Grijalba, P. (2018) *Fotogrametría aérea con Drones*.
<https://www.roboticairsystems.com/Downloads/informe-fotogrametria.pdf>
- HERRERA, B. (1987) *Elementos de fotogrametría*. Ed Limusa.
- Idrogo J. (2021) *Precisión del modelo digital de terreno (mdt), considerando el número de puntos de apoyo terrestre en un levantamiento fotogramétrico aplicado en la carretera pampa grande - tablazos, provincia de Chiclayo*.
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30178/Tesis.pdf?sequence=11>

- Inacap, (2011) *Levantamiento planímetro con estación total del patio central Inacap Maipu*. <https://www.udocz.com/apuntes/5986/informe-levantamiento-con-estacion-total>
- Irvin S. (2017), “*Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la Plaza San Luis - 2017*”. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12246>
- Jimenez N., Magaña A., Soriano E. (2019), “*análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y gps como métodos indirectos*”, *Universidad del Salvador*.
- Mak A. (2018) “*Evaluación de levantamientos topográficos con dron (dji phantom 4 pro) y estación total, quebrada Señor de Quinuapata del distrito de Ayacucho, Perú 2018*”. <http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/66>
- Meléndez, E. (2008) *Estación total aplicada al levantamiento topográfico de una comunidad rural*. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/83/Estacion%20total%20aplicada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (MTC, 2019). *Ley N.º 30740 - Ley que regula el uso y las operaciones de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS)*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/422950/Ley_30740_RPAS.pdf?v=1573837395
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG - 2018*. Lima. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2016). *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para calles y carreteras*. Lima.
- Leonardo O. (2019), “*Error, incertidumbre, precisión y exactitud, en levantamiento Aerofotogramétrico. Caso de estudio catastro de la*

parroquia San Carlos del cantón Naranja”.

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33531>

Ojeda F. (2023), “*estudio comparativo entre la topografía clásica con estación total y la fotogrametría digital mediante vehículos aéreos no tripulados (vant) en minería a cielo abierto*”, Universidad de Concepción.

http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/11127/1/Ojeda%20Molina_Fabi%C3%A1n%20%20Tesis.pdf

Oswin S. (2016), “*Comparación de costos entre métodos convencional de medición topográfica con estación total y fotogrametría, para elaborar estudios de prefactibilidad en el diseño geométrico de carreteras*” *Licenciatura thesis*”, Universidad de San Carlos de Guatemala.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/5210/>

Otero, Ezquerro A., Rodríguez R., Martín L., Bachiller I., (2008) *Fotogrametría*.

http://ocw.upm.es/pluginfile.php/1068/mod_label/intro/fotogrametria_cap_libro.pdf

Pachas R. (2009) *Levantamiento topográfico: uso del GPS y estación total*.

<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30397/1/articulo3.pdf>

Pix4d (s/f) *Cartografía y topografía con imágenes de drones, LiDAR terrestre y fotogrametría*. <https://www.pix4d.com/es/industria/inspeccion-mapeo/>

Propel, (2023). *Drone Land Survey Cost In 2023: Discover the Pricing*.

<https://www.propelrc.com/drone-land-survey-cost/>

Regner P. (2019) *Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales*. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/1121>

Rene C., Alex G. y Nelson P. (2016), *Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados*. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14218/1/50108282.pdf>

Rosana M. & Gerardo V. (2017) *Aplicaciones topográficas de los drones*.

<http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASH0159/314a3cb8.dir/doc.pdf>

Santamaria J. & Sanz T. (2011) *Fundamentos de fotogrametría*.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/492591.pdf>

Velandia, (2019) *Clasificación de coberturas con imágenes de dron*.
https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/539535_87e7df3c807e4ff184c2a472af984421.html

Zeiske K. (2000) *Principios básicos de Topografía*.
https://personales.us.es/leonbo/menu%20recursos/pdf/principios_de_topografia.pdf

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Leandro Quispe, D. (2023). *Comparación del RPAS y estación total en rendimientos y costos en topografía y diseño geométrico de carreteras en Ambo – Huacar- 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXOS 1 RESOLUCIONES

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 374-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 23 de febrero de 2022

