



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



**“INFLUENCIA DE LA CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS
DE CONTROL EN LA PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO
FOTOGRAMÉTRICO CON DRONE EN LA AUTOPISTA PUNO –
JULIACA KM 48+000 A 50+000”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. FERMINA GEORGINA SERRUTO FLORES

Bach. ODALIZ HUALLPA CONDORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

INFLUENCIA DE LA CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN LA PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO CON DRONE EN LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA KM 48+000 A 50+000

AUTOR

FERMINA GEORGINA SERRUTO FLORES / ODALIZ HUALLPA CONDORI

RECuento DE PALABRAS

19299 Words

RECuento DE CARACTERES

106803 Characters

RECuento DE PÁGINAS

127 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.7MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 23, 2024 8:56 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 23, 2024 8:58 AM GMT-5

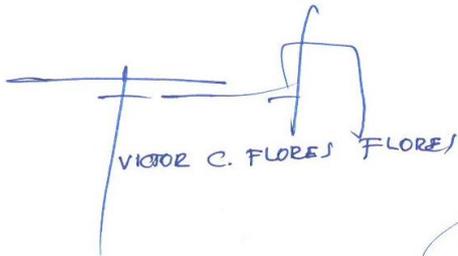
● **10% de similitud general**

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

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 11 palabras)


VICTOR C. FLORES FLORES


M. Sc. Luis Alberto Mamani Huancu
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN,
EPITA - FCA

Resumen



DEDICATORIA

A mis padres Aquiles y Antonia, por haberme brindado una educación con valores a mi hermano Juan Carlos, hermanas Melania y Gladys quienes siempre me apoyaron constantemente en el desarrollo y formación profesional, a mis amigas y amigos quienes estuvieron para mí en el proceso de mi formación profesional a José por ser una gran persona e incentivarme a lograr una meta más en esta vida.

Fermina Georgina



DEDICATORIA

A mis padres, David e Ines, quienes siempre han estado a mi lado en todo momento brindándome todo su cariño, respaldo y ayudándome a convertirme en una mejor persona, a mis hermanos Rocio, José y Luis por todo su apoyo y por enseñarme que la vida es más divertida cuando hay compañía, así como a mis amigos, compañeros y todas las personas que de una manera u otra han contribuido al cumplimiento de mis metas.

Odaliz Huallpa.



AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestra casa de estudios, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, por brindarnos y darnos la oportunidad de adquirir el conocimiento para nuestra formación profesional.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, por sus valiosas enseñanzas académicas además por habernos brindado su apoyo con conocimientos, recomendaciones.

A nuestro Director/Asesor de tesis, Ing. Víctor Cipriano Flores Flores, por sus consejos, así como también darnos recomendaciones para realizar esta investigación.

Fermina Georgina

Odaliz



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2.1 Problema general	21
1.2.2 Problemas específicos.....	21
1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.3.1 Hipótesis general	22
1.3.2 Hipótesis específicas.....	22
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	22
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.5.1 Objetivo General	23
1.5.2 Objetivos Específicos	23



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES	24
2.1.1	Antecedentes Internacionales	24
2.1.2	Antecedentes Nacionales	27
2.1.3	Antecedentes locales.....	28
2.2	MARCO TEÓRICO	28
2.2.1	Distribución de puntos.....	28
2.2.1.1	Geodesia.	29
2.2.1.2	Geodesia geométrica	29
2.2.1.3	Clasificación de los puntos geodésicos	30
2.2.1.4	Punto geodésico orden “0”	30
2.2.1.5	Punto geodésico orden “A”	30
2.2.1.6	Punto geodésico orden “B”	30
2.2.1.7	Punto geodésico orden “C”.....	31
2.2.1.8	Puntos de apoyo (PFCH).....	31
2.2.1.9	Sistema global de navegación por satélite GNSS	32
2.2.1.10	Sistema de posicionamiento global GPS	33
2.2.1.11	Datum (WGS-84)	33
2.2.1.12	Tipos De Superficie	34
2.2.1.13	Superficie matemática o elipsoide de revolución.....	34
2.2.1.14	Superficie física o geoide.....	34
2.2.1.15	Superficie topográfica.....	34
2.2.1.16	Sistema de referencia vertical (alturas en geodesia).....	35
2.2.1.17	Altura geométrica	35



2.2.1.18	Altura elipsoidal	35
2.2.1.19	Altura ortométrica	35
2.2.1.20	Ondulación Geoidal.....	36
2.2.1.21	Posicionamiento satelital	37
2.2.1.22	Sistema de navegación por satélite (GPS):	37
2.2.1.23	Sistema de navegación por satélite (GLONASS):	39
2.2.1.24	Sistema de navegación por satélite (GALILEO).....	40
2.2.1.25	Sistema de navegación por satélite (COMPASS).....	40
2.2.1.26	Observaciones GNSS	41
2.2.2	Fotogrametría	44
2.2.2.1	Instrumental	44
2.2.2.2	Distancia al Objeto	45
2.2.2.3	Modelos digitales de elevaciones.....	45
2.2.2.4	Ortofotografía	47
2.2.2.5	Rectificación de imágenes	48
2.2.2.6	Ortoproyección	49
2.2.2.7	Fases de un proyecto fotogramétrico	50
2.2.2.8	Plan de vuelo.....	51
2.2.2.9	Precisión y exactitud	51
2.2.2.10	Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) o Drone.....	52
2.2.2.11	Clasificación de Drone.....	53
2.2.2.12	Según su uso.....	53
2.2.2.13	Según el método de control.....	54
2.2.2.14	Según su forma de sustentación	55
2.2.2.15	Software de procesamiento de imágenes de Drone.....	55



2.2.2.16	GSD (Distancia de Muestreo de Terreno).....	56
2.2.2.17	Sobreposición de imágenes.....	58

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	ZONA DE ESTUDIO.....	60
3.1.1	Ubicación política.....	60
3.1.2	Ubicación de coordenadas UTM.....	60
3.1.3	Ubicación de coordenadas Geográficas.....	60
3.1.4	Vía de acceso.....	60
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS.....	62
3.2.1	Materiales.....	62
3.2.2	Herramientas.....	62
3.2.3	Equipos.....	63
3.2.4	Instrumentos.....	63
3.2.5	Softwares Utilizados.....	63
3.3	PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.....	63
3.4	PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.....	64
3.5	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	65
3.6	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	65
3.6.1	Diseño de la Investigación.....	65
3.6.2	Significancia Estadística.....	65
3.6.3	Tipo de Investigación.....	66
3.7	PROCEDIMIENTOS.....	66
3.7.1	Cantidad de Puntos de Control (Fotocontrol).....	67
3.7.2	Modo Estático.....	67



3.7.3	Post Proceso Estático.....	68
3.7.4	Modo Fast Static (Estático Rápido).....	70
3.7.5	Post Proceso Estático Rápido.....	71
3.7.6	Modo RTK (Real Time Kinematic).....	74
3.7.7	Post Proceso RTK (Real Time Kinematic)	74
3.7.8	Vuelo Fotogramétrico	76
3.7.9	Distribución de Puntos de Control (Fotocontrol).....	77
3.7.10	Procesamiento Fotogramétrico.....	83
3.8	VARIABLES	85
3.8.1	Operalización de Variables.....	85
3.8.2	Instrumentos de observación.....	86

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS DE PRECISIONES DE GCP (FOTOCONTROLES).....	87
4.2	RESULTADOS DE PRECISIONES EN LAS DISTRIBUCIONES DE GCP (FOTOCONTROLES)	88
4.2.1	Resultados de precisiones de errores en X datos GNSS y Drone	88
4.2.2	Resultados de precisiones de errores en Y datos GNSS y Drone.....	88
4.2.3	Resultados de precisiones de errores en Z datos GNSS y Drone.....	89
4.2.4	Diseño estadístico	92
4.2.4.1	Prueba de normalidad.....	92
4.2.4.2	Prueba de Hipótesis (ANOVA).....	94
4.3	DISCUSIONES	99
V.	CONCLUSIONES.....	101
VI.	RECOMENDACIONES	102



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
ANEXOS.....	107

ÁREA: Topografía, Geodesia, Cartografía y Catastro

TEMA: “Influencia de la cantidad y distribución de puntos de control en la precisión del levantamiento fotogramétrico con Drone en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000”

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 de Enero de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Vías de Acceso al lugar de estudio del Departamento Puno.61
Tabla 2	Resumen de precisiones de la Línea Base PU02 A PCG-0169
Tabla 3	Resumen de aceptación69
Tabla 4	Propiedades del proceso69
Tabla 5	Lista de punto UTM de PU02 A PCG-0170
Tabla 6	Lista de punto Geográficas de PU02 A PCG-0170
Tabla 7	Resumen de precisiones de PCG-01 A (Fotocontroles)72
Tabla 8	Resumen de aceptación de Fotocontroles.....73
Tabla 9	Lista de puntos UTM de Fotocontroles.....73
Tabla 10	Lista de puntos Geográficas de Fotocontroles.....73
Tabla 11	Lista de puntos UTM RTK y Alturas Elipsoidales75
Tabla 12	Distribución de Puntos de Control Terrestre (Fotocontroles).....82
Tabla 13	Operalización de variables.....85
Tabla 14	Puntos UTM Estático Rápido, Alturas Elipsoidales y Precisiones87
Tabla 15	Error en X.....88
Tabla 16	Error en Y88
Tabla 17	Error en Z.....89
Tabla 18	Errores Medios Cuadráticos en X90
Tabla 19	Errores Medios Cuadráticos en Y90
Tabla 20	Errores Medios Cuadráticos en XY90
Tabla 21	Errores Medios Cuadráticos en Z91
Tabla 22	Tolerancias para trabajos de Levantamientos Topográficos91
Tabla 23	Resumen de Errores Medios cuadráticos91



Tabla 24	Análisis de resultados de la Normalidad	93
Tabla 25	Prueba de Hipótesis ANOVA en X, Y, Z.	94
Tabla 26	Análisis de resultados Tukey en X.....	95
Tabla 27	Gráfica de tendencias de medias en X	96
Tabla 28	Análisis de resultados Tukey en Y	96
Tabla 29	Gráfica de tendencias de medias en Y.....	97
Tabla 30	Análisis de resultados Tukey en Z	97
Tabla 31	Gráfica de tendencias de medias en Z.....	98



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Distribución de los puntos de control terrestre.....	29
Figura 2 Comparación de Geoide y Elipsoide.....	37
Figura 3 MDE.....	46
Figura 4 Vista de MDS.....	47
Figura 5 Vista de MDT.....	47
Figura 6 Resultado de la rectificación.....	48
Figura 7 Resultado de la ortoproyección.....	49
Figura 8 Fases del procedimiento de la ortofoto.....	50
Figura 9 Agrupamiento de la precisión dentro de las dianas.....	52
Figura 10 Clasificación de Drone.....	53
Figura 11 Gráfico para determinar el GSD.....	57
Figura 12 Plan para Adquisición de Imágenes general.....	59
Figura 13 Mapa de ubicación política del Perú y del departamento de Puno.....	61
Figura 14 Ubicación de la zona de investigación.....	62
Figura 15 Flujograma de investigación.....	66
Figura 16 Medición y posicionamiento del punto PCG-01 Método Estático.....	67
Figura 17 Línea Base PU02 A PCG-01 en el Software TBC.....	68
Figura 18 Vista cronológica Trimble Business Center.....	68
Figura 19 Establecimiento de Puntos de Control en Modo Estático Rápido.....	71
Figura 20 Líneas Base PCG-01 a Puntos de Control Terrestre (Fotocontroles).....	72
Figura 21 Procesamiento de puntos RTK.....	75
Figura 22 Planeación de vuelo lineal.....	76
Figura 23 Vista del vuelo a una altura de 60 metros.....	77



Figura 24	Distribución Modelo 01.....	78
Figura 25	Distribución Modelo 03.....	78
Figura 26	Distribución Modelo 05.....	79
Figura 27	Distribución Modelo 07.....	79
Figura 28	Distribución Modelo 09.....	80
Figura 29	Distribución Modelo 02.....	80
Figura 30	Distribución Modelo 04.....	81
Figura 31	Distribución Modelo 06.....	81
Figura 32	Distribución Modelo 08.....	82
Figura 33	Distribución Modelo 10.....	82
Figura 34	Ajuste de imágenes con los Fotocontroles	84
Figura 35	Optimización de imágenes.....	84
Figura 36	Modelo 10 con 22 Puntos de Control Terrestre (Fotocontrol).....	85



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXOS 1	Excavación para la monumentación del punto PCG-01 107
ANEXOS 2	Placa del PCG-01 107
ANEXOS 3	Monumentación del punto PCG-01..... 108
ANEXOS 4	Punto de fotocontrol para el levantamiento fotogramétrico 108
ANEXOS 5	Levantamiento de fotocontrol modo Estático Rápido 109
ANEXOS 6	Levantamiento del vuelo fotogramétrico..... 109
ANEXOS 7	Certificado de Operatividad Receptores GNSS 110
ANEXOS 8	Certificado de Operatividad RPA (DRONE) 113
ANEXOS 9	Ficha Técnica de Estación de Rastreo Permanente PU02 114
ANEXOS 10	Especificaciones Técnicas DRONE 118
ANEXOS 11	Especificaciones Técnicas Receptores GNSS..... 121
ANEXOS 12	Planos. 123



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

BM:	Bench Mark (banco de nivel).
EGM 2008:	Earth Gravitational Model 2008 (Modelo gravitacional de la Tierra 2008)
ERP:	Estaciones de rastreo permanente.
GSD:	Ground Sample Distance (Distancia de Muestra de Tierra)
GPS:	Global Positioning System (Sistema de posicionamiento Global)
GNSS:	Global Navigation Satellite System (Sistema Satelital de Navegación Global)
GDOP:	Geometric Dilution Of Precision (Dilución Geométrica de Precisión)
GCP:	Ground Control Point (Punto de Control Terrestre)
IGN:	Instituto Geográfico Nacional
NAVSTAR:	Navigation System with Time and Ranging (Sistema de navegación en tiempo y distancia)
PRN:	Pseudo Random Noise (Ruido Pseudoaleatorio)
SIRGAS:	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.
MDE:	Modelo Digital de Elevaciones
MDT:	Modelo Digital de Terreno
PCG:	Puntos de Control Geodésico
REGGEN:	Red Geodésica Geocéntrica Nacional
REGPMOC:	Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo.
RMS:	Root mean square (Error medio cuadrático).
RPA:	Remotely Piloted Aircraft (Aeronave Pilotada a Distancia)
RPAS:	Remotely Piloted Aircraft System (Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada)
UAV:	Unmanned Aerial Vehicle (Vehículo Aéreo no Tripulado)
UAVS:	Unmanned Aerial Vehicle System (Sistema de Vehículos Aéreos no Tripulados)
UTM:	Universal Transversal de Mercator
WGS-84	World Geodetic System 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984)



RESUMEN

Actualmente la fotogrametría con Drone ha surgido como una solución popular para obtener ciertos productos necesarios en proyectos lineales, como ortoimágenes o modelos digitales de superficie, esto principalmente por su capacidad para generar de manera rápida estos productos topográficos. Para asegurar cierto nivel de exactitud, resulta crucial tener información sobre la cantidad necesaria de puntos de control del terreno (GCPs) y la manera de distribuirlos en la zona de estudio. La presente investigación titulada “Influencia de la cantidad y distribución de puntos de control en la precisión del levantamiento fotogramétrico con Drone en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000” tiene como objetivos específicos, a) Determinar la influencia de la cantidad de puntos de control b) Determinar la influencia de la distribución de puntos de control en la precisión del levantamiento fotogramétrico. Para ello se realizaron 10 Modelos fotogramétricos en los que varían la cantidad de Puntos de Control y su distribución, llegando a la conclusión de que los modelos que utilizaron 11, 12, 22 GCP (Modelo 9, 8, 10 respectivamente) tienen una mejor precisión Modelo 8 Error en XY=0.0243m, Error en Z =0.0797m; Modelo 9 Error en XY=0.0243m, Error en Z=0.0308m; Modelo 10 Error en XY=0.0230m, Error en Z=0.0321m. La metodología de esta investigación es de enfoque cuantitativo su análisis es numérica. En cuanto al periodo temporal se considera transversal. El Análisis de Datos es de Nivel Explicativo, el tratamiento se realizó con el ANOVA en donde se concluyó que existe diferencia significativa al menos en uno de los tratamientos.

Palabras Clave: Control, Coordenadas, Fotogrametría, Puntos



ABSTRACT

Currently, Drone photogrammetry has emerged as a popular solution to obtain certain products necessary in linear projects, such as orthoimages or digital surface models, this mainly due to its ability to quickly generate these topographic products. To ensure a certain level of accuracy, it is crucial to have information on the necessary number of ground control points (GCPs) and how to distribute them in the study area. The present research titled “Influence of the quantity and distribution of control points on the precision of the photogrammetric survey with Drone on the Puno – Juliaca highway km 48+000 to 50+000” has as specific objectives, a) Determine the influence of the number of control points b) Determine the influence of the distribution of control points on the precision of the photogrammetric survey. For this purpose, 10 photogrammetric models were made in which the number of Control Points and their distribution varied, reaching the conclusion that the models that used 11, 12, 22 GCP (Model 9, 8, 10 respectively) have better precision. Model 8 Error in XY=0.0243m, Error in Z =0.0797m; Model 9 Error in XY=0.0243m, Error in Z=0.0308m; Model 10 Error in XY=0.0230m, Error in Z=0.0321m. The methodology of this research is quantitative in approach and its analysis is numerical. Regarding the time period, it is considered transversal. The Data Analysis is of Explanatory Level, the treatment was carried out with the ANOVA where it was concluded that there is a significant difference in at least one of the treatments.

Keywords: control, coordinates Photogrammetry, points, ,



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías en la fotogrametría y los sistemas de navegación satelital han ido evolucionando a nivel global para distintos fines de uso como, en la geodesia, cartografía, fotogrametría, topografía, obteniendo así resultados más precisos que con los equipos convencionales.

Actualmente la utilización de drone es con respecto a los levantamientos fotogramétricos aumento considerablemente, pero hay una limitación de conocimiento con respecto a la determinada cantidad de uso de puntos de control terrestre y su distintiva distribución de la misma para así obtener una mejor precisión al momento de realizar los levantamientos, por lo cual es muy importante conocer la correcta distribución de los puntos de control terrestre.

A nivel global existe investigaciones sobre la implementación de datos de nube de puntos (Point Cloud data) PCD en el ámbito de la construcción ha aumentado en estos últimos años, lo que demuestra la popularidad de PCD en este dominio. Este artículo propone un nuevo marco para mejorar de forma automática la precisión de las coordenadas de PCD. (Choi et al., 2022)

A nivel nacional se viene realizando diferentes levantamientos fotogramétricos que podrían llegar a un 95% de precisión con respecto a los levantamientos directos según su investigación “Evaluación de levantamientos topográficos con Drone (DJI Phantom 4 pro) y Estación Total quebrada Señor de Quinuapata del Distrito de Ayacucho, Perú 2018”, su búsqueda es para consolidar la confianza y eficiencia en las mediciones topográficas a través de la implementación de drone es y el enfoque directo ha llevado a



la conclusión de que dispositivos topográficos como el drone DJI Phantom 4 Pro y la Estación Total generan resultados satisfactorios en esta tarea (Ayala Mak Robert, 2018).

A nivel local los levantamientos directos e indirectos y su costo son de una confiabilidad aceptable según su investigación denominado “comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drone es al método tradicional” (Tacca, 2015)

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los levantamientos topográficos se aplican en las diferentes gamas de la ingeniería utilizando diferentes equipos como podría ser de forma directa el GPS diferencial y de manera indirecta los vuelos aplicados con drone que te dan resultados de densidad de puntos en este caso se requieren poder generar mejores resultados en menor tiempo al momento de adquirir la información de campo con mayores detalles.

En esta oportunidad se quiere definir la optimización de levantamientos con drone teniendo como referencia la correcta distribución de los puntos de control para sus precisiones requeridas para los proyectos de ingeniería por lo cual se plantea lo siguiente.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿La cantidad y distribución de puntos de control influye en la precisión del levantamiento fotogramétrico con drone en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000?

1.2.2 Problemas específicos

¿La cantidad de puntos de control influye en la precisión del levantamiento fotogramétrico con drone en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000?



¿La distribución de puntos de control influye en la precisión del levantamiento fotogramétrico con dron en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000?

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Hipótesis general

Existe diferencia al determinar la influencia de la cantidad y distribución de puntos de control en la precisión del levantamiento fotogramétrico con Drone en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000

1.3.2 Hipótesis específicas

Existe diferencia al determinar la influencia en la cantidad de puntos de control en la precisión del levantamiento fotogramétrico con Drone en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000

Existe diferencia al determinar la influencia en la distribución de puntos de control en la precisión del levantamiento fotogramétrico con Drone en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La siguiente investigación se realiza puesto que al momento de la ejecución de los proyectos en donde se realizan levantamientos topográficos encontramos diferencias significativas en las coordenadas (x,y,z) con respecto a los estudios realizados con Drone.

Además, se realiza para poder brindar un mejor conocimiento para el profesional enfocado en el área de topografía y fotogrametría con Drone ya que es importante saber el nivel de significancia de vuelos Aerofotogramétrico con Drone para no cometer el error



en una incorrecta distribución de los puntos de control cuando realizamos la fotogrametría en campo.

Esta investigación será para comprobar las diferencias en las precisiones de los puntos de criterio elegidos por el investigador, para responder la hipótesis planteada.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo General

Determinar la influencia de la cantidad y distribución de puntos de control en la precisión del levantamiento fotogramétrico con Drone en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000

1.5.2 Objetivos Específicos

Determinar la influencia de la cantidad de puntos de control en la precisión del levantamiento fotogramétrico con Drone en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000

Determinar la influencia de la distribución de puntos de control en la precisión del levantamiento fotogramétrico con Drone en la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

La presente investigación tiene relación con estudios e investigaciones realizadas a nivel internacional, nacional que darán referencia sobre la cantidad y distribución de puntos de control en levantamientos fotogramétricos.

2.1.1 Antecedentes Internacionales

A nivel internacional (Zhang et al., 2022) “Optimización de la distribución de puntos de control en tierra para fotogrametría de vehículos aéreos no tripulados para campos inaccesibles” realizaron comparaciones entre 88 patrones de puntos de control georreferenciados (GCP) en una finca de 18 hectáreas. Los resultados señalan que la mejor calibración se obtuvo con los patrones de GCP distribuidos de manera uniforme alrededor del campo, logrando un error cuadrático medio (RMSE) de 0,15 metros. En situaciones donde la distribución uniforme no era posible debido a obstrucciones, los patrones con GCP distribuidos uniformemente en la mitad del campo o dispuestos en forma de triángulo exhibieron una precisión moderada, con RMSE de 0,18 metros y 0,43 metros, respectivamente. Por otro lado, los patrones con GCP dispuestos en línea recta condujeron a la peor precisión, con un RMSE de 2,10 metros. Este estudio destaca que las distribuciones bidimensionales de GCP, incluso en áreas pequeñas, proporcionaron una mejor calibración en comparación con una disposición en línea recta extensa.

A nivel internacional (Ferrer-González et al., 2020) “Evaluación de la precisión de la fotogrametría con UAV para la cartografía de corredores basada



en el número y la distribución de los puntos de control terrestre” determinaron el número de GCPs y cómo distribuirlos de forma que se pueda obtener una mayor precisión para un área de estudio en forma de corredor. Para ello, se han realizado varios proyectos fotogramétricos en los que varía el número de GCPs utilizados en el ajuste del paquete y su distribución. Los distintos proyectos se evaluaron teniendo en cuenta dos parámetros diferentes: el error cuadrático medio (RMSE) y la comparación multiescala de modelo a modelo de nubes (M3C2). De las distintas configuraciones ensayadas, los proyectos que utilizaron 9 y 11 GCPs (4,3 y 5,2 GCPs km⁻¹, respectivamente) distribuidos alternativamente a ambos lados de la carretera en un patrón de desplazamiento o zigzag, concluye con un par de GCPs en cada extremo de la carretera, arrojaron resultados óptimos en cuanto al coste del trabajo de campo, en comparación con los proyectos que utilizaron GCPs similares o más colocados según otras distribuciones.

A nivel internacional (Movilla, 2019) “Influencia de los puntos de control sobre el terreno en la precisión de modelos digitales de superficie generados mediante fotogrametría aérea” llevo a cabo evaluaciones de puntos de control terrestre (GCP) con el objetivo de establecer la precisión de los modelos digitales de superficie (DSM) generados mediante fotogrametría. En este procedimiento, se identificaron 110 puntos con coordenadas conocidas en una extensión de 181 hectáreas, donde se realizó un vuelo fotogramétrico. La medición de errores de altitud se efectuó en 344 muestras durante el proceso de alineación de imágenes, variando la cantidad de puntos de control terrestre (GCP).

A nivel internacional (Ortiz & Hernández, 2019) “Análisis de la influencia de los puntos de control terrestre en la exactitud posicional de ortofotomosaicos generados por medio de un vuelo fotogramétrico realizado por un vehículo aéreo



no tripulado (VANT)” Evaluaron la precisión al posicionamiento de 13 experimentos diferentes para crear un ortofotomosaico basado en el número, la distribución de puntos de control en tierra, rastreando procesos fotogramétricos con imágenes del vuelo de droness. La precisión de posicionamiento utilizada para evaluar los productos se ha definido de acuerdo con los estándares internacionales para los resultados geospaciales como mapas a una escala de 1/200. Estos controles de calidad geométrica se realizaron mediante análisis estadístico, evaluación de desviaciones de la experimentación tridimensional resultados del procesamiento fotogramétrico.