Visto, el Oficio N° 233-2022-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "COMPARACIÓN DEL RPAS Y ESTACIÓN TOTAL EN RENDIMIENTOS Y COSTOS EN TOPOGRAFÍA Y DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS EN EL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO- 2023", presentado por el (la) Bach. DAVID ROY LEANDRO QUISPE.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 990-2021-D-FI-UDH, de fecha 23 de agosto de 2021, perteneciente al Bach. DAVID ROY LEANDRO QUISPE se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Martín César Valdivieso Echevarría, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 233-2022-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "COMPARACIÓN DEL RPAS Y ESTACIÓN TOTAL EN RENDIMIENTOS Y COSTOS EN TOPOGRAFÍA Y DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS EN EL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO- 2023" presentado por el (la) Bach. DAVID ROY LEANDRO QUISPE, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. William Paolo Taboada Trujillo (Secretario) y Mg. Yessica Julia Verastegui Ayala (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "COMPARACIÓN DEL RPAS Y ESTACIÓN TOTAL EN RENDIMIENTOS Y COSTOS EN TOPOGRAFÍA Y DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS EN EL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO- 2023" presentado por el (la) Bach. DAVID ROY LEANDRO QUISPE para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería
Ing. Ethel Ibarani Munzara Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANATO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/BML/Asa.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 990-2021-D-FI-UDH

Huánuco, 23 de Agosto de 2021

Visto, el Oficio N° 635-2021-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 310122-0000003547, del Bach. **David Roy, LEANDRO QUISPE**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art. 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 310122-0000003547, presentado por el (la) Bach. **David Roy, LEANDRO QUISPE**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **David Roy, LEANDRO QUISPE**, al Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá reiniciar el trámite.

Regístrese, comuníquese, archívese



Distribución:

Faz. de Expediente - PAIC - Asesor - Mg. y Exp. Acad. - Entregado - Archivado
BLUCE/MSL/mtg

ANEXOS 3

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CON DRONE

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FOTOGRAMETRIA		
Tipo de dron que se utilizó para la investigación		
Phanthon ()	Mavic ()	
Que programa se usó para la recolección de datos		
Agisoft ()	Pix4Dmapper ()	
Instrumento de apoyo para el uso de dron		
GPS difeencial ()	GPS submetrico ()	
Margen de error que se obtuvo		
+/- 5cm () +/- 15 cm ()	+/- 30 cm () No menciona ()	
Altura de vuelo de dron para tomas fotográficas		
0 a 20 m ()	20-40 m ()	40 a 60 m ()
Angulo de inclinación de la cámara del dron		
-90° ()	-75° ()	
Porcentaje de traslape de las fotografías		
40% () 60% ()	70% () otros ()	
Velocidad de vuelo del dron para las tomas fotográficas:		
10 a 20 km/h ()	20 a 30 km/h ()	Más de 30 km/h ()
Condiciones atmosféricas al momento del trabajo		
Soleado ()	Lluvioso ()	Nublado ()
Valoración de velocidades del viento al momento del trabajo		
Suave ()	Moderado ()	Fuerte ()
¿Qué tipo de obra vial se inspeccionó?:		
Carreteras ()	Autopistas ()	Otros: _____

ANEXOS 4

APROBACIÓN DE FICHAS DE INSTRUMENTOS

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a): DE JESUS MENDOZA, EFER

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Es grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante del Programa Académico De Ingeniería Civil, de la Universidad de Huánuco, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optare el grado de Magister.

El título del proyecto de investigación es: comparación del rps y estación total en rendimientos y costos en topografía y diseño geométrico de carreteras en ambo – huacar- 2023; y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- ✓ Carta de presentación.
- ✓ Matriz de operacionalización de las variables.
- ✓ Ficha de recolección de instrumentos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

Bach. David Roy Leandro Quispe
DNI: 47044890

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a): ROMERO COLQUI, JOSEPH MARION

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Es grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante del Programa Académico De Ingeniería Civil, de la Universidad de Huánuco, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optare el grado de Magister.