A nivel internacional (CISNEROS et al., 2019) “Estudio de las configuraciones de puntos de control terrestre para fotogrametría con Dronee.” En este estudio se da prioridad a la obtención del mejor configurado de puntos de control considerando su número y posición en el terreno. Primero, dibujaron una cuadrícula de puntos sobre el área definida del estudio. Los siguientes puntos se materializaron en el terreno mediante el trazado en topografía convencional utilizando una estación total y luego se ubicaron con precisión utilizando tecnología GNSS. La colocación del que realizaron se hizo con un método estático rápido utilizando un equipo de frecuencia única y finalmente realizaron el post-procesamiento adecuado. Finalmente, volaron un Drone sobre el área para capturar imágenes, que usaron para ortomosaico de 45 configuraciones variadas como de 3, 4, 5 y 6 puntos de control. Analizaron la toma de datos para fotogrametría con Drone no especifica una metodología de cuantos puntos se debe usar y distribuirlos, según los análisis realizados indican que varía dependiendo del terreno sobre el que ha realizado el estudio y por lo tanto estos criterios fueron basados en la experiencia del operador. Con los resultados obtenidos se pretende



que sirva de guía para la selección de puntos de control para posteriores trabajos que tengan con características similares al proyecto actual. concluyen que la configuración que logró el error cuadrático medio (RMSE) más bajo que obtuvieron es una de las configuraciones de 5 puntos.

A nivel internacional (Tito Loza, 2019)“Evaluación De Precisiones De Georreferenciación De Productos Fotogramétricos Con Drone; Aplicando Diferentes Cantidades De Puntos De Control Terrestre.” En su estudio, procuro abordar la interrogante: ¿Cuál es la exactitud de la georreferenciación de puntos fotogramétricos mediante el uso de un Drone, y de qué manera la cantidad de puntos de control influye en dicha precisión? Corrigieron el resultado de la encuesta anterior porque el uso de múltiples puntos de control terrestre afectó la precisión de la georreferenciación, pero también consideraron la importancia de considerar la topografía del área de estudio y la ubicación de los puntos de control en el suelo. Concluye que la precisión de la georreferenciación depende con el número de puntos de control terrestre.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

A nivel nacional (Idrogo, 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” analizó sobre 8917 metros lineales, la cantidad de vértices fue determinante en la precisión de los modelos elaborados, iniciaron por el proceso de orientación de la foto, incluyendo resultados generados como ortofotos, MDS (modelo digital de superficie), MDT. Pasó de 0 puntos de apoyo en la prueba N° 1 a 141 puntos de apoyo en la prueba N° 15. La cantidad de puntos de control



(CP) utilizados para contrastar la precisión fue de 27. Después de los cálculos estadísticos concluyó que se requieren 7 PA/km para establecer el diseño y la metodología del levantamiento fotogramétrico para lograr una precisión de MDT dentro de los límites correctos. De los modelos elaborados, se aplican a partir de la prueba N° 8. Basándose en esta prueba, la superficie de MDT se generó en Autodesk Civil3D, creando las líneas de contorno con excelente detalle.

2.1.3 Antecedentes locales

A nivel local (Ordoñez-Avenida & Condori-Mamani, 2022) su investigación trata sobre el “análisis de la precisión de un levantamiento topográfico utilizando fotogrametría con Drone y su relación a la densidad de puntos de control terrestre”, se enfoca en evaluar la exactitud del mapeo topográfico mediante el empleo de fotogrametría y examinar la conexión entre la cantidad de puntos de referencia terrestres. Llega a una conclusión de que tiene factores de densidad de puntos de control, altura y traslape para su obtención de la precisión.

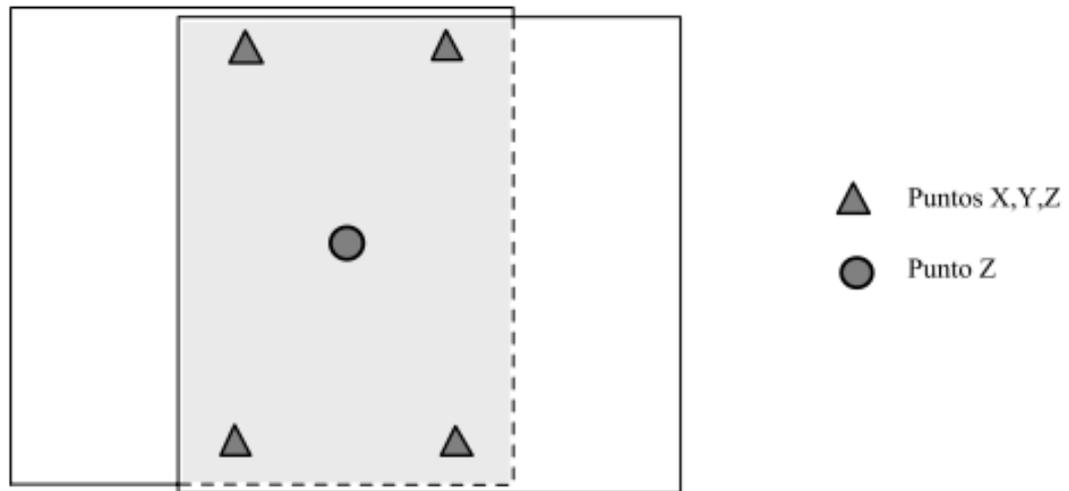
2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Distribución de puntos

El número mínimo teórico de puntos de apoyo en un par y la opción de agregar puntos adicionales para obtener un mayor control sobre el modelo. La distribución que presenta puntos que tienen simultáneamente coordenadas planimétricas y altimétricas. Se detalla que hay cuatro puntos con coordenadas X, Y, Z (planimétricas-altimétricas), entre los cuales dos funcionan como puntos de control para la escala del modelo. Asimismo, se hace mención de un quinto punto que únicamente tiene coordenada Z (altimétrica). (Perez Alvarez, 2001, p. 24)

Figura 1

Distribución de los puntos de control terrestre.



Nota: En la figura se observa la distribución de Puntos de Control sacado de (Perez Alvarez, 2001)

2.2.1.1 Geodesia.

La geodesia es el estudio y la determinación de la forma y el tamaño de la tierra, su campo gravitatorio y sus cambios transitorios, es el área particularmente importante para poder determinar la ubicación de puntos en una superficie. Este concepto involucra la orientación terrestre en el espacio. (Sevilla De Lerma, 2012, p. 1)

Es una ciencia fundamental con bases físicomatemáticos con aplicaciones prácticas en campos como la topografía, cartografía, fotogrametría y navegación de toda clase de ciencias de la ingeniería, sin olvidar sus intereses para fines militares.(Sevilla De Lerma, 2012, p. 1)

2.2.1.2 Geodesia geométrica

Los datos de observación son de medidas de angulares y distancias de punto a punto en la superficie terrestre. Se referencian en un elipsoide



de referencia para crear una triangulación para la geodesia 2D clásica o se examinan en coordenadas cartesianas para la geodesia 3D. Además, determinan la altura de suelo con los puntos sobre la superficie. Es necesario conocer la geometría del elipsoide de revolución.(Sevilla De Lerma, 2012, p. 4)

2.2.1.3 Clasificación de los puntos geodésicos

Con la finalidad de estandarizar el marco de referencia geodésico, todas las labores de georreferenciación estarán vinculadas a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN). La clasificación de los puntos geodésicos se lleva a cabo de la siguiente manera:

2.2.1.4 Punto geodésico orden “0”

Orden aplicado a una escala global y está destinada al estudio de deformaciones regionales y globales, sus efectos geodinámicos y proyectos que requieran una precisión de hasta 4,00 mm; Dichos puntos tienen la finalidad de densificar la Red Geodésica Nacional. (Instituto Geográfico Nacional, 2015)

2.2.1.5 Punto geodésico orden “A”

Orden aplicable a labores orientadas a establecer el sistema geodésico de referencia continental de una magnitud fundamental, enfocándose en levantamientos relacionados con análisis de la deformidad local de la superficie terrestre y proyectos que demanden una precisión óptima de hasta 6.00 mm.(Instituto Geográfico Nacional, 2015)**Punto geodésico orden “B”**



Orden destinado para las medidas de la densificación del sistema geodésico nacional de referencia, Obligatoriamente conectado a la red central; proyectos de ingeniería con una precisión optima, geodinámica y trabajos que requieran de una precisión de hasta 8,00 mm. Los trabajos realizados de acuerdo a este tipo de clasificación tienen que ser ingresados a la red geodésica nacional, y ser corregidos.(Instituto Geográfico Nacional, 2015)

2.2.1.7 Punto geodésico orden “C”

Orden que debe utilizarse para introducir controles adicionales en sectores urbanos-rurales, así apoyar el crecimiento de proyectos de ingeniería básica y planificación urbana y rural, para proyectos que requieran de una precisión de hasta 10,00 mm.(Instituto Geográfico Nacional, 2015)

2.2.1.8 Puntos de apoyo (PFCH)

Son puntos geodésicos que tienen características similares a los puntos geodésicos de orden “C”. dichos puntos no necesariamente deberían ser monumentados, y son utilizados como puntos de control fotográfico para obras de ingeniería básica en sectores urbanas, rurales y de crecimiento urbano-rural. La precisión en la altura de dichos puntos no debe superar los 10,00 mm. (Instituto Geográfico Nacional, 2015)

La disposición de Bench Marks (marcadores de referencia) debe llevarse a cabo cada 500 metros o de acuerdo con las distancias indicadas por la entidad que ha contratado el servicio. Estos marcadores deben estar fundamentados en las altitudes de los puntos de control vertical



proporcionados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). No obstante, se autoriza la utilización de otro método para establecer la altitud de referencia, siempre y cuando cuente con la aprobación de la entidad contratante. (Ministerio De Transporte y Comunicaciones (MTC), 2018, p. 334)

Durante la etapa de orientación absoluta, resulta fundamental adquirir las coordenadas geográficas de diversos puntos presentes en una imagen.

La identificación de puntos de referencia puede llevarse a cabo a través de métodos tradicionales de topografía, los cuales se dividen en dos etapas:

Generación de una red primaria: Esta fase incluye la realización de triangulaciones, trilateraciones, intersecciones o poligonales de precisión. La red generada se conecta a la red geodésica para obtener las coordenadas absolutas de los puntos. (Perez Alvarez, 2001, p. 24)

Red de apoyo fotogramétrico: En esta etapa, se determinan puntos mediante medidas que se basan en la red primaria previamente establecida. Estos puntos son fundamentales para llevar a cabo procesos fotogramétricos. (Perez Alvarez, 2001, p. 24)

2.2.1.9 Sistema global de navegación por satélite GNSS

El sistema GNSS comprende a los siguientes sistemas de navegación GPS, GLONASS y otros que de alguna forma optimizan la



precisión denominados sistemas de aumentación.(Berné Valero et al., 2014, p. 93)

El sistema de posicionamiento satelital nos permite señalar las coordenadas geográficas de cualquier punto elegido a nivel global, durante las 24 horas y en cualquier clima con alta precisión.(Berné Valero et al., 2014, p. 94)

2.2.1.10 Sistema de posicionamiento global GPS

El sistema de posicionamiento global (GPS) es una red de navegación mundial desarrollada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Está constituido por 24 satélites y estaciones en tierra, proporcionando datos de ubicación las 24 horas, sin verse afectado por las condiciones climáticas.(Casanova, 2002, p. 1)

2.2.1.11 Datum (WGS-84)

WGS84 es un sistema de coordenadas geográficas global nos da una facilidad para poder ubicar cualquier punto en la tierra usando tres unidades dadas (sin necesidad de otro punto de referencia). WGS84 significa Sistema Geodésico Mundial 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984). Este sistema de referencia fue una creación de la Agencia de Mapeo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DMA). (Instituto Geográfico Nacional, 2015)



2.2.1.12 Tipos De Superficie

2.2.1.13 Superficie matemática o elipsoide de revolución

Las deformidades son notables en la superficie de la tierra, geoméricamente no hay ninguna figura que la represente además se da a conocer que existe varios modelos matemáticos según a la zona de la superficie terrestre, por lo tanto, cada continente, nación, etc. utilizan diferentes modelos matemáticos, de tal manera que se adecue bien a la forma de la tierra en el lugar de intervención.(Fernández-coppel, 2001, p. 5)

2.2.1.14 Superficie física o geoide

Representa la superficie teórica de la Tierra que une todos los puntos con igual gravedad y se extiende por debajo de la superficie de continentes y océanos. La conformación teórica asume condiciones ideales, como la tranquilidad en los océanos y la ausencia de mareas, excluyendo las perturbaciones causadas por la atracción lunar y las interacciones del sistema solar. A pesar de su aparente uniformidad, el geoide presenta irregularidades debido a las variaciones en la composición mineral y densidad de la Tierra, lo que ocasiona distancias diversas desde el centro de la Tierra para cada punto en su superficie.(Fernández-coppel, 2001, p. 3)

2.2.1.15 Superficie topográfica

Denominada superficie física, su conformación consta de la topografía y el fondo del océano, es en esta superficie donde se realizan



observaciones topográficas y geodésicas. Además, por su forma irregular no es apta para realizar cálculos matemáticos precisos. (Ticona Kapquequi, 2012, p. 33)

2.2.1.16 Sistema de referencia vertical (alturas en geodesia)

2.2.1.17 Altura geométrica

Son elevaciones obtenidas a través de la nivelación geométrica cambian en función del campo gravitacional a lo largo del recorrido. Debido a la forma elipsoidal de la Tierra y la distribución desigual de masas en su interior, las superficies equipotenciales difieren en puntos diversos, dando lugar a distintas densidades y creando campos gravitacionales diversos. (Caviedes, 2012, p. 14)

2.2.1.18 Altura elipsoidal

Se definen como la separación vertical entre la superficie terrestre y el elipsoide, siendo medida a lo largo de la normal al elipsoide y representada por la letra "h". Estas alturas se determinan mediante el cálculo de coordenadas geocéntricas cartesianas, las cuales están basadas en un elipsoide de referencia. (Caviedes, 2012, p. 14)

2.2.1.19 Altura ortométrica

Representa la altura que existe desde la superficie topográfica hasta el geoide, formando con ella un ángulo de 90° , representada con la letra H. Sin embargo, es indispensable tener conocimiento de la gravedad real existente entre el punto analizado y el geoide. Las alturas ortométricas



pueden ser calculadas desde las alturas de los elipsoides:(Caviedes, 2012, p. 14)

$$H = h - N$$

2.2.1.20 Ondulación Geoidal

Es una representación existente de la distancia del geoide hasta el elipsoide, conocido como ondulación del geoide N. La variación que tiene puede ser utilizada para explicar el comportamiento variable del geoide. Teniendo conocimiento de la ondulación del geoide, es posible estimar la altura ortométrica o también la altura m.s.n.m. de cualquier punto que este en observación, partiendo del valor de la altura sobre el elipsoide determinado por un dispositivo GPS, esta expresada con la siguiente fórmula. (Caviedes, 2012, p. 14)

$$\Delta H = \Delta h - \Delta N$$

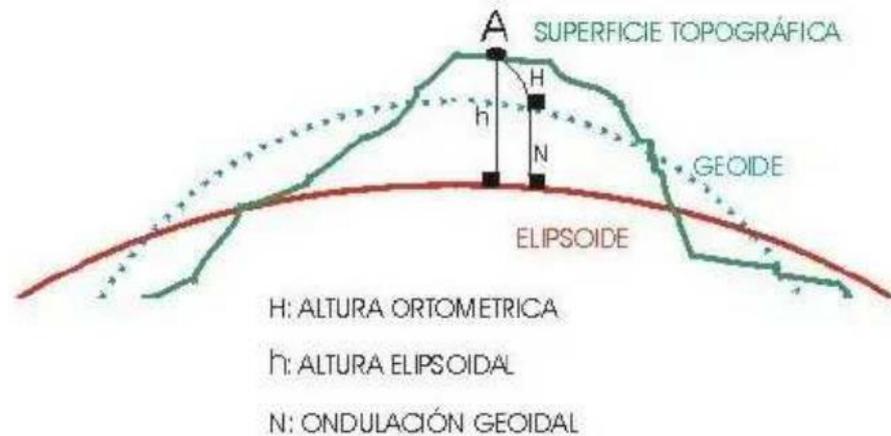
ΔH = Desnivel ortométrico.

Δh = Diferencia de alturas elipsoidales.

ΔN = Diferencia de ondulaciones geoidales.

Figura 2

Comparación de Geoide y Elipsoide



Nota: En la figura se observa la diferencia entre el Geoide y el Elipsoide sacado de (Caviedes, 2012)

2.2.1.21 Posicionamiento satelital

2.2.1.22 Sistema de navegación por satélite (GPS):

Está conformada con una constelación mínimo de 21 satélites y nominal de 24 satélites. En vista de la máxima duración de operatividad predicha, conlleva que el número de satélites operativos sean de orden 30 / 31, esto presume que en cualquier hora del día y lugar de la Tierra, se tiene de 5 a 11 satélites observables en geometría favorable. (Berné Valero et al., 2014, p. 105)

La constelación NAVSTAR GPS se completó el 08/12/1993, con una capacidad de brindar servicio de posicionamiento estándar.

Características:

- 24 satélites encontrados dentro de 6 planos orbitales geocéntricos nombradas con las siguientes letras como A, B, C, D, E y F.



- El tiempo orbital de los satélites es de 11 horas con 58 minutos, que corresponde a la mitad del día sidéreo.
- El sistema descrito se compone de niveles orbitales, cada uno compuesto por 4 satélites,
- dispuestos a una altitud de aproximadamente 20,180 km sobre la superficie de la Tierra. Las órbitas son prácticamente circulares, con una excentricidad inferior al 0,02 y una velocidad lineal de 4 km/s.
- Los niveles orbitales se encuentran distanciados por intervalos de 60 grados a lo largo del ecuador, presentando una inclinación de 55 grados en relación con el plano ecuatorial.
- Los satélites están equipados con antenas transmisoras en la banda L del espectro y antenas receptoras en la banda S para el control desde la Tierra.

El receptor GPS emplea la estrategia de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) con el fin de distinguir las señales procedentes de distintos satélites. Esta diferenciación se realiza a través de la clasificación con un código pseudoaleatorio específico para cada satélite, denominado Pseudo Random Noise (PRN). La utilización de CDMA posibilita la multiplexación de diversas señales de satélite en la misma frecuencia en los sistemas de navegación por satélite. (Berné Valero et al., 2014, p. 138)

Los satélites NAVSTAR-GPS, emiten distintas portadoras, específicamente las portadoras L1, L2 y L5, que pertenecen a la banda L



de radiofrecuencias. Estas portadoras resultan de multiplicar la frecuencia fundamental de 10,23 MHz por 154, 120 y 115, respectivamente. Esto conduce a valores de frecuencia de 1575.42 MHz para L1, 1227.60 MHz para L2 y 1176.45 MHz para L5. (Berné Valero et al., 2014, p. 139)

2.2.1.23 Sistema de navegación por satélite (GLONASS):

El Sistema GLONASS, también llamado "Sistema Mundial de Navegación por Satélites", guarda semejanza con el GPS, salvo por la singularidad de que sus satélites emiten en frecuencias diversas a pesar de utilizar un código común. Asimismo, hace uso de un sistema de referencia terrestre denominado PZ-90 y un sistema de tiempo atómico conocido como GLONASST, presentando similitudes con el Sistema GPS. (Berné Valero et al., 2014, p. 115)

El sistema GLONASS opera mediante una constelación de 24 satélites, distribuida en tres planos orbitales, cada uno con 8 satélites. Estos satélites tienen una inclinación de 64,8° con respecto al Ecuador y se encuentran en órbita a una altitud aproximada de 19100 km. Esta configuración asegura que, en cualquier punto del globo, haya una visibilidad mínima de 5 satélites con una geometría adecuada, lo que garantiza una cobertura de navegación global y continua. (Berné Valero et al., 2014, p. 115)

Los satélites se han categorizado en tres grupos según su fecha de lanzamiento y propiedades. El primer grupo comprende aquellos lanzados a partir de 1982 que ya no están en funcionamiento. El segundo grupo, conocido como GLONASS-M, comenzó en 2003, mientras que el tercer



grupo, denominado GLONASS-K, se inició en febrero de 2011 e introdujo por primera vez las señales CDMA, siguiendo la misma tecnología que el sistema de posicionamiento global. GPS.(Berné Valero et al., 2014, p. 116)

2.2.1.24 Sistema de navegación por satélite (GALILEO)

En el año 1999, los estados miembros de la Unión Europea pusieron en marcha el proyecto GALILEO, el cual consiste en una constelación de satélites exclusivamente europea diseñada para la navegación por satélite. En contraste con los sistemas GPS y GLONASS, GALILEO opera bajo control civil y es plenamente compatible e interoperable con otros sistemas GNSS, siendo administrado de manera integral por Europa.(Berné Valero et al., 2014, p. 116)

El sistema GALILEO estará compuesto por 30 satélites, de los cuales 27 estarán compuestos en órbita terrestre media y 3 en órbita geoestacionaria, distribuidos en 3 planos con inclinación. Estos satélites circularán alrededor de la Tierra a una altitud de 23.222 km y presentarán un ligero aumento en el grado de inclinación de la órbita en comparación con el sistema GPS, siendo de 56 en lugar de 55. que debería ser operacional en 2016.(Berné Valero et al., 2014, p. 118)

2.2.1.25 Sistema de navegación por satélite (COMPASS)

El sistema de posicionamiento por satélite chino COMPASS, también conocido como BeiDou, fue lanzado en 1997 con la meta de establecerse como un sistema de alcance global. Se compone de 35 satélites ubicados en órbitas geoestacionarias, órbita terrestre media (MEO) y órbita no geoestacionaria inclinada. Estos satélites están



equipados con retrorreflectores para mediciones láser. Aunque la planificación inicial buscaba alcanzar cobertura mundial para el año 2020, se anticipa que el proyecto se concluirá previamente, posiblemente en 2017. El período oficial de pruebas comenzó en diciembre de 2011.(Berné Valero et al., 2014, p. 121)

2.2.1.26 Observaciones GNSS

Posicionamiento absoluto: Determinar la posición absoluta implica calcular la ubicación de un punto mediante medidas de Seudodistancia, ya sea a partir del código C/A o del código P. La precisión oscila entre 15 y 100 metros dependiendo del código y la disponibilidad selectiva. Este método de posicionamiento es empleado por los navegadores. Gracias a los avances tecnológicos recientes y la eliminación de la disponibilidad selectiva, los navegadores disponibles en el mercado pueden alcanzar precisiones de 3 a 5 metros en tiempo real.(Peñañiel & Zayas, 2001, p. 65)

Posicionamiento diferencial: La estrategia de posicionamiento diferencial consiste en emplear dos o más dispositivos GPS con el fin de corregir posibles errores del sistema. Este proceso implica el cálculo de incrementos de coordenadas desde un equipo de referencia hacia el dispositivo móvil. Estos incrementos se representan en el sistema geocéntrico de coordenadas, y la ventaja principal radica en que los errores que puedan existir en ambos puntos no influyen en los incrementos de coordenadas.(Peñañiel & Zayas, 2001, p. 66)



Observación método Estático: Este sistema de medición se utiliza para distancias extensas, típicamente superiores a 20 kilómetros, y asegura una precisión muy elevada. Se fundamenta en la medición convencional de líneas base, empleando dos o más receptores situados en los puntos cuyas coordenadas se buscan determinar. La información se guarda y las coordenadas se computan en un momento posterior. Esta estrategia posibilita la obtención de soluciones tan redundantes como se requiera mediante la extensión de la observación, E.M.C. de la línea-base: $3 \text{ mm.} \pm 0,5 \text{ ppm.}$ (Peñañiel & Zayas, 2001, p. 68)

Observación método Estático rápido: La máxima separación entre el punto de referencia y el teléfono móvil alcanza los 20 kilómetros. Asimismo, se especifica que la elevación máxima es de 15 grados, las épocas duran 15 segundos y el intervalo de registro de datos fluctúa entre 1 y 60 segundos. Los períodos breves de observación posibilitan una precisión de 5 a 10 mm con una variación de $\pm 1 \text{ ppm}$ (Error Máximo de Cálculo). En particular, se indica que los lapsos de observación abarcan de 5 a 10 minutos cuando se trata de distancias menores a 5 km. (Peñañiel & Zayas, 2001, p. 70)

Observación método Cinemático: El punto de referencia permanecerá invariable, en contraste, la puesta en marcha del dispositivo móvil tendrá dos opciones: una inicialización rápida estática o partiendo desde un punto conocido. La recopilación de datos se llevará a cabo según la cantidad de puntos que se deseen adquirir. Se sugiere contar con al menos 5 satélites visibles en el horizonte para prevenir la pérdida de señal durante la medición. Es crucial que el valor del GDOP no exceda 8; de



manera ideal, para lograr una precisión óptima, debería ser 5 o menos.(Peñañiel & Zayas, 2001, p. 74)

Realizar mediciones en momentos predeterminados, como cada 1, 2 y 5 segundos, con precisiones específicas para la referencia inicial y la medición de altitudes. En cuanto a la posición, la precisión en la línea base: 1 y 3 cm, más 1 ppm (Máximo Error Combinado), mientras que para la altimetría se encuentra en un rango de 2 a 3 cm, más 1 ppm.(Peñañiel & Zayas, 2001, p. 74)

Observación método Stop and Go: Este método de estacionamiento guarda similitudes con el enfoque cinemático, aunque se distingue por efectuar una breve pausa de 10 segundos con el propósito de recopilar información detallada sobre el punto en cuestión, incluyendo su nombre y atributos.(Peñañiel & Zayas, 2001, p. 76)