El título del proyecto de investigación es: comparación del rpas y estación total en rendimientos y costos en topografía y diseño geométrico de carreteras en ambo – huacar- 2023; y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- ✓ Carta de presentación.
- ✓ Matriz de operacionalización de las variables.
- ✓ Ficha de recolección de instrumentos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

Bach. David Roy Leandro Quispe
DNI: 47044890

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a): JARA TRUJILLO ALBERTO CARLOS

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Es grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante del Programa Académico De Ingeniería Civil, de la Universidad de Huánuco, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optare el grado de Magíster.

El título del proyecto de investigación es: comparación del rpas y estación total en rendimientos y costos en topografía y diseño geométrico de carreteras en ambo – huacar- 2023; y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- ✓ Carta de presentación.
- ✓ Matriz de operacionalización de las variables.
- ✓ Ficha de recolección de instrumentos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

Bach. David Roy Leandro Quispe
DNI: 47044890

FICHA DE JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

APELLIDOS Y NOMBRES DEL INFORMANTE	CARGO O INSTITUCION DONDE LABORA	NOMBRE DEL INSTRUMENTO A EVALUAR	AUTOR DEL INSTRUMENTO
SARA Trujillo ALBERTO.	COORDINADORA ARQUITECTURA - UDH	FICHAS TOPOGRAFICAS CON DRONES Y ESTACION TOTAL	LEANDRO QUASPE, David Ray

II. ASPECTOS DE LA VALIDACION

INDICADOR	CRITERIO	DEFICIENTE		REGULAR				BUENA				MUY BUENA				EXCELENTE				
		0 - 20		21 - 40				41 - 60				61 - 80				81 - 100				
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
CLARIDAD	ESTA FORMULADO CON LENGUAJE ADECUADO																X			
OBJETIVIDAD	ESTA EXPRESADO EN CONDUCTAS OBSERVABLES																			X
ACTUALIDAD	ESTA DE ACORDE A LOS APORTES RECIENTES EN LA DISCIPLINA DE ESTUDIO																			X
ORGANIZACION	HAY UNA ORGANIZACION LOGICA																			X
SUFICIENCIA	COMPRENDE LAS DIMENSIONES DE LA INVESTIGACION EN CANTIDAD Y CALIDAD																			X
INTENCIONALIDAD	ES ADECUADO PARA VALORAR LA VARIABLE SELECCIONADA																			X
CONSISTENCIA	ESTA BASADO EN ASPECTO TEORICOS Y CIENTIFICOS																			X
COHERENCIA	HAY RELACION ENTRE LOS INDICADORES, DIMENSIONES E INDICES																			X
METODOLOGIA	EL INSTRUMENTO SE RELACIONA CON EL METODO PLANTEADO EN EL PROYECTO																			X
APLICABILIDAD	EL INSTRUMENTO ES FACIL DE APLICACION																			X

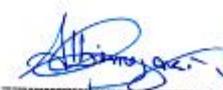
III. OPINION DE LA APLICABILIDAD

Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

IV. PROMEDIO DE VALORACION

89

Huanuco, 06. De OCTUBRE, del 2023


 Firma y Sello del Experto Informante.
 

ANEXOS 5

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PLAN DE VUELO 1

plan de vuelo	panel fotográfico	panel fotográfico	panel fotográfico
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

1



ANEXOS 6

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PLAN DE VUELO 2

plan de vuelo	panel fotográfico	panel fotográfico	panel fotográfico
2			
2			
2			
2			
2			
2			

2			
2			
2			
2			
2			
2			
2			

2			
2			
2			
2			
2			
2			
2			

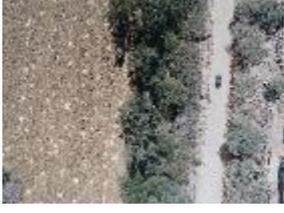
2			
2			
2			
2			
2			
2			
2			

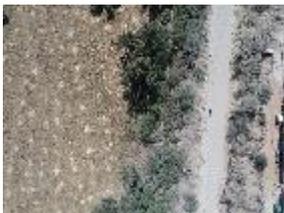
2			
2			
2			
2			
2			
2			
2			

2			
2			
2			
2			
2			
2			
2			

2			
2			
2			
2			
2			
2			
2			

2			
2			
2			
2			
2			
2			
2			

2			
2			
2			
2			
2			
2			
2			

2			
2			
2			
2			
2			
2			
2			

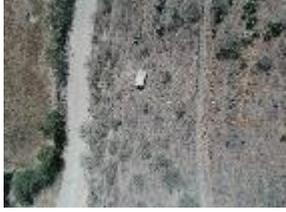
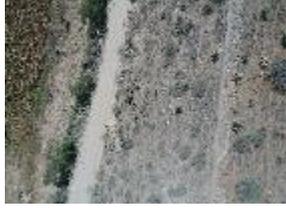
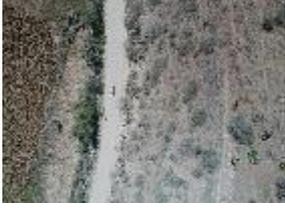
2			
2			
2			
2			
2			
2			
2			

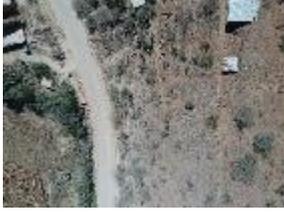
2			
2			

ANEXOS 7

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PLAN DE VUELO 3

plan de vuelo	panel fotográfico	panel fotográfico	panel fotográfico
3			
3			
3			
3			
3			
3			

3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

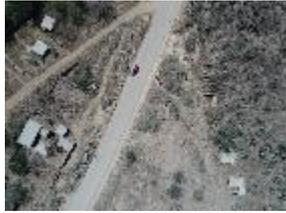
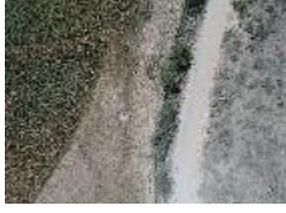
3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

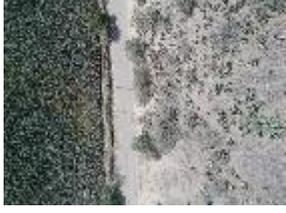
3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

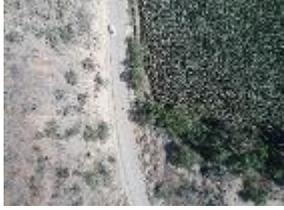
3			
3			
3			
3			
3			
3			
3			

ANEXOS 8

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PLAN DE VUELO 4

plan de vuelo	panel fotográfico	panel fotográfico	panel fotográfico
4			
4			
4			
4			
4			
4			

4			
4			
4			
4			
4			
4			
4			

4			
4			
4			
4			
4			
4			
4			

4			
4			
4			
4			
4			
4			
4			

4			
4			
4			
4			
4			
4			
4			

4			
4			
4			
4			
4			
4			
4			

4			
4			
4			
4			
4			
4			
4			

4			
4			
4			
4			
4			
4			
4			

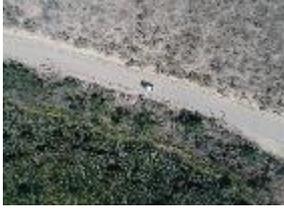
4			
4			
4			
4			
4			
4			
4			

4			
4			
4			
4			

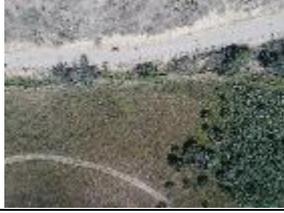
ANEXOS 9

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PLAN DE VUELO 5

Plan De Vuelo	Panel Fotográfico	Panel Fotográfico	Panel Fotográfico
5			
5			
5			
5			
5			
5			

5			
5			
5			
5			
5			
5			
5			

5			
5			
5			
5			
5			
5			
5			

5			
5			
5			
5			
5			
5			
5			

5			
5			
5			
5			
5			
5			
5			

5			
5			
5			
5			
5			
5			
5			

5			
5			
5			
5			
5			
5			
5			

5			
5			
5			
5			
5			
5			
5			

5			
5			
5			
5			
5			
5			
5			

5			
5			
5			
5			
5			
5			
5			

5



ANEXOS 10

PANEL FOTOGRÁFICO DEL PLAN DE VUELO 6

plan de vuelo	panel fotográfico	panel fotográfico	panel fotográfico
6			
6			
6			
6			
6			
6			