Método que incluye interrupciones de 10 segundos en puntos particulares (2, 3, 4, ..., n) a lo largo de dos períodos. También hace referencia a una exactitud inicial de 1 a 2 centímetros, acompañada por un factor suplementario de 1 ppm vinculado al (EMC)(Peñañiel & Zayas, 2001, p. 76)

Observación método RTK (Real Time Kinematic): La utilización de la topografía mediante la medición GPS ha experimentado un avance significativo en comparación con los métodos convencionales como las redes locales y las triangulaciones. Este progreso se atribuye al desarrollo de técnicas como Estático Rápido, Stop&Go, Cinemático, entre otras, que han sido introducidas en los últimos cinco años. Gracias a una constelación



de 24 satélites, actualmente es factible llevar a cabo posicionamientos con cobertura continua las 24 horas del día en cualquier lugar del mundo, incluso en condiciones más rigurosas.(Peñañiel & Zayas, 2001, p. 78)

La habilidad de adquirir coordenadas inmediatas con una precisión de 1 centímetro y una estabilidad de 2 partes por millón (ppm) posibilita el uso de dispositivos GPS para llevar a cabo procedimientos de replanteo con una alta precisión.(Peñañiel & Zayas, 2001, p. 78)

2.2.2 Fotogrametría

La fotogrametría es un método que tiene como objetivo examinar y determinar con exactitud la configuración, tamaño y ubicación tridimensional de un objeto a través de mediciones obtenidas en una o varias imágenes. Desde el punto de vista etimológico, la palabra se refiere a la medición de lo capturado mediante luz. Este campo científico emplea la fotografía como herramienta para realizar precisiones dimensionales y encuentra aplicaciones en diversas disciplinas del conocimiento. Asimismo, se encuentra relacionada con otra técnica llamada fotointerpretación, que utiliza fotografías aéreas para analizar detenidamente una variedad de fenómenos.(Quirós Rosado, 2014, p. 46)

Su clasificación es de la siguiente manera instrumental y distancia al objeto:

2.2.2.1 Instrumental

Está dividida en 3 se menciona según su función tenemos las analógicas analíticas y digitales. Fotogramas **analógicos** su medida es con equipos analógicos como el estereoscópico, la **analítica** se mide con equipos y técnicas computacionales, las **digitales** su medida de estas



fotogramas es a través de sistemas fotogramétricos como los softwares (Quirós Rosado, 2014, p. 55)

2.2.2.2 Distancia al Objeto

Está dividida en 3 se menciona según su función tenemos espacial aérea y terrestre. **Espacial** su medida es a través de las imágenes satelitales, **Aérea** está basada en fotogramas aéreas obtenidas con Drone, **Terrestre** son fotogramas obtenidos desde la misma superficie como con las cámaras fotográficas (Quirós Rosado, 2014, p. 56)

2.2.2.3 Modelos digitales de elevaciones

Un MDE en otras palabras se puede describirse que es un grupo de valores de forma genérica del modo siguiente cuya ubicación geográfica está definida por “x” y “y” a la vez se le agrega el valor “z” (Felicísimo, 1994, p. 12)

Es necesario someter cualquier Modelo Digital del Elevación (MDE) creado a una evaluación de calidad externa, la cual implica llevar a cabo un análisis estadístico de las diferencias entre las altitudes de un conjunto de puntos de control con posiciones conocidas y las altitudes obtenidas por interpolación mediante el modelo.(Hernández López, 2006, p. 150)

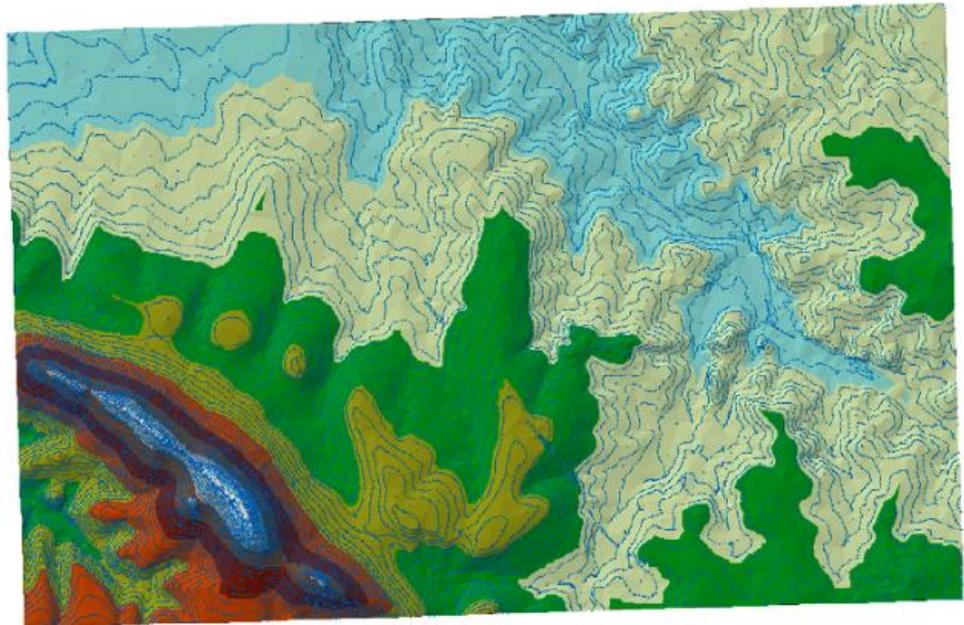
La generación de diversos Modelos Digitales del Terreno (MDT) es llevada a cabo, y se detallan los tipos de modelos.

MDE Modelo Digital de Elevación: Configuración numérica de información que ilustra la disposición espacial de la elevación de la

superficie terrestre, como se representa en la siguiente figura. (Quirós Rosado, 2014, p. 104)

Figura 3

MDE.

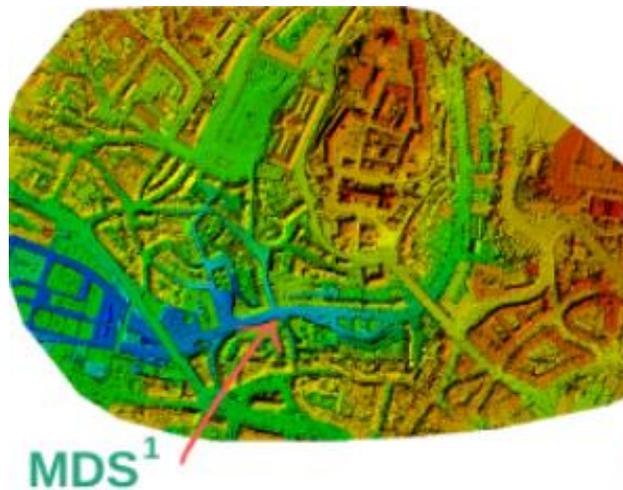


Nota. En la imagen se muestra el Modelo Digital de Elevaciones sacado de (Quirós Rosado, 2014)

MDS Modelo digital de Superficie: Incorpora las alturas de los elementos elevados presentes en la superficie, como por ejemplo edificaciones y árboles. (Quirós Rosado, 2014, p. 104)

Figura 4

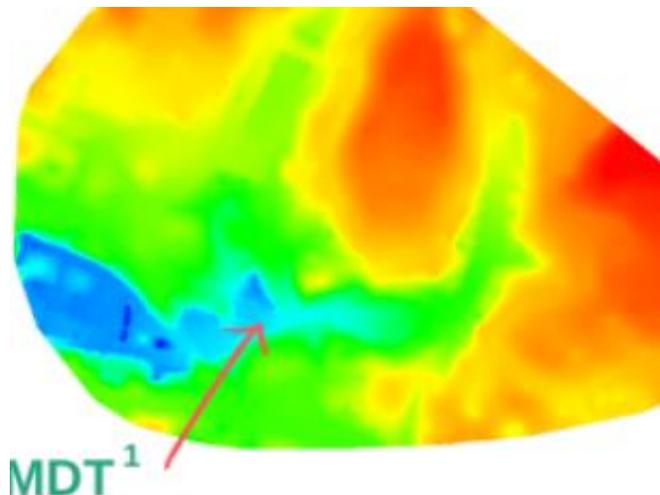
Vista de MDS



Nota. En la figura se muestra el Modelo Digital de Superficie sacado de (Pix4D S.A., 2017)

Figura 5

Vista de MDT



Nota. En la figura se muestra el Modelo Digital de Terreno sacado de (Pix4D S.A., 2017)

2.2.2.4 Ortofotografía

Es importante clarificar una distinción fundamental entre dos conceptos similares que se vinculan con procesos fotogramétricos

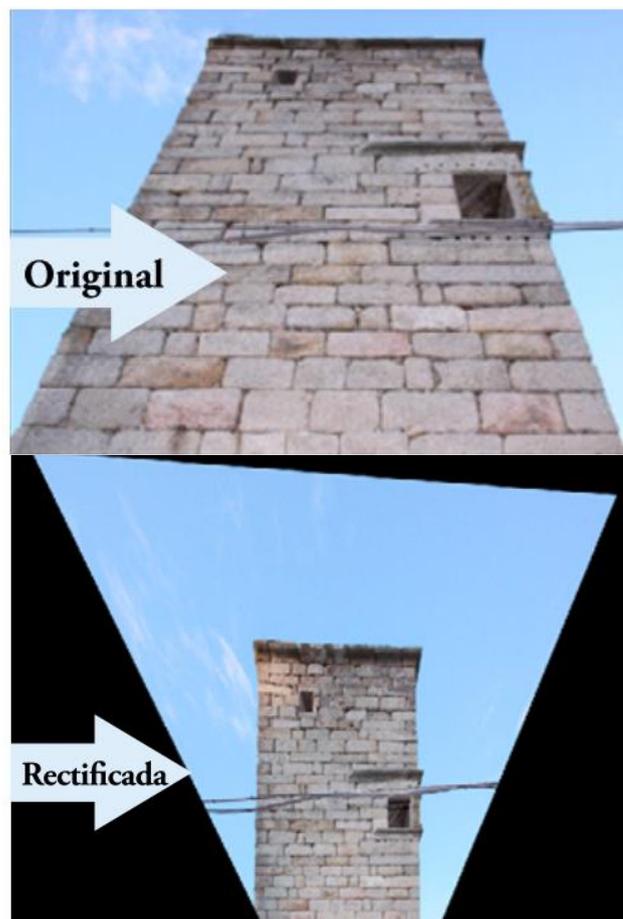
diferentes en cuanto a su metodología y los resultados que producen.(Quirós Rosado, 2014, p. 110)

2.2.2.5 Rectificación de imágenes

La técnica fotogramétrica que se ha mencionado implica la conversión de la proyección cónica de una fotografía a una proyección ortogonal. Este método presenta la ventaja de lograr una escala uniforme, lo que simplifica la medición precisa de los objetos presentes en la imagen.(Quirós Rosado, 2014, p. 110)

Figura 6

Resultado de la rectificación



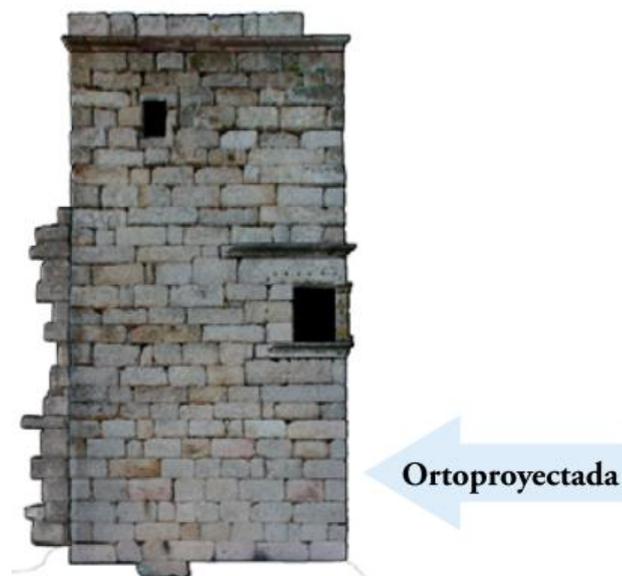
Nota. En la figura se muestra la rectificación de Imagen sacado de (Quirós Rosado, 2014)

2.2.2.6 Ortoproyección

La técnica fotogramétrica empleada en la obtención de fotomapas precisos consiste en corregir las distorsiones generadas por el relieve y la inclinación presentes en la imagen fotográfica. Este proceso se lleva a cabo mediante la rectificación diferencial de la fotografía inicial, para la cual se requiere el uso de un Modelo Digital de Elevación (MDE). (Quirós Rosado, 2014, p. 110)

Figura 7

Resultado de la ortoproyección.

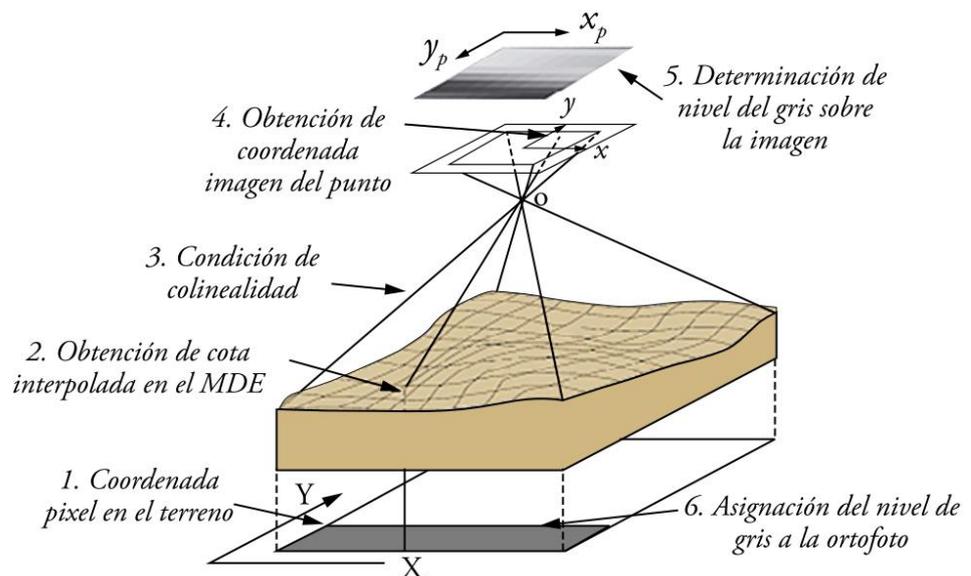


Nota. La figura muestra el resultado de la ortoproyección, tomado de (Quirós Rosado, 2014)

La síntesis del procedimiento para crear ortofotografía digital en el ámbito de la fotogrametría aérea se resume de la siguiente forma:

Figura 8

Fases del procedimiento de la ortofoto.



Nota. En la figura se observa las fases de del procedimiento en una ortofoto sacado de (Quirós Rosado, 2014)

2.2.2.7 Fases de un proyecto fotogramétrico

Las fases de la fotogrametría se dividen en tres:

Planificación del vuelo: Expone la necesidad de desarrollar un plan de vuelo específico con el fin de capturar todas las imágenes aéreas esenciales para el proyecto. (Perez Alvarez, 2001, p. 6)

Planificación del control terrestre: Destaca la importancia de la planificación en tierra, abarcando la ejecución de trabajos topográficos que cumplan con los estándares de precisión requeridos por el proyecto. Esto involucra actividades relacionadas con la medición y cartografía de la superficie terrestre. (Perez Alvarez, 2001, p. 6)

Estimación de costos del proyecto: Hace hincapié en la necesidad de llevar a cabo una evaluación de los costos asociados con la ejecución



del proyecto. Esto puede abarcar gastos vinculados al vuelo, control terrestre, equipamiento utilizado y otros recursos necesarios.(Perez Alvarez, 2001, p. 6)

2.2.2.8 Plan de vuelo

Se denomina "plan de vuelo" al conjunto de cálculos y preparativos requeridos antes de ejecutar un vuelo fotogramétrico. Dichos cálculos tienen como finalidad coordinar las operaciones de vuelo de modo que se alcance el objetivo establecido en concordancia con las condiciones previamente definidas. Fundamentalmente, el proyecto de vuelo implica una cuidadosa preparación para asegurar el éxito de la misión fotogramétrica, garantizando el cumplimiento de todos los requisitos y condiciones especificados, considerando los siguientes factores.(Perez Alvarez, 2001, p. 6)

- Resolución de cámara: 20 megapíxeles
- Ground Sample Distance (GSD): 1.64 cm/píxel
- Altura de vuelo: 60 metros
- Traslape: 60% longitudinal y 60% transversal.
- Tiempo de vuelo: Por seguridad no mayor a 15 minutos.

2.2.2.9 Precisión y exactitud

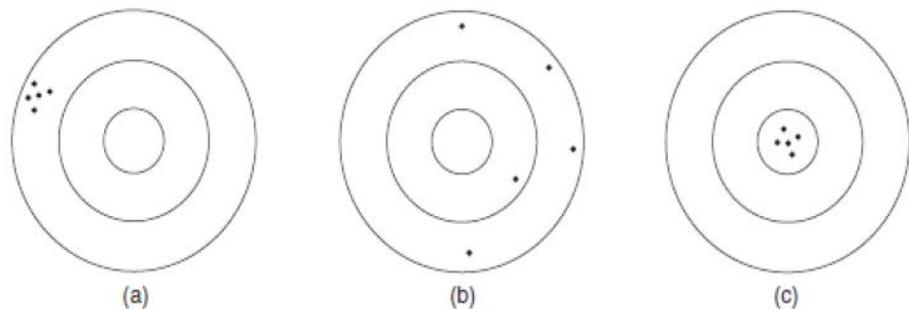
Precisión: La precisión en la medición está vinculada al grado de refinamiento o coherencia en un conjunto de mediciones, siendo evaluada en función de la magnitud de las discrepancias. Se alcanza una elevada

precisión cuando se efectúan varias mediciones de una misma cantidad con discrepancias mínimas, siendo esto influenciado por la sensibilidad del equipo utilizado y la destreza del observador.

Exactitud: La exactitud implica la cercanía absoluta de las mediciones a sus valores reales. La distinción entre precisión y exactitud se ejemplifica mediante el tiro al blanco: a) una agrupación estrecha de tiros denota precisión, pero si están distantes del centro, falta exactitud, posiblemente debido a una mala alineación de la mira del rifle. b) En contraste, tiros dispersos de manera aleatoria carecen tanto de precisión como de exactitud, c) en la agrupación en el centro significa como precisión y a la vez exactitud. (Wolf, Paul R. y Ghilani, 2016, p. 48)

Figura 9

Agrupamiento de la precisión dentro de las dianas



Nota. En la figura se muestra el agrupamiento de la precisión y exactitud dentro de las dianas sacado de (Wolf, Paul R. y Ghilani, 2016, p. 48)

2.2.2.10 Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) o Drone

El Drone, también llamados Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs), son sistemas de aviación controlados de forma remota. Funcionan sin la presencia de un piloto a bordo, lo que posibilita su manejo desde una distancia significativa, ya sea a través de un control remoto directo o

mediante la intervención humana a distancias que pueden ser de metros o incluso kilómetros.(Sanchez, 2017, p. 11)

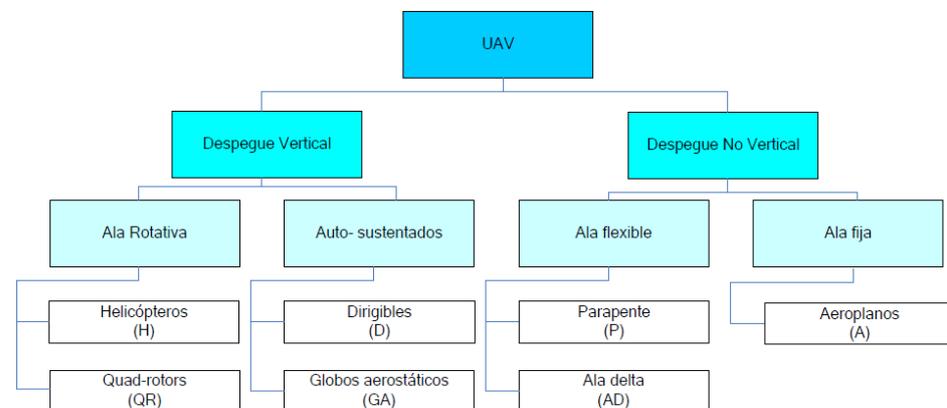
2.2.2.11 Clasificación de Drone

Existen diversas formas de clasificar los Drone, y en el siguiente esquema se presenta una categorización simplificada que muestra los tipos fundamentales de estos dispositivos. (Reuter & Pedenovi, 2019, p. 8)

Se puede distinguir entre las que cuentan con la capacidad de despegue vertical y las que carecen de esa capacidad.(Barrientos et al., 2009, p. 3)

Figura 10

Clasificación de Drone



Nota: En la figura se muestra la clasificación de Drones sacado de (Barrientos et al., 2009)

2.2.2.12 Según su uso

La categorización de Drone en ámbitos militar y civil resalta la inicial supremacía de los Drone en el ámbito militar. Se indica que los Drone militares han alcanzado un nivel avanzado de desarrollo, representando aproximadamente un tercio de la flota total de aeronaves en



funcionamiento. Estos Drone se dedican exclusivamente a misiones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento en las fuerzas armadas, desplazando por completo a las aeronaves convencionales. En relación con los Drone civiles, se hace hincapié en que los más prevalentes son aquellos que tienen como base aeronaves de ala rotatoria, superando con creces a otros tipos de sistemas civiles. (Reuter & Pedenovi, 2019, p. 9)

2.2.2.13 Según el método de control

Cuatro formas de operar una aeronave de manera remota incluyen:

Modo Manual: En este modo, el piloto remoto tiene el control directo sobre las superficies de la aeronave y la potencia del motor utilizando un transmisor de radiocontrol. (Reuter & Pedenovi, 2019, p. 9)

Modo Asistido: Similar al modo manual, el piloto remoto comunica sus intenciones a través del radiocontrol, y un sistema de piloto automático se encarga de ejecutarlas, supervisando tanto las superficies de la aeronave como los motores. (Reuter & Pedenovi, 2019, p. 9)

Modo Automático: En este caso, el piloto remoto planifica la ruta de vuelo con waypoints antes de despegar. Un piloto automático se encarga de llevar a cabo automáticamente las acciones programadas, aunque el piloto puede ajustar los waypoints, realizar maniobras predefinidas o retomar el control manual o asistido en cualquier momento. (Reuter & Pedenovi, 2019, p. 9)

Modo Autónomo: Similar al modo automático, pero una vez que el vuelo ha comenzado, la aeronave sigue de manera completamente

autónoma el plan de vuelo sin intervención del piloto, incluso en situaciones de emergencia. Se vislumbra un futuro donde la necesidad de un plan de vuelo preestablecido podría eliminarse, permitiendo a la aeronave realizar misiones completas, como seguir una infraestructura o evitar obstáculos, mediante el uso de reconocimiento óptico.(Reuter & Pedenovi, 2019, p. 9)

2.2.2.14 Según su forma de sustentación

Alas fijas: que se asemejan a aviones con dos grandes alas y motores que impulsan hélices (Sanz Ablanedo, 2023, p. 25)

Alas móviles: Los Drone que carecen de superficies de sustentación fijas utilizan sus hélices para llevar a cabo esta tarea, y son denominados multirotores, típicamente equipados con un mínimo de 4 motores y hélices. En contextos profesionales de fotogrametría, los Drone multirotores presentan beneficios superiores en comparación con aquellos de diseño tipo avión o ala fija. (Sanz Ablanedo, 2023, p. 25)

2.2.2.15 Software de procesamiento de imágenes de Drone

Pix4D: El software Pix4D tiene la capacidad de producir una variedad de resultados precisos y de alta calidad utilizando datos recopilados. Estos resultados abarcan ortomosaicos de alta resolución con información métrica y georreferenciada, así como Modelos Digitales de Superficie (DSM), nubes de puntos, modelos tridimensionales con textura y modelos CAD simplificados. Esta versatilidad posibilita que los usuarios obtengan información detallada y precisa para diversas aplicaciones, que



van desde la cartografía hasta el análisis de terreno y la creación de modelos tridimensionales.(Cristhian C., 2016)

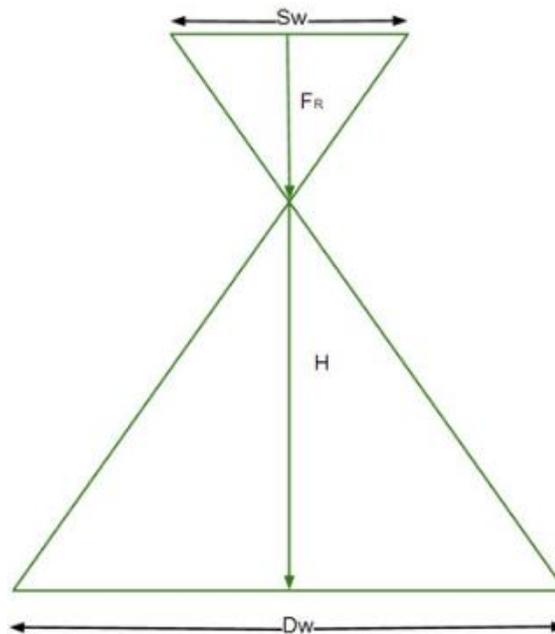
Agisoft Metashape: constituye una aplicación autónoma diseñada para llevar a cabo el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales. Este software genera información tridimensional espacial que se emplea en sistemas de información geográfica (SIG), preservación del patrimonio cultural, creación de efectos visuales y mediciones indirectas de objetos de diversas dimensiones.(Panacea (COOPERATIVE RESEARCH), 2020)

2.2.2.16 GSD (Distancia de Muestreo de Terreno)

La Distancia de Muestreo del Terreno (GSD) hace referencia a la separación entre el centro de dos píxeles sucesivos en la superficie terrestre. Esta medida incide en la precisión y calidad de los resultados conclusivos, así como en la nitidez de los detalles observables en el ortomosaico final..(Pix4D S.A., 2017, p. 17)

Figura 11

Gráfico para determinar el GSD



Nota: En la figura se muestra como determinar la Distancia de Muestra de Tierra (Pix4D S.A., 2017)

Es posible determinar la altura de vuelo requerida (H) para alcanzar una Distancia de Muestreo de Terreno (GSD) determinada mediante el cálculo que toma en cuenta la longitud focal de la cámara, la amplitud del sensor de la cámara en milímetros y la amplitud de la imagen en píxeles. (Pix4D S.A., 2017, p. 17)

Sw = Anchura real del sensor [mm]

FR = Distancia focal real [mm]

$F35$ = distancia focal que corresponde al equivalente de 35 mm

H = Altura de vuelo [m]

Dw = Distancia recorrida en el suelo por una imagen en el sentido de la anchura (anchura de la huella) [m]



imW = anchura de la imagen [píxel]

GSD = GSD deseada [cm/píxel].

Calcular la distancia focal real implica realizar ciertos cálculos, especialmente cuando se trata de una relación de aspecto 4:3. En este contexto, la fórmula para la distancia focal real (FR) se define a través de un procedimiento específico:

$$FR [mm] = (F35 * SW) / 34,6 \dots (1)$$

Usando el caso:

$$H / FR = DW / SW,$$

La altura de vuelo H se describe como:

$$H = (DW * FR) / SW \dots (2)$$

La expresión de la distancia recorrida en el suelo por una imagen en su dirección horizontal es:

$$DW = (imW * GSD) / 100. \dots (3)$$

Interactuando ecuaciones (2) y (3), la altura de vuelo se describe:

$$H [m] = (imW * GSD * FR) / (SW * 100) \dots(4)$$

2.2.2.17 Sobreposición de imágenes

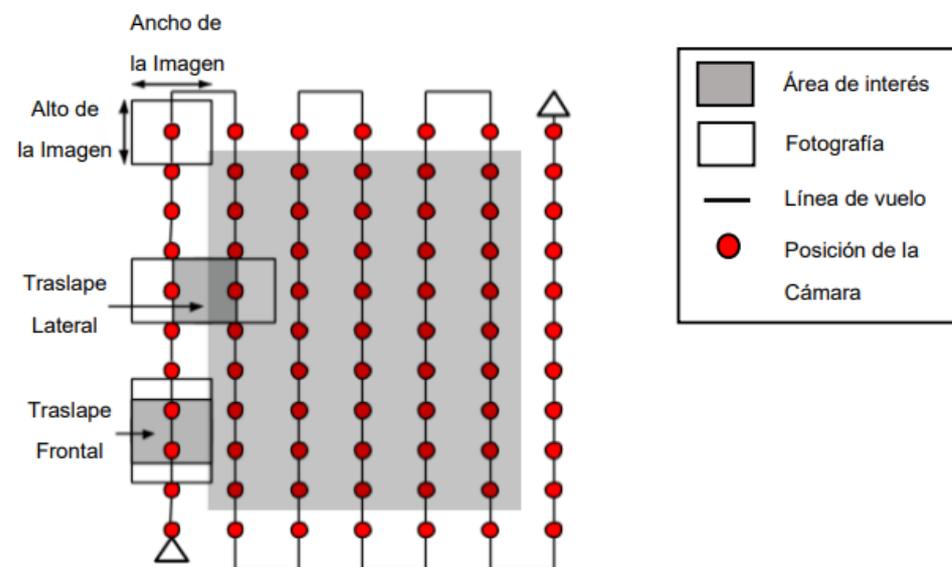
Caso general:

Cuando se capturan imágenes aéreas, se aconseja aplicar un solapamiento frontal del 75% y un solapamiento lateral del 60%, alineados

con la dirección de vuelo y entre las pistas de vuelo, respectivamente. Se sugiere emplear un patrón de cuadrícula regular al tomar las imágenes, y es recomendable mantener la cámara a una altura constante sobre el terreno u objeto para garantizar la resolución espacial deseada (GSD)..(Pix4D S.A., 2017)

Figura 12

Plan para Adquisición de Imágenes general.



Nota: En la figura se muestra el plan para la Adquisición de Imágenes sacado de (Pix4D S.A., 2017)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación política

Ubicada en el Departamento de Puno, Provincia de Puno, Distrito de Puno, autopista Puno-Juliaca

3.1.2 Ubicación de coordenadas UTM

SISTEMA : UTM WGS 84 ZONA 19L SUR

Este : 389328.5098 m E

Norte : 8242310.2970 m S

Altitud : 3986.9827 m.s.n.m.m.

3.1.3 Ubicación de coordenadas Geográficas

SISTEMA : GEOGRÁFICO WGS 84

Latitud : S15°53'45.10159"

Longitud : W70°02'01.72563"

Altura elipsoidal : 4032.4762

3.1.4 Vía de acceso

El acceso al área de intervención del estudio es:

Tabla 1

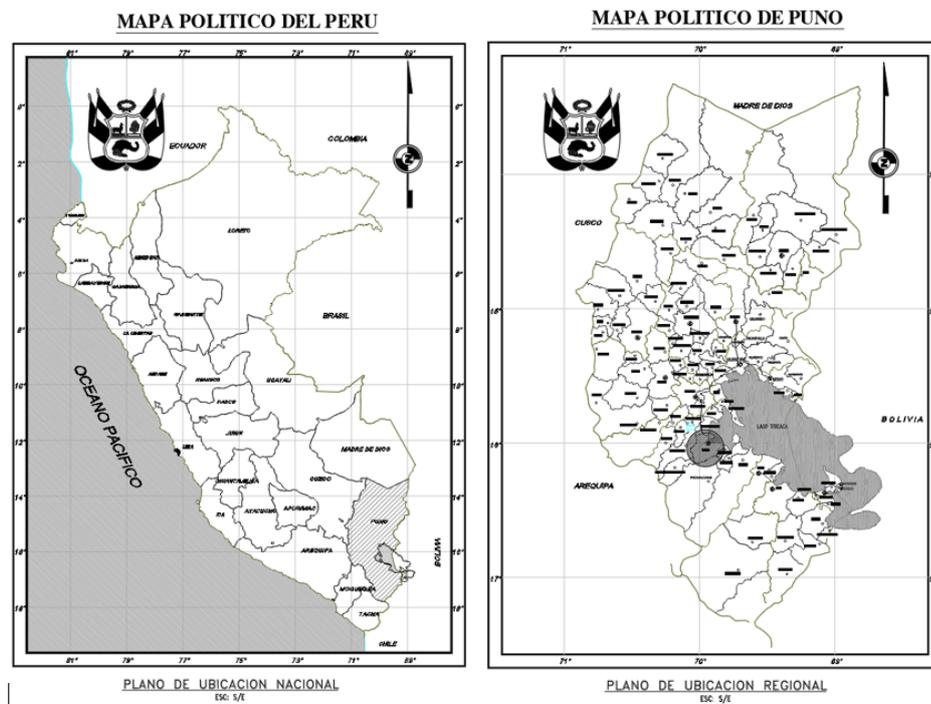
Vías de Acceso al lugar de estudio del Departamento Puno.

VÍA DE ACCESO DEL DEPARTAMENTO DE PUNO AL ESTUDIO				
DE	A	TIPO DE VÍA	TIEMPO (min)	ESTADO
Puno	(Puno – Moquegua) Desv. A Juliaca	Asfaltado	15 minutos	Regular

Nota: Elaborado con datos obtenidos de las empresas de transporte de la ruta.

Figura 13

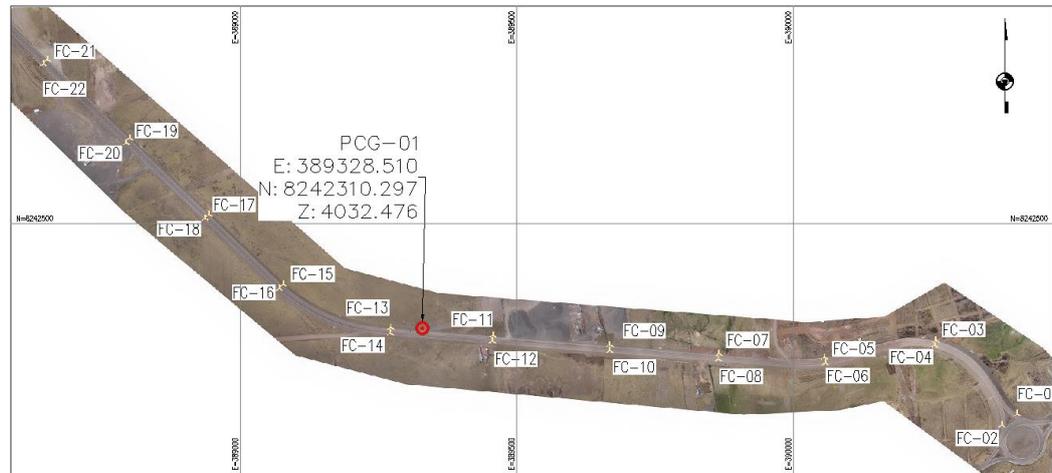
Mapa de ubicación política del Perú y del departamento de Puno



Nota: Elaborado a partir de mapas políticos del Perú y Puno

Figura 14

Ubicación de la zona de investigación



Nota: en la figura de muestra la zona de investigación del proyecto.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materiales

- Pintura de tráfico blanco
- Thinner
- Cemento
- Arena

3.2.2 Herramientas

- Cuadros para fotocontrol
- Molde para monumentación
- Brocha
- Pala, barreta



3.2.3 Equipos

- Computadora
- Impresora
- Cinta métrica
- Cámara fotográfica

3.2.4 Instrumentos

- Receptores GNSS Trimble NETR9
- Receptores GNSS Trimble R8 Modelo 03
- Drone Phantom 4 Pro RTK

3.2.5 Softwares Utilizados

- Trimble Business Center 3.9 (TBC)
- Agisoft Metashape 2.0.0
- Google Earth pro
- Microsoft Word 2016
- Microsoft Excel 2016

3.3 PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación se llevó a cabo en tres etapas.

La primera etapa para la ejecución de la investigación fue la adquisición de materiales, equipos y software necesarios para llevar a cabo los trabajos de campo y gabinete sin inconvenientes. Durante este periodo, que abarcó desde Abril hasta Junio de



2023, se hizo el reconocimiento de terreno al área de estudio y se realizaron los vuelos fotogramétricos de prueba.

La segunda etapa, que se desarrolló desde Noviembre 2023, se enfocó en la realización del establecimiento de 01 punto de control geodésico de orden “C”, el establecimiento de los 22 puntos de control (fotocontrol), establecimiento de 14 puntos de estudio, vuelo definitivo.

La tercera etapa consiste en trabajos de gabinete en donde se realizó la elaboración de 10 modelos de acuerdo a las distintas distribuciones de los puntos de control de tal manera generar reportes de errores en cada modelo.

3.4 PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO

Equipo utilizado para esta investigación Phantom 4 RTK ala rotatoria su procedencia es de la empresa INGENIERO COIPSA ICT E.I.R.L. especializada en Actividades de Arquitectura e Ingeniería y Actividades Conexas de Consultoría Técnica. Fue creada y fundada el 28/12/2016, registrada dentro de las sociedades mercantiles y comerciales como una EMPRESA INDIVIDUAL DE RESP. LTDA.

Dirección: Jr. Gamaliel Churata Nro. 351 Barrio San Martín (a media cuadra de la Agencia de Aduanas) Puno / Puno / Puno

Equipo utilizado receptores Receptor GNSS, modelo R8 Model 03 perteneciente a la empresa Hlc Survey Consulting E.I.R.L. especializada en Actividades de Arquitectura e Ingeniería, Alquiler de Maquinaria y Equipo no Clasificado Previamente, Actividades de Arquitectura e Ingeniería y Actividades conexas de Consultoría Técnica. Fue creada y fundada el 01/06/2016, registrada dentro de las sociedades mercantiles y comerciales como una EMPRESA INDIVIDUAL DE RESP. LTDA.



Dirección Legal: Jr. Carlos Dreyer Nro. 425 Bar. San Martín

3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

Población: Puntos fotocontrol tomados con receptor GNSS en cuya población es de 50 kilómetros de la autopista Puno – Juliaca km 0+000 a 50+000.

Muestra: Se opta por una técnica de muestreo **No Probabilístico** de acuerdo a un muestreo según criterio del investigador, solo se utilizará 2 kilómetros ya que se trabaja solo con una cantidad específica de datos de la autopista Puno – Juliaca km 48+000 a 50+000

3.6 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.6.1 Diseño de la Investigación

La presente investigación se clasifica como *observacional o sin intervención*, ya que se centra principalmente en la observación de fenómenos sin que el investigador manipule las variables de la investigación en ningún momento. El control de los sesgos de medición es *prospectivo*, porque se recopilará información de los datos de campo. El enfoque es *cuantitativo* ya posibilita el análisis de datos de forma numérica. En cuanto al periodo temporal de las mediciones sobre la variable de estudio, se considera *transversal*, dado que se llevará a cabo en un tiempo específico, compartiendo todos los datos en la misma temporalidad. En relación al número de variables, se califica como *analítica*, ya que se realizará un análisis de los datos para poner a prueba la hipótesis.

3.6.2 Significancia Estadística

Nivel de significancia a 0.05 ó 5% con un nivel de confianza del 0.095 ó 95%.

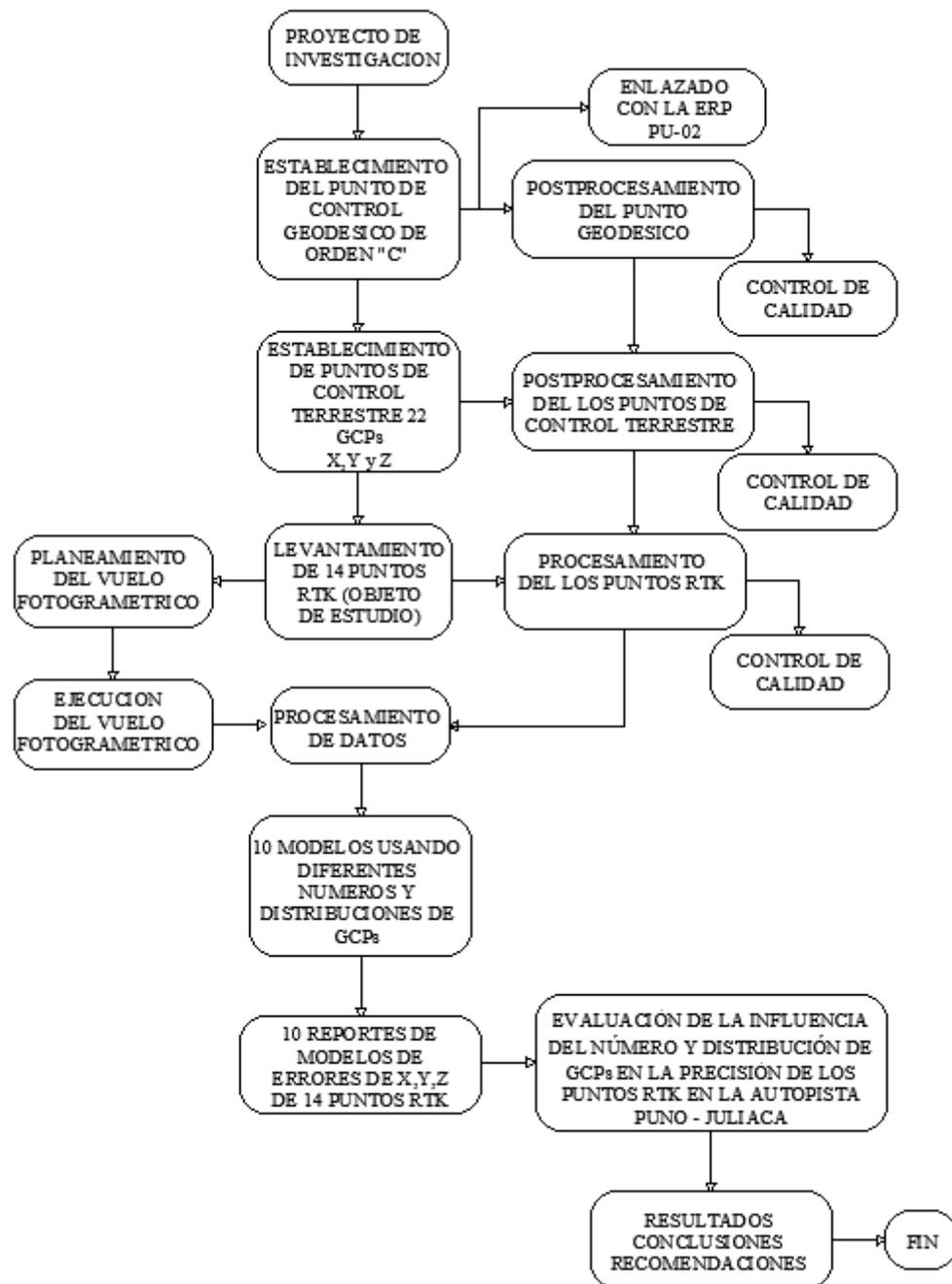
3.6.3 Tipo de Investigación

El Análisis de Datos es de *Nivel Explicativo* debido a que se realizará una comparación de varianzas de las muestras con el estadístico de prueba ANOVA.

3.7 PROCEDIMIENTOS

Figura 15

Flujograma de investigación



Nota: En la figura se muestra el flujograma del proyecto

3.7.1 Cantidad de Puntos de Control (Fotocontrol)

Se estableció 22 puntos de control (fotocontrol) y 14 puntos de estudio para la realización de esta investigación, en el cual se usó el método de georreferenciación y se aplicó la radiación con receptores GNSS desde el punto geodésico PCG-01, donde se realizó los siguientes procesos y post procesos.

3.7.2 Modo Estático

Se empleó un Receptor Geodésico de doble frecuencia, para llevar a cabo la localización GNSS netR9 (base) (**ANEXO 7**). Esto se realizó con el propósito de establecer el punto de control base conocido como PCG-01 de orden "C". Este punto fue ajustado con el punto geodésico de orden "0" de la Estación de Rastreo Permanente (ERP) (**ANEXO 9**), identificado como PU02 y perteneciente al Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Figura 16

Medición y posicionamiento del punto PCG-01 Método Estático



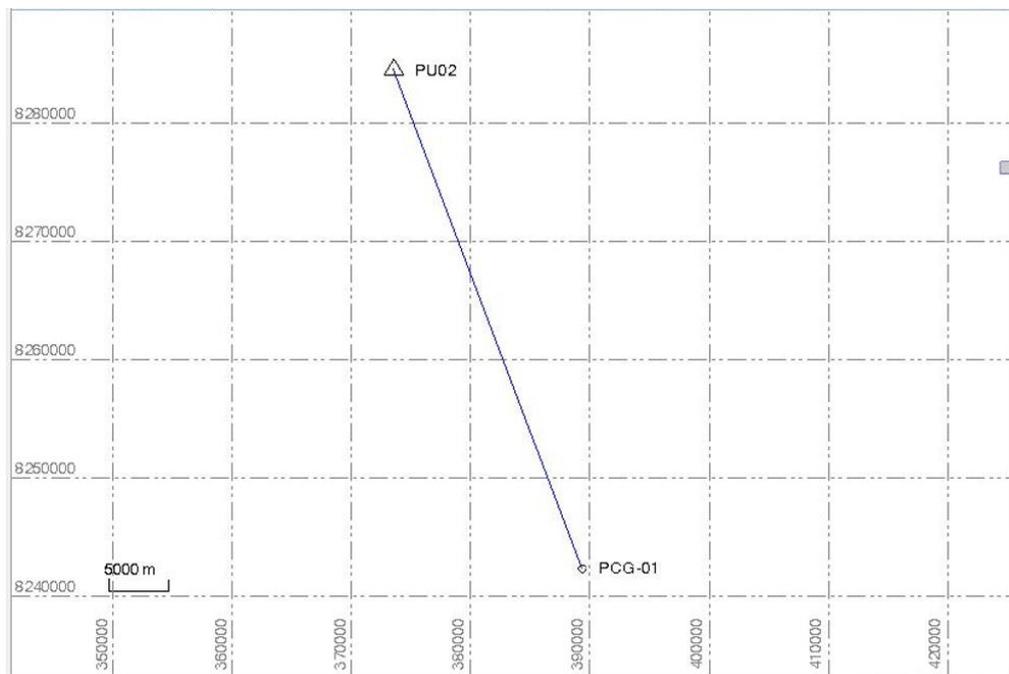
Nota: En la figura se muestra la Medición y posicionamiento del Punto PCG-01 Método Estático.

3.7.3 Post Proceso Estático

Se emplea la información recolectada en el terreno a través del Receptor GNSS para llevar a cabo el proceso posterior de ajuste de coordenadas, trasladando así las coordenadas desde el punto base PU02 al punto PCG-01, tal como se ilustra en la (Figura 17)

Figura 17

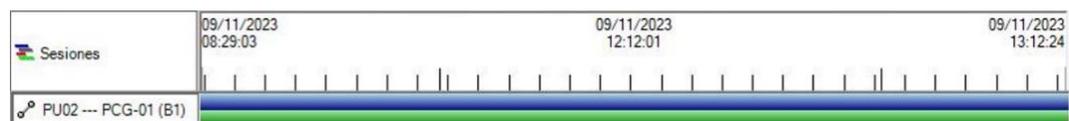
Línea Base PU02 A PCG-01 en el Software TBC.



Nota: En la figura se muestra la línea base que se genera con la ERP con el Software Trimble Business Center.

Figura 18

Vista cronológica Trimble Business Center.



Nota: En la figura se muestra el tiempo establecido del PU02- PCG-01 de la línea base.



Se presentan las tablas resumidas a continuación.

Tabla 2

Resumen de precisiones de la Línea Base PU02 A PCG-01

De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
PU02	PCG-01	Fija	0.002	0.012	159°44'02"	45004.975	151.839

Nota. Dato de precisión en horizontal y vertical de la línea base

Tabla 3

Resumen de aceptación

Procesado	Pasado	Indicador		Fallida	
1	1		0		0

Nota. Se muestra resumen de aceptación de la línea base

Tabla 4

Propiedades del proceso

PU02 - PCG-01 (08:29:03-13:12:24) (S1)	
Observación de línea base:	PU02 --- PCG-01 (B1)
Procesados:	17/11/2023 17:19:14
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.002 m
Precisión vertical:	0.012 m
RMS:	0.009 m
PDOP máximo:	4.461
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	09/11/2023 08:29:05 (Desajuste con respecto a GPS: - 5hr)
Hora de detención de procesamiento:	09/11/2023 13:12:20 (Desajuste con respecto a GPS: - 5hr)
Duración del procesamiento:	04:43:15
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

Nota. Se muestra las propiedades con la que se procesó la línea base de PU02 – PCG-01



Tabla 5

Lista de punto UTM de PU02 A PCG-01

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Factor de escala de proyección
PCG-01	389328.5098	8242310.2970	3986.9827	0.9997514705
PU02	373508.2287	8284432.1647	3834.4704	0.9997978823

Nota. Se muestra coordenadas Este, Norte y Elevación UTM del punto PU02 a PCG

Tabla 6

Lista de punto Geográficas de PU02 A PCG-01

ID	Latitud (Global)	Longitud (Global)	Altura (Global) (Metro)	Factor de escala de proyección
PCG-01	S15°53'45.10159"	W70°02'01.72563"	4032.4762	0.9997514705
PU02	S15°30'51.75428"	W70°10'45.77081"	3880.6368	0.9997978823

Nota. Se muestra coordenadas Latitud Longitud y Altura Elipsoidal Geográficas del punto PU02 a PCG

3.7.4 Modo Fast Static (Estático Rápido)

Se estacionó 01 (Base) Receptor GNSS Net R9 y 02 (Rover) TRIMBLE R8 Modelo 3 (**ANEXO 7**) los cuales fueron estacionados con bípode con una duración de 10 minutos en cada punto. En total se establecieron 22 Puntos de Control Terrestre (fotocontroles)

Figura 19

Establecimiento de Puntos de Control en Modo Estático Rápido



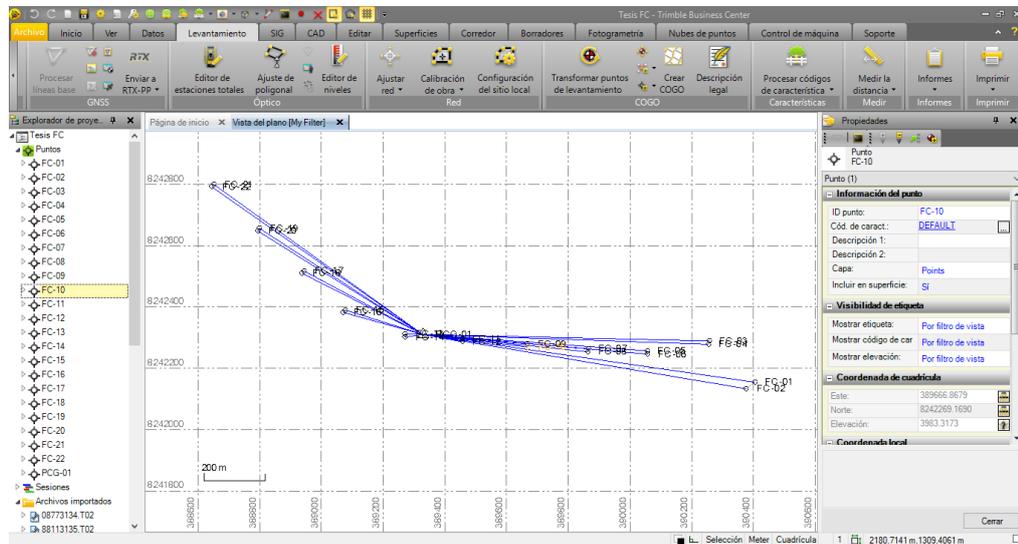
Nota. En la figura se muestra la toma de datos de Puntos de Control en Modo Estático Rápido.