6			
6			
6			
6			
6			
6			
6			

6			
6			
6			
6			
6			
6			
6			

6			
6			
6			
6			
6			
6			
6			

6			
6			
6			
6			
6			
6			
6			

6			
6			
6			
6			
6			
6			
6			

6			
6			
6			
6			
6			
6			
6			

6			
6			
6			
6			
6			

ANEXOS 11

PUNTOS DE CONTROL CON ESTACIÓN TOTAL

X	Y	ELEVATION	LAYER
367346.296	8879771.86	2073.465	C
367260.366	8879767.59	2073.975	C
367178.07	8879719.92	2076.787	C
367096.628	8879661.78	2076.385	C
367044.471	8879627.36	2077.464	C
366973.077	8879563.88	2080.333	C
366921.989	8879529.46	2080.414	C
366885.223	8879511.29	2080.978	C
366832.425	8879484.15	2082.887	C
366781.123	8879451.65	2083.651	C
366727.684	8879394.79	2085.106	C
366701.819	8879359.31	2086.832	C
366650.517	8879252.22	2091.41	C
366614.179	8879163.08	2093.235	C
366564.587	8879053.21	2093.47	C
366532.951	8878977.33	2094.342	C
366500.46	8878883.7	2096.475	C
366469.679	8878834.11	2097.77	C
366429.065	8878784.52	2100.862	C
366390.589	8878740.7	2104.207	C
366372.634	8878715.05	2105.406	C
366367.503	8878682.56	2105.532	C
366364.724	8878634.25	2104.643	C
366348.265	8878591.5	2105.5	C
366307.651	8878522.67	2108.196	C
366269.175	8878471.15	2108.685	C
366247.372	8878427.76	2109.448	C
366227.065	8878404.25	2110.545	C
366172.343	8878353.8	2115.227	C
366120.614	8878313.61	2119.767	C
366098.811	8878292.02	2121.582	C
366085.13	8878265.94	2122.937	C
366076.58	8878226.61	2124.031	C
366077.649	8878172.11	2123.347	C
366073.801	8878114.82	2120.433	C



PUNTOS DE
CONTROL



366072.305	8878066.3	2118.004	C
366062.9	8878017.99	2115.859	C
366038.745	8877976.09	2115.059	C
365984.878	8877893.79	2115.461	C
365956.449	8877860.02	2115.763	C
365906.643	8877803.59	2117.08	C
365852.563	8877743.52	2118.931	C
365808.957	8877696.92	2120.419	C
365784.161	8877672.98	2121.52	C
365738.417	8877642.2	2122.944	C
365690.535	8877593.25	2123.132	C
365652.059	8877580	2123.423	C
365581.519	8877568.03	2125.859	C
365525.942	8877552.21	2128.526	C
365496.23	8877552.42	2130.86	C
365382.939	8877577.22	2136.993	C
365329.286	8877589.62	2137.662	C
365285.466	8877584.49	2138.772	C
365207.017	8877560.55	2141.762	C
365099.07	8877511.17	2144.709	C
365054.181	8877480.6	2145.013	C
365037.722	8877456.66	2145.494	C
365032.805	8877415.41	2145.356	C
365037.935	8877360.26	2143.232	C
365042.852	8877266.42	2138.26	C
365039.004	8877199.51	2136.224	C
365020.193	8877122.99	2135.559	C
364992.405	8877006.92	2135.73	C
364973.381	8876906.45	2138.25	C
364964.189	8876846.6	2139.477	C
364953.715	8876795.94	2139.999	C
364951.791	8876729.03	2140.724	C
364951.791	8876649.3	2142.766	C
364950.081	8876548.41	2146.715	C
364951.91	8876477.82	2150.792	C
367409.056	8879794.47	2072.921	C

ANEXOS 12

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>Problema General:</p> <p>¿De qué manera el RPAS frente a la estación total se relacionara en los rendimientos y costos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná de Ambo hasta Huácar - Huánuco -2023?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿De qué Manera el RPAS se relaciona en los rendimientos y costos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná de</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Comparar de qué manera el RPAS con respecto a la estación total se relaciona en los rendimientos y costos en las topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná de Ambo hasta Huácar – Huánuco -2023.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>1. Determinar si el levantamiento topográfico con drones es una mejor propuesta en cuando a costos en el diseño geométrico de carretas en el tramo del cruce</p>	<p>Antecedentes.</p> <p>A nivel nacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • UPLA. Regner, P. (2019) “Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales”. • UPRIT. Mark, A. (2018) “Evaluación de levantamientos topográficos con drones (dji phantom 4 pro) y estación total, quebrada señor de quinuapata del distrito de Ayacucho, Perú 2018”. • UCV. Irvin, S. (2017) “Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza san luis -2017”. <p>A nivel internacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Universidad de Concepción – chile, Ojeda M. (2023), “Estudio comparativo entre la topografía clásica con estación total y la fotogrametría digital mediante vehículos aéreos no tripulados 	<p>Hipótesis General:</p> <p>El uso de RPAS con respecto a la estación total mejora en los rendimientos y costos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná Ambo hasta Huácar – Huánuco – 2023.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El uso de RPAS con respecto a la estación total mejorara los rendimientos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná Ambo hasta Huácar -Huánuco – 2023. 2. El uso de RPAS con respecto a la 	<p>Variable 1:</p> <p>Rendimientos y costos</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo • diseño geométrico de carreteras 2018. • Costo <p>Variable 2:</p> <p>RPAS y estación total</p> <p>Dimensiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Levantamiento topográfico. • Comparar. • Precisión. 	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Cuantitativa.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Correlacional – explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental</p> <div style="text-align: center;"> <p>Donde: M = Muestra O₁, Variable 1 O₂, Variable 2 r = relación entre las dos variables</p> </div> <p>Población: La población analizada se encuentra constituida por en la carretera del cruce Maracaná hasta Huácar, de la provincia de Ambo, del departamento de Huánuco 2023.</p> <p>Muestra: La muestra analizada se encuentra constituida por el tramo de cruce Maracaná hasta Huácar, localizadas en la provincia de Ambo, del</p>

<p>Ambo hasta Huácar – Huánuco – 2023?</p> <p>¿De qué manera se relaciona los tiempos y el levantamiento topográfico en el cruce de Maracaná hasta Huácar – Huánuco – 2023?</p> <p>¿De qué manera mejorara los resultados obtenidos de ambos levantamientos topográficos (Rpas y estación total) en el diseño geométrico de carreteras en el tramo del cruce con maracaná hasta Huácar en Ambo?</p>	<p>con Maracaná hasta Huácar en Ambo.</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar el tiempo usado para el levantamiento topográfico del tramo del cruce con Maracaná hasta Huácar en Ambo. Comparar los resultados obtenidos de ambos levantamientos topográficos (levantamiento topográfico con estación total y levantamiento topográfico con drones) en el diseño geométrico de carreteras en el tramo del cruce con Maracaná hacia Huácar en Ambo.. 	<p>(VANT) en minería a cielo abierto”</p> <ul style="list-style-type: none"> Universidad de El Salvador – El Salvador, Jimenes N, Magaña A. & Soriano E. (2019), “Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total con método directo y el uso de drones y GPS con métodos indirectos” Universidad de Cuenca-Ecuador. Leonardo, (2019) “error, incertidumbre, precisión y exactitud en levantamientos aerofotogramétricos”. 	<p>estación total disminuirá favorablemente los cotos en la topografía y diseño geométrico de una carretera en el cruce de Maracaná Ambo hasta Huácar – Huánuco – 2023.</p>	<p>departamento de Huánuco. Del tramo 0+000 hasta el tramo 4+700.</p> <p>Técnicas e instrumentos: <u>Observación</u> - ficha de observación.</p> <p>Técnicas de procesamiento de datos:</p> <p>Para el análisis de estos resultados y procesarlas se usará el Excel con un 95% de confiabilidad.</p> <p>Para el diseño de carreteras se usara el manual de carreteras DG-2018 vigente el cual será implantado en el programa Civil 3d para que muestre datos mas exactos.</p>
---	---	--	---	--