3.7.5 Post Proceso Estático Rápido

Se descarga la información con Trimble Access del Receptor GNSS y se hace un Post Procesamiento de los 22 puntos de control terrestre (Fotocontrol) tomados en campo con el software Trimble Business Center como se visualiza en la siguiente (**Figura 20**).

Figura 20

Líneas Base PCG-01 a Puntos de Control Terrestre (Fotocontroles)



Nota. En la figura se muestra el procesamiento de datos de los Puntos de control en el Software Trimble Business Center

Tabla 7

Resumen de precisiones de PCG-01 A (Fotocontroles)

De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
PCG-01	FC-01	Fija	0.003	0.008	98°32'05"	1086.362	13.162
PCG-01	FC-02	Fija	0.003	0.008	99°52'20"	1062.567	12.673
PCG-01	FC-03	Fija	0.003	0.007	91°36'19"	928.25	2.926
PCG-01	FC-04	Fija	0.003	0.007	92°16'21"	926.413	2.266
PCG-01	FC-05	Fija	0.004	0.009	94°29'21"	728.506	-1.49
PCG-01	FC-06	Fija	0.004	0.009	95°18'54"	731.234	-0.826
PCG-01	FC-07	Fija	0.004	0.011	95°15'24"	538.064	-4.243
PCG-01	FC-08	Fija	0.004	0.011	96°20'41"	537.884	-4.238
PCG-01	FC-09	Fija	0.004	0.009	95°28'21"	340.2	-3.656
PCG-01	FC-10	Fija	0.004	0.01	97°12'49"	340.933	-3.662
PCG-01	FC-11	Fija	0.008	0.014	96°17'41"	128.316	-0.605
PCG-01	FC-12	Fija	0.008	0.014	100°55'08"	128.858	-0.596
PCG-01	FC-13	Fija	0.005	0.007	271°41'49"	57.299	-0.07
PCG-01	FC-14	Fija	0.004	0.007	261°21'34"	58.565	-0.038
PCG-01	FC-15	Fija	0.004	0.006	287°51'58"	263.697	-3.379
PCG-01	FC-16	Fija	0.003	0.006	285°50'16"	268.2	-3.164
PCG-01	FC-17	Fija	0.005	0.007	298°33'18"	437.432	-5.388
PCG-01	FC-18	Fija	0.005	0.007	297°17'25"	440.337	-5.393
PCG-01	FC-19	Fija	0.004	0.007	303°27'55"	632.035	-6.28
PCG-01	FC-20	Fija	0.004	0.007	302°33'34"	633.043	-6.303
PCG-01	FC-21	Fija	0.004	0.008	306°07'29"	835.93	-4.694
PCG-01	FC-22	Fija	0.003	0.008	305°25'05"	837.415	-4.719

Nota. Lista de precisiones horizontales y verticales de los 22 GCP (fotocontroles)



Tabla 8

Resumen de aceptación de Fotocontroles

Procesado	Pasado	Indicador 	Fallida 
22	22	0	0

Nota. Resumen de aceptación de los 22 GCP

Tabla 9

Lista de puntos UTM de Fotocontroles

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)
FC-01	390403.3569	8242154.4226	4000.1361
FC-02	390375.9691	8242133.3383	3999.6480
FC-03	390256.2812	8242288.8852	3989.8986
FC-04	390254.1332	8242278.1446	3989.2382
FC-05	390054.8727	8242256.8804	3985.4855
FC-06	390056.7440	8242246.1771	3986.1492
FC-07	389864.4145	8242263.6609	3982.7348
FC-08	389863.2535	8242253.5136	3982.7397
FC-09	389667.2311	8242279.5346	3983.3231
FC-10	389666.8679	8242269.1690	3983.3173
FC-11	389456.0886	8242296.8618	3986.3761
FC-12	389455.1226	8242286.5202	3986.3856
FC-13	389271.2421	8242311.7103	3986.9138
FC-14	389270.6680	8242301.2148	3986.9461
FC-15	389077.1949	8242389.9362	3983.6041
FC-16	389070.1968	8242382.1984	3983.8198
FC-17	388943.3547	8242517.4385	3981.5939
FC-18	388936.2883	8242510.2046	3981.5894
FC-19	388799.6683	8242656.1251	3980.7003
FC-20	388793.4162	8242648.2606	3980.6777
FC-21	388651.0393	8242799.6509	3982.2842
FC-22	388643.8427	8242792.1134	3982.2596
PCG-01	389328.5099	8242310.2970	3986.9828

Nota. Cuadro de coordenadas Este Norte y Elevación de los 22 GCP

Tabla 10

Lista de puntos Geográficas de Fotocontroles

ID	Latitud (Global)	Longitud (Global)	Altura (Global) (Metro)
FC-01	S15°53'50.34586"	W70°01'25.60988"	4045.6383
FC-02	S15°53'51.02760"	W70°01'26.53426"	4045.1492



ID	Latitud (Global)	Longitud (Global)	Altura (Global) (Metro)
FC-03	S15°53'45.94693"	W70°01'30.53314"	4035.4026
FC-04	S15°53'46.29609"	W70°01'30.60713"	4034.7419
FC-05	S15°53'46.95623"	W70°01'37.31073"	4030.9863
FC-06	S15°53'47.30483"	W70°01'37.24958"	4031.6497
FC-07	S15°53'46.70514"	W70°01'43.71373"	4028.2335
FC-08	S15°53'47.03515"	W70°01'43.75444"	4028.2380
FC-09	S15°53'46.15701"	W70°01'50.34134"	4028.8198
FC-10	S15°53'46.49425"	W70°01'50.35527"	4028.8137
FC-11	S15°53'45.55928"	W70°01'57.43807"	4031.8707
FC-12	S15°53'45.89565"	W70°01'57.47227"	4031.8799
FC-13	S15°53'45.04639"	W70°02'03.65100"	4032.4066
FC-14	S15°53'45.38782"	W70°02'03.67205"	4032.4386
FC-15	S15°53'42.46963"	W70°02'10.16274"	4029.0967
FC-16	S15°53'42.72030"	W70°02'10.39933"	4029.3121
FC-17	S15°53'38.29907"	W70°02'14.64179"	4027.0882
FC-18	S15°53'38.53332"	W70°02'14.88059"	4027.0835
FC-19	S15°53'33.76294"	W70°02'19.44998"	4026.1965
FC-20	S15°53'34.01785"	W70°02'19.66152"	4026.1737
FC-21	S15°53'29.06852"	W70°02'24.42350"	4027.7824
FC-22	S15°53'29.31263"	W70°02'24.66674"	4027.7575
PCG-01	S15°53'45.10159"	W70°02'01.72563"	4032.4762

Nota. Cuadro de coordenadas Longitud, Latitud y Altura elipsoidal de los 22 GCP

3.7.6 Modo RTK (Real Time Kinematic)

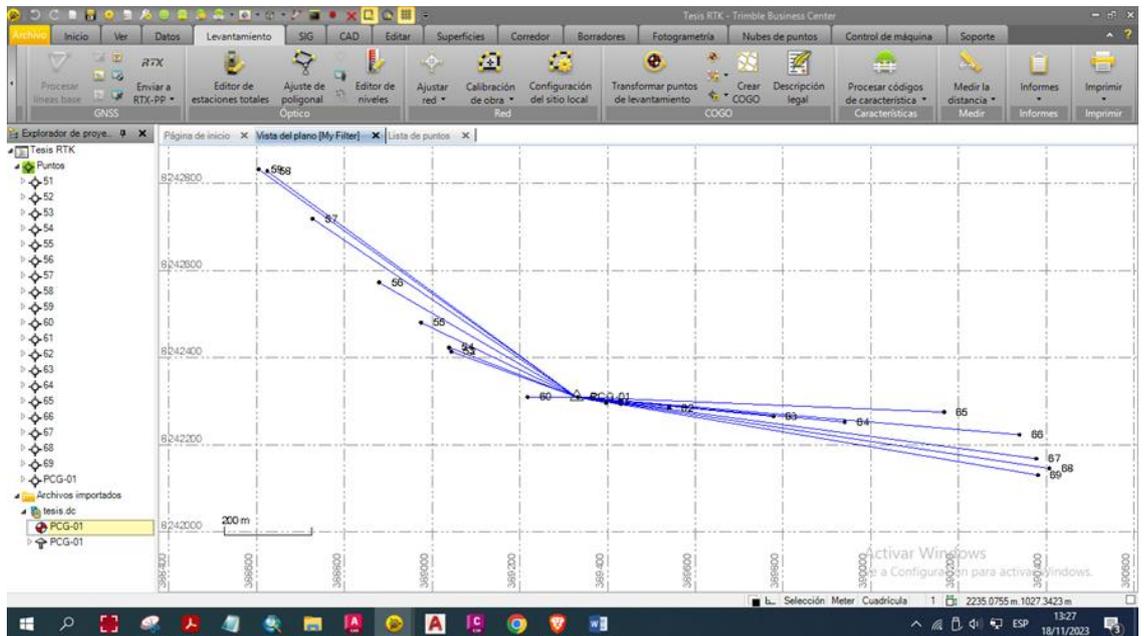
Se llevó a cabo la densificación de los 14 puntos seleccionados por el investigador en modo RTK por el método de radiación teniendo como punto base al PCG-01, situado en la autopista Puno - Juliaca.

3.7.7 Post Proceso RTK (Real Time Kinematic)

Se descarga la información con Trimble Access del Receptor GNSS y se procede hacer el ajuste de los 14 puntos de estudio las cuales fueron ajustados al PCG-01

Figura 21

Procesamiento de puntos RTK



Nota. En la figura se muestra el procesamiento de datos de los Puntos de Estudio en el Software Trimble Business Center.

Tabla 11

Lista de puntos UTM RTK y Alturas Elipsoidales

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Altura (global) (Metro)
1	389043.4137	8242414.1600	4028.6679
2	389038.7781	8242423.7342	4028.4773
3	388974.3407	8242480.7828	4027.6260
4	388879.0636	8242572.5812	4026.3950
5	389217.5860	8242309.7517	4032.0214
6	389396.2903	8242296.2467	4032.6994
7	389540.8464	8242284.5419	4030.3595
8	389778.2995	8242265.3488	4028.4520
9	389940.6245	8242252.3512	4029.1758
10	390167.6745	8242275.2151	4033.0198
11	390339.1174	8242223.3515	4039.7295
12	390377.3009	8242168.3683	4044.1549
13	390407.3031	8242145.9084	4046.0150
14	390381.3830	8242130.7023	4045.2749

Nota. Cuadro de coordenadas Este, Norte y Altura Elipsoidal

3.7.8 Vuelo Fotogramétrico

Las fotografías empleadas en este estudio fueron capturadas desde un vehículo aéreo no tripulado (Drone) de ala rotatoria con cuatro motores. Se utilizó el modelo DJI Phantom 4 RTK (ANEXO 8), el cual incluye una cámara equipada con un sensor CMOS de una pulgada y 20 megapíxeles, con una distancia focal equivalente de 8.8mm. El vuelo consistió en realizar tres pasadas paralelas al eje de la carretera, con un solapamiento frontal del 60% y un solapamiento lateral del 60%. La altitud de vuelo se mantuvo constante a 60 metros sobre el nivel del suelo, lo que significaba que cada fotografía cubría una superficie de 89×60 metros cuadrados. Esto condujo a una distancia equivalente de muestreo del suelo (GSD) de 1,64 cm/píxel. En total, se procesaron 459 imágenes.

Figura 22

Planeación de vuelo lineal



Nota: En la figura se muestra el plan de vuelo con el programa DJI GO 4.

Figura 23

Vista del vuelo a una altura de 60 metros



Nota: Imagen mostrada durante el vuelo de Drone.

3.7.9 Distribución de Puntos de Control (Fotocontrol)

De los 36 puntos ubicados en la superficie del área de estudio, se emplearon 22 Puntos de Control Terrestre (Fotocontrol) mientras que los 14 restantes fueron utilizados como Puntos de Estudio.

Con el fin de analizar cómo la precisión de los proyectos lineales fotogramétricos se ve afectada por la cantidad y distribución de los Puntos de Control Terrestre (GCP), se crearon 10 modelos distintos, considerando dos distribuciones diferentes. Se aseguró que la cantidad de puntos de estudio permaneciera constante, independientemente de los puntos de control empleados.

Distribución 1: Los GCP se situaron a ambos lados de la carretera siguiendo un patrón aleatorio o en zigzag, como se indica en las Figuras (24 al 28) para estas configuraciones se realizaron 5 modelos diferentes utilizando GCP 3,4,6,11.

Distribución 2: Los puntos de control se situaron a ambos lados de la carretera y uno frente al otro, como indican en las Figuras (29 al 33) para estas configuraciones se realizaron 5 modelos diferentes utilizando GCP 6,8,12,22.

Figura 24

Distribución Modelo 01



Nota. En la figura se muestra el Modelo 1 el cual está conformado por 3 puntos de control colocados de forma aleatoria con una distancia de separación de 1000m entre cada Punto de control.

Figura 25

Distribución Modelo 03



Nota. En la figura se muestra el Modelo 3 el cual está conformado por 3 puntos de control colocados de forma aleatoria con una distancia de separación de 800m entre cada Punto de control.

Figura 26

Distribución Modelo 05



Nota. En la figura se muestra el Modelo 5 el cual está conformado por 4 puntos de control colocados de forma aleatoria con una distancia de separación de 600m entre cada Punto de control.

Figura 27

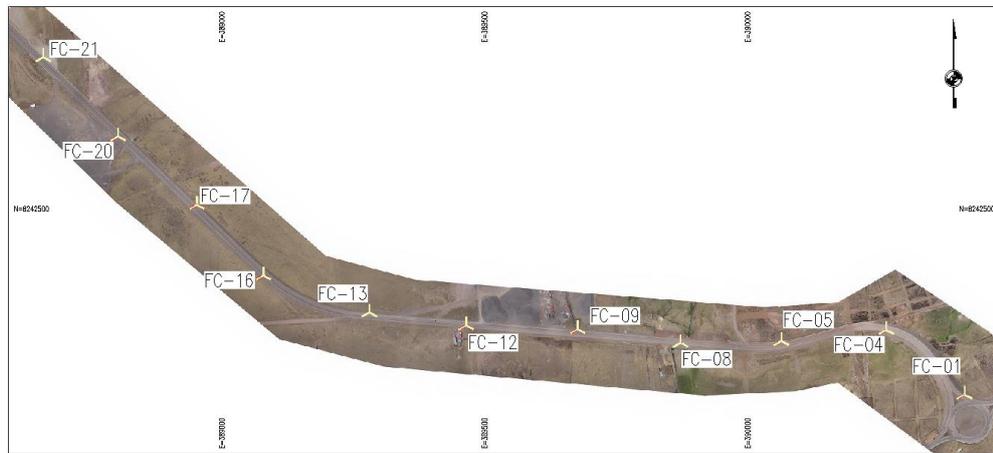
Distribución Modelo 07



Nota. En la figura se muestra el Modelo 7 el cual está conformado por 6 puntos de control colocados de forma aleatoria con una distancia de separación de 400m entre cada Punto de control.

Figura 28

Distribución Modelo 09



Nota. En la figura se muestra el Modelo 9 el cual está conformado por 11 puntos de control colocados de forma aleatoria con una distancia de separación de 200m entre cada Punto de control.

Figura 29

Distribución Modelo 02



Nota. En la figura se muestra el Modelo 2 el cual está conformado por 6 puntos de control colocados en ambos lados de la vía con una distancia de separación de 1000m entre cada Punto de control.

Figura 30

Distribución Modelo 04



Nota. En la figura se muestra el Modelo 4 el cual está conformado por 6 puntos de control colocados en ambos lados de la vía con una distancia de separación de 800m entre cada Punto de control.

Figura 31

Distribución Modelo 06



Nota. En la figura se muestra el Modelo 6 el cual está conformado por 8 puntos de control colocados en ambos lados de la vía con una distancia de separación de 600m entre cada Punto de control

Figura 32

Distribución Modelo 08



Nota. En la figura se muestra el Modelo 8 el cual está conformado por 12 puntos de control colocados en ambos lados de la vía con una distancia de separación de 400m entre cada Punto de control.

Figura 33

Distribución Modelo 10



Nota. En la figura se muestra el Modelo 10 el cual está conformado por 22 puntos de control colocados en ambos lados de la vía con una distancia de separación de 200m entre cada Punto de control.

Tabla 12

Distribución de Puntos de Control Terrestre (Fotocontroles)

PRUEBAS	DESCRIPCIÓN DE FOTOCONTROLES
MODELO 01 (1000_3FC)	FC-01, FC-12, FC-21



PRUEBAS	DESCRIPCIÓN DE FOTOCONTROLES
MODELO 02 (1000_6FC)	FC-01, FC-02, FC-11, FC-12, FC-21, FC-22
MODELO 03 (800_3FC)	FC-01, FC-10, FC-17
MODELO 04 (800_6FC)	FC-01, FC-02, FC-09, FC-10, FC-17, FC-18
MODELO 05 (600_4FC)	FC-01, FC-08, FC-13, FC-20
MODELO 06 (600_8FC)	FC-01, FC-02, FC-07, FC-08, FC-13, FC-14, FC-19, FC-20
MODELO 07 (400_6FC)	FC-01, FC-06, FC-09, FC-14, FC-17, FC-22
MODELO 08 (400_12FC)	FC-01, FC-02, FC-05, FC-06, FC-09, FC-10, FC-13, FC-14, FC-17, FC-18, FC-21, FC-22
MODELO 09 (200_11FC)	FC-01, FC-04, FC-05, FC-08, FC-09, FC-12, FC-13, FC-16, FC-17, FC-20, FC-21
MODELO 10 (200_22FC)	FC-01, FC-02, FC-03, FC-04, FC-05, FC-06, FC-07, FC-08, FC-09, FC-10, FC-11, FC-12, FC-13, FC-14, FC-15, FC-16, FC-17, FC-18, FC-19, FC-20, FC-21, FC-22

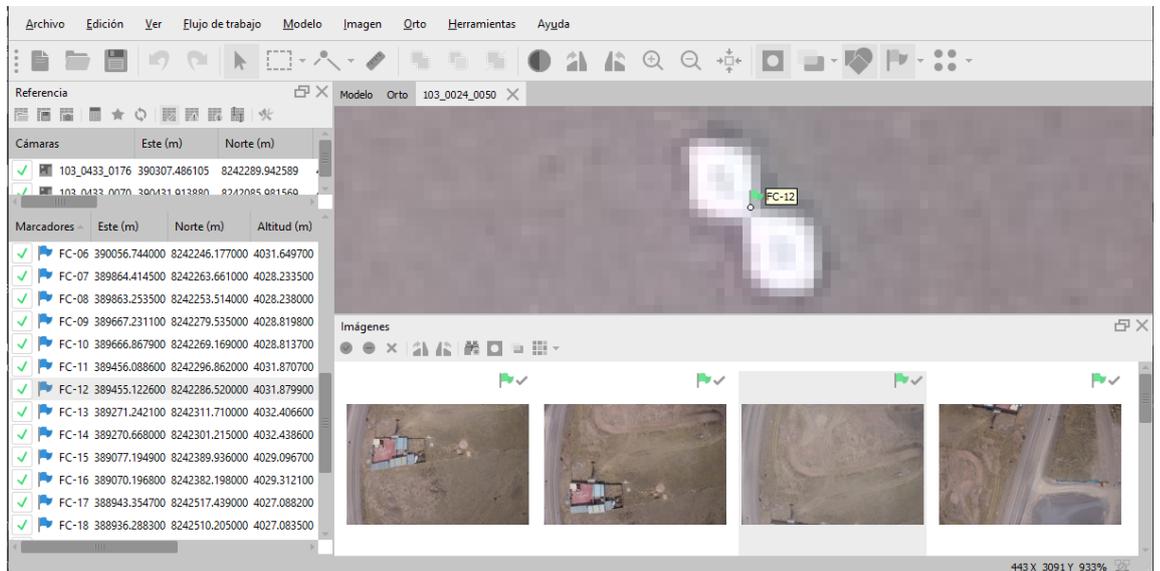
Nota. Cuadro de modelos y su distribución de Fotocontroles

3.7.10 Procesamiento Fotogramétrico

Para el inicio del procesamiento fotogramétrico se descargó las fotos del vuelo fotogramétrico primero se realiza la orientación de fotos y adjuntar los GCP (Fotocontrol) que son 22 puntos a la vez se incluye los puntos RTK que consta de 14 puntos.

Figura 34

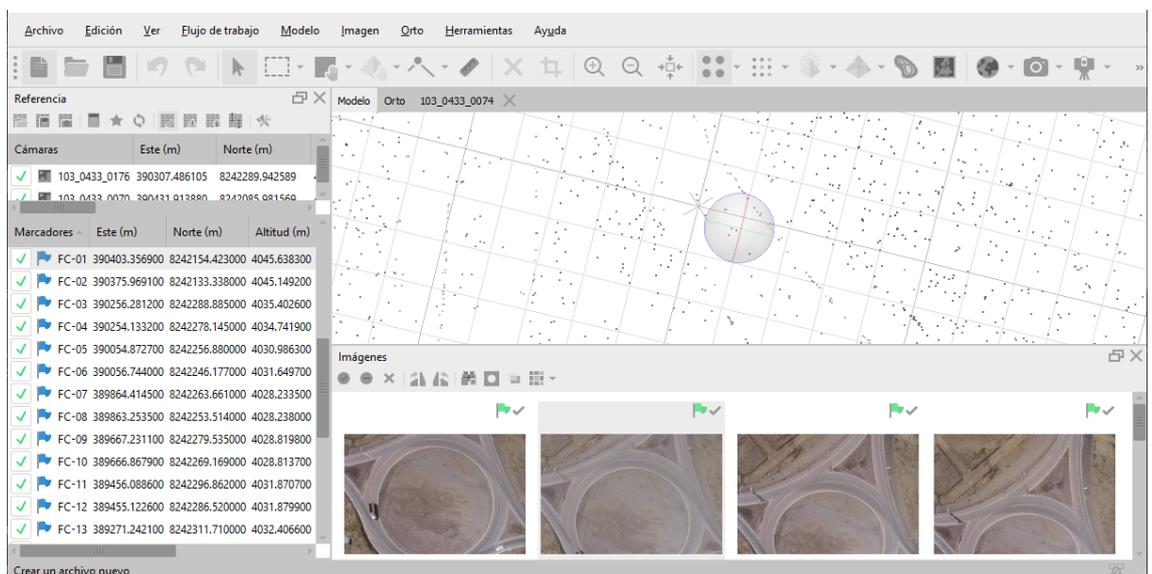
Ajuste de imágenes con los Fotocontroles



Nota. En la imagen se muestra el ajuste de imágenes con los Puntos de Control con el Software Agisoft Metashape.

Figura 35

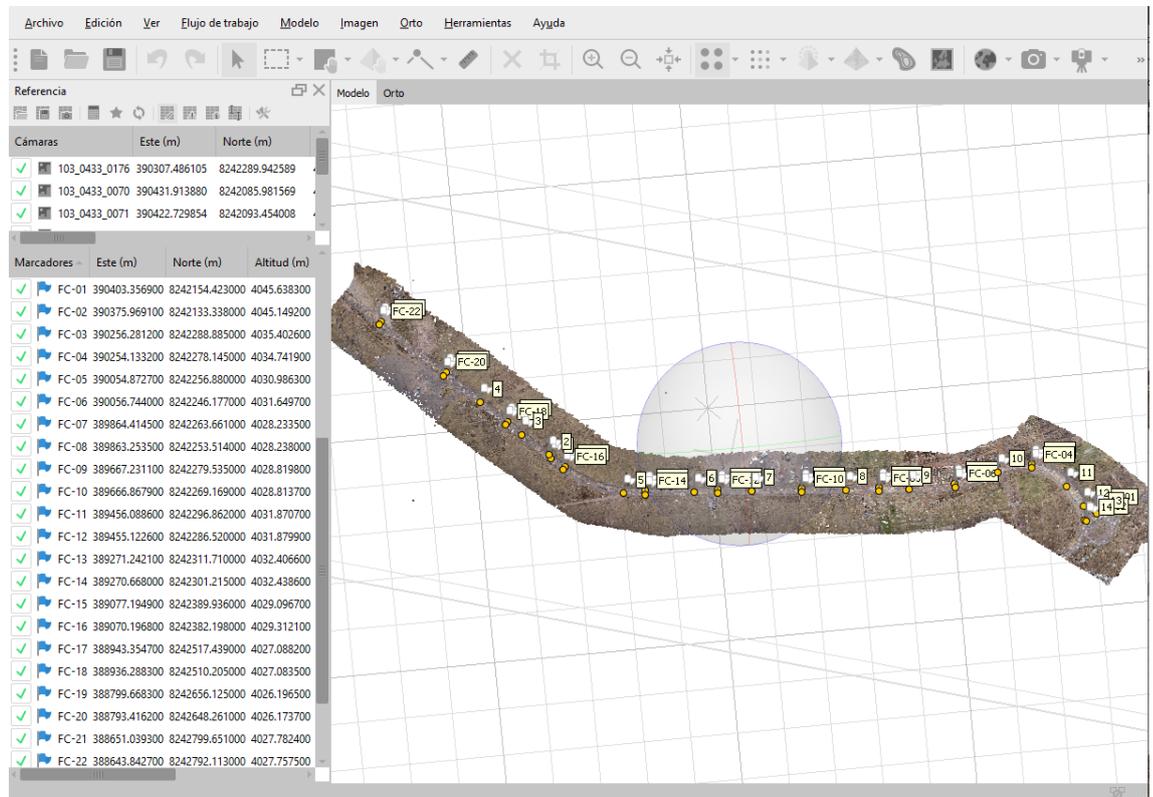
Optimización de imágenes



Nota. En la imagen se muestra el procedimiento de optimización de imágenes con el Software Agisoft Metashape.

Figura 36

Modelo 10 con 22 Puntos de Control Terrestre (Fotocontrol)



Nota. Se muestra la nube de puntos densa junto a los Fotocontroles ajustados

3.8 VARIABLES

Variable dependiente: Precisión de los puntos de estudio, metros

Variable independiente: Cantidad y Distribución de puntos de control, und.

3.8.1 Operalización de Variables

Tabla 13

Operalización de variables

	Variable	Dimensión	Indicador	Instrumentos
V.D	Coordenadas GNSS	RTK	metros	Receptores GNSS
VI.	Coordenadas GNSS Foto control	Distribución	metros	Agisoft Metashape
		Cantidad	Und.	

Nota. Tabla de operalización de variables independientes y dependientes



3.8.2 Instrumentos de observación

Para determinar la precisión de la distribución de puntos de control se tomó datos con receptores GNSS para Levantamientos GPS estáticos y FastStatic (estáticos rápidos) Horizontal ± 5 mm + 0,5 ppm RMS, Vertical ± 5 mm + 1 ppm RMS y en Levantamientos cinemáticos Horizontal ± 10 mm + 1 ppm RMS, Vertical ± 20 mm + 1 ppm RMS, para determinar la precisión del levantamiento fotogramétrico se buscó la distribución más óptima con el apoyo del software Agisoft Metashape.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DE PRECISIONES DE GCP (FOTOCONTROLES)

Tabla 14

Puntos UTM Estático Rápido, Alturas Elipsoidales y Precisiones

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Altura (Global) (Metro)	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)
FC-01	390403.3569	8242154.4226	4045.6383	0.003	0.008
FC-02	390375.9691	8242133.3383	4045.1492	0.003	0.008
FC-03	390256.2812	8242288.8852	4035.4026	0.003	0.007
FC-04	390254.1332	8242278.1446	4034.7419	0.003	0.007
FC-05	390054.8727	8242256.8804	4030.9863	0.004	0.009
FC-06	390056.7440	8242246.1771	4031.6497	0.004	0.009
FC-07	389864.4145	8242263.6609	4028.2335	0.004	0.011
FC-08	389863.2535	8242253.5136	4028.2380	0.004	0.011
FC-09	389667.2311	8242279.5346	4028.8198	0.004	0.009
FC-10	389666.8679	8242269.1690	4028.8137	0.004	0.01
FC-11	389456.0886	8242296.8618	4031.8707	0.008	0.014
FC-12	389455.1226	8242286.5202	4031.8799	0.008	0.014
FC-13	389271.2421	8242311.7103	4032.4066	0.005	0.007
FC-14	389270.6680	8242301.2148	4032.4386	0.004	0.007
FC-15	389077.1949	8242389.9362	4029.0967	0.004	0.006
FC-16	389070.1968	8242382.1984	4029.3121	0.003	0.006
FC-17	388943.3547	8242517.4385	4027.0882	0.005	0.007
FC-18	388936.2883	8242510.2046	4027.0835	0.005	0.007
FC-19	388799.6683	8242656.1251	4026.1965	0.004	0.007
FC-20	388793.4162	8242648.2606	4026.1737	0.004	0.007
FC-21	388651.0393	8242799.6509	4027.7824	0.004	0.008
FC-22	388643.8427	8242792.1134	4027.7575	0.003	0.008

Nota: Esta Tabla muestra las descripciones, coordenadas y precisiones de los 22 (fotocontroles)

resultados del software TBC.

4.2 RESULTADOS DE PRECISIONES EN LAS DISTRIBUCIONES DE GCP (FOTOCONTROLES)

4.2.1 Resultados de precisiones de errores en X datos GNSS y Drone

Tabla 15

Error en X

N°	Error en X (m)									
	MODELOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1000-3FC	1000-6FC	800-3FC	800-6FC	600-4FC	600-8FC	400-6FC	400-12FC	200-11FC	200-22FC
1	0.2694	0.0244	0.1435	0.0100	0.0297	0.0094	0.0090	0.0092	0.0115	0.0092
2	0.2425	0.0180	0.1180	0.0036	0.0236	0.0033	0.0028	0.0029	0.0049	0.0029
3	0.2029	0.0276	0.0631	0.0127	0.0330	0.0148	0.0131	0.0134	0.0144	0.0134
4	0.1696	0.0406	-0.0053	0.0282	0.0431	0.0309	0.0298	0.0297	0.0291	0.0297
5	0.1713	-0.0176	0.0885	-0.0285	-0.0300	-0.0358	-0.0383	-0.0316	-0.0271	-0.0316
6	-0.0233	-0.0014	-0.0832	-0.0082	-0.0151	-0.0151	-0.0165	-0.0074	-0.0052	-0.0074
7	0.0066	0.0239	-0.0221	0.0203	0.0148	0.0163	0.0188	0.0242	0.0256	0.0242
8	-0.0748	0.0270	-0.0360	0.0341	0.0310	0.0358	0.0451	0.0389	0.0414	0.0389
9	-0.2264	-0.0333	-0.1637	-0.0177	-0.0145	-0.0114	0.0038	-0.0032	-0.0029	-0.0032
10	-0.4370	-0.0663	-0.5435	-0.0460	-0.0670	-0.0422	-0.0342	-0.0169	-0.0185	-0.0169
11	-0.2495	-0.0223	-0.3477	-0.0113	-0.0301	-0.0123	-0.0110	0.0044	0.0067	0.0044
12	-0.0508	0.0046	-0.0589	0.0073	0.0086	0.0069	0.0136	0.0138	0.0190	0.0138
13	0.0202	-0.0117	0.0405	-0.0137	-0.0034	-0.0141	-0.0054	-0.0121	-0.0055	-0.0121
14	0.0440	-0.0008	0.1460	-0.0002	0.0208	0.0008	0.0172	0.0023	0.0094	0.0023

Nota. Resultado de errores en X de los 10 modelos

4.2.2 Resultados de precisiones de errores en Y datos GNSS y Drone

Tabla 16

Error en Y

N°	Error en Y (m)									
	MODELOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1000-3FC	1000-6FC	800-3FC	800-6FC	600-4FC	600-8FC	400-6FC	400-12FC	200-11FC	200-22FC
1	0.4484	0.0475	0.3911	0.0145	0.0676	0.0375	0.0290	0.0188	0.0212	0.0188
2	0.3867	0.0127	0.3019	-0.0202	0.0333	0.0025	-0.0056	-0.0167	-0.0142	-0.0167
3	0.3357	0.0366	0.1596	0.0071	0.0518	0.0259	0.0173	0.0079	0.0101	0.0079
4	0.2398	0.0207	-0.1190	-0.0023	0.0243	0.0083	0.0056	-0.0029	-0.0029	-0.0029
5	0.2740	0.0115	0.1921	-0.0191	0.0097	0.0021	-0.0070	-0.0018	0.0003	-0.0018
6	-0.1065	-0.0068	-0.4833	-0.0340	-0.0474	-0.0251	-0.0303	-0.0074	-0.0087	-0.0074
7	0.0880	0.0053	-0.3002	-0.0221	-0.0450	-0.0277	-0.0181	-0.0062	-0.0087	-0.0062
8	0.3512	0.0467	0.0588	0.0156	-0.0185	-0.0082	0.0017	0.0002	-0.0012	0.0002
9	0.4053	0.0585	0.1998	0.0278	0.0111	0.0021	0.0038	-0.0022	-0.0025	-0.0022
10	0.0107	0.0739	-0.3179	0.0495	0.0729	0.0314	0.0406	0.0213	0.0225	0.0213
11	0.0026	0.0351	-0.1924	0.0209	0.0568	0.0142	0.0312	0.0018	0.0065	0.0018
12	0.0298	0.0433	-0.0097	0.0394	0.0459	0.0375	0.0403	0.0336	0.0386	0.0336
13	0.0403	-0.0045	0.0698	-0.0036	-0.0020	-0.0030	-0.0017	-0.0047	0.0011	-0.0047

Error en Y (m)										
MODELOS										
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1000-3FC	1000-6FC	800-3FC	800-6FC	600-4FC	600-8FC	400-6FC	400-12FC	200-11FC	200-22FC
14	0.1914	0.0066	0.3162	0.0070	0.0065	0.0065	0.0060	0.0061	0.0109	0.0061

Nota. Resultado de errores en Y de los 10 modelos

4.2.3 Resultados de precisiones de errores en Z datos GNSS y Drone

Tabla 17

Error en Z

Error en Z (m)										
MODELOS										
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1000-3FC	1000-6FC	800-3FC	800-6FC	600-4FC	600-8FC	400-6FC	400-12FC	200-11FC	200-22FC
1	-7.8851	0.0790	-9.3514	-0.1236	-0.3261	-0.1584	-0.1583	0.0440	0.0354	0.0440
2	-7.1068	0.0787	-8.1849	-0.1352	-0.2742	-0.1737	-0.1437	0.0120	0.0044	0.0120
3	-5.0481	0.2265	-3.5109	-0.0155	-0.0915	-0.0900	-0.0347	0.0549	0.0524	0.0549
4	-2.1152	0.2787	4.0480	0.1984	0.0496	-0.0495	0.0313	0.0209	0.0270	0.0209
5	-9.3815	-0.1057	-15.1273	-0.0166	-0.3718	-0.0855	-0.1217	0.0137	0.0077	0.0137
6	-1.4418	0.0281	-7.4857	0.2472	0.3585	0.2131	0.2978	0.0457	0.0541	0.0457
7	3.3998	0.0571	-2.6538	0.1257	0.3710	0.1781	0.1660	-0.0033	0.0000	-0.0033
8	8.9809	0.4270	3.6020	0.0639	0.1689	0.0760	-0.1293	0.0639	0.0521	0.0639
9	11.0140	0.6715	6.7638	0.1725	0.2188	0.0893	-0.1818	0.0101	0.0129	0.0101
10	16.6303	0.9804	16.2661	0.4484	1.3337	0.3610	0.5429	0.0074	0.0216	0.0074
11	9.7215	0.4980	10.6657	0.2428	0.9550	0.2091	0.4775	-0.0078	-0.0046	-0.0078
12	2.1560	0.1925	2.0647	0.1149	0.2103	0.1052	0.1074	0.0356	0.0342	0.0356
13	-1.1676	0.0040	-1.3544	0.0270	-0.1032	0.0281	-0.0451	0.0279	0.0240	0.0279
14	-3.0617	-0.0664	-4.2601	-0.0484	-0.4405	-0.0458	-0.2837	-0.0171	-0.0215	-0.0171

Nota. Resultado de errores en Z de los 10 modelos

$$EMC_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{GPSi} - X_{Ei})^2}{n}}$$

$$EMC_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{GPSi} - Y_{Ei})^2}{n}}$$

$$EMC_{XY} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{GPSi} - X_{Ei})^2 + (Y_{GPSi} - Y_{Ei})^2}{n}}$$

$$EMC_Z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_{GPSi} - Z_{Ei})^2}{n}}$$

Donde:



n: número de puntos de estudio

X_{Ei} , Y_{Ei} , Z_{Ei} son coordenadas X,Y y Z calculadas por los modelos para el i-esimo puntos de estudio

X_{GPSi} , X_{GPSi} , X_{GPSi} son coordenadas X,Y y Z recopiladas por el GNSS para el i-esimo puntos de estudio

Tabla 18

Errores Medios Cuadráticos en X

Error en X (m)									
MODELOS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1000-3FC	1000-6FC	800-3FC	800-6FC	600-4FC	600-8FC	400-6FC	400-12FC	200-11FC	200-22FC
0.1975	0.0281	0.1936	0.0213	0.0303	0.0218	0.0225	0.0188	0.0193	0.0188

Nota. Se muestra los errores totales en coordenadas X

Tabla 19

Errores Medios Cuadráticos en Y

Error en Y (m)									
MODELOS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1000-3FC	1000-6FC	800-3FC	800-6FC	600-4FC	600-8FC	400-6FC	400-12FC	200-11FC	200-22FC
0.2594	0.0365	0.2578	0.0242	0.0418	0.0212	0.022	0.0132	0.0148	0.0132

Nota. Se muestra los errores totales en coordenadas Y

Tabla 20

Errores Medios Cuadráticos en XY

Error en XY (m)									
MODELOS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1000-3FC	1000-6FC	800-3FC	800-6FC	600-4FC	600-8FC	400-6FC	400-12FC	200-11FC	200-22FC
0.326	0.0461	0.3224	0.0322	0.0516	0.0304	0.0315	0.0243	0.0243	0.023

Nota. Se muestra los errores totales en coordenadas XY

Tabla 21

Errores Medios Cuadráticos en Z

Error en Z (m)									
MODELOS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1000-3FC	1000-6FC	800-3FC	800-6FC	600-4FC	600-8FC	400-6FC	400-12FC	200-11FC	200-22FC
7.7123	0.3818	8.1783	0.1814	0.508	0.1586	0.2458	0.0797	0.0308	0.0321

Nota. Se muestra los errores totales en coordenadas Z

Se considera la tabla de tolerancias para determinar y verificar las precisiones según la **Tabla 22** (Manual de Carreteras, 2013, p. 56)

Tabla 22

Tolerancias para trabajos de Levantamientos Topográficos

Tolerancia Fase de trabajo	Tolerancia Fase de trabajo	
	Horizontal	Vertical
Georreferenciación	1:100.000	± 5 mm
Puntos de Control	1:10.000	± 5 mm
Puntos del eje, (PC), (PT), puntos en curva y referencias	1:5.000	± 10 mm
Otros puntos del eje	± 50 mm	± 100 mm
Sección transversal y estacas de talud	± 50 mm	± 100 mm
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	± 50 mm	± 20 mm
Muros de contención	± 20 mm	± 10 mm
Límites para roce y limpieza	± 500 mm	—
Estacas de subrasante	± 50 mm	±10 mm
Estacas de rasante	± 50 mm	± 10 mm

Nota. (Manual de Carreteras, 2013, p. 56) Tabla de tolerancias horizontales y verticales en los levantamientos topográficos

Tabla 23

Resumen de Errores Medios cuadráticos

PRUEBAS	CANTIDAD DE PUNTOS	PUNTOS	ERROR XY	ERROR Z	XY	Z
MODELO 01	1000-3FC	14	0.326	7.7123	NO	NO
MODELO 02	1000-6FC	14	0.0461	0.3818	SI	NO
MODELO 03	800-3FC	14	0.3224	8.1783	NO	NO
MODELO 04	800-6FC	14	0.0322	0.1814	SI	NO
MODELO 05	600-4FC	14	0.0516	0.5080	SI	NO
MODELO 06	600-8FC	14	0.0304	0.1586	SI	NO
MODELO 07	400-6FC	14	0.0315	0.2458	SI	NO



PRUEBAS	CANTIDAD DE PUNTOS	PUNTOS	ERROR XY	ERROR Z	XY	Z
MODELO 08	400-12FC	14	0.0243	0.0797	SI	SI
MODELO 09	200-11FC	14	0.0243	0.0308	SI	SI
MODELO 10	200-22FC	14	0.0230	0.0321	SI	SI

Nota. Tabla de aceptación y rechazo de precisiones según (EG-2013)

4.2.4 Diseño estadístico

4.2.4.1 Prueba de normalidad

La base de la prueba de Shapiro-Wilk radica en analizar la conexión entre las observaciones ordenadas y los valores anticipados de una distribución hipotética a través de un gráfico de probabilidad. La definición del estadístico de prueba en este contexto se establece mediante.

$$SW = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i X_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Para los componentes del vector a tenemos $a_i = -a_{n-i+1}$, están tabulados por Shapiro y Wilk (1965) para $n \leq 50$, donde los valores críticos de SW son véase también Shapiro et al. (1968) y Shapiro y Francia (1972). (Thadewald et al., 2004, p. 6)

Tabla 24

Análisis de resultados de la Normalidad

Pruebas de normalidad^a				
Shapiro-Wilk				
	Modelos	Estadístico	gl	Sig.
ERROR EN X	MODELO 01(1000_3FC)	0.941	14	0.426
	MODELO 02(1000_6FC)	0.938	14	0.39
	MODELO 03(800_3FC)	0.847	14	0.02
	MODELO 04(800_6FC)	0.984	14	0.991
	MODELO 05(600_4FC)	0.928	14	0.282
	MODELO 06(600_8FC)	0.968	14	0.851
	MODELO 07(400_6FC)	0.971	14	0.895
	MODELO 08(400_12FC)	0.992	14	1
	MODELO 09(200_11FC)	0.99	14	1
	MODELO 10(200_22FC)	0.992	14	1
ERROR EN Y	MODELO 01(1000_3FC)	0.93	14	0.31
	MODELO 02(1000_6FC)	0.953	14	0.614
	MODELO 03(800_3FC)	0.953	14	0.614
	MODELO 04(800_6FC)	0.975	14	0.937
	MODELO 05(600_4FC)	0.949	14	0.55
	MODELO 06(600_8FC)	0.943	14	0.46
	MODELO 07(400_6FC)	0.954	14	0.617
	MODELO 08(400_12FC)	0.918	14	0.205
	MODELO 09(200_11FC)	0.929	14	0.292
	MODELO 10(200_22FC)	0.918	14	0.205
ERROR EN Z	MODELO 01(1000_3FC)	0.94	14	0.415
	MODELO 02(1000_6FC)	0.889	14	0.078
	MODELO 03(800_3FC)	0.985	14	0.995
	MODELO 04(800_6FC)	0.962	14	0.761
	MODELO 05(600_4FC)	0.896	14	0.099
	MODELO 06(600_8FC)	0.96	14	0.722
	MODELO 07(400_6FC)	0.899	14	0.108
	MODELO 08(400_12FC)	0.973	14	0.914
	MODELO 09(200_11FC)	0.961	14	0.734
	MODELO 10(200_22FC)	0.973	14	0.914

Nota. Pruebas de normalidad de errores en X, Y, Z

En las **Tabla 24** analizamos para la significancia en donde podremos definir una estadística según corresponda, para este caso escogemos el test de Shapiro-Wilk porque los datos son menos de 50

P-valor $P > 0.05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0) son datos de una distribución normal

P-valor $P < 0.05$ aceptamos la hipótesis alterna (H_1) no son datos de una distribución normal

Para los modelos Fotogramétrico superan el valor de 0.05 por lo tanto aceptamos la hipótesis nula (H_0) porque son datos de distribución normal, en este sentido usamos la prueba PARAMÉTRICA

4.2.4.2 Prueba de Hipótesis (ANOVA)

Habiendo elegido la prueba paramétrica se hace el análisis con la estadística de ANOVA.

Tabla 25

Prueba de Hipótesis ANOVA en X, Y, Z.

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
ERROR EN X	Entre grupos	0.000	2	0.000	0.082	0.921
	Dentro de grupos	0.014	39	0.000		
	Total	0.014	41			
ERROR EN Y	Entre grupos	0.000	2	0.000	0.081	0.923
	Dentro de grupos	0.007	39	0.000		
	Total	0.007	41			
ERROR EN Z	Entre grupos	0.000	2	0.000	0.003	0.997
	Dentro de grupos	0.022	39	0.001		
	Total	0.022	41			

Nota. Pruebas de normalidad de errores en X, Y, Z

Para la prueba de ANOVA, se consideró el siguiente criterio:

Si la significancia es ≥ 0.05 , se acepta la hipótesis nula H_0 .

Si la significancia es < 0.05 , se acepta la hipótesis alterna H_1 .



Como el valor de significancia es mayor que 0.05 se acepta la Hipótesis Nula (Ho), no existe diferencias significativas entre los modelos distribuidos de los puntos elegidos por el investigador en X, Y, Z.

Siendo Sig <0,05, se concluye que no existe diferencia en los tratamientos, de los Modelos 08, 09 y 10.

Tabla 26

Análisis de resultados Tukey en X

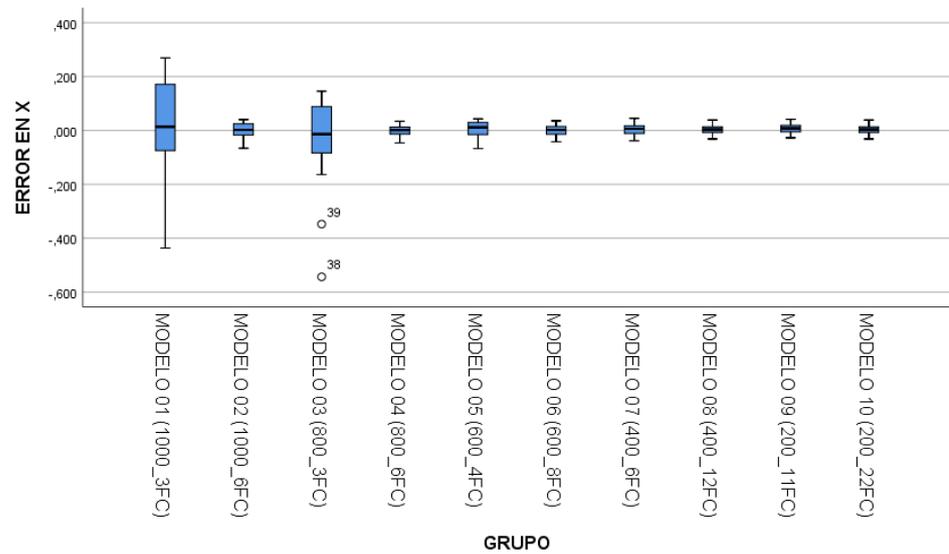
ERROR EN X		
HSD Tukey^a		
GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
MODELO 03 (800_3FC)	14	-0.0472
MODELO 06 (600_8FC)	14	-0.0009
MODELO 04 (800_6FC)	14	-0.0007
MODELO 02 (1000_6FC)	14	0.0009
MODELO 05 (600_4FC)	14	0.0032
MODELO 07 (400_6FC)	14	0.0034
MODELO 01 (1000_3FC)	14	0.0046
MODELO 08 (400_12FC)	14	0.0048
MODELO 10 (200_22FC)	14	0.0048
MODELO 09 (200_11FC)	14	0.0073
Sig.		0.860

Nota. Se visualiza las medias para grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 14,000.

Tabla 27

Gráfica de tendencias de medias en X



Nota: **Interpretación.** Se verifica que para el modelo 01 y 03, la desviación estándar tiene una fuerte amplitud y se constituye en otro grupo diferente a las demás pruebas.

Tabla 28

Análisis de resultados Tukey en Y

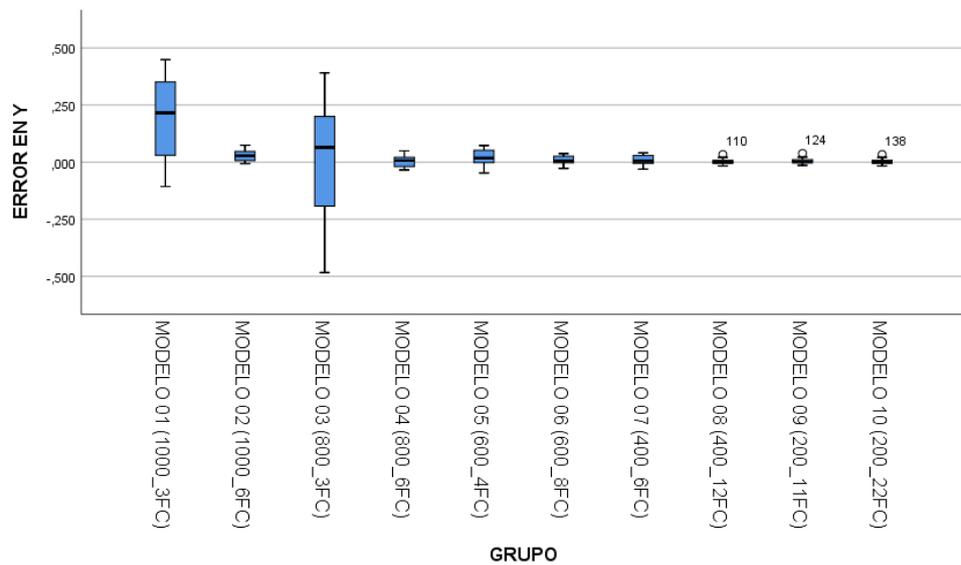
ERROR EN Y			
HSD Tukey_a			
GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
MODELO 08 (400_12FC)	14	0.0034	
MODELO 10 (200_22FC)	14	0.0034	
MODELO 09 (200_11FC)	14	0.0052	
MODELO 04 (800_6FC)	14	0.0058	
MODELO 06 (600_8FC)	14	0.0074	
MODELO 07 (400_6FC)	14	0.0081	
MODELO 03 (800_3FC)	14	0.0191	
MODELO 05 (600_4FC)	14	0.0191	
MODELO 02 (1000_6FC)	14	0.0277	
MODELO 01 (1000_3FC)	14		0.192 7
Sig.		1.000	1.000

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 14,000.

Tabla 29

Gráfica de tendencias de medias en Y



Nota. **Interpretación.** Se verifica que para el modelo 01 y 03, la desviación estándar tiene una fuerte amplitud y se constituye en otro grupo diferente a las demás pruebas.

Tabla 30

Análisis de resultados Tukey en Z

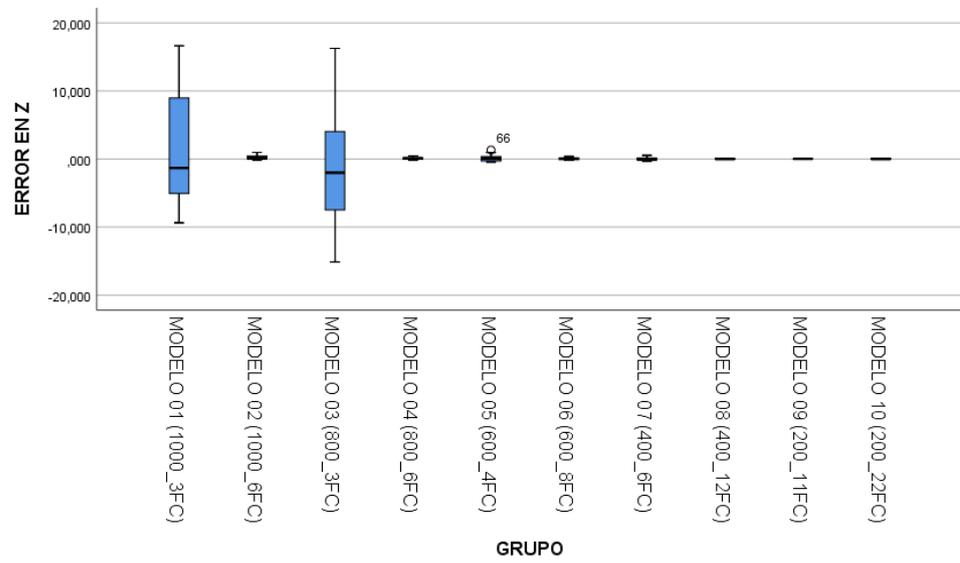
ERROR EN Z		
HSD Tukey _a		
GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
MODELO 03 (800_3FC)	14	-0.6084
MODELO 09 (200_11FC)	14	0.0214
MODELO 08 (400_12FC)	14	0.0220
MODELO 10 (200_22FC)	14	0.0220
MODELO 07 (400_6FC)	14	0.0375
MODELO 06 (600_8FC)	14	0.0469
MODELO 04 (800_6FC)	14	0.0930
MODELO 05 (600_4FC)	14	0.1470
MODELO 02 (1000_6FC)	14	0.2393
MODELO 01 (1000_3FC)	14	1.0496
Sig.		0.972

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 14,000.

Tabla 31

Gráfica de tendencias de medias en Z



Nota: **Interpretación.** Se verifica que para el modelo 01 y 03, la desviación estándar tiene una fuerte amplitud y se constituye en otro grupo diferente a las demás pruebas

4.3 DISCUSIONES

Según (Ferrer-González et al., 2020) en su artículo titulado “Evaluación de la precisión de la fotogrametría con UAV para la cartografía de corredores basada en el número y la distribución de los puntos de control terrestre” explica que para todas las distribuciones estudiadas, tanto la precisión horizontal como la vertical mejoraron a medida que aumentó el número de GCPs utilizados en el ajuste del haz, y la precisión planimétrica fue siempre mejor que la precisión vertical. Independientemente de la distribución elegida, no deben utilizarse menos de siete GCPs (3,3 GCPs km⁻¹) para alcanzar valores de $RMSE_{xy} \leq 0,031$ m y $RMSE_z \leq 0,081$ m. Los mejores resultados se obtuvieron en aquellas distribuciones en las que los GCPs se colocaron a ambos lados de la carretera.

Con el cual se coincide en los resultados obtenidos con respecto a la cantidad y distribución de Puntos de Control puesto que aquellos modelos que tienen 11, 12 y 22 Puntos de Control y han sido colocados en ambos lados de la carretera demostraron tener un RMSE menor en XY y Z con errores de 0.0243m, 0.0243m, 0.0230m en XY y 0.0797m, 0.0308m, 0.0321m en Z respectivamente mientras que aquellos modelos que tienen 3 y 6 Puntos de Control tienen un RMSE más alto, con errores de 0.326m, 0.0461m, 0.3224m en XY y 7.7123m, 0.3818m, 8.1783m en Z.

De acuerdo a los resultados encontrados por (CISNEROS et al., 2019) en su artículo titulado “Estudio de las configuraciones de puntos de control terrestre para fotogrametría con Drone.” La configuración de los puntos es de vital importancia cuando se tiene un número de puntos limitados. Tan solo las que tienen una distribución uniforme y desfocalizada, alcanzan una buena precisión. Este criterio se diluye en el momento que se añaden más puntos, ya que se evidencia que las probabilidades de obtener un producto aceptable aumentan. En este sentido es importante encontrar un balance entre el número



de puntos de control y la superficie en estudio, de forma que el apoyo terrestre no encarezca el proyecto de forma innecesaria.

Se reafirma este resultado respecto a la Distribución de Puntos de Control puesto que existe una diferencia significativa entre los modelos que tienen menos punto de control y aquellos que tienen más puntos de control estos últimos teniendo una precisión planimétrica de 2cm y en vertical 3cm los cuales están dentro de los límites permisibles



V. CONCLUSIONES

- De acuerdo al primer objetivo específico la cantidad de puntos de control influyo en los resultados obtenidos ya que, en todos los modelos analizados, tanto la exactitud en la dirección horizontal como en la vertical experimentaron mejoras a medida que se incrementó la cantidad de puntos de control terrestres (GCPs) siendo los modelos más óptimos el modelo 9 con 11 puntos de control distribuidos de forma aleatoria (Zigzag) con un RMSE de 0.0243m en XY y 0.0308m en Z de y el modelo 10 con 22 puntos distribuido en ambos lados de la vía con un RMSE de 0.0230m en XY y 0.0321 en Z.
- De acuerdo al segundo objetivo específico la estrategia de distribuir los puntos de control en ambos lados de la carretera de manera alternada (zigzag), manteniendo una distancia homogénea de 200 m, ha demostrado ser efectiva para lograr una mayor precisión en el monitoreo de la carretera. Esta disposición contribuye a obtener resultados superiores, destacando la importancia de una planificación cuidadosa en la implementación de sistemas de control y vigilancia en infraestructuras viales.
- Finalmente podemos concluir que con una adecuada distribución y cantidad de Puntos de Control podemos lograr resultados mas precisos en un levantamiento fotogramétrico ya que en nuestro trabajo de concluyo que con 11 y 22 puntos de control distribuidos de manera aleatoria de en ambos lados de la vía respectivamente obtenemos resultados similares en la precisión.



VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo vuelos fotogramétricos en momentos de buena iluminación y en condiciones climáticas favorables con el Drone, ya que situaciones adversas como lluvia o viento pueden causar daños al equipo y dar lugar a caídas, resultando en pérdidas.
- Se sugiere agregar una región adicional al área de interés al tomar fotografías, dado que el ortomosaico tiende a distorsionarse en sus bordes. Es aconsejable emplear traslapes que excedan el 60% en la dirección longitudinal y el 40% en la dirección transversal para prevenir complicaciones durante el procesamiento. Un traslape inadecuado puede resultar en fallos en la identificación de puntos comunes y errores en la alineación de las fotografías, siendo este un paso crucial en la reconstrucción tridimensional.
- Documentar cada paso del proceso, desde la planificación hasta el postprocesamiento. Esto facilitará la repetición del levantamiento en el futuro y la identificación de posibles problemas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala Mak Robert. (2018). *Evaluación de Levantamientos Topográficos con Drone (DJI Phantom 4 PRO) y Estación Total, Quebrada Señor de Quinuapata del Distrito de Ayacucho* [Universidad Privada de Trujillo].
<http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/66>
- Barrientos, A., Del Cerro, J., Gutiérrez, P., San Martín, R., Martínez, A., & Rossi, C. (2009). *Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones*. 1–29. <http://webdiis.unizar.es/~neira/docs/ABarrientos-CEDI2007.pdf>
<http://webdiis.unizar.es/~neira/docs/ABarrientos-CEDI2007.pdf>
- Berné Valero, J. L., Anquela Julián, A. B., & Garrido Villén, N. (2014). *GNSS . GPS : fundamentos y aplicaciones en Geomática*. 437. www.lalibreria.upv.es
- Casanova, L. (2002). *Capítulo 10 sistemas de posicionamiento global (GPS)*. 1–13.
- Caviedes, P. G. (2012). *Geodesia Teoria Y Practica. Cartografía .cl*, 17.
- Choi, Y., Park, S., & Kim, S. (2022). *GCP-Based Automated Fine Alignment Method for Improving the Accuracy of Coordinate Information on UAV Point Cloud Data*. 22(22), 8735. <https://doi.org/10.3390/s22228735>
- CISNEROS, S., GARCÍA, É., MONTOYA, K., & SINDE, Í. (2019). *Estudio De Las Configuraciones De Puntos De Control Terrestre Para Fotogrametría Con Drone*. 16(1), 43. <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v16i1.1278>
- Cristhian C. (2016). *Diseño De Captación Y Conducción De Agua De Riego Para Doce Comunidades De La Parroquia Pungala*.
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9697/Tesis%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Felicísimo, A. (1994). *Modelos digitales del terreno: introducción y aplicaciones a las ciencias ambientales*. May, 118. <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>
- Fernández-coppel, I. A. (2001). *El DATUM*. 1–25.
- Ferrer-González, E., Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., & Martínez-Carricondo, P. (2020). *UAV photogrammetry accuracy assessment for corridor mapping based*



on the number and distribution of ground control points. 12(15).

<https://doi.org/10.3390/RS12152447>

Hernández López, D. (2006). *Introducción a La Fotogrametría Digital*. 194.

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*. Universidad Privada del Norte.

Instituto Geográfico Nacional. (2015). *Norma técnica geodésica Especificaciones Técnicas Para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo Con Receptores Del Sistema Satelital De Navegación Global: Vol. 1.0*. Ign/Oga/ Unidad De Control De Calidad Y Normalización.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/670923/Especificaciones-Técnicas-Para-Posicionamiento.pdf?v=1588286032>

Manual de Carreteras. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción. 1*, 1–605.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC_NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10 EG 2013.pdf

Ministerio De Transporte y Comunicaciones (MTC). (2018). *Manual De Carreteras: Diseño Geometrico Dg - 2018 Rd N° 03-2018-Mtc/14. 02*, 0–340.

Movilla, S. F. (2019). *Influencia de los puntos de control sobre el terreno en la precisión de modelos digitales de superficies generados mediante fotogrametría aérea*.

Ordoñez-Avenidaño, J. R., & Condori-Mamani, G. N. (2022). *Análisis de la precisión de un levantamiento topográfico utilizando fotogrametría con RPAS y su relación a la densidad de puntos de control terrestre* [Universidad Nacional del Altiplano].

<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18121>

Ortiz, D., & Hernández, F. (2019). *Revista de Topografía Azimut Analysis of the influence of terrestrial control points in the positional accuracy of orthophotomosaics generated by means of a photogrammetric flight made by an unmanned aerial vehicle (VANT)*. 10(10), 1–11.



<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/azimut>

- Panacea (COOPERATIVE RESEARCH). (2020). *Manual Agisoft Metashape. September*, 62. https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_en.pdf
- Peñañiel, J., & Zayas, J. (2001). *Fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la topografía. Col. Of. Ing. Técnicos en Topogr.*, 1–135.
- Perez Alvarez, J. A. (2001). *Apuntes de fotogrametría III*.
- Pix4D S.A. (2017). *USER MANUAL Pix4Dmapper 4.1*. 305p.
<https://support.pix4d.com/hc/en-us/sections/360003718992-Manual>
- Quirós Rosado, E. (2014). *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil* (Universidad de Extremadura.Servicio de publicaciones (ed.); 1ra ed.). Universidad de Extremadura. <http://www.unex.es/publicaciones>
- Reuter, F., & Pedenovi, A. (2019). *Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería*. universidad Nacional de Santiago del Estereo.
- Sanchez, C. (2017). *Vehículos aéreos no tripulados: descripciones generales y aplicaciones. I*(Desarrollo Tecnológico E Innovación EmpresarialDes), 1–7.
<https://www.researchgate.net/publication/332353911%0AVEHÍCULOS>
- Sanz Ablanedo, E. (2023). *Fotogrametría SfM-MVS con Drones*. Universidad de Leon.
- Sevilla De Lerma, M. J. (2012). *Historia de las Matemáticas. Introducción histórica a La Geodesia. 2*(Pensam. Matemático), 1–63.
<http://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=134>
- Tacca, H. (2015). *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. Univ. Nac. del Altiplano*, 1–124.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/3882>
- Thadewald, T., Büning, H., Thadewald, T., & Herbert, B. (2004). *Jarque-Bera test and its competitors for testing normality: A power comparison. Diskuss. des Fachbereichs Wirtschaftwiss. der Freien Univ. Berlin*, 0–25.
- Ticona Kapquequi, R. F. (2012). *Obtencion De Alturas Pseudo Ortometricas*,



Aplicando La Tecnologia Gps. Universidad Mayor de San Andres.

Tito Loza, S. J. (2019). *Evaluación De Precisiones De Georreferenciación De Productos Fotogramétricos Con Dron; Aplicando Diferentes Cantidades De Puntos De Control Terrestre.* Universidad Mayor de San Andres.

Wolf, Paul R. y Ghilani, C. D. (2016). *Topografía* (14° Edició).

Zhang, K., Okazawa, H., Hayashi, K., Hayashi, T., Fiwa, L., & Maskey, S. (2022). *Optimization of Ground Control Point Distribution for Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry for Inaccessible Fields. 14(15 Sustainability (Switzerland)).* <https://doi.org/10.3390/su14159505>

ANEXOS

ANEXOS 1. Excavación para la monumentación del punto PCG-01



ANEXOS 2. Placa del PCG-01



ANEXOS 3. Monumentación del punto PCG-01



ANEXOS 4. Punto de fotocontrol para el levantamiento fotogramétrico



ANEXOS 5. Levantamiento de fotocontrol modo Estático Rápido



ANEXOS 6. Levantamiento del vuelo fotogramétrico



ANEXOS 7. Certificado de Operatividad Receptores GNSS

INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.

Topografía total

SERVICIOS-VENTA-CALIBRACION-REPARACION

- SERVICIOS TOPOGRÁFICOS
- CARRETERAS - CANALES
- TUBERÍAS - MONTAJE
- REPRESAS - FUENTES - LINEAS
- MINERÍA SUPERFICIAL
- MINERÍA SUBTERRÁNEA
- PUNTOS GEODÉSICOS (fast static)

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD
CERTIFICATE OF OPERATION

- Mant. General

Reparación

Operatividad

Garantía

Nuevo

DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

Equipo : RECEPTOR GNSS	Persona Natural o Jurídica : JUAN CARLOS SERRUTO FLORES
Fabricante : TRIMBLE	Dirección : JR. PICHACANI N° 260 - PUNO
Modelo : NET R9	RUC / DNI : 10453561599
N° Serie : 5251K40877	
N° Serie Antena : Zephyr Geodetic 2 30318053	

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 238-10/2023
Fecha : 20/10/2023

Imagen de Receptor



INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. :

Certifica que el equipo topografico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

PRECISIÓN LEVANTAMIENTO GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic)

HORIZONTAL	±3 mm + 0.5 ppm RMS
VERTICAL	±5 mm + 0.5 ppm RMS

FECHA DE MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Prueba de Operatividad	Fecha de Vencimiento	Observación
20/10/2023	x	x	20/04/2024	% 100 OPERATIVO

Responsable Técnico J. YOVANI FLORES TEVES	GERENTE GENERAL INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.
	 Ing. Jasmani Yovani Flores Teves Representante Legal CIP 195571

ORD. N° 238-10/23

INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.
Topografía total
SERVICIOS-VENTA-CALIBRACION-REPARACION

- SERVICIOS TOPOGRÁFICOS
- CARRETERAS - CANALES
- TUBERÍAS - MONTAJE
- REPRESAS - FUENTES - LINEAS
- MINERÍA SUPERFICIAL
- MINERÍA SUBTERRÁNEA
- PUNTOS GEODÉSICOS (est. estác)

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD
CERTIFICATE OF OPERATION

Mant. General
 Reparación
 Operatividad
 Garantía
 Nuevo

DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

Equipo : RECEPTOR GNSS	Persona Natural o Jurídica :	HLC SURVEY CONSULTING EIRL
Fabricante : TRIMBLE	Dirección :	Jr. JR GAMALIEL CHURATA 351 PUNO
Modelo : R8 Model 03	RUC / DNI :	20601242625
Nº Serie : 5238496077		

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 144-06/2023
Fecha : 13/06/2023

Imagen de Receptor :



INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. :

Certifica que el equipo topografico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

PRESICIÓN LEVANTAMIENTO GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic) Y Cinematico Tiempo Real (RTK)

HORIZONTAL	±5 mm + 0.5 ppm RMS
VERTICAL	±5 mm + 1 ppm RMS

HORIZONTAL	10 mm + 1 ppm RMS
VERTICAL	20 mm + 1 ppm RMS

FECHA DE MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Prueba de Operatividad	Fecha de Vencimiento	Observación
13-06-2023		x	13/06/2024	% 100 OPERATIVO

Responsable Técnico J. YOVANI FLORES TEVES	GERENTE GENERAL INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.
	 Ing. TOPOGRAFO Y AGRIMENSOR JASMANI YOVANI FLORES TEVES ESPECIALISTA GNSS / CIP: 195571

ORD. N° 144-06/23

JR. GAMALIEL CHURATA N° 351 - PUNO - PERU RPC 942352221 - Jasmanteves@ingenieroscoipsa.pe

INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.

Topografía total

SERVICIOS-VENTA-CALIBRACION-REPARACION

- SERVICIOS TOPOGRÁFICOS
- CARRETERAS - CANALES
- TUBERÍAS - MONTAJE
- REPRESAS - FUENTES - LINEAS
- MINERÍA SUPERFICIAL
- MINERÍA SUBTERRÁNEA
- PUNTOS GEODÉSICOS (991 6116)

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD
CERTIFICATE OF OPERATION

Mant. General

Reparación

Operatividad

Garantía

Nuevo

DATOS DEL EQUIPO		DATOS DEL CLIENTE	
Equipo	RECEPTOR GNSS	Persona Natural o Jurídica	HLC SURVEY CONSULTING EIRL
Fabricante	TRIMBLE	Dirección	Jr. GAMALIEL CHURATA 351
Modelo	R8 Model 03	RUC / DNI	20601242525
Nº Serie	5221488811		

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 145-06/2023
Fecha : 13/06/2023

Imagen de Receptor :



INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. :

Certifica que el equipo topografico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

PRESICIÓN LEVANTAMIENTO GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic) Y Cinematico Tiempo Real (RTK)

HORIZONTAL	±5 mm + 0.5 ppm RMS
VERTICAL	±5 mm + 1 ppm RMS

HORIZONTAL	10 mm + 1 ppm RMS
VERTICAL	20 mm + 1 ppm RMS

FECHA DE MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Prueba de Operatividad	Fecha de Vencimiento	Observación
13/06/2023	x	x	13/06/2024	% 100 OPERATIVO

Responsable Técnico	GERENTE GENERAL
J. YOVANI FLORES TEVES	INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.
	 Ing. TOPOGRAFO Y AGRIMENSOR JASMANI YOVANI FLORES TEVES ESPECIALISTA GNSS / CIP: 195571

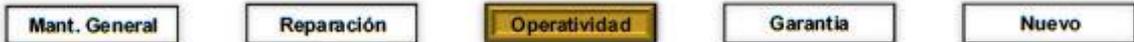
ORD. Nº 145-06/23

JR. GAMALIEL CHURATA N° 351 - PUNO - PERU RPC 942352221 - Jasmanteves@ingenieroscolpsa.pe

ANEXOS 8. Certificado de Operatividad RPA (DRONE)



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD CERTIFICATE OF OPERATION



DATOS DEL EQUIPO

Equipo	: RPA (DRONE)
Fabricante	: DJI
Modelo	: PHANTOM 4 RTK
N° Serie	: DV2SH7 XRA30092

DATOS DEL CLIENTE

Persona Natural o Jurídica	: JASMANI YOVANI FLORES TEVES
Dirección	: Jr. Tacna 340 - Puno
RUC / DNI	: 10457469107

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 239-10/2023
Fecha : 28/10/2023

Imagen del RPA :



INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. :

Certifica que el equipo Fotogramétrico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, Dji Actualiza periódicamente versiones de Firmware y Software, estos se encuentran actualizados y dentro de las tolerancias del fabricante, con las siguientes características:

ESPECIFICACIONES PRINCIPALES - PHANTOM 4 PRO

- Sensor CMOS de 1" pulgada
- Grabación de video H.264 4K a 60 fps o H.265 4K a 30 fps a una velocidad de bits de 100 Mbps
- Grabación de fotografías en ráfaga de 14 fps.
- Gimbal de 3 ejes. Inclinación de -90 to +30° y Paneo de -30 to +30°
- Grabación con modo Draw para seguir una ruta prefijada a la misma altura y concentrarse en la grabación o filmación de imágenes.
- Opción Modo Forward y Modo Free disponibles.
- Evita obstáculos por delante entre 0.7 a 15 metros.
- Máxima distancia operativa de 7 Km
- Dispone de vuelo inteligente en modos Draw, ActiveTrack, TapFly, regreso al punto de origen y Modo Gesture
- Hasta 72 Km/h de velocidad punta.

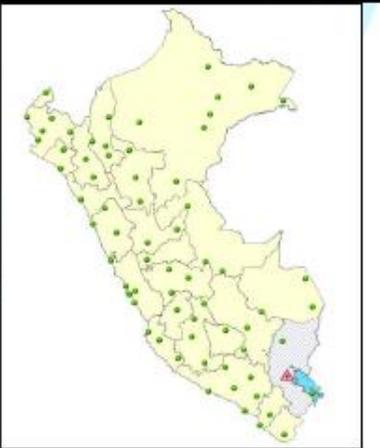
FECHA DE INTERVENCIÓN

Fecha	Actualización	Prueba de Operatividad	Fecha de Vencimiento	Observación
28/10/2023	x	x	28/04/2024	% 100 OPERATIVO

Responsable Técnico WILBER MAMANI COARI	GERENTE GENERAL INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.
	Ing° Julio Colque Sulca Gerente General

ORD. N° 239-10/2023

ANEXOS 9. Ficha Técnica de Estación de Rastreo Permanente PU02

	INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO	
<u>FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO PERMANENTE</u>		
0. DATOS GENERALES:		
Preparado por:	Departamento de Procesamiento Geodésico	
Realizado:	30 de noviembre de 2020	
Versión:	3.1.0	
1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:		
Nombre:	Juliaca	
Código Nacional:	PU02	
Código Internacional:	42228M001	
Inscripción:	Placa de bronce	
Orden de la estación:	"0"	
Fecha de monumentación:	3 de abril de 2010	
<u>INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:</u>		
Departamento:	Puno	
Provincia:	San Román	
Distrito:	Jualica	
Ubicación de la estación:	Universidad Peruana la Unión	
		
CROQUIS DE UBICACIÓN		
		
FECHA: 13/11/2023 16:58 / COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: R001-005541		PU02 1 4



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:

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

3.1. GEODÉSICAS:

Latitud (S)	Longitud (O)
15°30'51.75428"	70°10'45.77081"
Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado
3880.6368	0.999797846646

3.2. CARTESIANAS

X (m)	Y (m)	Z (m)
2085642.8147	-5786561.0415	-1696048.2441

3.3. UTM

Este (m)	Norte (m)
373508.2286	8284432.1650
Zona: 19 Sur	

4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

4.1. RECEPTOR:

Modelo: NET R9 TRIMBLE, Doble frecuencia
 N° de serie: 5742R51312
 Versión del firmware: 5.22
 Fecha de instalación: 10 de mayo de 2018
 Ubicación del receptor: El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco humo empotrada a la pared, ubicada en el Laboratorio del Colegio Adventista del Titicaca de la mencionada universidad.

4.2. ANTENA:

Modelo: Zephyr Geodetic Model 3 (L1,L2) Trimble
 N° de serie: 1551129465
 Cubierta protectora: con domo
 Medición de la antena: ARP (Base de soporte de la antena)
 Altura de la antena: 0.0750 m
 Fecha de instalación: 10 de mayo de 2018
 Ubicación de la antena: La antena se encuentra sobre un monumento de concreto de 2.00 m de alto y 40 cm x 40 cm de ancho de color azul, ubicada en el techo de la oficina de informática de la mencionada universidad.

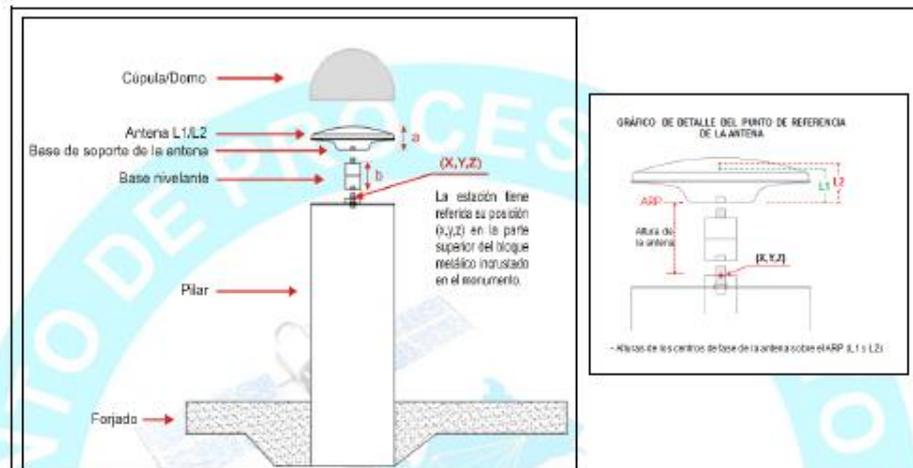


INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



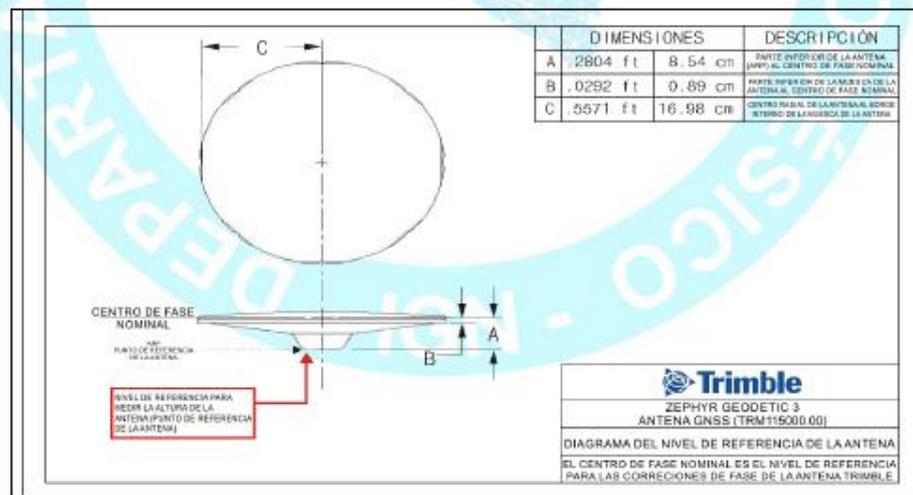
5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA



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

5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA





INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO

Área de mantenimiento: DPG
Área de control: DPG
Área de procesamiento: DPG
Observables: L1, L2, C1, P2
Intervalo de registro: 5 seg
Máscara de elevación: 5°
Archivo diario: 24 HRS
Formato de archivo nativo: *T02
Datos para el procesamiento: 06 al 19 de septiembre de 2020
Tipo de órbita: Efemérides precisas finales
Archivo procesado: Rinex 2.11
Software de procesamiento: Gamit / Globk V 10.71
Procesador y analista GNSS: Lic. Franklin Maylle Gamarra
Revisado por: CAP. EP. Rogger Montoya Monroy

7. CONTACTOS

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



ANEXOS 10. Especificaciones Tecnicas DRONE



www.geoinn.com

Especificaciones Técnicas Phantom 4 RTK

Aeronave

Peso al despegar	1391 g
Distancia diagonal	350 mm
Techo de servicio máximo sobre el nivel del mar	19685 pies (6000 m)
Máxima velocidad	31 mph (50 kph) (modo P) 36 mph (58 kph) (modo A)
Tiempo máximo de vuelo	Aprox. 30 minutos
Frecuencia de operación	2.400 GHz a 2.483 GHz (Europa, Japón, Corea) 5.725 GHz a 5.850 GHz (Estados Unidos, China)
Rango de precisión de desplazamiento	RTK habilitado y funcionando correctamente : Vertical : $\pm 0,1$ m ; Horizontal : $\pm 0,1$ m RTK desactivado Vertical : $\pm 0,1$ m (con posicionamiento visual) ; $\pm 0,5$ m (con posicionamiento GNSS) Horizontal : $\pm 0,3$ m (con posicionamiento visual) ; $\pm 1,5$ m (con posicionamiento GNSS)
Desplazamiento de la posición de la imagen	La posición del centro de la cámara es relativa al centro de fase de la antena D-RTK incorporada debajo del eje del cuerpo de la aeronave: (36, 0 y 192 mm) ya aplicado a las coordenadas de la imagen en los datos Exif. Los ejes x, y y z positivos del cuerpo de la aeronave apuntan hacia adelante, hacia la derecha y hacia abajo de la aeronave, respectivamente.

Sistema de visión

Rango de velocidad	≤ 31 mph (50 kph) a 6,6 pies (2 m) sobre el suelo con iluminación adecuada
Rango de altitud	0-33 pies (0-10 m)
Rango de operación	0-33 pies (0-10 m)
Rango de detección de obstáculos	2-98 pies (0,7-30 m)

Cámara

Sensor	CMOS de 1 " ; Píxeles efectivos: 20 M
Rango ISO	Video: 100-3200 (automático) 100-6400 (manual) ;



	Foto: 100-3200 (automático) 100-12800 (manual)
Tamaño máximo de imagen	4864 × 3648 (4: 3) ; 5472 × 3648 (3: 2)
Modos de grabación de video	H.264, 4K: 3840 × 2160 30p
Formato de foto	JPEG
Formato de video	MOV
Sistemas de archivos compatibles	FAT32 (≤ 32 GB) ; exFAT (> 32 GB)
Tarjetas SD compatibles	MicroSD, capacidad máxima: 128 GB. Se requiere clasificación Clase 10 o UHS-1 Velocidad de escritura ≥15 MB / s

Batería de vuelo inteligente (PH4-5870mAh-15.2V)

Capacidad	5870 mAh
voltaje	15.2 V
Tipo de Batería	LiPo 4S
Energía	89.2 Wh
Peso neto	468 g
Potencia de carga máxima	160 W

Hub de carga de batería inteligente (WCH2)

Voltaje de entrada	17.3 - 26.2 V
Voltaje y corriente de salida	8,7 V, 6 A, 5 V, 2 A
Temperatura de funcionamiento	41 ° a 104 °F (5 ° a 40 °C)

Mando a distancia SDK

Frecuencia de operación	2.400 GHz a 2.483 GHz (Europa, Japón, Corea) 5.725 GHz a 5.850 GHz (Otros países / regiones)
Distancia de transmisión máxima	FCC / NCC: 4,3 millas (7 km); CE / MIC / KCC / SRRC: 3,1 mi (5 km) (sin obstáculos, sin interferencias)
Batería integrada	6000 mAh LiPo 2S
Corriente / voltaje de funcionamiento	1,2 A a 7,4 V
Soporte para dispositivo móvil	Tabletas y smartphones

Cardán

Estabilización	3 ejes (inclinación, balanceo, guiñada)
Tono	-90 ° a + 30 °
Velocidad angular máxima controlable	90 ° / s
Rango de vibración angular	± 0.02 °

Control remoto

Frecuencia de operación	2.400 GHz-2.483 GHz (Europa, Japón, Corea) 5.725 GHz-5.850 GHz (Estados Unidos, China)
Distancia de transmisión máxima	FCC: 7 km (4,3 mi) ; SRRC / CE / MIC / KCC: 5 km (3,1 mi) (sin obstáculos, sin interferencias)
El consumo de energía	16 W (valor típico)
Monitor	Pantalla de 5.5 pulgadas, 1920 × 1080, 1000 cd / m ² , memoria del sistema Android 4G RAM + 16G ROM

Concentrador de carga de batería de vuelo inteligente (PHANTOM 4 CHARING HUB)

voltaje	17,5 V
Capacidad	4920 mAh
voltaje	7,6 V
Tipo de Batería	LiPo 2S
Energía	37,39 Wh

Adaptador de corriente CA (PH4C160)

voltaje	17,4 V
Potencia nominal	160 W

ANEXOS 11. Especificaciones Tecnicas Receptores GNSS

HOJA DE DATOS



NetR9

RECEPTORES DE REFERENCIA SERIE NETR9 GNSS

La serie de receptores de referencia del sistema global de navegación por satélite (GNSS) Trimble NetR9 está constituida por completísimos receptores de primera línea que han sido diseñados para proporcionar a los operadores de la red las mejores prestaciones y funcionalidad a partir de una sola plataforma.

Combinando la última generación de tecnología de receptor Trimble 360 con dos conjuntos de chips Trimble Maxwell™ 6, el receptor de referencia Trimble NetR9 cuenta con 440 canales líderes de la industria que ofrecen un rendimiento de rastreo de constelaciones GNSS múltiples incomparable. Dado que el sistema GNSS mundial está en continuo desarrollo, el receptor de referencia Trimble NetR9 garantiza al operador lo bien equipado que está para adaptarse a la industria actual y a lo que depare el futuro.

El receptor de referencia Trimble NetR9 soporta un amplio rango de señales satelitales. Actualmente, la plataforma NetR9 es capaz de rastrear señales de constelaciones GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, y QZSS. Con sus 440 canales, el NetR9 tiene capacidad de acomodar señales adicionales a medida que estas van estando disponibles, lo que elimina la necesidad de reemplazar el hardware para seguir al día con el avance tecnológico¹.

El receptor de referencia Trimble NetR9 soporta el nuevo protocolo de comunicación CMRx, que ofrece una compresión de correcciones GNSS sin precedente para optimizar el ancho de banda y la transmisión de datos de baja latencia. Esta combinación genera datos mejores a un costo de operación más bajo.

La compacta caja del receptor de referencia Trimble NetR9, su bajo consumo de energía y sus potentes funciones de red lo convierten en la combinación ideal; y además soporta una amplia variedad de aplicaciones de posicionamiento de alta precisión. Ejemplos específicos son:

- ▶ Receptor de red Trimble VRS™
- ▶ Estación base de campo móvil
- ▶ Investigación para fines académicos
- ▶ Estaciones de referencia de funcionamiento continuo (CORS)
- ▶ Receptor para aplicaciones de postprocesamiento de campañas de campo
- ▶ Se puede usar en los sistemas de radiotaro DGPS MSK
- ▶ Controla la integridad de las redes VRS, junto con otras obras de infraestructura tales como plataformas petroleras, minas, presas,

puentes u otros objetos naturales o artificiales donde los datos de deformación precisos son cruciales

El receptor de referencia Trimble NetR9 tiene una memoria física de ocho gigabytes integrada en la placa del circuito, la cual proporciona un alto nivel de protección a los datos. Adicionalmente, es compatible con el uso de dispositivos de registro USB externos lo que hace que el receptor de referencia Trimble NetR9 tenga una capacidad de almacenamiento y una flexibilidad sin precedente. Combinada con el registro de formatos TO2, RINEX, BINEX, y Google Earth, junto con la tecnología FTP y Email Push; el Trimble NetR9 logra una mezcla de funcionalidad y eficacia ilimitada.

Con una batería de litio-ión integrada y especificaciones medioambientales muy exigentes, el Trimble NetR9 ofrece una protección que evita la pérdida de datos. La batería de litio-ión integrada puede alimentar al Trimble NetR9 de forma continua durante 15 horas, y actuar como suministro principal o como reserva en situaciones de emergencia.

El receptor de referencia Trimble NetR9 viene integrado con un potente sistema de administración remota. Utilizando el protocolo Internet (IP) como el mecanismo de comunicación primario, la familiar interfaz de usuario web Trimble Infrastructure proporciona el completo estado del receptor, su configuración, actualizaciones del firmware, acceso de datos y una variedad de niveles de seguridad y controles de acceso. Asimismo, el receptor soporta alertas por email de forma que el operador sabe exactamente lo que hace el receptor. Esto incluye un sistema de vigilancia de posiciones integrado para saber en todo momento si la antena se ha movido antes de que sea demasiado tarde.

El receptor de referencia Trimble NetR9 puede configurarse fácilmente de manera manual gracias a sus siete botones, su pantalla de dos líneas y la información de estado, lo que facilita mucho su configuración en el campo. Y lo mejor de todo es que no son necesarios otros dispositivos de mano para hacerlo.

Disponible en tres configuraciones actualizables (NetR9 TI-1, TI-2 y TI-3) y una configuración no actualizable (el modelo NetR9); el NetR9 ofrece la plataforma de receptor más flexible de la actualidad. Con las sólidas funciones del receptor NetR9, el usuario puede confiar en que Trimble le ofrece lo último en tecnología GNSS y le ayuda a posicionarse estratégicamente en el futuro.

Principales Características

- ▶ Tecnología probada GNSS de Trimble
- ▶ 440 canales que ofrecen un rendimiento de rastreo GNSS incomparable
- ▶ Soporte para conexión Bluetooth®, Ethernet, serial y USB
- ▶ Funciones de monitoreo de posición y advertencias que avisan de cualquier cambio en la posición de la antena
- ▶ Memoria interna de gran capacidad así como prestaciones adicionales del dispositivo externo USB con capacidad de registro
- ▶ Conveniente panel frontal para despliegue de datos y configuración
- ▶ Tecnología PoE (alimentación a través de Ethernet)
- ▶ Doce sesiones de registro independientes
- ▶ Múltiples formatos de archivo de datos
- ▶ Batería integrada que puede servir como fuente de alimentación principal o como reserva ininterrumpida (UPS)
- ▶ Potente configuración y acceso remoto
- ▶ Listo para el servicio de corrección mundial Trimble RTX™



¹ Desarrollado bajo una licencia de la Unión Europea y de la Agencia Espacial Europea.
² Para obtener más información acerca de Trimble y la modernización GNSS, visite: http://www.trimble.com/en_new_ena.html.

TRANSFORMANDO LA MANERA EN QUE SE TRABAJA EN EL MUNDO



RASTREO DE SATÉLITES

- Dos conjuntos de chips avanzados Trimble Maxwell 6 GNSS para un total de 440 canales
- Tecnología de reducción de error por multitraectoria Trimble EVEREST™
- Tecnología de receptor Trimble 360
- Tecnología Trimble R-Track™
- Correlacionador múltiple de alta precisión para mediciones GNSS de pseudodistancia
- Medidas de pseudodistancia brutas, sin filtrar ni suavizar, que generan resultados con poco ruido, error por múltiple trayectoria bajo, correlación total muy rápida y alta respuesta dinámica
- Sistema propietario de control de la integridad autónoma del receptor (RAIM) para detectar y rechazar señales degradadas y mejorar la calidad de la posición.
- Medidas de fase portadora GNSS con un nivel de ruido muy bajo con precisión <1mm con un ancho de banda de 1Hz
- La relación señal-ruido se señala en dB-Hz
- Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble
- Rastreo simultáneo de señales de los satélites actuales:
 - GPS: L1 C/A, L2C, L2E (Método de Trimble para el rastreo de L2P sin encriptar), L5
 - GLONASS: L1 C/A y código P sin encriptar, L2 C/A y código P sin encriptar, L3 CDMA
 - Galileo: L1 C90C, E5A, E5B, y E5A/B/C
 - Beidou
 - QZSS: L1 C/A, L1C, L1 SAIF, L2C, L5, LEX
 - SBAS: L1 C/A (EGNOS/MSAS), L1 C/A y L5 (WAAS/GAGAN)
 - Banda L: OmniSTAR VBS, HP y XP
 - Correcciones mundiales Trimble RTX

FORMATOS DE ENTRADA Y SALIDA

- Formatos de corrección:
 - CMR, CMR+, CMRx, RTX, RTCM 2.1-3.2 y MSM
- Observables:
 - RT17, RT27, BINEX, RTCM 3x
- Entrada/Salida (I/O) de posición/estado:
 - NMEA-0183 v2.30, GSOFF
- Salida de hasta 50 Hz
- Entrada de frecuencia externa de 10 MHz
 - Nivel de entrada normal 0 a +13 dBm
 - Nivel de entrada máximo +17 dBm, ±35 V DC
 - Impedancia de entrada de 50 Ohms @ 10 MHz; bloqueo DC
- Salida de 1 PPS
- Entrada de eventos
- Soporte de sensor inclinación/met

RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO⁶

Posicionamiento GPS de código diferencial	
Horizontal	0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical	0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento diferencial WAAS⁷	
Horizontal	0,50 m RMS
Vertical	0,65 m RMS
Medición estática GNSS	
Estática de alta precisión	
Horizontal	3 mm + 0,1 ppm RMS
Vertical	3,5 mm + 0,4 ppm RMS
Estática y Estática Rápida	
Horizontal	3 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	5 mm + 0,5 ppm RMS
Medición cinemática en tiempo real⁸	
Línea base simple <30 km	
Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS
Red RTK	
Horizontal	8 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	15 mm + 0,5 ppm RMS
Tiempo de inicialización	
Típicamente <10 segundos	
Confiablez de la inicialización	
Típicamente >99,9%	

COMUNICACIÓN

- Puertos seriales
 - Un D9 macho, EIA-574 RS-232/V.24 completo 9 hilos en serie
 - Un Lemo de 7 pines Oshell, tres hilos en serie con entrada de alimentación, salida de 1 PPS y entrada de eventos
 - Un mini B USB de 5 pines; compatible con las operaciones en modo de dispositivo y anfitrión
- Bluetooth⁹
 - Bluetooth integrado de 2.4 GHz; soporta 3 conexiones simultáneas
- Ethernet
 - Conector RJ45 integrado
 - Modo Full Duplex, auto-gestión 100Base-T
 - Soporte de tecnología PoE con un suministro PoE de clase 3
 - HTTP, HTTPS, TCP/IP, UDP, FTP, NTRIP Caster, NTRIP Server, NTRIP Client
 - Soporte de servidor Proxy
 - Soporte de tabla de enrutamiento
 - Soporte de servidor NTP, cliente NTP
 - Soporte UPnP y Zeroconf
 - Alertas por correo electrónico y envío de archivos File Push
 - Monitoreo de posiciones
 - Filtrado IP

REGISTRO DE DATOS

Capacidad de almacenamiento	8 GB
Memoria integrada	mayor que 1 TB
Memoria externa ¹⁰	50 Hz
Velocidad de registro máxima	De 5 minutos a continua
Duración de archivos	12 sesiones concurrentes independientes con agrupación de memoria dedicada y memoria intermedia circular
Sesiones de almacenamiento	múltiples
Formatos de archivo	HTTP, servidor FTP, USB, FTP Push y Email Push
Opciones de nombre de archivos	protección de archivos sobre eventos definidos
Recuperación y transferencia de datos	
Eventos	



TRANSFORMANDO LA MANERA EN QUE SE TRABAJA EN EL MUNDO

NetR9 RECEPTORES DE REFERENCIA SERIE NETR9 GNSS

ESPECIFICACIONES FÍSICAS

Dimensiones (L x A x H) 26,5 cm x 13,0 cm x 5,5 cm
Peso 1,75 kg

ESPECIFICACIONES MEDIOAMBIENTALES

Certificación IP67 y MIL-STD 810F
Temperatura de funcionamiento^a -40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F)
Temperatura de almacenamiento -40 °C a +80 °C (-40 °F a +176 °F)
Humedad 100%, con condensación
Golpes Resistencia: Cuando no está en funcionamiento: 75 G, 6 ms;
En funcionamiento: hasta 25 G, 10 ms, en diente de sierra;
puede soportar caídas de 1 metro sobre una superficie dura
Vibración En funcionamiento: 2,6 g RMS, 7,5 Hz/0,015 g²/Hz;
350 Hz/0,015 g²/Hz; 500 Hz/0,006 g²/Hz;
Cuando no está en funcionamiento: 4,3 g RMS, 10 Hz/0,04 g²/Hz;
300 Hz/0,04 g²/Hz; 1000 Hz/0,002 g²/Hz
Protección contra la intrusión de agua y partículas IP67; impermeable al sumergirse
temporalmente a una profundidad de 1 m; a prueba de polvo

INTERFAZ DEL USUARIO

- Pantalla de panel frontal
 - Pantalla fluorescente al vacío de 2 líneas y 16 caracteres
 - Modos de ahorro energético avanzados
 - Teclas Salir e Intro para la navegación entre menús
 - 4 teclas de flecha (hacia arriba, hacia abajo, hacia la izquierda y hacia la derecha) para el desplazamiento y la entrada de datos
 - Botón de encendido/apagado y LED de indicación
- Interfaz de usuario Web
 - Segura
 - Permite la configuración remota, recuperación de datos y actualización de firmware
- Interfaz programática
 - Permite abrir, acceso no propietario, control y configuración

SOPORTE DE ANTENA

Voltaje de salida 5.0 V DC nominal
Corriente de salida máxima 150 mA
Pérdida de cables máxima 12 dB
Antenas recomendadas Trimble Zephyr 3 Geodetic,
Trimble GNSS Choke Ring, Trimble GNSS-Ti Choke Ring,
Ag25 (solo para uso con el modelo TI-M)

SEGURIDAD

- Conexión HTTP opcional
- HTTPS
- Autenticación de cadenas en tiempo real
- Autenticación de interfaz programática
- NTRIP

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

- Tecnología PoE (alimentación a través de Ethernet) 802.3af; requiere un suministro PoE de la clase 3
- Entrada de 9,5 V DC a 28 V DC en el puerto Lemo
- Voltaje durante el encendido configurable por el usuario
- Voltaje durante el apagado configurable por el usuario
- Batería interna integrada de 7,4 V, 7800 mA-hr, Li-Ión; 15 horas de operación continua, dependiendo de las configuraciones del usuario
- Batería interna que funciona como UPS en caso de que ocurra un apagón
- Cambio imperceptible entre los suministros de alimentación interna y externa
- La batería interna se carga desde el suministro de alimentación externa cuando el voltaje de entrada es >12 V DC
- Circuito de carga integrado
- Consumo de alimentación nominal de 3,8 W, dependiendo de las configuraciones del usuario

HOMOLOGACIÓN OBLIGATORIA

- RoHS
- China RoHS
- Certificación FCC, cumple con la sección 15.247 de la FCC
- Certificación de dispositivo de la clase B, cumple con la sección 15 de la FCC y con la normativa ICES-003
- Homologación RSS-310 y RSS-210 de la industria canadiense
- Marca de homologación CE
- Marca de homologación C-Tick
- UN ST/SG/AC.10.11/Rev. 3, enmienda. 1 (Batería de li-ión)
- UN ST/SG/AC.10.27/Add. 2 (Batería de li-ión)
- WEEE

- 1 El receptor NetR9 está disponible en cuatro configuraciones: TI-L, TI-2, TI-3, y TI-M. Las especificaciones mostradas se refieren a la configuración completa. Consulte a su distribuidor local para más información al respecto.
- 2 Los documentos de control de interfaz (CDI) de QONASS L3 CDMA no son públicos. La capacidad actual de los receptores se basa en información pública disponible. Como tal, Trimble no puede garantizar que estos receptores sean totalmente compatibles con la generación futura de satélites y señales QONASS.
- 3 Desarrollado bajo una licencia de la Unión Europea y de la Agencia Espacial Europea.
- 4 En el momento en que se publicó este documento, no estaban disponibles al público los documentos de control de interfaz (CDI) de BeiDou. La capacidad actual de los receptores se basa en información pública disponible. Como tal, Trimble no puede garantizar que estos receptores sean totalmente compatibles con la generación futura de satélites y señales BeiDou.
- 5 Observable por el piloto.
- 6 La precisión y confiabilidad pueden estar sujetas a anomalías tales como trayectoria múltiple, obstrucción, geometría de los satélites y condiciones atmosféricas. Las especificaciones establecidas recomiendan el uso de soportes estables en una zona despejada con una buena vista del cielo, que esté libre de errores por trayectoria múltiple e interferencias electromagnéticas, y que tenga una configuración óptima de la constelación GNSS; asimismo se recomienda usar los métodos de trabajo generalmente aceptados para realizar las mediciones de mayor precisión correspondientes a la aplicación determinada, incluyendo el uso de tiempos de ocupación adecuados a la longitud de la línea base. Las líneas base cuya longitud exceda los 30 km requieren datos de afermido preciso y probablemente ocupaciones de hasta 24 horas para lograr especificaciones de alta precisión estática.
- 7 Depende del rendimiento del sistema WAAS/EGNOS.
- 8 Los valores PPM de la red RTK se refieren a la estación base física más próxima.
- 9 Las autorizaciones para los tipos de instrumentos con tecnología Bluetooth son específicas a cada país. Contacte a su socio de distribución Trimble autorizado para obtener más información al respecto.
- 10 Se recomienda que la especificación mínima del dispositivo USB soporte USB 2.0 de alta velocidad con una velocidad de escritura mínima de 6 Mbps. Para un rendimiento óptimo se recomienda usar unidades de estado sólido.
- 11 La batería interna funcionará a partir de -30 °C a +55 °C (-24 °F a +133 °F). El cargador de la batería interna funcionará a partir de 0 °C a 45 °C (32 °F a 113 °F). Todas las temperaturas listadas se refieren a la temperatura ambiente.



ANEXOS 12. Planos



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo FERMINA GEORGINA SERRUTO FLORES,
identificado con DNI 46689341 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" INFLUENCIA DE LA CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN LA
PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAFÉMICO CON DRONE EN LA AUTOPISTA
PUNO - JULIACA KM 48+000 A 50+000 "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 19 de ENERO del 2024.



FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ODALIZ HUALLPA CONDORI
identificado con DNI 70170402 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“INFLUENCIA DE LA CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN
LA PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRÁFICO CON DRONE EN LA AUTOPISTA
PUNO - JULIACA KM 48+000 A 50+000”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 19 de ENERO del 2024



FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo FERMINA GEORGINA SERRUTO FLORES,
identificado con DNI 46689341 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ INFLUENCIA DE LA CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN LA PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO CON DRONE EN LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA KM 48+000 A 50+000 ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 19 de ENERO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ODALIZ HUALLPA CONDORI,
identificado con DNI 70170402 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"INFLUENCIA DE LA CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN LA
PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO CON DRONE EN LA AUTOPISTA
PUNO - JULIACA KM 48 + 000 A 50 + 000"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 19 de ENERO del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella