

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN
LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON
ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD
UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA”.**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. Díaz Vásquez Royher

ASESOR:

M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur

CAJAMARCA - PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

FACULTAD DE INGENIERÍA

1. Investigador: ROYHER DÍAZ VÁSQUEZ

DNI: 75917550

Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL

2. Asesor: M en I. Ing. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR

Facultad: INGENIERÍA

3. Grado académico o título profesional

Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

“EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA”

6. Fecha de evaluación: 25 setiembre del 2025

7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

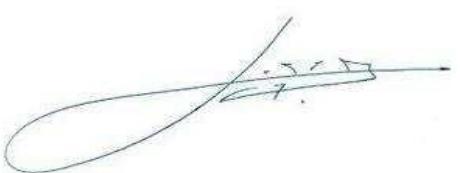
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 16 %

9. Código Documento: 3117:503441313

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 25 setiembre del 2025



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR

DNI: 26678955



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 2014826801 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 25/09/2025 15:15:59-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA*

ASESOR : *M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0687-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 16 de octubre de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **veinte días del mes de octubre de 2025**, siendo las quince horas con treinta (03:30 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay.
Vocal : M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.
Secretario : Ing. William Próspero Quiroz Gonzales.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA*; presentado por el estudiante de la Escuela profesional Ingeniería Civil ROYHER DÍAZ VÁSQUEZ, asesorado por el M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : **06** PTS.

EVALUACIÓN PÚBLICA : **11** PTS.

EVALUACIÓN FINAL : **17** PTS **DIECISIETE** (En letras)

En consecuencia, se lo declara **A PROBADO** con el calificativo de **DIECISIETE (17)** acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las **DIECIOCHES Y 30** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

M. Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay.
Presidente

M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.
Vocal

Ing. William Próspero Quiroz Gonzales.
Secretario

M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Asesor



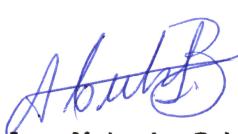
EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: ROYHER DÍAZ VÁSQUEZ.

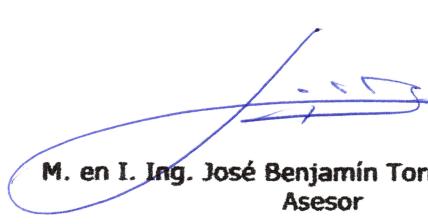
RUBRO	PUNTAJE Máximo/Calificación
2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
2.1. Capacidad de síntesis	03
2.2. Dominio del tema	03
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	03
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	02
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	11

Cajamarca, 20 de octubre de 2025


M. Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay.
Presidente


M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.
Vocal


Ing. William Próspero Quiroz Gonzales.
Secretario


M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Asesor



EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: ROYHER DÍAZ VÁSQUEZ.

RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	06
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	11
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	17
EN LETRAS (A + B)	DIECISIETE
- Excelente 20 - 19	
- Muy Bueno 18 - 17	MUY BUENO
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 20 de octubre de 2025


M. Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay.
Presidente


M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.
Vocal


Ing. William Próspero Quiroz Gonzales.
Secretario


M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Asesor

COPYRIGHT © 2025 by
ROYHER DÍAZ VÁSQUEZ
Todos los derechos Reservados

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, gracias a Dios por permitirme seguir luchando por mis sueños, Así como también a mis padres que son el motivo y la razón por lo que sigo trabajando y mejorando cada día, a través de su apoyo e inculcación de valores fundamentales que hoy rigen mi vida, a mi padre José Díaz y mi madre Leonila Vásquez, que con esfuerzo, disciplina y dedicación que me han brindado su apoyo moral, económico que me han brindado en cada momento de mi vida, ambos son mi guía y voluntad.

A mis hermanos, por compartir enseñanzas, inculcar y dar valores y por el cariño que siempre nos hemos tenido.

A mi Asesor el Ing. José Benjamín Torres Tafur, por sus consejos y apoyo en la orientación en cursos de pregrado y en el desarrollo de esta presente tesis, con sus conocimientos y material necesario para el desarrollo del mismo proyecto

Royer Díaz.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres José Díaz y Leonila Vásquez, así como también a mis hermanos Nilder, Luzmeña y Fiorela por ser el soporte económico y emocional a lo largo de esta meta.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1. INTRODUCCIÓN	14
1.1.1. Descripción de los capítulos	15
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2.1. Descripción del problema	16
1.2.2. Formulación del problema	16
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.4.1. Alcances	17
1.4.2. Delimitación	17
1.4.3. Limitaciones	17
1.5. OBJETIVOS	18
1.5.1. Objetivo general	18
1.5.2. Objetivos específicos	18
1.6. HIPÓTESIS GENERAL	19
1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	19

1.8. MATRIZ DE CONSISTENCIA	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	22
2.1.3. Antecedentes locales.....	24
2.2. BASES TEÓRICAS.....	25
2.2.1. Topografía.....	25
2.2.2. Geodesía.....	32
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	41
2.3.1. Puntos geodésicos.....	41
2.3.2. Estación Total South Navi Station 2".....	41
2.3.3. Receptores GNSS CHC I90/I89 (Global Navigation Satellite System)	41
2.3.4. Error Medio Cuadrático (EMC o RMS)	41
2.3.5. Precisión	41
2.3.6. Eficiencia.....	41
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1. Ubicación política.....	42
3.2. Ubicación geográfica del área de estudio	42
3.3. Materiales, equipos y herramientas utilizados	43
3.3.1. Equipos y herramientas	43
3.3.2. Softwares de procesamiento	45
3.4. Metodología de la investigación	48

3.4.1.	Tipo, nivel, diseño y método de investigación.....	48
3.4.2.	Población, muestra y unidad de análisis de estudio	48
3.4.3.	Técnicas e instrumentos para recolectar datos en campo	48
3.5.	Procedimiento de la investigación.....	48
3.5.1.	Reconocimiento de la zona de estudio	49
3.5.2.	Georeferenciación de la zona de estudio.....	50
3.5.3.	Monumentación y certificación de Puntos Fijos de Control Horizontal	51
3.5.4.	Levantamiento topográfico con Estación Total	56
3.5.5.	Levantamiento topográfico con receptores GNSS.....	67
3.5.6.	Vuelo fotogramétrico.....	68
3.5.7.	Replanteo topográfico con estación total	76
3.5.8.	Replanteo topográfico con equipos GNSS	77
3.5.9.	Eficiencia de los levantamientos y replanteos topográficos	80
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		83
4.1.	Análisis de la variable precisión del levantamiento y replanteo topográfico ..	83
4.1.1.	Precisión en levantamientos topográficos.....	83
4.1.2.	Precisión en replanteos topográficos	85
4.2.	Análisis de la variable eficiencia del levantamiento y replanteo topográfico..	88
4.2.1.	Eficiencia en los levantamientos topográficos	88
4.2.2.	Eficiencia en los replanteos topográficos	88
4.3.	Contrastación de hipótesis	89
4.3.1.	Precisión	91
4.3.2.	Eficiencia.....	93

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
5.1. CONCLUSIONES	96
5.2. RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXOS	102
6.1. Anexo 01: Certificado de punto geodésico IGN “2005002”	103
6.2. Anexo 03: Ficha monográfica de la ERP utilizada CJ01 – Cajamarca.	104
6.3. Anexo 04: Reporte de procesamiento de líneas base.....	108
6.4. Anexo 05: Descripciones monográficas de los PFCH.	117
6.5. Anexo 06: Reporte de ajuste de poligonal cerrada.....	125
6.6. Anexo 05: Reporte de transformación de Topográficas a UTM	129
6.7. Anexo 07: Reporte de nivelación geométrica compuesta	131
6.8. Anexo 08: Reporte de geoetiquetado de vuelos fotogramétricos.....	133
6.9. Anexo 09: Reporte de procesamiento de fotos.....	136
6.10. Anexo 10: Certificado de operatividad de Estación Total.....	143
6.11. Anexo 11: Certificado de operatividad de equipos GNSS	144
6.12. Anexo 11: Certificado de operatividad de dron	147
6.13. Anexo 11: Plano topográfico y de ubicación	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de operacionalización de variables	19
Tabla 2: Matriz de consistencia	20
Tabla 3: Ubicación política.....	42
Tabla 4: Cuadro de coordenadas del PP.GG y los PFCH	55
Tabla 5: Lecturas de ángulos y distancias tomados en campo.	56
Tabla 6: Comprobación de errores permisibles	59
Tabla 7: Datos introducidos al programa MicroSurvey StarNet.....	60
Tabla 8: Coordenadas topográficas ajustadas con MicroSurvey StarNet	61
Tabla 9: Data de campo para la nivelación cerrada.....	62
Tabla 10: Comprobación de errores permisibles	64
Tabla 11: Cotas compensadas de la nivelación geométrica.....	65
Tabla 12: Factores de escala de cada punto	66
Tabla 13: Coordenadas transformadas de topográficas a UTM	67
Tabla 14: Levantamiento con receptores GNSS.....	68
Tabla 15: Lista de puntos para el replanteo	75
Tabla 16: Coordenadas de replanteo con Estación total	77
Tabla 17: Lista de puntos replanteados con receptores GNSS.....	80
Tabla 18: Cronograma de campo y gabinete en el levantamiento topográfico	81
Tabla 19: Costos en la elaboración de la poligonal cerrada	81
Tabla 20: Tiempos en replanteos con estación total y GNSS	82
Tabla 21: Costos en replanteo con Estación Total y GNSS	82
Tabla 22: Errores absolutos del levantamiento con ET. respecto a los PFCH.....	84
Tabla 23: Errores absolutos del levantamiento con GNSS respecto a los PFCH ..	85
Tabla 24: Errores absolutos del replanteo topográfico con estación total	86
Tabla 25: Errores absolutos del replanteo topográfico con receptores GNSS	87
Tabla 26: Análisis de la variable eficiencia en el levantamiento topográfico	88
Tabla 27: Análisis de la variable eficiencia en el replanteo topográfico	88

Tabla 28: Prueba T student para las variaciones en el levantamiento topográfico	90
Tabla 29: Prueba T Student para las variaciones en el replanteo topográfico.....	91
Tabla 30: Resumen de errores absolutos de la ET. vs los GNSS	92
Tabla 31: Resumen de errores absolutos de la ET. vs los GNSS	92
Tabla 32: Precisión: Estación Total vs GNSS Diferencial.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio.....	18
Figura 2: Estación total.....	26
Figura 3: Segmentos GNSS	33
Figura 4: Ubicación geográfica del proyecto de investigación (Zona 17M)	42
Figura 5: Área de la Universidad Nacional de Cajamarca.....	43
Figura 6: Equipo y personal encargado de la nivelación	46
Figura 7: Equipos y herramientas utilizadas en la poligonal cerrada	46
Figura 8: Equipos y herramientas para el posicionamiento GNSS	47
Figura 9: Equipos y herramientas para el levantamiento con receptores GNSS..	47
Figura 10: Flujograma del proceso de investigación	49
Figura 11: Reconocimiento de la zona de estudio.....	50
Figura 12: Posicionamiento GNSS en el punto geodésico.....	51
Figura 13: Ubicación del PP.GG. y los PFCH.....	52
Figura 14: Posicionamiento geodésico en cada uno de los vértices.....	53
Figura 15: Procesamiento de líneas base en Trimble Business Center	54
Figura 16: Resumen de precisión de líneas base.....	55
Figura 17: Llenado de libreta de campo de la poligonal cerrada.....	58
Figura 18: Características de los equipos utilizados en la poligonal	60
Figura 19: Ajuste de poligonal cerrada.....	61
Figura 20: Elaboración de la nivelación geométrica	63

Figura 21: Ajuste de nivelación geométrica cerrada.....	64
Figura 22: Transformación de coordenadas Topográficas a UTM	66
Figura 23: Levantamiento topográfico con Receptores GNSS.....	67
Figura 24: Plan de vuelo N°1.....	69
Figura 25: Plan de vuelo N°2.....	69
Figura 26: Geoetiquetado de vuelos fotogramétricos	70
Figura 27: Reporte de calidad de rutas de vuelo	71
Figura 28: Procesamiento de fotos	72
Figura 29: Modelo digital de elevaciones (MDE)	72
Figura 30: Modelo digital del terreno (MDT)	73
Figura 31: Orto mosaico del área de la Universidad Nacional de Cajamarca	73
Figura 32: Nube de puntos	74
Figura 33: Puntos de muestro para el replanteo.....	75
Figura 34: Replanteo de puntos de muestreo.....	76
Figura 35: Replanteo de coordenadas UTM	77
Figura 36: Programa Land Star 8.....	78
Figura 37: Calibración de sitio	79
Figura 38: Replanteo con calibración de sitio	79
Figura 39: Gráfico N°01. Eficiencia en los levantamientos topográficos.....	94
Figura 40: Gráfico N°02. Eficiencia en los replanteos topográficos	94

RESUMEN

El presente estudio titulado “Evaluación de precisión y eficiencia en levantamientos y replanteos topográficos con Estación Total y GNSS Diferencial en la Ciudad Universitaria de Cajamarca” surge de la problemática de identificar si el uso de la estación total es más preciso y eficiente que los receptores GNSS con las características topográficas del lugar de estudio. El objetivo principal de la investigación fue evaluar y comparar la precisión y eficiencia en levantamientos y replanteos realizados con Estación Total y receptores GNSS Diferenciales, identificando además sus ventajas y limitaciones. Para el desarrollo del estudio se ejecutaron trabajos de campo entre los meses de marzo a junio del 2025 en la Ciudad Universitaria de Cajamarca, procesándose posteriormente los datos obtenidos. Los resultados del error medio cuadrático (EMC) evidenciaron que, en el levantamiento topográfico, la Estación Total obtuvo valores de 0.009 m en Este, 0.011 m en Norte y 0.023 m en Elevación, mientras que los receptores GNSS registraron 0.029 m en Este, 0.029 m en Norte y 0.014 m en Elevación, valores contrastados con los Puntos Fijos de Control (PFCH) establecidos; en el caso del replanteo topográfico, partiendo del levantamiento y los PFCH, la Estación Total presentó errores de 0.007 m en Este, 0.005 m en Norte y 0.020 m en Elevación, frente a los receptores GNSS con 0.009 m, 0.008 m y 0.027 m respectivamente, por ende la Estación Total es más precisa en ambos procesos. En cuanto a la eficiencia, se determinó que en el levantamiento topográfico la Estación Total demandó un 15% más de costo y un 20% más de tiempo respecto a los receptores GNSS, mientras que en el replanteo los receptores GNSS implicaron un 27% más de costo, pero resultaron un 50% más rápidos que la Estación Total. Finalmente, se concluye que la Estación Total constituye la mejor alternativa para trabajos que requieren alta precisión y control detallado, mientras que los receptores GNSS Diferenciales resultan más eficientes en proyectos que priorizan rapidez y cobertura espacial en entornos óptimos para su funcionamiento.

Palabras clave: Estación Total, GNSS Diferencial, PFCH, levantamiento topográfico, replanteo topográfico, precisión, eficiencia.

ABSTRACT

The present study entitled “Evaluation of Precision and Efficiency in Topographic Surveys and Stakeouts using Total Station and Differential GNSS at the University Campus of Cajamarca” arises from the need to determine whether the Total Station provides greater precision and efficiency compared to Differential GNSS receivers under the topographic conditions of the study area. The main objective was to evaluate and compare the precision and efficiency of both technologies, identifying their advantages and limitations. The research was conducted between March and June 2025 at the University Campus of Cajamarca through fieldwork and subsequent data processing. The root mean square error (RMS) results showed that, in surveying, the Total Station achieved 0.009 m in Easting, 0.011 m in Northing, and 0.023 m in Elevation, while the Differential GNSS recorded 0.029 m in Easting, 0.029 m in Northing, and 0.014 m in Elevation. In stakeouts, the Total Station presented errors of 0.007 m in Easting, 0.005 m in Northing, and 0.020 m in Elevation, compared to 0.009 m, 0.008 m, and 0.027 m, respectively, with the GNSS, confirming higher precision of the Total Station in both processes. Regarding efficiency, in surveying, the Total Station required 15% more cost and 20% more time, while in stakeouts, GNSS was 50% faster but involved 27% higher cost. It is concluded that the Total Station is more suitable for works demanding high precision and detailed control, whereas Differential GNSS receivers are more efficient for projects prioritizing speed and spatial coverage in favorable operating environments.

Keywords: Total Station, Differential GNSS, PFCH, topographic survey, topographic stakeout, precision, efficiency.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Una de las grandes exigencias en el campo de la ingeniería es que los trabajos sean de precisión y de alto rendimiento para desarrollar con eficiencia los trabajos de topografía. En el tiempo, la topografía para obras viales, catastro, proyectos estructurales entre otros, ha generado constantes problemas en la metodología usada y el empleo adecuado de la misma evidenciando desafíos recurrentes en su correcta implementación. (Quispe Ccarhuas, 2023).

Estudios previos han mostrado que en contextos específicos topográficos, los métodos basados en GNSS diferencial (modo estático, RTK o cinemático) pueden alcanzar niveles de precisión cercanos al de la Estación Total, especialmente cuando se manejan adecuadamente factores ambientales y tiempos de ocupación (Panti Mamani & Forocca Zapana, 2024); Sin embargo, también se evidencia que aunque los métodos GNSS pueden ser más rápidos o menos costosos, su eficiencia puede disminuir en terrenos con obstáculos, multipath o condiciones no óptimas, lo cual sugiere que la Estación Total sigue siendo una referencia para trabajos donde la precisión es crítica. (Julca Alejo & Pilco Huallpa, 2021).

En este contexto, se identifica la necesidad de realizar un análisis que permita evaluar métodos de gestión y uso de información, considerando factores clave como la precisión, los costos y el tiempo. Este enfoque busca optimizar los procesos, mejorar la calidad de los resultados y apoyar la toma de decisiones en proyectos futuros; en la actualidad, los avances tecnológicos permiten la implementación de nuevas técnicas para la obtención de datos en el ámbito de la topografía, este estudio se centra en la evaluación detallada de las técnicas de levantamiento y replanteo topográfico utilizando estación total y GNSS diferencial. El objetivo de la investigación es realizar una evaluación precisa y eficiente de estas metodologías, con el fin de mejorar la exactitud y la eficacia en los trabajos topográficos, contribuyendo a la optimización de los procesos topográficos.

1.1.1. Descripción de los capítulos

Capítulo I. En el primer capítulo se presenta la introducción de la investigación, el planteamiento y formulación del problema, la justificación, los alcances o delimitaciones de la investigación, objetivos y la hipótesis.

Capítulo II. En el segundo capítulo se desarrolla los antecedentes y bases teóricas, que son los conceptos sobre topografía, geodesia, estación total y equipos GNSS, así como alcances sobre la normativa vigente del IGN para levantamientos topográficos y geodésicos.

Capítulo III. En el tercer capítulo, se describe las herramientas que utilizamos para desarrollar la investigación, así como la metodología para el procesamiento de la data obtenida en campo con estación total, equipos GNSS y Dron para el levantamiento topográfico y geodésico.

Capítulo IV. En este capítulo se realiza el análisis y comparación de la precisión y eficiencia del levantamiento y replanteo topográfico con estación total versus receptores GNSS en la elaboración de poligonal cerrada y replanteo de puntos de muestro obtenido a partir del vuelo fotogramétrico con los puntos de control de ambas metodologías, mediante la evaluación de los errores obtenidos en X (Este), Y (Norte) y Z (Elevación) en el procesamiento del capítulo anterior con respecto a los Puntos Fijos de Control Horizontal (PFCH) de orden “C” colocados.

Capítulo V. En este último capítulo se desarrollan las conclusiones en referencia a los objetivos determinados y se realiza las recomendaciones necesarias según el trabajo de investigación realizado.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Descripción del problema

La precisión y eficiencia en los levantamientos y replanteos topográficos son esenciales para proyectos de ingeniería y construcción, especialmente en entornos complejos como la Ciudad Universitaria de Cajamarca. Los métodos utilizados, como la estación total, son efectivos, pero la introducción del GNSS diferencial ofrece nuevas oportunidades para mejorar los resultados.

El problema principal de esta investigación surge de la necesidad de identificar si el uso de la estación total es más preciso y eficiente que los receptores GNSS con las características topográficas del lugar de estudio como es la Ciudad Universitaria. La variabilidad del terreno y las características del área influyen en el desempeño de cada tecnología, generando incertidumbre sobre cuál proporciona mejores resultados en coordenadas a la hora del levantamiento y replanteo topográfico, las conclusiones buscarán optimizar los procesos topográficos y ofrecer recomendaciones prácticas basadas en datos empíricos.

1.2.2. Formulación del problema

¿El levantamiento y replanteo topográfico de la Ciudad Universitaria de Cajamarca realizado con Estación Total es más preciso y eficiente que el realizado con los receptores GNSS Diferenciales?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es crucial debido a la necesidad de mejorar la precisión y eficiencia en los levantamientos y replanteos topográficos en la Ciudad Universitaria de Cajamarca. La elección entre la estación total y el sistema GNSS diferencial puede afectar significativamente la calidad de los datos y la eficiencia de los recursos utilizados. Esta tesis aborda esta necesidad al proporcionar un análisis detallado que permita tomar decisiones informadas, optimizando así los procesos topográficos en un contexto regional y nacional.

El objetivo de esta tesis es ofrecer una evaluación comparativa de la estación total y el sistema GNSS diferencial en los entornos similares al de la Ciudad Universitaria de Cajamarca, con el fin de determinar cuál tecnología proporciona una mayor precisión y eficiencia en los levantamientos y replanteos topográficos. Los resultados de este estudio permitirán hacer recomendaciones prácticas sobre la metodología más adecuada para la realización de trabajos topográficos en esta área.

1.4. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Alcances

La presente investigación tiene por finalidad comparar el levantamiento y replanteo topográfico utilizando Estación Total comparado con el levantamiento y replanteo topográfico realizado con los receptores GNSS, lo cual nos permitirá determinar si las mediciones de campo obtenidas con ambas metodologías evaluando cual es más precisa y eficiente en términos de tiempo y costo.

1.4.2. Delimitación

La investigación se realizó en el Departamento de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, Distrito de Cajamarca, en el área de la Ciudad Universitaria de Cajamarca que comprende un área de 37.79 Has, asimismo se indica que se desarrolló la investigación durante los meses de Marzo a Junio del año 2025, la investigación se delimita a la elaboración de una poligonal cerrada con estación total, procesamiento de líneas base para el levantamiento topográfico y levantamiento en RTK al replanteo de puntos de muestreo en la Ciudad Universitaria de Cajamarca, tomando como base de control topográfico un punto geodésico de orden C y Puntos Fijos de Control Horizontal (PFCH).

1.4.3. Limitaciones

Esta tesis abarca una evaluación comparativa de la precisión y eficiencia de dos tecnologías de levantamiento y replanteo topográfico, el estudio se enfoca en el entorno específico de la Ciudad Universitaria de Cajamarca, considerando únicamente el

levantamiento mediante la elaboración de una poligonal cerrada y el replanteo de puntos de muestreo. Asimismo, los resultados dependen del estado de los equipos utilizados y de las condiciones ambientales durante los trabajos de campo.

Figura 1

Área de estudio.



Nota. Imagen obtenida de Google Earth Pro.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la precisión y eficiencia del levantamiento y replanteo topográfico utilizando Estación Total y los Receptores GNSS en la ciudad universitaria de Cajamarca con la finalidad de determinar las ventajas y limitaciones de cada metodología.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la precisión del levantamiento y replanteo topográfico realizado con estación total y los receptores GNSS en comparación con los Puntos Fijos de Control Horizontal (PFCH).

- Analizar la eficiencia del levantamiento y replanteo topográfico con estación total en relación con el desarrollado con receptores GNSS diferencial.
- Identificar las ventajas y limitaciones que presentan ambas metodologías en la ejecución de trabajos topográficos, en función de los resultados obtenidos en precisión y eficiencia.

1.6. HIPÓTESIS GENERAL

El levantamiento y replanteo topográfico realizado con estación total presenta mayor precisión y eficiencia en comparación con el realizado mediante receptores GNSS diferencial en la Ciudad Universitaria de Cajamarca.

1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables

“Evaluación de precisión y eficiencia en levantamientos y replanteos topográficos con Estación Total y GNSS diferencial en la Ciudad Universitaria de Cajamarca”.						
Hipótesis	Variables	Definición Conceptual	Definición de Operacionalización	Dimensiones	Indicador	Instrumento
El levantamiento y replanteo topográfico realizado con estación total presenta mayor precisión y eficiencia en comparación con el realizado mediante receptores GNSS diferencial en la Ciudad Universitaria de Cajamarca.	Variable 1. Precisión en el levantamiento y replanteo topográfico	La exactitud y fiabilidad de los datos obtenidos (Andrew Dowd y otros, 2021).	Error absoluto de medición: Diferencia entre el valor medido y el valor real.	Cuantitativa Error absoluto de medición	Coordenadas Este (m)	Estación total
			Error medio cuadrático: Medida de calidad de las observaciones, cuanto más cercano a cero, mejor es la precisión.		Norte (m) Elevación (m)	GNSS Diferencial
	Variable 2. Eficiencia en el levantamiento y replanteo topográfico	Lograr resultados de calidad con el menor tiempo y costo en los procesos (Andrew Dowd y otros, 2021).	Tiempo de ejecución: Duración del levantamiento y replanteo topográfico.	Cuantitativa: Tiempo de ejecución	Días	Reloj
			Costos de ejecución: Valoración monetaria de los recursos empleados en el levantamiento y replanteo topográfico.		Cuantitativa: Costo de ejecución	Soles (s./.) Análisis de gastos

1.8. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 2: Matriz de consistencia

“EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA”

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis de la investigación	Variables	Metodología de la investigación	Población y muestra	Técnicas e instrumentos
¿El levantamiento y replanteo topográfico de la Ciudad Universitaria de Cajamarca realizado con Estación Total es más preciso y eficiente que el realizado con los receptores GNSS Diferenciales?	<p>Objetivo general: Evaluar la precisión y eficiencia del levantamiento y replanteo topográfico utilizando Estación Total y los Receptores GNSS en la ciudad universitaria de Cajamarca con la finalidad de determinar las ventajas y limitaciones de cada metodología.</p> <p>Objetivo específico N° 01: Determinar la precisión del levantamiento y replanteo topográfico realizado con estación total en comparación con el efectuado mediante receptores GNSS diferencial.</p> <p>Objetivo específico N° 02: Analizar la eficiencia del levantamiento y replanteo topográfico con estación total en relación con el desarrollado con receptores GNSS diferencial.</p> <p>Objetivo específico N° 03: Identificar las ventajas y limitaciones que presentan ambas metodologías en la ejecución de trabajos topográficos, en función de los resultados obtenidos en precisión y eficiencia.</p>	<p>El levantamiento y replanteo topográfico realizado con estación total presenta mayor precisión y eficiencia en comparación con el realizado mediante receptores GNSS diferencial en la Ciudad Universitaria de Cajamarca.</p>	<p>Dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Precisión en el levantamiento y replanteo topográfico Eficiencia en el levantamiento y replanteo topográfico <p>Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Uso de la Estación Total Uso del GNSS diferencial 	<p>Método de investigación: Mixto (Análisis y comparación)</p> <p>Tipo de Investigación: Aplicada</p>	<p>Población: Área de la Ciudad universitaria de Cajamarca</p>	<p>Técnicas: Toma de datos directo en campo</p> <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estación total • GNSS Diferencial <p>Muestra: La muestra será Los 8 vértices de la poligonal cerrada y los 16 puntos de muestra para el replanteo topográfico.</p> <p>Unidad de análisis: La precisión y eficiencia</p> <p>Unidad de observación: Coordenadas Este Norte y Elevación</p>

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. Antecedentes internacionales

Baque Solis y otros (2022), en su estudio denominado “Análisis comparativo topográfico sobre levantamientos altimétricos con RTK GNSS, Estación Total y Dron en Manta” realizado por concluyó que en los tres terrenos medidos, varían de acuerdo al relieve, vegetación y condiciones del clima y los productos obtenidos con el uso de DRONE son mayores y mucho más detallados, pues se obtienen archivos en formato de imagen como es la ortofoto, sin embargo, en zonas donde se tiene una gran vegetación, se puede estimar que los datos recolectados por aerofotogrametría presentan mayor error en la precisión debido a que el software empleado para el procesamiento de datos no puede distinguir los puntos del terreno de los puntos de vegetación, además es muy importante en conjunto los datos de la ESTACIÓN TOTAL y RTK GNSS, ya que permiten verificar la información topográfica con la ortofoto, siendo un importante validador de la información levantada y con los datos obtenidos de cada terreno se puede apreciar que el margen de error total es mucho menor en el terreno uno (llano), con los tres equipos ya que, en él, no hubo dificultad de acceso, traslado, y precisión, caso contrario en el terreno dos (edificaciones) y tres (vegetación), se obtienen valores un poco más altos, por presentar un nivel de dificultad mayor en cuanto acceso, por las obstrucciones, interferencias, entre otros.

Philippe Giguère & François Pomerleau (2021), en su estudio denominado “*Accurate outdoor ground truth based on total stations*”, concluyeron que el uso de estaciones totales como referencia de campo permite alcanzar una exactitud del orden de 10 mm en comparación con las mediciones GNSS-RTK, especialmente en entornos con obstrucciones parciales. Los autores señalan que, si bien los receptores GNSS resultan prácticos para grandes coberturas, la estación total ofrece mayor precisión y constituye una herramienta esencial para validar o certificar coordenadas en proyectos topográficos que demandan fiabilidad.

Agüero Corzo & Montilla Pacheco (2022), en su estudio “Medición de puntos GPS por el método estático con equipo diferencial. Una experiencia didáctica en el Instituto Pedagógico de Maturín”, determinaron que entre la gran proliferación de usos civiles que tiene el GPS está el GPS diferencial o DGPS, que es una alternativa para mejorar la precisión en las posiciones de los puntos medidos. En los espacios de la UPEL-IPMALA quedaron materializados en superficie tres puntos medidos con equipos DGPS con el método estático, usando como estación base el punto Carson ubicado en las inmediaciones del hangar del aeropuerto ya mencionado, perteneciente a la Red Geodésica Venezolana. Estas coordenadas están vinculadas al sistema SIRGAS-REGVEN y según el procesamiento de los datos generados de la información se obtuvieron desviaciones estándar en las coordenadas de posición norte y este en el orden de ± 2 a ± 8 mm con una media de $\pm 4,6$ mm para la coordenada norte y ± 6 mm para la coordenada este, mientras que en la coordenada altura (cota) se obtuvo una desviación estándar entre ± 2 mm a $\pm 1,2$ cm y una media de 2,3 cm en la referida coordenada.

Khudhur Hussein & Yaseen Abdulla (2021), en su estudio “*Surveying with GNSS and Total Station: A Comparative Study*” realizado en la Universidad Politécnica de Erbil (Irak), compararon una red de 20 puntos medidos tanto con Estación Total (Topcon 105) como con RTK-GNSS. Evaluaron precisión, exactitud y tiempo de trabajo. Se obtuvo que la Estación Total logró errores medios de 13 mm en Este, 11 mm en Norte y 15 mm en Elevación, mientras que el GNSS mostró mejor desempeño en horizontal, aunque con diferencias verticales mayores. El estudio concluye que ambos métodos son eficientes, pero la Estación Total mantiene mayor confiabilidad en condiciones con obstrucciones.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Alfonte Chura & Jalari Luna (2022), en su estudio denominado “Comparación de métodos de ajuste en la poligonal abierta utilizando métodos convencionales y receptores GNSS en la carretera Huancuni C.P. San Isidro Ilave” donde el objetivo era determinar la diferencia de los Métodos de Ajuste en la poligonal abierta utilizando receptores GNSS

concluyó que los resultados obtenidos de los tres Métodos Convencionales según el análisis estadístico de la Fuente de Varianza de “ANOVA”, cuyo resultado NO SE ACEPTE H_0 : $u_1=u_2=u_3$; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendo que: Si hay diferencia significativa en la comparación de los métodos convencionales y receptores GNSS en modo estático, de acuerdo a los resultados de ANOVA, los valores de las coordenadas son: ESTE: -0.000667 y el valor NORTE: -0.00322.

Panti Mamani & Forocca Zapana (2024), en su investigación titulada “Precisión del GPS diferencial en modo RTK y cinemático comprobado con estación total para determinar áreas, perímetro de predios urbanos barrio Las Lomas – Ilave – Puno”, concluyeron que la estación total presenta un menor margen de error en comparación con el GPS diferencial; sin embargo, este último resalta por su rapidez en la captura de datos y su aplicabilidad en áreas urbanas con gran cobertura. Los resultados permiten establecer que, si bien la estación total es superior en precisión, el GNSS diferencial constituye una alternativa eficiente cuando se priorizan tiempo y productividad en trabajos de levantamiento urbano.

Quispe Ccarhuas (2023), en su estudio denominado “Análisis comparativo de coordenadas topográfica obtenidas con dos metodologías : Equipos Gnss y estación total para el proyecto Via Express a Cusco 2023”, concluyó que el resultado muestra que la diferencia de errores varía entre 0.003m a 0.016m en coordenadas X(Este) mientras que en las coordenadas Y (norte) varía entre 0.001m a 0.020m, concluyendo que no hay una diferencia significativa, por lo cual podemos optar en aplicar cualquiera de las dos metodologías, además precisando que los equipos GNSS tienen mejor rendimiento en cuanto a tiempo y costo.

Llanque Mamani (2022), en su estudio titulado “Análisis comparativo entre los puntos de fotocontrol de un GPS diferencial modo RTK y una estación total en un levantamiento catastral rural con un Drone Quadcoptero”, realizado en la comunidad de Lupaka Alpacuyo II, Camicachi, evaluó la precisión y eficiencia de tres tecnologías: GPS diferencial modo RTK, Estación Total y Drone. Para ello, seleccionó al azar diez predios

dentro de un área de 26.58 ha y aplicó pruebas estadísticas de comparación (T de Student) a fin de determinar si existían diferencias significativas entre los métodos. Los resultados evidenciaron que sí existen variaciones en la precisión entre las técnicas evaluadas; sin embargo, todas presentan niveles aceptables con un 95 % de confianza. El autor concluyó que tanto el GPS diferencial como la Estación Total son equipos idóneos para la generación de puntos de fotocontrol, recomendando el uso conjunto de ambos para garantizar mayor precisión y eficiencia en levantamientos fotogramétricos aplicados al catastro rural.

2.1.3. Antecedentes locales

Urteaga Montoya (2021), en su estudio denominado “Evaluación técnica económica del levantamiento topográfico con estación total, gps diferencial y dron, para el análisis geométrico de la carretera Baños del Inca – Otuzco, Cajamarca 2020”, concluyó que; con respecto a la precisión, el levantamiento topográfico con Dron y la Estación Total, resultan ser 3 veces mayor que el levantamiento con GPS Diferencial. Al efectuar el trabajo topográfico con el Dron, se requiere 6 veces menos tiempo que el trabajo con la estación total y 3 veces menos tiempo que el trabajo con GPS diferencial, respecto al costo, el levantamiento topográfico con el Dron, es 1.333 veces mayor que el levantamiento topográfico con la Estación Total y 1.31 veces menor que el levantamiento con el GPS Diferencial.

Rubio Briceño (2025), en su estudio denominado “Comparación de la precisión de un levantamiento topográfico utilizando Estación total Leica Ts06 Plus 5 y GPS Diferencial” en la Microrepresa Sendamal, Distrito de Huazmín - Provincia de Celendín - Cajamarca” demostró que la Estación Total Leica TS06 Plus 5” alcanzó errores medios cuadráticos de 0.031 m en X, 0.052 m en Y y 0.003 m en Z, mientras que el GPS Diferencial presentó valores de 0.062 m en X, 0.061 m en Y y 0.028 m en Z. Estos resultados confirman que la estación total ofrece mayor precisión en levantamientos topográficos en comparación a los datos obtenidos con GPS Diferencial, aunque este último constituye una alternativa ventajosa en términos de rapidez y reducción de costos en campo. Por tanto, se concluye

que la Estación Total Leica TS06 Plus 5" es más confiable para proyectos que requieren alta exactitud, mientras que el GPS Diferencial resulta útil en trabajos donde prima la cobertura de área y la eficiencia operativa.

Manrique Moreno (2024), en su investigación realizada en la Universidad Privada del Norte, denominada "Análisis comparativo entre Estación Total y GPS diferencial en levantamientos topográficos, utilizando como base una poligonal cerrada para garantizar el control de los datos", los resultados evidenciaron que la Estación Total Leica Flexline TS10 1" PLUS alcanzó errores medios de ± 0.003 m en planimetría (X, Y) y ± 0.006 m en altimetría (Z), mientras que el GPS diferencial Leica GS18 presentó errores de ± 0.012 m en planimetría y ± 0.021 m en altimetría. En cuanto a la eficiencia, el GPS diferencial permitió reducir en un 40% el tiempo de campo, aunque con menor exactitud; además, la Estación Total implicó un 15% menos de costo por el menor valor de alquiler. Se concluyó que la Estación Total ofrece mayor precisión y control en levantamientos basados en poligonales cerradas, mientras que el GPS diferencial constituye una alternativa más eficiente para trabajos extensivos donde se prioriza rapidez y cobertura.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Topografía

La topografía se define como "la ciencia que se ocupa de la descripción y representación gráfica detallada de la superficie terrestre, incluidas sus características naturales y artificiales" (Davis & Foote, 2014).

2.2.1.1. Equipos topográficos

En la actualidad, se están alcanzando progresos significativos en el ámbito de los dispositivos y técnicas de medición. Herramientas como los dispositivos de medición electrónica, la fotogrametría aérea, los sensores remotos, las observaciones satelitales, la tecnología de medición de distancias con disparos láser, las estaciones totales, el software especializado, agilizan la recolección de una gran cantidad de datos en un período más

corto, estos elementos sentarán las bases sólidas para el mejoramiento continuo de los equipos y metodologías en el progreso de la topografía. (Mendoza Dueñas, 2022).

2.2.1.2. La estación total

La estación total contiene tres componentes importantes, como: instrumento de medición electrónica de distancia (MED), un componente electrónico de medición de ángulos y una computadora o microprocesador, en una sola unidad de equipo topográfico., con estos equipos se pueden medir ángulos y distancias simultáneamente.

Figura 2

Estación total



Nota. Obtenida de Ghilani & Wolf, 2012, pág. 16

La fusión de microprocesadores y telémetros electrónicos en los teodolitos electrónicos llevó al desarrollo de lo que se conoce como Estación Total. Es un instrumento que posibilita la determinación de distancias en ambas direcciones, tanto horizontal como vertical, además de permitir la medición de ángulos tanto en el plano horizontal como en el vertical. Además, mediante el uso de un microprocesador programado, la Estación Total puede calcular las coordenadas, incluyendo el norte (Y),

este (X) y la altitud (Z), de los puntos observados. Estos dispositivos a menudo incorporan tarjetas magnéticas para el almacenamiento de datos, lo que facilita su posterior transferencia a una computadora para su análisis con programas de elección del usuario. (Mendoza Dueñas, 2022).

2.2.1.3. Puntos de control topográfico.

Los puntos de control sirven para dar una referencia y definir la dirección de una alineación, donde se toman medicas angulares y lineales (Mendoza, 2017). Estos puntos topográficos se dividen en:

- **Puntos permanentes:** Son puntos fijos de referencia que sirven para posicionar coordenadas, permanecen antes y después de los levantamientos topográficos. Como ejemplo podemos mencionar: hitos, astas rígidas en las plaza o parques, pavimentos rígidos, etc.
- **Puntos temporales:** Este tipo de puntos se ponen eventualmente para los trabajos topográficos, estos puntos después de los levantamientos desaparecen. Además, son marcados con estacas, clavos empotrados u otro tipo de materiales que ayuden a un buen posicionamiento de estas, también es recomendable pintarlas para identificarlas.

2.2.1.4. Poligonales.

Es una secuencia o sucesión de líneas donde las direcciones y longitudes son obtenidas de las mediciones en campo cuyos resultados son las coordenadas de un punto determinado, las mediciones parte de un punto conocido que tiene coordenadas para continuar con las mediciones sucesivas hasta la parte final.

- Los acimuts y distancias entre puntos deben estar relacionados entre si
- Tener línea de visión entre ellas

Para efectuar el procedimiento de la poligonal se parte de un punto conocido para el estacionamiento y otro punto para la orientación y depende del método de trabajo como puede ser resección, para el cual debemos conocer los tipos de poligonales existentes.

Poligonal Cerrada. Al realizar las mediciones sucesivas partiendo de una estación inicial conocida debe coincidir al final. Este levantamiento de la poligonal se realiza en proyectos de edificación, puentes, represas, etc.

Poligonal Abierta. Las mediciones se realizan a partir de un punto conocido en todas las estaciones. Los puntos iniciales no coincidirán con las del final. Las poligonales abierta se realizan frecuentemente en proyectos lineales, como carreteras, saneamiento, drenajes, etc.

2.2.1.5. Tipos de ajuste de una poligonal

- **Ajuste por el método de la brújula (o método de Bowditch):** Este método distribuye los errores de cierre angular y lineal proporcionalmente a la longitud de los lados de la poligonal. (Ghilani & Wolf, 2012).
- **Ajuste por el método del tránsito:**

En este método, los errores angulares se distribuyen uniformemente entre los ángulos medidos, y los errores lineales se ajustan proporcionalmente a las coordenadas. (Anderson & Mikhail, 1998).

- **Ajuste por mínimos cuadrados:**

Es un método riguroso que minimiza la suma de los cuadrados de las discrepancias entre las observaciones y los valores ajustados, se utiliza en poligonales de alta precisión. (Mikhail & Gracie, 1981).

El ajuste por Mínimos cuadrados es una técnica de análisis numérico encuadrada dentro de la optimización matemática, en la que, dados un conjunto de pares (datos x e y),

se intenta encontrar la función que mejor se ajuste a los datos de acuerdo con el criterio de mínimo error cuadrático. En su forma más simple, intenta minimizar la suma de cuadrados de los residuos que es la diferencia entre los puntos generados por la función y los correspondientes en los datos.

VALOR MAS PROBABLE

$$\bar{M} = \frac{\Sigma M}{n}$$

\bar{M} : Valor mas probable

ΣM : Suma de las mediciones individuales

n : Número total de mediciones.

Esta ecuación puede determinarse usando el principio de los mínimos cuadrados.

El problema se pone más complicado cuando las mediciones no se hacen con los mismos instrumentos y procedimientos, o cuando varias magnitudes interrelacionadas se determinan utilizando mediciones indirectas, los valores más probables se calculan empleando el método riguroso de mínimos cuadrados.

Una vez calculado el valor más probable de una magnitud, es posible calcular los residuos, una vez calculado el error más probable de una magnitud, es posible calcular los residuos v .

$$v = M - \bar{M}$$

Un residuo es solo la diferencia entre cualquier valor medido de una magnitud y su valor más probable:

v : Residuo

M : Medición

\bar{M} : Valor mas probable

Teóricamente, los residuos son idénticos a los errores, excepto que los residuos pueden calcularse, en tanto que los errores no, ya que los valores verdaderos nunca son conocidos. Por consiguiente, los residuos, no son los errores, son los valores que se usan en el análisis y correcciones de las mediciones topográficas.

CONDICIÓN FUNDAMENTAL DE LOS MM.CC.

Consiste en determinar la proyección o función que mejor se aproxime a los datos, es decir, busca minimizar la suma de cuadrados de las diferencias o residuos entre los puntos proyectados y los datos reales. Este método, genera un conjunto de residuos en un grupo de mediciones que tiene la probabilidad más alta de ocurrir.

Supongamos que en un grupo de m mediciones de igual peso, sus residuos son:

$v_1, v_2, v_3, \dots, v_m$. Entonces, en forma de ecuación, la condición fundamental de los mínimos cuadrados es

$$\sum_{i=1}^m v_i^2 = v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_m^2 : \text{Mínimo}$$

Para cualquier grupo de valores medidos, pueden asignarse pesos (w) a observaciones individuales según estimaciones antes del ajuste de sus valores relativos, o bien pueden estimarse de las desviaciones estándar de las mediciones, en caso que se disponga de ellas. Una ecuación que muestra la relación entre las desviaciones estándar y pesos es:

$$w_i = 1 / \sigma_i^2$$

En dicha ecuación, w_i es el peso de la i -ésima cantidad observada y σ_i^2 es la varianza de esa observación. Esta ecuación establece que los pesos son inversamente proporcionales a las varianzas.

Si los valores medidos van a ponderarse en el ajuste por mínimos cuadrados, entonces la suma de los pesos multiplicados por sus residuos correspondientes elevado al cuadrado debe minimizarse. Tenemos en este caso:

$$\sum_{i=1}^m w_i v_i^2 = w_1 v_1^2 + w_2 v_2^2 + \dots + w_m v_m^2 : \text{Mínimo}$$

AJUSTE DE MM.CC. SEGÚN EL MÉTODO DE LA ECUACIÓN DE OBSERVACIÓN

En este método se escriben ecuaciones de observación que relacionan los valores medidos con sus errores residuales y con los parámetros desconocidos. Se escribe una observación para cada medición, para obtener una solución única, el número de ecuaciones e incógnitas deben ser los mismos.

El método de los mínimos cuadrados, se aplica en observaciones redundantes donde se obtiene una expresión para cada residual de cada ecuación de observación, los residuos se elevan al cuadrado y se suman para obtener la función expresada anteriormente:

Para minimizar dicha función se calculan derivadas parciales de la expresión con respecto a cada variable desconocida y se igualan a cero. Esto da un conjunto de ecuaciones normales que contando son iguales al número de incógnitas. Estas ecuaciones se resuelven para obtener los valores más probables de las incógnitas.

- Ajuste por el método de Crandall:

Este método prioriza el ajuste de los ángulos, asumiendo que las distancias son más precisas. (Davis & Foote, 2014).

2.2.1.6. Altimetría

La altimetría es la rama de la topografía que se encarga de medir y representar la diferencia de alturas o elevaciones entre puntos sobre la superficie terrestre. Mientras la planimetría (medición de distancias horizontales) define la ubicación en un plano 2D, la altimetría agrega la dimensión vertical (3D), permitiendo conocer la cota o altura de un punto

respecto a un nivel de referencia, como el nivel del mar o un punto fijo arbitrario (Davis & Foote, 2014).

Métodos altimétricos comunes.

Nivelación diferencial (geométrica): Usa un nivel óptico y una mira vertical, ideal para distancias cortas y alta precisión (milimétrica).

Nivelación trigonométrica: Emplea ángulos verticales y distancias inclinadas medidas con una estación total, útil en terrenos abruptos o largas distancias.

Nivelación barométrica: Calcula la altura mediante cambios en la presión atmosférica, menos precisa, pero práctica en exploraciones rápidas.

Altimetría con GNSS (GPS): Usa satélites para obtener coordenadas 3D, incluyendo la elevación, requiere correcciones por factores geodésicos y atmosféricos.

2.2.1.7. Factor de escala

Las escalas se emplean para representar la realidad en un tamaño más manejable y reducido. Se puede utilizar para representar la superficie terrestre (mapa o plano) o para representar cualquier otra cosa, una ciudad, como un edificio, o toda la galaxia. (Mendoza Dueñas, 2022).

2.2.2. Geodesía

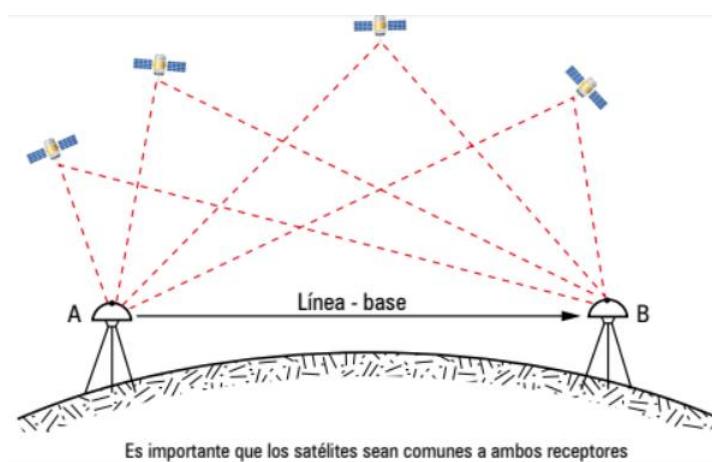
La Geodesia se describe como una disciplina integrante de la ingeniería que se dedica a la determinación de la forma y dimensiones de la superficie. Su ámbito abarca el análisis y la medición de vastas extensiones terrestres, tomando en consideración la curvatura del planeta. Además, la representación gráfica de la Tierra, un aspecto esencial de la cartografía, se encuentra dentro del ámbito de la Geodesia y se ocupa de la comprensión detallada de la geometría terrestre, desempeñando un papel fundamental en la elaboración de mapas precisos y en la interpretación de la topografía global (Aduviri, 2023).

2.2.2.1. Sistemas Satelitales De Navegación Global (GNSS).

Este término que se le da al sistema satelital por navegación global representa o se refiere a todos los satélites que orbitan en el espacio y estas son GPS, GLONASS, Galileo y Beidou. Los sistemas GNSS transmiten señales a los dispositivos que están en la tierra las cual permite dar ubicación actual a los dispositivos o receptores GNSS. Entonces como concepto de los GNSS es el intercambio de señales simultáneos donde miden las distancias entre receptores y satélites. (Mendoza, 2022).

Figura 3

Segmentos GNSS



Nota. Obtenida de Topografía por Wolf y Ghilani, (2016, p.186)

El Sistema de Posicionamiento Global, es un dispositivo de posicionamiento satelital profesional que posibilita determinar con gran precisión la ubicación de objetos o personas. Por lo tanto, este equipo se convirtió en una herramienta muy importante de medición, ya que aumenta significativamente la productividad, esto debido a que proporciona datos topográficos fiables y precisos, la información se recopila mucho más rápido que los métodos de medición tradicionales que se usaban, porque reduce el número de dispositivos utilizados, se hace como la mano de obra. El GPS diferencial implica el uso de estaciones móviles y una estación (o múltiples estaciones) con puntos de referencia ubicados en coordenadas con alta precisión. El proceso de referencia realiza mediciones satelitales sobre una referencia local sólida y obtiene las coordenadas del punto cuyos valores se

conocen de inmediato. Luego, compara los resultados y calcula los errores sistemáticos basados en ellos. Estas correcciones se envían a receptores móviles que deben contar con un módulo capaz de recibir estas correcciones y ajustar las mediciones correspondientes. El GPS diferencial utiliza la técnica de trilateración para determinar la velocidad, la posición y la elevación. Este método implica la recopilación de señales provenientes de satélites. Con el propósito de generar datos de localización, este proceso a menudo se confunde con la triangulación, la cual se emplea para medir ángulos en lugar de distancias. Los satélites que circundan la Tierra emiten señales que los dispositivos GPS pueden captar e interpretar desde la superficie terrestre o cerca de ella. Para calcular la posición, el dispositivo GPS necesita recibir señales de al menos cuatro satélites. Cada satélite de la constelación completa orbita la Tierra dos veces al día, y cada uno emite señales con parámetros orbitales y una marca de tiempo única. A cualquier hora, un dispositivo GPS puede recibir señales de seis o más satélites. Cada uno de estos satélites emite señales de microondas que son captadas por el dispositivo GPS. Utilizando estas señales, el dispositivo calcula la distancia entre sí mismo y cada uno de los satélites. Sin embargo, dado que un dispositivo GPS solo puede proporcionar información de distancia a un único satélite, la información de ubicación no sería precisa. Los satélites no emiten información angular directamente, lo que significa que la posición de un dispositivo GPS puede ser determinada en cualquier punto de la superficie de una esfera alrededor del satélite. Cada señal emitida por un satélite crea un círculo en la superficie de dicha esfera con un radio igual a la distancia medida desde el dispositivo GPS hasta el satélite. La intersección de estos círculos generados por varios satélites proporciona una estimación de la ubicación del dispositivo GPS. (Mendoza Dueñas, 2022).

2.2.2.2. El Geoide.

Esta se define como superficie equipotencial que significa forma de la tierra, está inmerso en el campo de gravedad terrestre. Tiene una mejor adecuación sin perturbación alguna al nivel medio del mar, además es perpendicular al cualquier punto a la dirección de

la gravedad y continúan su extensión por debajo de los continentes. También, tienen forma de un esferoide irregular tridimensional. (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

Elipsoide de Referencia

Es la superficie formada por la revolución de una elipse alrededor de su eje menor. Usado como dato de comparación en levantamientos geodésicos del globo terrestre. Es la figura matemática que más se aproxima a la forma de la Tierra (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

Elipsoide: GRS80 (Geodetic Reference System 1980)

Datum: Geocéntrico

Semi Eje Mayor: 6 378 137 metros

Semi Eje Menor: 6 356 752,31414 metros

Achatamiento: 1/298,257222101

Para efectos prácticos, como elipsoide de referencia, puede ser utilizado el World GeodesicSystem 1984 (WGS84), con los siguientes parámetros.

Elipsoide: WGS84 (World Geodesic System 1984)

Datum: Geocéntrico

Semi Eje Mayor: 6 378 137 metros

Semi Eje Menor: 6 356 752,31424 metros

Achatamiento: 1/298,257223563

2.2.2.3. Error Medio Cuadrático (EMC) (RMS)

Muestra la calidad de la solución. Se basa únicamente en el **ruido de medición** de las observaciones de alcance de los satélites y es independiente de la **geometría de los satélites**. Cuanto más cercano a cero, mejor (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.4. Errores por Trayectoria Múltiple y Multipath

Errores que se presentan debido a que las señales GNSS han sufrido alteración en su trayectoria original.

2.2.2.5. Estación de Rastreo Permanente (ERP)

Es una estación de referencia GNSS de operación continua, consta de un receptor y antena GNSS, una interface de conectividad (internet, telefónica o radial), un sistema de alimentación de energía y un sistema de protección. Los datos GNSS recibidos son transmitidos al Centro de Procesamiento Geodésico SIRGAS PE (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.6. Estación base

Es un receptor GNSS/GPS estacionado en un punto de coordenadas conocidas. Las ERP constituyen estaciones base (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.7. Estación Rover

Es un receptor GNSS/GPS estacionado en un punto del cual se desea determinar sus coordenadas (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.8. GNSS

Acrónimo de Global Navigation Satellite System, utilizado para denominar al conjunto de sistemas de posicionamiento satelital e incluye a los actuales NAVSTAR-GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU. (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.9. Sistema Geodésico Oficial

Sistema conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, implementada y administrada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN); constituye el sistema de referencia único a nivel nacional, el cual se encuentra integrado al Sistema de Referencia Geodésico Mundial. Está materializado por puntos localizados dentro del ámbito del territorio nacional, mediante monumentos o marcas, que interconectados permiten la obtención conjunta o por separado de su posición geodésica (coordenadas), altura o del campo de gravedad, enlazado al sistema de referencia nacional. (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.10. Red Geodésica Horizontal Oficial

Es la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC) la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geodésico para las Américas (SIRGAS) sustentado en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 2000 – International Terrestrial Reference Frame 2000 (ITRF2000) del International Earth Rotation Service (IERS) para la época 2000.4 relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980 – Geodetic Reference System 1980 (GRS80). Para efectos prácticos como elipsoide puede ser utilizado además el World Geodetic System 1984 (WGS84) (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.11. Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo

Es el conjunto de Estaciones de Rastreo Permanente (GNSS) administrada por el Instituto Geográfico Nacional, que materializan el Sistema Geodésico Horizontal Oficial, la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentado en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 2000 (ITRF2000) del International Earth Rotation Service (IERS) para la época 2000.4 relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980 (GRS80), para efectos prácticos se empleará el elipsoide World Geodetic System 1984 (WGS84). Este Marco de Referencia

Geodésico oficial, proporcionará la base de toda la información geoespacial que se genere por método directo e indirecto en el país (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.12. Red Geodésica Vertical Oficial

Es la Red Geodésica de Nivelación Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional, la misma que tiene como superficie de referencia el Nivel Medio del Mar, conformado por Marcas de Cota Fija (MCF) o Bench Mark (BM) distribuidos dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las principales vías de comunicación terrestre, los mismos que constituyen bienes del Estado (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.13. ITRF = International Terrestrial Reference Frame

Marco de Referencia Terrestre Internacional, materializado y mantenido por el IERS. Sus coordenadas están relacionadas a un sistema con origen en el centro de masa de la Tierra (incluidos los océanos y la atmósfera) y orientación de sus ejes consistentes con las resoluciones emanadas de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG) y la Unión Astronómica Internacional (IAU). Las coordenadas de los puntos cambian con el tiempo. El sistema de referencia terrestre internacional convencional se materializa a través de las coordenadas de una serie de estaciones distribuidas por todo el mundo en ese sistema de referencia, constituyendo el ITRF (International Terrestrial Reference Frame), establecido y mantenido por la IERS (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.14. SIRGAS

Acrónimo de Sistema de Referencia Geodésico para las Américas. Constituye una densificación continental del Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.15. Formato Nativo o Archivo Nativo

Es un formato de archivo que almacena datos GNSS de acuerdo al diseño y programación del fabricante del receptor GNSS. Singulariza a cada marca de receptores

GNSS, ya que solo puede ser leído por su propio programa de procesamiento de datos GNSS (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.16. Formato RINEX

Es un formato de archivos de texto, que contiene los observables, los datos de navegación y/o los datos atmosféricos. Su finalidad es el intercambio de datos GNSS independiente del receptor que los almacena. (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.17. Líneas base

Línea recta que une una estación Base a una Estación Rover durante el posicionamiento GNSS. (Instituto Geográfico Nacional, 2024)

Máscara de elevación

Es el ángulo de elevación que se establece para restringir la recepción de señales GNSS (Instituto Geográfico Nacional, 2024).

2.2.2.18. Clasificación de Puntos Geodésicos

El IGN - Instituto Geográfico Nacional establece un marco de referencia geodésico para que todos los trabajos de georreferenciación estén referidos a la red Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN).

Por lo cual, los puntos geodésicos se clasifican:

Punto de orden “0”. Este tipo de puntos están establecidos a nivel nacional por el IGN la cual está destinada para ver los estudios sobre deformaciones regionales u global de la corteza terrestre, efectos geodinámicos y para los trabajos de alta precisión de 4.00mm como máximo. Además, estos puntos sirven de base para una red geodésicas.

Orden “A”: Empleados en levantamientos sobre estudios de deformación local de la corteza terrestre y trabajos que se requiera esta precisión máxima de 6 mm en la horizontal y 8 mm en la vertical.

Orden “B”: Empleados en trabajos de ingeniería de alta precisión, así como de geodinámica y trabajos que se requiera esta precisión máxima de 8 mm en la horizontal y 10 mm en la vertical.

Orden “C”: Empleados para el control geodésico en proyectos ingeniería y de desarrollo, asimismo en trabajos que se requiera esta precisión máxima de 10 mm en la horizontal y 35 mm en la vertical y una separación máxima de 100 km de una ERP.

2.2.2.19. RTK

La tecnología Real Time Kinematic (RTK), también conocida como Cinemático en Tiempo Real, es el resultado de la evolución de los equipos GPS diferenciales desde su introducción. Esta tecnología ofrece una característica realmente sorprendente: La capacidad de obtener posicionamiento preciso en tiempo real implica la adquisición de coordenadas durante el proceso de medición. Una estrategia para lograr esto es mediante la implementación de enlaces de comunicación entre receptores GPS diferenciales y la integración del software de procesamiento en un solo dispositivo. La distinción principal entre un equipo GPS diferencial estándar y uno RTK reside en que este último tiene la capacidad de replantear puntos, distribuir datos de manera uniforme en el relevamiento, controlar maniobras con precisión, entre otras funciones adicionales. (Ferreccio Osorio, 2016).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

La definición de términos básicos en la presente tesis, se citan a continuación:

2.3.1. Puntos geodésicos

Según la normativa del Instituto Geográfico Nacional, 2024, son hitos monumentados o incrustados en un área fija y permanente con códigos emitidos por la misma institución y se clasifican según la precisión requerida en orden A,B y C.

2.3.2. Estación Total South Navi Statión 2”

Instrumento topográfico que integra la medición electrónica de distancias, la medición electrónica de ángulos y un microprocesador, permitiendo registrar ángulos y distancias simultáneamente y con doble pantalla táctil, de la Marca South y del modelo Navi Statión con precisión angular de 2”.

2.3.3. Receptores GNSS CHC I90/I89 (Global Navigation Satellite System)

Receptor GNSS procedente de la Marca CHC Navigation y los modelos I90/i89 que integra un sistema de posicionamiento satelital (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) que permiten obtener coordenadas tridimensionales mediante señales satelitales con sus dobles y/o triples frecuencias.

2.3.4. Error Medio Cuadrático (EMC o RMS)

Medida de calidad de las observaciones, que evalúa el ruido de medición; cuanto más cercano a cero, mejor es la precisión.

2.3.5. Precisión

Grado de cercanía de un valor medido respecto al valor verdadero o aceptado como referencia.

2.3.6. Eficiencia

Relación entre los recursos empleados (tiempo, costo) y los resultados obtenidos en un levantamiento o replanteo topográfico en comparación a otro método.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación política

El área de estudio se encuentra ubicado en el Departamento de Cajamarca, Provincia de Cajamarca y distrito de Cajamarca.

Tabla 3

Ubicación política

Ubicación Política	
Departamento	Cajamarca
Provincia	Cajamarca
Distrito	Cajamarca

3.2. Ubicación geográfica del área de estudio

El estudio se realizó dentro de las 38.7 has, de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Figura 4

Ubicación geográfica del proyecto de investigación (Zona 17M)

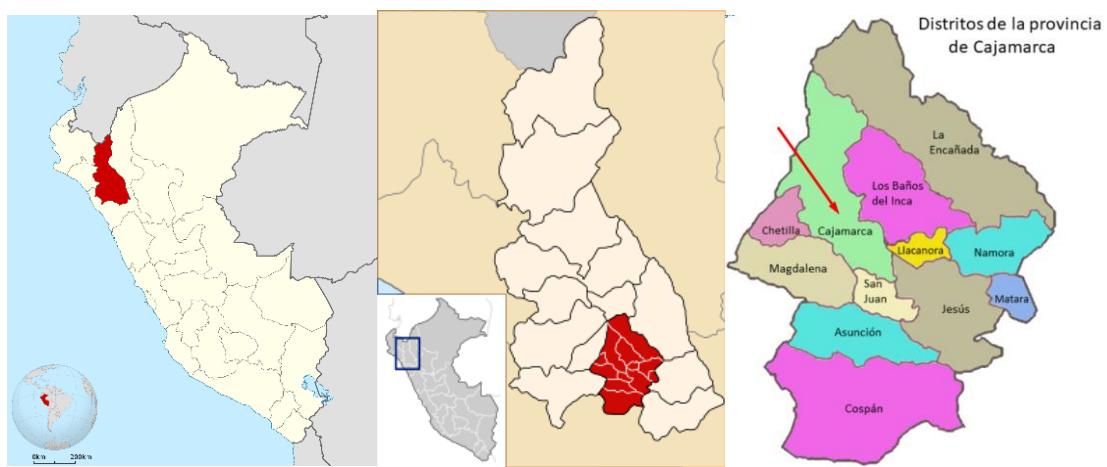
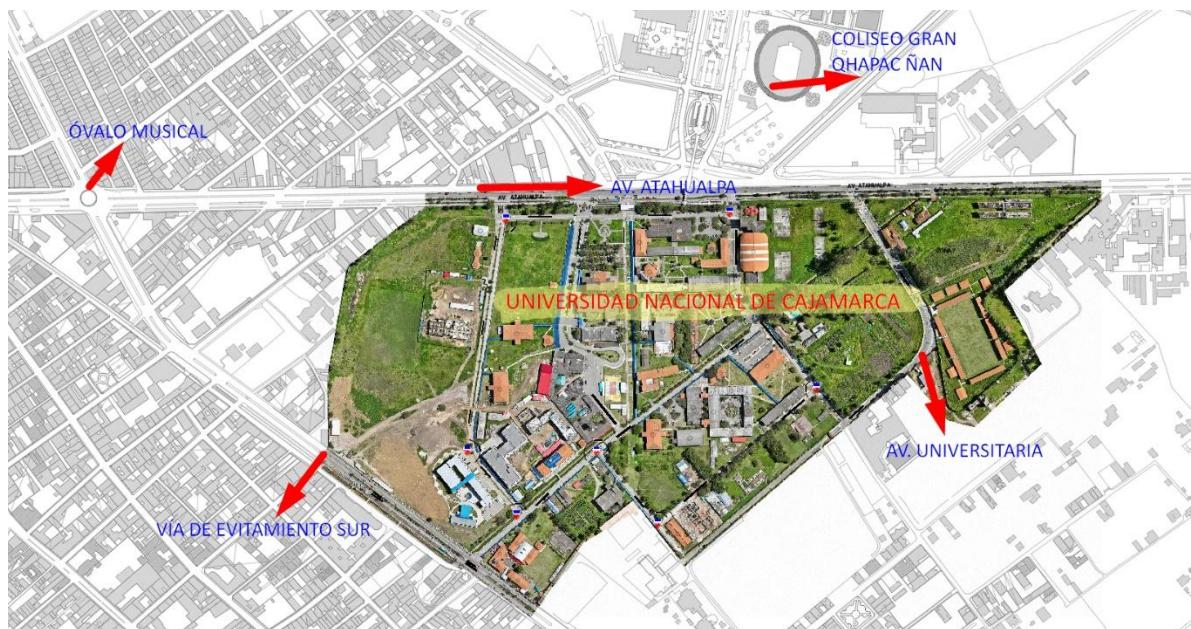


Figura 5

Área de la Universidad Nacional de Cajamarca



Nota. Ubicación del área de trabajo según el catastro de Cajamarca 2021.

Altitud, el área de trabajo se encuentra aproximadamente a los 2680 msnm.

Clima, se encuentra en la región quechua (entre los 2300 – 3500 msnm) lo que determina que su clima sea templado.

3.3. Materiales, equipos y herramientas utilizados

3.3.1. Equipos y herramientas

A continuación, se enumeran los materiales y equipos utilizados para el trabajo de gabinete y campo.

Materiales:

- Placas de bronce
- Dianas (Marcas para puntos de apoyo)
- Mortero y adhesivo epóxido
- Libreta de campo

Equipos:

- Estación total

Marca: South

Modelo: Navi Estación

Precisión: 2"

- GNSS Diferencial

Marca: CHCNAV

Modelo: i90 y i89

Antena: CHCI90 y CHCI89

- Nivel automático

Marca: Leica

Modelo: Na320

Desviación típica: 2.5 mm por Km

- Drone

Marca: DJI

Modelo: Mavic 3E

Tiempo de vuelo: 45 min

Velocidad máxima: 54 km/hora

Rango de control: 15 km

Detección de obstáculos: 5 direcciones

Cámara: 4/3" CMOS de 20MP

- Laptop

Marca: HP

Modelo: Omen 16

CPU: Ryzen 7

RAM: 32 GB

GPU: AMD Radeon 6600M

Sistema: Windows 11, 64 bits

Herramientas:

- 02 trípodes
- 01 bípode
- 01 tripie
- 02 prismas, constante -30mm

3.3.2. Softwares de procesamiento

- Software para ajuste de poligonales, nivelación Microsoft STARNET
- Software para procesamiento fotogramétrico Agisoft Metashape
- Software Autodesk ReCap Pro para trabajo de nube de puntos
- Software Civil 3D v. 2026 para visualización de productos
- Software de Procesamiento de líneas base: Trimble Bussines Center
- Software para libreta de campo para nivelación: Nivel Topográfico APK.
- Aplicación para planificación de vuelos DJI Pilot 2
- Software, RedToolbox 3.2 para geoetiquetado de fotografías en modo PPK

Figura 6

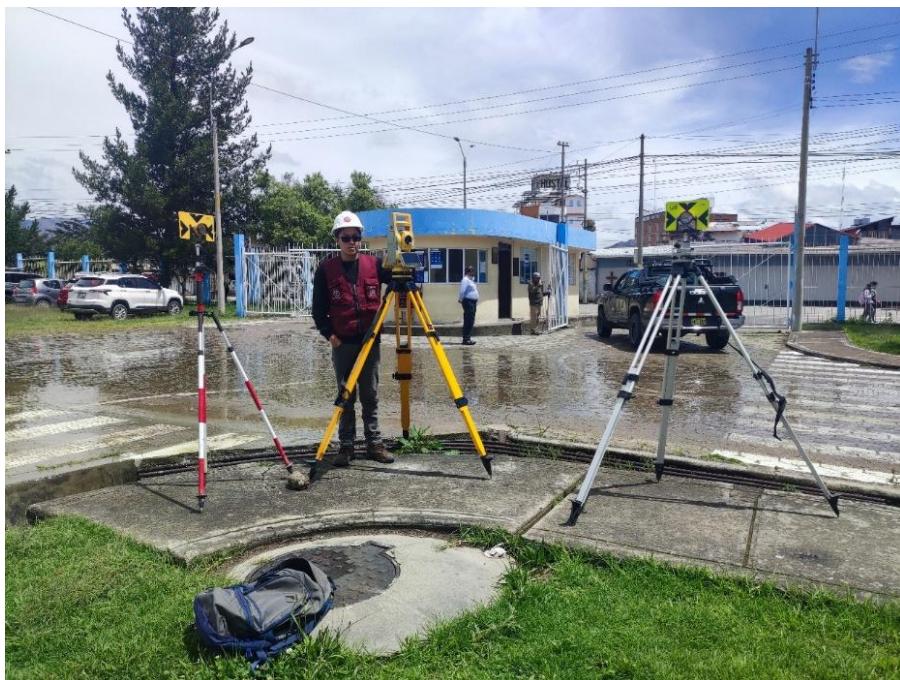
Equipo y personal encargado de la nivelación



Nota. Nivel de ingeniero NAD32 y dos miras de 5 metros de altura.

Figura 7

Equipos y herramientas utilizadas en la poligonal cerrada



Nota. Estación total South Navi Station 2" y dos prismas de constante -30 mm.

Figura 8

Equipos y herramientas para el posicionamiento GNSS



Nota. GNSS Diferencial de la marca CHCNAV modelo I90.

Figura 9

Equipos y herramientas para el levantamiento con receptores GNSS



Nota. Lectura de puntos de control de precisión con tiempos de lectura de 1 minuto.

3.4. Metodología de la investigación

3.4.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

- Tipo: Aplicada
- Nivel: Descriptiva – Comparativa
- Diseño: Cuantitativo
- Método de investigación: Análisis y comparación

3.4.2. Población, muestra y unidad de análisis de estudio

3.4.1.1. Población de estudio

La población de estudio será el área de la Ciudad Universitaria de Cajamarca.

3.4.1.2. Muestra de estudio

La muestra será los 8 vértices de la poligonal cerrada y los 16 puntos de muestra para el replanteo topográfico.

3.4.1.3. Unidad de análisis

La precisión y eficiencia

3.4.1.4. Unidad de observación

La unidad de observación serán las coordenadas Este, Norte y elevación de cada vértice de la poligonal y punto replanteado y los tiempos y costos de cada proceso.

3.4.3. Técnicas e instrumentos para recolectar datos en campo

La técnica de recolección de datos fue la observación directa en campo mediante el uso de Libretas de campo y los equipos como son la Estación Total South Navi Station 2" y los receptores GNSS CHCNAV I89 e I90, para luego un análisis en un postproceso de información

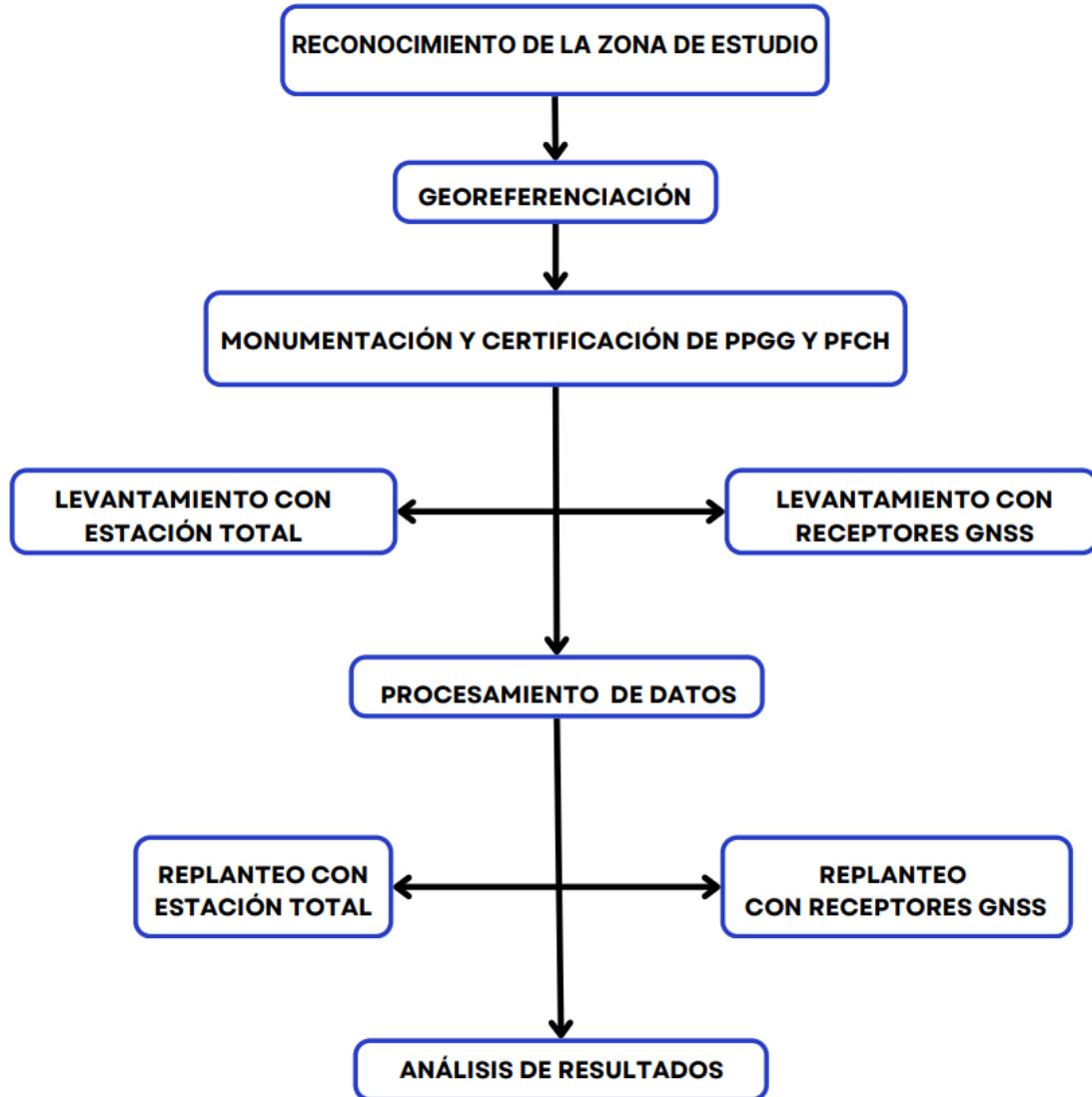
3.5. Procedimiento de la investigación

A continuación, se describe el procedimiento realizado para la investigación.

Flujo de trabajo

Figura 10

Flujograma del proceso de investigación



3.5.1. Reconocimiento de la zona de estudio

Esta etapa es muy importante para el trabajo a realizar, donde se elige los puntos estratégicos para la elaboración de la poligonal cerrada, así como la identificación de los lugares donde los equipos GNSS puedan tener interferencias con el entorno, provocado por las edificaciones, las reflectancias de los techos y así calcular los tiempos de lectura de los

puntos de orden “C”, entre otros aspectos, también para la ubicación de los puntos de control de precisión para el vuelo fotogramétrico.

Figura 11

Reconocimiento de la zona de estudio



Nota. Toma aérea de la Universidad Nacional de Cajamarca.

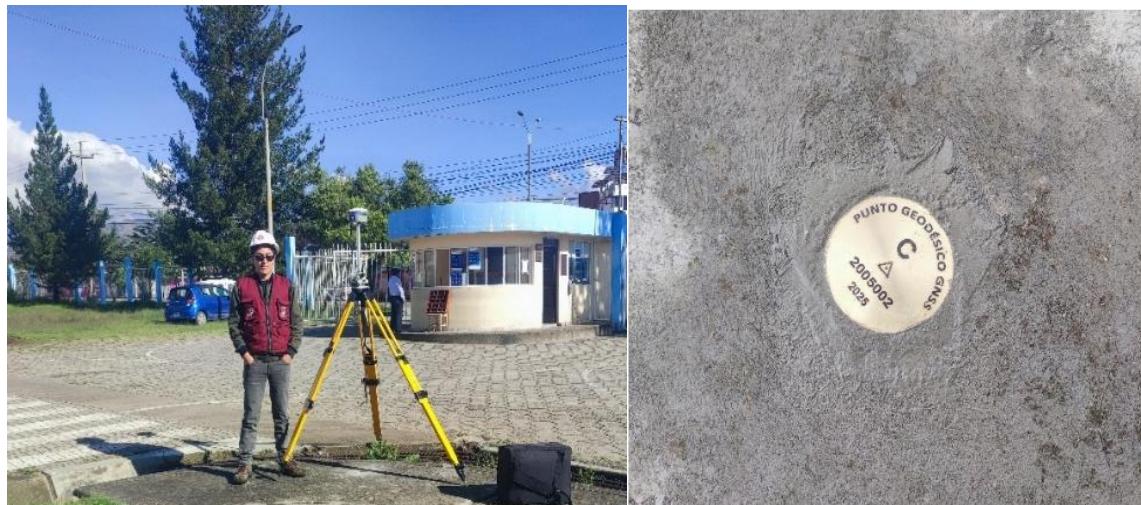
3.5.2. Georeferenciación de la zona de estudio

En esta etapa se determina la posición y ubicación del punto geodésico de orden “C” para la georeferenciación de la zona de estudio, a partir de la cual partirá todas las mediciones de estación total y receptores GNSS.

En esta etapa se procedió a incrustar placa de bronce con código IGN “2005002”, para luego elaborar expediente y enviar al Instituto Geográfico del Perú para la revisión y emisión de certificado que valida los trabajos de campo realizado en campo.

Figura 12

Posicionamiento GNSS en el punto geodésico



Nota. La duración de lectura de data GNSS fue de 2 horas.

3.5.3. Monumentación y certificación de Puntos Fijos de Control Horizontal

Una vez georreferenciado el área de estudio, se procede a la ubicación e incrustación de los “PFCH”.

En total se ha ubicado un punto geodésico de orden “C” con código 2005002 y siete Puntos Fijos de Control Horizontal (PFCH) que van con códigos “GNSS01 al GNSS07”, la ubicación exacta se detalla a continuación.

Punto Geodésico “2005002”; ubicado en la acera que se encuentra entre las avenidas Atahualpa y Av. Zoilo León Ordoñez de la ciudad universitaria de Cajamarca.

Puntos de apoyo o PFCH “GNSS-01”; ubicado en la intersección de las Avenidas Alejandro Vera Villanueva y Zoilo León Ordoñez de la ciudad universitaria de Cajamarca.

Puntos de apoyo o PFCH “GNSS-02”; ubicado en la mediana de la Av. Alejandro Vera Villanueva de la ciudad universitaria de Cajamarca.

Puntos de apoyo o PFCH “GNSS-03”; ubicado en la intersección de las Avenidas Alejandro Vera Villanueva y Mario Alzamora Valdez de la ciudad universitaria de Cajamarca.

Puntos de apoyo o PFCH “GNSS-04”; ubicado en la intersección de las Avenidas Mario Alzamora Valdez y Servicios de la ciudad universitaria de Cajamarca.

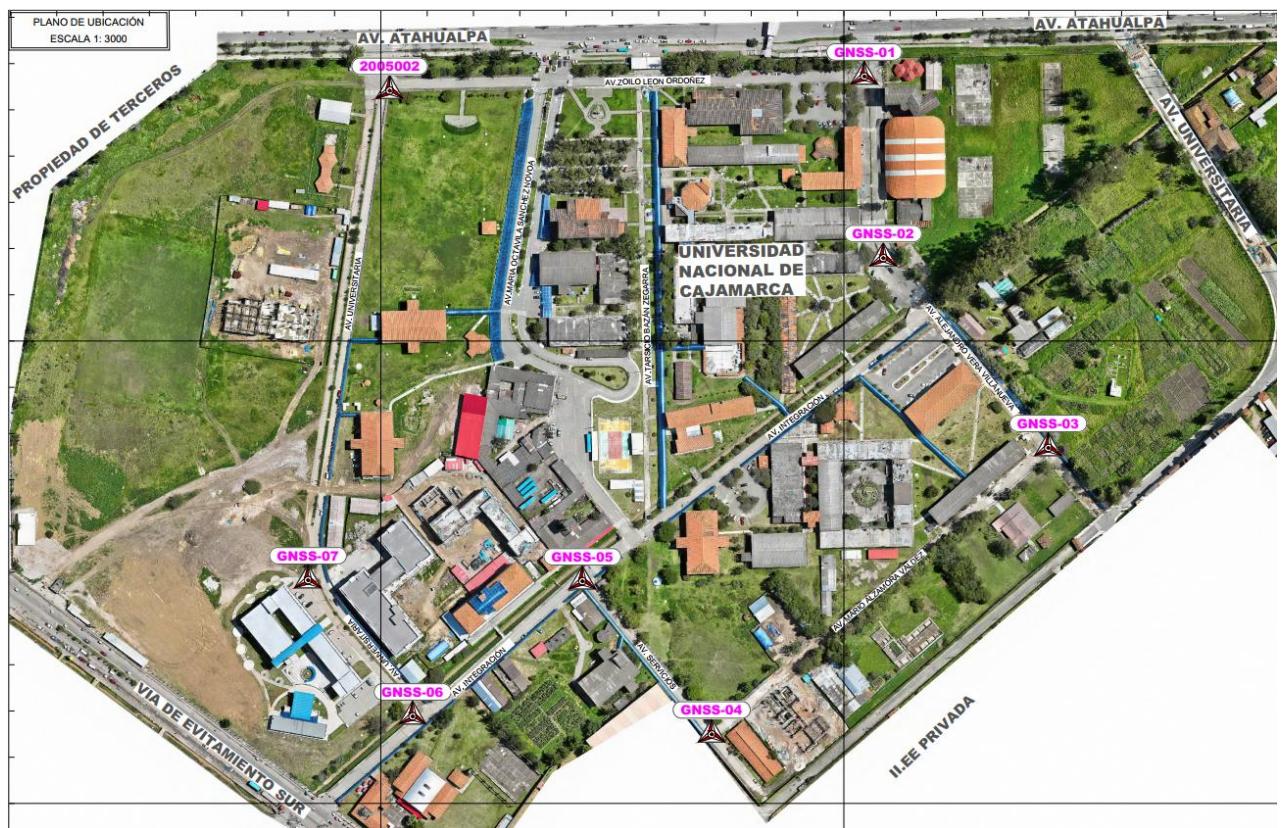
Puntos de apoyo o PFCH “GNSS-05”; ubicado en la intersección de las Avenidas Servicios y Av. Integración de la ciudad universitaria de Cajamarca.

Puntos de apoyo o PFCH “GNSS-06”; ubicado en la vereda de las intersecciones de la Av. Integración y la Av. Universitaria de la ciudad universitaria de Cajamarca.

Puntos de apoyo o PFCH “GNSS-07”; ubicado a un costado de la Av. Universitaria a un costado de la Facultad de Medicina Humana intersecciones de la Av. Integración y la Av. Universitaria de la ciudad universitaria de Cajamarca.

Figura 13

Ubicación del PP.GG. y los PFCH



Nota. Los vértices colocados servirán de patrón para evaluar la precisión entre la estación total y los equipos GNSS.

3.5.3.1. Posicionamiento GNSS en modo estático

El posicionamiento GNSS en cada uno de los puntos de apoyo y punto geodésico, se estableció de acuerdo a la normativa vigente Posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global 2024 V.1.1, con intervalo de grabación de data a un segundo con un tiempo continuo de 30 min y disponibilidad despejada al horizonte con una máscara de elevación de 10°.

La precisión del punto geodésico y los Puntos Fijos de Control Horizontal (PFCH) están de acuerdo a la normativa de 10 mm en la horizontal y 35 mm en la vertical, según el reporte de procesamiento del programa Trimble Bussines Center 2024.1

El posicionamiento se ha realizado el día 18 de marzo del 2025, con dos receptores geodésicos GNSS CHC90.

Figura 14

Posicionamiento geodésico en cada uno de los vértices



Nota. La duración en cada uno de los PFCH fue de 30 minutos con intervalo de grabación de 1 segundo.

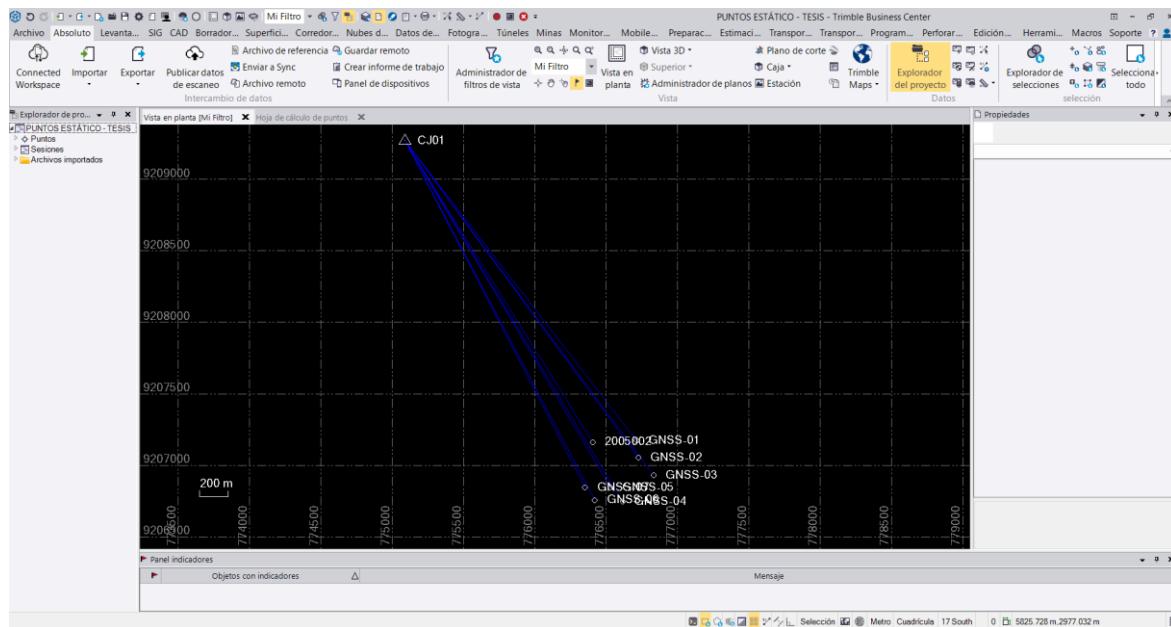
3.5.3.2. Procesamiento de líneas base de los vértices del patrón de comparación

Para el procesamiento de líneas base de los “PFCH” y el punto geodésico, se realizó mediante el programa Trimble Bussines Center 2024.1, donde se cargó la data Rinex de los puntos levantado y la data Nativa de la Estación de Rastreo permanente “CJ01” del distrito, provincia y departamento de Cajamarca administrada por el Gobierno Regional de Cajamarca.

La data corresponde al día 18 de marzo del año 2025, con intervalo de grabación y procesamiento a 1 segundo, el reporte de procesamiento y data nativa se adjunta en formato digital.

Figura 15

Procesamiento de líneas base en Trimble Business Center



Nota. El procesamiento se realizó con las efemérides precisas finales, con una máscara de elevación de 10° e intervalo de procesamiento de 1”.

Figura 16

Resumen de precisión de líneas base

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
CJ01 --- 2005002 (B16)	CJ01	2005002	Fija	0.002	0.012	147°43'53"	2484.998	-30.856
CJ01 --- GNSS-04 (B15)	CJ01	GNSS-04	Fija	0.005	0.009	148°35'03"	2949.784	-30.542
CJ01 --- GNSS-06 (B14)	CJ01	GNSS-06	Fija	0.006	0.011	151°48'22"	2844.201	-27.714
CJ01 --- GNSS-01 (B13)	CJ01	GNSS-01	Fija	0.004	0.009	141°59'06"	2653.186	-36.562
CJ01 --- GNSS-02 (B12)	CJ01	GNSS-02	Fija	0.005	0.016	143°16'49"	2754.590	-34.952
CJ01 --- GNSS-03 (B11)	CJ01	GNSS-03	Fija	0.004	0.008	143°01'34"	2917.093	-35.713
CJ01 --- GNSS-05 (B10)	CJ01	GNSS-05	Fija	0.005	0.008	148°59'57"	2821.606	-30.964
CJ01 --- GNSS-07 (B9)	CJ01	GNSS-07	Fija	0.006	0.013	152°11'43"	2734.562	-27.926

Nota. Reporte de precisión de líneas base, que servirán de patrón para la evaluación entre la estación total y los receptores GNSS.

El cuadro de coordenadas del punto geodésico y los PFCH se muestra a continuación en la siguiente tabla utilizando el modelo geodial EGM 2008.

Tabla 4

Cuadro de coordenadas del PP.GG y los PFCH

Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación Geoidal (Metro)	Código (Descripción)
776405.691	9207162.383	2679.532	PP.GG 2005002
776713.212	9207171.610	2673.816	PFCH-01
776725.543	9207053.794	2675.427	PFCH-02
776832.449	9206930.645	2674.662	PFCH-03
776614.393	9206744.853	2679.840	PFCH-04
776530.595	9206844.164	2679.420	PFCH-05
776420.552	9206756.532	2682.674	PFCH-06
776352.797	9206844.862	2682.464	PFCH-07

Nota. Las coordenadas que se muestran corresponden al reporte de puntos del procesamiento de líneas base realizadas en el programa Trimble Bussines Center 2024.10.

3.5.4. Levantamiento topográfico con Estación Total

El levantamiento topográfico se realizó con una estación total South Navi Estación de 2", para ello se realizó la elaboración de la poligonal cerrada y consistió partir del punto geodésico de orden "C" de código 2005002, con vista atrás al PFCH – GNSS01, en sentido antihorario, con un total de dos rondas y 4 mediciones a los puntos, visando a los prismas ubicados en un trípode y bívode sobre los puntos fijos de control horizontal, nivelado correctamente, anotando los ángulos y distancias en la libreta de campo.

La elaboración de la poligonal se realizó en un día, con 01 topógrafo y 2 auxiliares de topografía, a continuación, se muestra la tabla de recolección de información de data de campo de las mediciones realizadas.

Tabla 5

Lecturas de ángulos y distancias tomados en campo.

Nº de Serie	PUNTO		H z			DH m
	ESTACIÓN	VISADO	°	'	"	
Serie I	2005002	GNSS-01	0	0	0	307.612
		GNSS-07	101	10	26	321.849
		GNSS-07	281	10	25	321.849
		GNSS-01	180	0	0	307.612
Serie II	2005002	GNSS-01	0	0	0	307.61
		GNSS-07	101	10	27	321.848
		GNSS-07	281	10	26	321.848
		GNSS-01	179	59	59	307.61
Serie I	GNSS-07	2005002	0	0	0	321.849
		GNSS-06	133	3	8	111.302
		GNSS-06	313	3	10	111.301
		2005002	180	0	2	321.849
Serie II	GNSS-07	2005002	0	0	0	321.849
		GNSS-06	133	3	9	111.301
		GNSS-06	313	3	8	111.301
		2005002	180	0	1	321.849
Serie I	GNSS-06	GNSS-07	0	0	0	111.3
		GNSS-05	88	57	46	140.646
		GNSS-05	268	57	45	140.645
		GNSS-07	179	59	59	111.301

Serie II	GNSS-06	GNSS-07	0	0	0	111.301
		GNSS-05	88	57	45	140.646
		GNSS-05	268	57	45	140.646
		GNSS-07	180	0	1	111.301
Serie I	GNSS-05	GNSS-06	0	0	0	140.646
		GNSS-04	268	22	2	129.919
		GNSS-04	88	22	3	129.919
		GNSS-06	180	0	1	140.646
Serie II	GNSS-05	GNSS-06	0	0	0	140.646
		GNSS-04	268	22	2	129.919
		GNSS-04	88	22	2	129.92
		GNSS-06	180	0	2	140.646
Serie I	GNSS-04	GNSS-05	0	0	0	129.92
		GNSS-03	89	44	12	286.403
		GNSS-03	269	44	13	286.403
		GNSS-05	179	59	59	129.92
Serie II	GNSS-04	GNSS-05	0	0	0	129.921
		GNSS-03	89	44	14	286.404
		GNSS-03	269	44	13	286.404
		GNSS-05	180	0	1	129.921
Serie I	GNSS-03	GNSS-04	0	0	0	286.402
		GNSS-02	89	28	15	163.052
		GNSS-02	269	28	14	163.054
		GNSS-04	180	0	0	286.402
Serie II	GNSS-03	GNSS-04	0	0	0	286.403
		GNSS-02	89	28	14	163.053
		GNSS-02	269	28	15	163.055
		GNSS-04	180	0	0	286.403
Serie I	GNSS-02	GNSS-03	0	0	0	163.053
		GNSS-01	214	59	8	118.445
		GNSS-01	34	59	7	118.445
		GNSS-03	180	0	1	163.052
Serie II	GNSS-02	GNSS-03	0	0	0	163.053
		GNSS-01	214	59	7	118.45
		GNSS-01	34	59	7	118.449
		GNSS-03	180	0	1	163.052
Serie I	GNSS-01	GNSS-02	0	0	0	118.451
		2005002	94	15	8	307.611
		2005002	274	15	9	307.611
		GNSS-02	180	0	1	118.452
Serie II	GNSS-01	GNSS-02	0	0	0	118.452
		2005002	94	15	7	307.611
		2005002	274	15	8	307.611
		GNSS-02	179	59	59	118.451

Nota. Medidas de ángulos y distancias horizontales con estación total South Navi Station 2".

Figura 17

Llenado de libreta de campo de la poligonal cerrada



Nota. Se utilizó bípode y trípode para el posicionamiento de los prismas sobre los PFCH para su correcta nivelación y estabilidad.

3.5.4.1. Ajuste de la poligonal cerrada por mínimos cuadrados

Para el ajuste de la poligonal cerrada se partió desde el punto geodésico de orden “C” con vista atrás al punto geodésico con código “GNSS-01”, utilizando el método de mínimos cuadrados, con las especificaciones técnicas de los prismas utilizados, así como también las características de la estación total South Navi Station.

Para la introducción de datos al programa de gestor de mediciones Microsoft StarNet se realizó el promedio de los ángulos y distancias medidas en campo y cumpliendo con las tolerancias de ángulos y distancias para 2" de precisión y 8 lados de poligonal.

Comprobación de errores máximos permisibles.

Error máximo angular

$$Ta = P * \sqrt{n}$$

Donde:

Ta: Tolerancia angular

P: Precisión del equipo

n: Número de lados de la poligonal

Error lineal máximo

$$Tl = 0.0015 * \sqrt{p}$$

Donde:

Ta: Tolerancia lineal

p: Distancia total (m)

Error relativo máximo

$$\varepsilon_R(\text{máx}) = \frac{1}{10000} \text{ (zona urbana)}$$

$$\varepsilon_R(\text{máx}) \leq \varepsilon_l/p$$

Tabla 6

Comprobación de errores permisibles

Errores permisibles		
Error Angular (ta)	0° 0' -3.25"	Ok
Error Angular máx. (Ta máx.)	0° 0' 5.656"	
Error cierre lineal (El)	0.04343145	
Error Lineal Máx. (El máx.)	0.05960933	
Error Relativo (Er)	0.00002750	
Error Relativo Máx. (Er máx.)	0.00010000	

Nota. Comprobación de errores angulares y lineales para la precisión de E.T. de 2".

Realizado la comprobación de datos de campo, con las tolerancias de errores permisibles se llevan estos datos al gestor de mediciones Microsoft StarNet para el ajuste de poligonal por mínimos cuadrados.

Tabla 7

Datos introducidos al programa MicroSurvey StarNet

Nº	ESTACIÓN	INICIO (<)	FIN	GRADOS	MIN.	SEG.	DIST. (m)
1	2005002	2005002	GNSS-07	101°	10'	26.249"	321.849
2	GNSS-07	GNSS-07	GNSS-06	133°	3'	8.000"	111.301
3	GNSS-06	GNSS-06	GNSS-05	88°	57'	45.250"	140.646
4	GNSS-05	GNSS-05	GNSS-04	268°	22'	1.500"	129.920
5	GNSS-04	GNSS-04	GNSS-03	89°	44'	13.000"	286.403
6	GNSS-03	GNSS-03	GNSS-02	89°	28'	14.500"	163.053
7	GNSS-02	GNSS-02	GNSS-01	214°	59'	6.750"	118.449
8	GNSS-01	GNSS-01	2005002	94°	15'	7.999"	307.611
Total				1080° 0' 3.25"			1579.232

Nota. Promedio de distancias y ángulos leídos en la serie de la poligonal.

Procesando en el programa de MicroSurvey StarNet v12, se obtiene que pasa la prueba de chi-cuadrado con el 95% de confianza y ha convergido en dos iteraciones estando entre los valores más bajos y altos para el nivel de confianza, el número de ángulos y distancias con un valor de 1,694 valor estimado por el programa, que está dentro de 0.268 y 1.765.

Figura 18

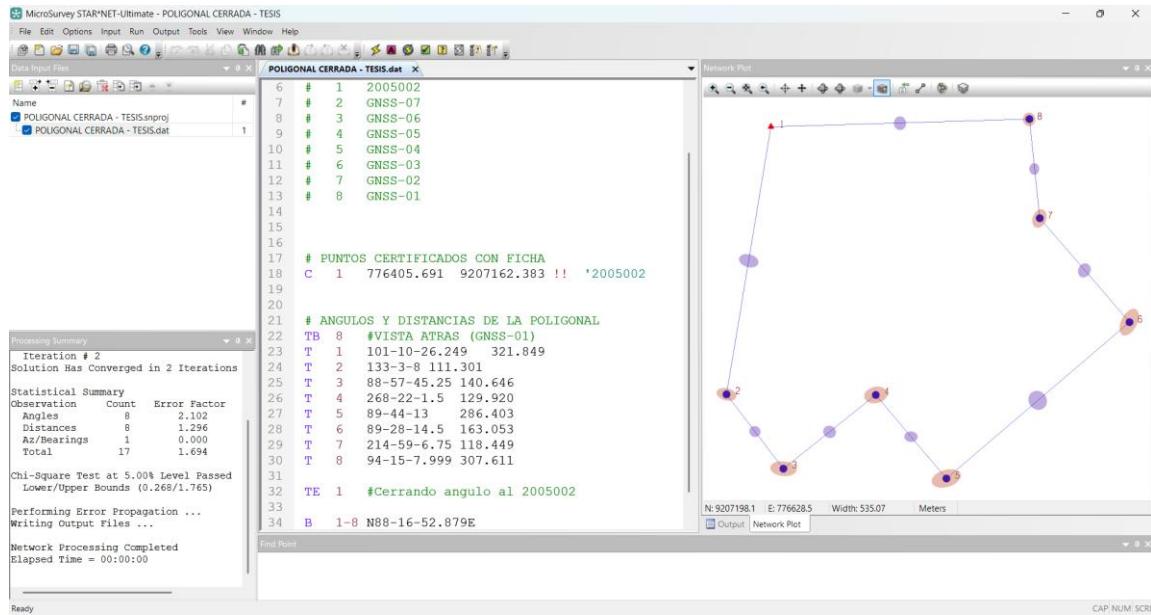
Características de los equipos utilizados en la poligonal

Instrument Standard Error Settings	
Project Default Instrument	
Distances (Constant)	: 0.002000 Meters
Distances (PPM)	: 2.000000
Angles	: 1.414200 Seconds
Directions	: 2.000000 Seconds
Azimuths & Bearings	: 2.000000 Seconds
Centering Error Instrument	: 0.001500 Meters
Centering Error Target	: 0.002500 Meters

Nota. Los datos corresponden a las características de la Estación Total, prismas utilizados y los errores de centrado de los mismos.

Figura 19

Ajuste de poligonal cerrada



Nota. El ajuste de realizó en el programa MicroSurvey StarNet.

Las coordenadas finales ajustadas de la poligonal son las que se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 8

Coordenadas topográficas ajustadas con MicroSurvey StarNet

ID	ESTE(m)	NORTE(m)	CÓDIGO
1	776405.691	9207162.383	2005002
2	776713.167	9207171.609	GNSS-01
3	776725.493	9207053.803	GNSS-02
4	776832.38	9206930.669	GNSS-03
5	776614.375	9206744.931	GNSS-04
6	776530.577	9206844.212	GNSS-05
7	776420.557	9206756.598	GNSS-06
8	776352.814	9206844.906	GNSS-07

Nota. Coordenadas finales provenientes del ajuste de la poligonal cerrada en MicroSurvey StarNet.

3.5.4.2. Elaboración de la nivelación geométrica compuesta

La nivelación geométrica compuesta se realizó con un nivel de ingeniero de la marca Leica NA320, partiendo desde el punto geodésico de orden “C”, utilizado como “Bench Mark”.

Para la elaboración de la nivelación geométrica fue necesario un día, con 01 topógrafo y dos ayudantes de topografía, los datos de campo recolectados se muestran a continuación son extraídos de la aplicación utilizada, Nivel Topográfico APK.

Tabla 9

Data de campo para la nivelación cerrada

PUNTO	TRAMO	B.S. (m)	H.I.	F.S.	Dist. BS (m)	Dist. FS (m)	Dist. Total (m)
1	-	0.771	2680.303				0.000
2	PPGG - C1	0.920	2679.103	2.120	36.000	43.300	79.300
3	C1 - C2	0.902	2677.635	2.370	37.100	42.300	79.400
3	C2 - C3	0.730	2675.854	2.511	30.800	47.000	77.800
4	C3 - GNSS1	1.654	2675.417	2.091	28.900	40.100	69.000
5	GNSS1 - C4	1.854	2675.997	1.274	32.100	25.000	57.100
6	C4 - GNSS2	1.510	2676.892	0.615	27.500	33.500	61.000
7	GNSS2 - C5	1.230	2676.402	1.720	36.000	37.900	73.900
8	C5 - GNSS3	2.040	2676.640	1.802	44.000	45.000	89.000
9	GNSS3 - C6	2.248	2677.977	0.911	39.000	40.000	79.000
10	C6 - C7	2.143	2679.260	0.860	40.900	39.500	80.400
11	C7 - C8	2.160	2680.709	0.711	38.000	36.000	74.000
12	C8 - GNSS4	1.600	2681.397	0.912	26.000	26.000	52.000
13	GNSS4 - C9	1.404	2681.340	1.461	32.900	31.700	64.600
14	C9 - GNSS5	2.165	2681.558	1.947	29.200	36.400	65.600
15	GNSS5 - C10	2.460	2683.130	0.888	34.000	32.000	66.000
16	C10 - GNSS6	1.405	2684.075	0.460	32.400	42.000	74.400
17	GNSS6 - C11	1.830	2684.430	1.475	25.200	29.200	54.400
18	C11 - GNSS7	1.560	2684.016	1.974	27.000	29.800	56.800
19	GNSS7 - C12	0.992	2682.930	2.078	24.800	33.500	58.300
20	C12 - C13	1.215	2681.975	2.170	28.700	30.100	58.800
21	C13 - C14	1.249	2681.407	1.817	35.200	34.400	69.600
22	C14 - C15	1.383	2681.129	1.661	32.000	35.500	67.500
23	C15 - PPGG			1.619	36.000	30.500	66.500

Nota. Los datos mostrados en la tabla corresponden al reporte del aplicativo utilizado como es el programa Nivel Topográfico APK.

Figura 20

Elaboración de la nivelación geométrica



Nota. Para la nivelación geométrica cerrada se hizo entre distancias de 30 a 60 metros de distancia.

3.5.4.3. Ajuste de nivelación geométrica cerrada en StarNet.

Realizado el trabajo de campo se procesa a compensar la red de nivelación partiendo y concluyendo en el punto geodésico de orden “C” para ello se utilizó el programa MicroSurvey StarNet, con la precisión del equipo utilizado de error de 0.0018 m/km en nivelación de ida y vuelta según sus especificaciones técnicas ante de ellos se realizó si la nivelación cumple con los errores permisibles para una nivelación precisa.

$$Emáx = \pm 0.01 * \sqrt{Dr}$$

Donde:

Máx.: Error máximo tolerable

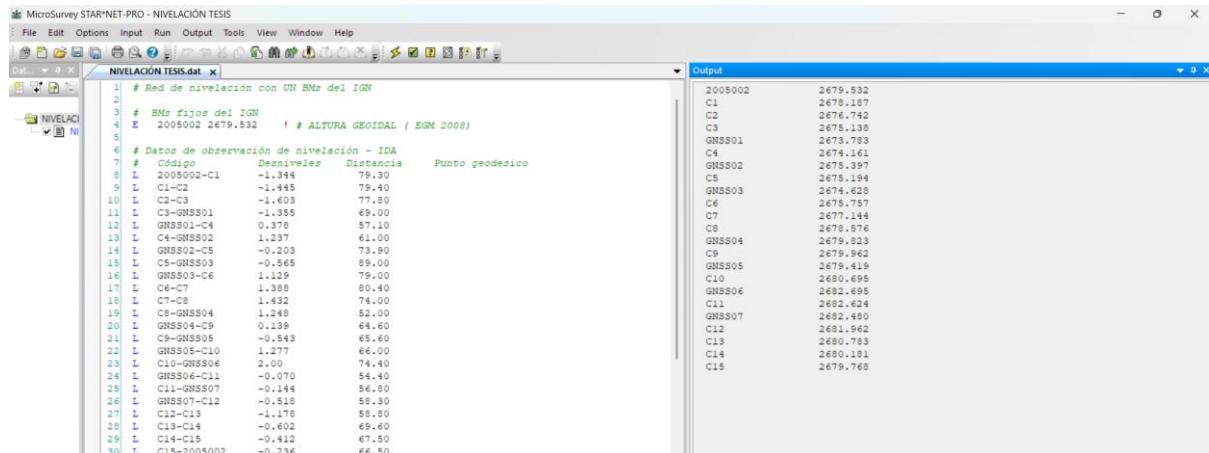
Dr.: Distancia recorrida en kilómetros

Er: Error kilométrico (Nivelación ordinaria)

Tabla 10*Comprobación de errores permisibles*

Errores permisibles		
Distancia recorrida en (Km)	3.148	
Error kilométrico: e(Precisa)	0.01	
Error máximo tolerable: (E máx.)	0.0177	Ok
I. Elevación EGM 2008 PP.GG.	2679.532	
F. Elevación EGM 2008 PP.GG.	2679.515	
Error de Cierre Altimétrico	-0.017	

Nota. Comprobación de error altimétrico para nivelación ordinaria.

Figura 21*Ajuste de nivelación geométrica cerrada*

Nota. El ajuste de realizó en el programa MicroSurvey StarNet.

Procesando en el programa de MicroSurvey StarNet, se obtiene que pasa la prueba de chi-cuadrado con el 95% de confianza y ha convergido en dos iteraciones estando entre los valores más bajos y altos para el nivel de confianza, con un valor de 1,278 valor estimado por el programa, que está dentro de 0.719 y 1.281, se adjunta reporte de procesamiento en el apartado de anexos.

Tabla 11*Cotas compensadas de la nivelación geométrica*

ID	ELEVACIÓN (EGM 2008)	CÓDIGO (m.s.n.m)
1	2679.532	2005002
2	2673.783	GNSS01
3	2675.397	GNSS02
4	2674.628	GNSS03
5	2679.823	GNSS04
6	2679.419	GNSS05
7	2682.695	GNSS06
8	2682.480	GNSS07

Nota. Cotas finales provenientes del ajuste de la nivelación geométrica.

3.5.4.4. Conversión de coordenadas topográficas a UTM

La conversión de coordenadas topográficas a UTM o geográficas obtenidas de la poligonal cerrada y nivelación y la correcta comparación de coordenadas con la de patrón que vienes a ser las coordenadas UTM de los Puntos de Fijos de Control Horizontal, realizó esta transformación, tomando como base el punto geodésico de orden “C” con código IGN 2005002 con vista atrás al PFCH-1 o el azimut $88^{\circ}16'52.88''$ este punto convergerá en coordenadas UTM y Topográficas para nuestra poligonal cerrada.

La transformación de coordenadas se realizó en el programa MicroSurvey StarNet, donde se utilizó el factor de escala del punto geodésico para el resto de puntos, donde el factor de escala es de 1.0001254094, la ecuación para transformación de coordenadas es la siguiente.

$$Dt = Dg / Fc$$

Donde:

Dt: Distancia Topográfica

Dg: Distancias Geodésica

Fc: Factor de escala combinado

De donde el factor de escala combinado es el producto del factor de escala de cuadrícula multiplicado por el factor de escala vertical.

Figura 22

Transformación de coordenadas Topográficas a UTM

```

1 # CONVERSION DE COORDENADAS TOPOGRAFICAS A COORDENADAS UTM
2
3
4 C 1 776405.691 9207162.383 2679.532 !!! '2005002 PPGG
5 C 2 776713.167 9207171.609 2673.783 !!! 'GNSS-01
6 C 3 776725.493 9207053.803 2675.397 !!! 'GNSS-02
7 C 4 776832.380 9206930.669 2674.628 !!! 'GNSS-03
8 C 5 776614.375 9206744.931 2679.823 !!! 'GNSS-04
9 C 6 776530.577 9206844.212 2679.419 !!! 'GNSS-05
10 C 7 776420.557 9206756.598 2682.695 !!! 'GNSS-06
11 C 8 776352.814 9206844.906 2682.480 !!! 'GNSS-07
12

# Ground Scale Coordinate File
#
# Scaling : Adjusted Coordinates were Divided by
# Given Scale Factor of 0.9998746063
#
# Rotation : Bearing Was Set Between Two Stations
# From : 1
# To : 2
# Bearing : N88-16-52.88E
#
# Translation : Adjusted Station Coordinates
# Station : 1
# Easting : 776405.691000
# Northing: 9207162.383000
#
1 776405.691 9207162.383 2679.532 2005002 PPGG
2 776713.206 9207171.610 2673.783 GNSS-01
3 776725.533 9207053.789 2675.397 GNSS-02
4 776832.433 9206930.640 2674.628 GNSS-03
5 776614.401 9206744.879 2679.823 GNSS-04
6 776530.592 9206844.172 2679.419 GNSS-05
7 776420.559 9206756.547 2682.695 GNSS-06
8 776352.807 9206844.866 2682.480 GNSS-07

```

Nota. Programa utilizado MicroSurvey StarNet.

Las coordenadas geográficas y los factores de escala se muestran a continuación, así como también se adjunta en formato digital el proyecto de transformación de coordenadas y el reporte de procesamiento.

Tabla 12

Factores de escala de cada punto

Convergencia		Factores		
ID	Ángulo	Escala	Elevación	Combinada
1	-0-18-44.52	1.00054564	0.99957871	1.00012411
2	-0-18-45.76	1.00054774	0.99957961	1.00012712
3	-0-18-45.98	1.00054783	0.99957935	1.00012695
4	-0-18-46.59	1.00054856	0.99957947	1.0001278
5	-0-18-45.97	1.00054707	0.99957866	1.00012549
6	-0-18-45.49	1.00054649	0.99957872	1.00012499
7	-0-18-45.17	1.00054574	0.99957821	1.00012372
8	-0-18-44.76	1.00054527	0.99957825	1.00012329
9	-0-18-45.02	1.00054645	0.99957899	1.00012521
Promedio:	-0-18-45.47	1.00054675	0.99957889	1.00012541

Nota. Los datos que se muestran provienen de la transformación que se ha realizado en el programa MicroSurvey StarNet.

A continuación, se muestra la tabla de coordenadas transformadas de topográficas a UTM, utilizando como punto base el punto geodésico de orden “C” de código “2005002”.

Tabla 13

Coordenadas transformadas de topográficas a UTM

ESTE(m)	NORTE(m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	CÓDIGO
776405.691	9207162.383	2679.532	2005002
776713.206	9207171.610	2673.783	GNSS-01
776725.533	9207053.789	2675.397	GNSS-02
776832.433	9206930.640	2674.628	GNSS-03
776614.401	9206744.879	2679.823	GNSS-04
776530.592	9206844.172	2679.419	GNSS-05
776420.559	9206756.547	2682.695	GNSS-06
776352.807	9206844.866	2682.480	GNSS-07

Nota. Coordenadas finales procedentes de la transformación realizada en el programa MicroSurvey StarNet.

3.5.5. Levantamiento topográfico con receptores GNSS

Para el levantamiento topográfico con receptores GNSS, realizó a partir del punto geodésico certificado con el código IGN 2005002, utilizando como base del levantamiento, luego se procedió a leer en modo Real Time Kinematic (RTK), con un tiempo de lectura de 60 segundos, posicionando el Rover de manera nivelada y centrada.

Figura 23

Levantamiento topográfico con Receptores GNSS



A continuación, se muestra en cuadro de coordenadas obtenidas a partir del levantamiento topográfico en modo Real Time Kicematic para los vértices de la poligonal.

Tabla 14

Levantamiento con receptores GNSS

ESTE(m)	NORTE(m)	ELEVACIÓN (EGM 2008) (m.s.n.m)	CÓDIGO
776405.691	9207162.383	2679.532	2005002
776713.174	9207171.605	2673.821	GNSS-01
776725.498	9207053.798	2675.425	GNSS-02
776832.407	9206930.672	2674.637	GNSS-03
776614.363	9206744.892	2679.810	GNSS-04
776530.574	9206844.192	2679.412	GNSS-05
776420.556	9206756.576	2682.678	GNSS-06
776352.804	9206844.903	2682.461	GNSS-07

Nota. Coordenadas obtenidas a partir del levantamiento en modo RTK, con control de levantamiento, con lecturas de 60 segundos.

3.5.6. Vuelo fotogramétrico

Para el vuelo fotogramétrico, se ha utilizado un dron Mavic 3E con módulo RTK integrado, que permite conectarse a un GNSS para recibir correcciones en tiempo real, desde el punto geodésico de orden “C”, y los PFCH como puntos de control de precisión.

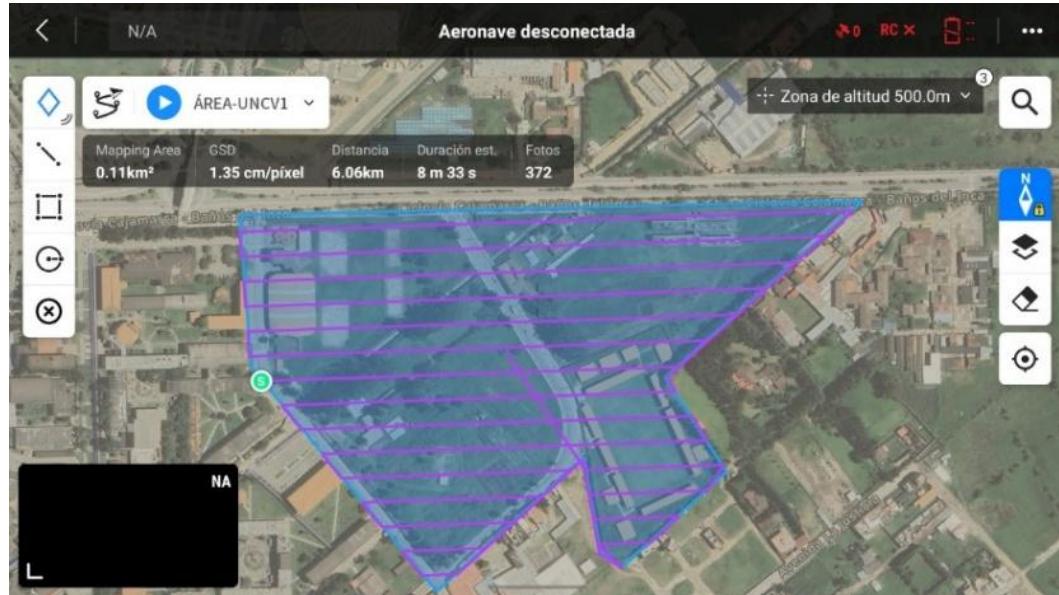
De acuerdo con (Baqué Solis y otros, 2022), la integración del dron en levantamientos topográficos permite complementar la información obtenida, aportando productos digitales (como ortofotos y modelos digitales de superficie) que incrementan el nivel de detalle y contribuyen al análisis comparativo. En tal sentido el uso del dron se justifica como una herramienta de apoyo, que permite obtener una visión global del área de estudio, optimizando la identificación de puntos de muestreo y la validación gráfica de los datos obtenidos mediante Estación Total y GNSS Diferencial, así como la reducción de tiempos y costos en la realización del trabajo de investigación.

Los planes de vuelo programados en la aplicación DJI Pilot 2, que se muestran a continuación, con los siguientes parámetros de vuelos.

Altura constante sobre el nivel de terreno de 60 metros; traslape lateral y frontal del 75% y distancia de muestreo al suelo promedio de 1.35 cm/pixel.

Figura 24

Plan de vuelo N°1



Nota. Programación de vuelos en el aplicativo DJI Pilot 2.

Figura 25

Plan de vuelo N°2



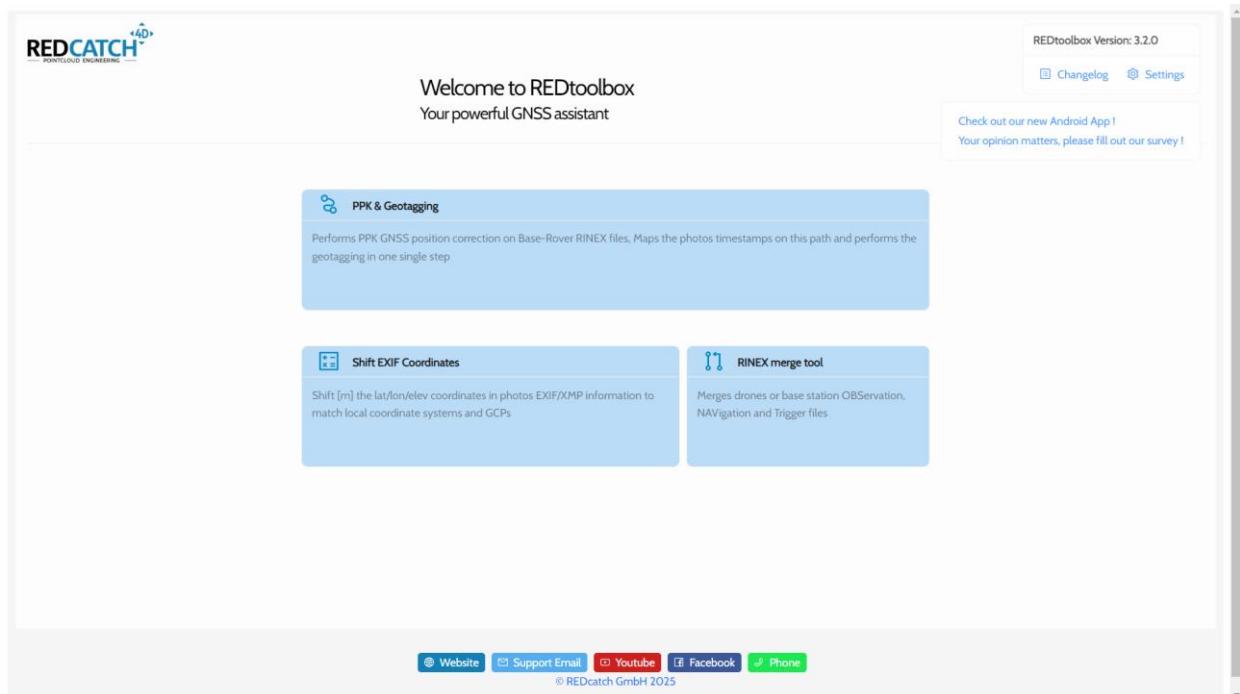
Nota. Configuración de la superposición lateral y frontal del 75%.

3.5.6.1. Geoetiquetado y procesamiento de vuelo fotogramétrico

Una vez realizado la toma de puntos de control de precisión con estación total y los receptores GNSS, el vuelo fotogramétrico se procedió al procesamiento de las imágenes obtenidas por el dron, donde inicialmente se procedió a geo etiquetar el vuelo PPK (Post Processing Kicematic) en el programa RedToolbox 3.2, donde es necesario tener la data nativa del punto geodésico, data de navegación del dron e imágenes a georreferenciar.

Figura 26

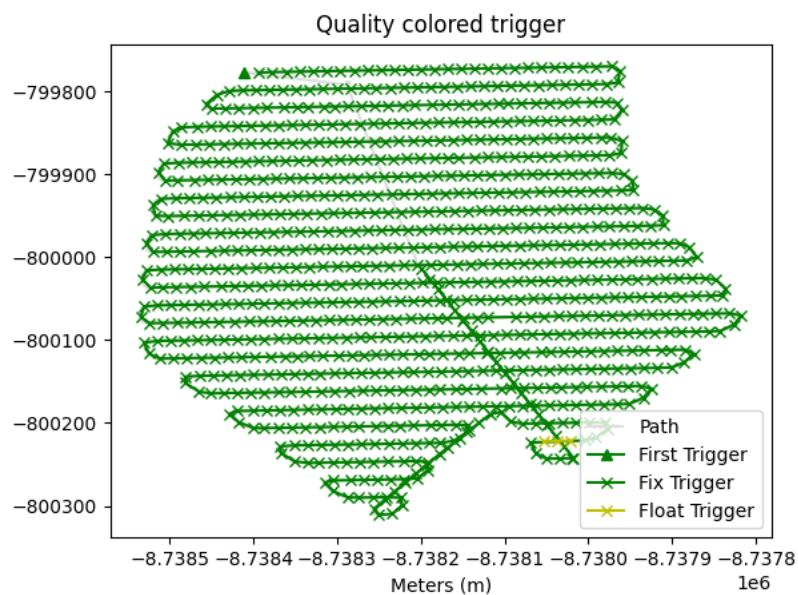
Geoetiquetado de vuelos fotogramétricos



Nota. Programa RedToolbox para geoetiquetado de vuelos en modo PPK.

Figura 27

Reporte de calidad de rutas de vuelo



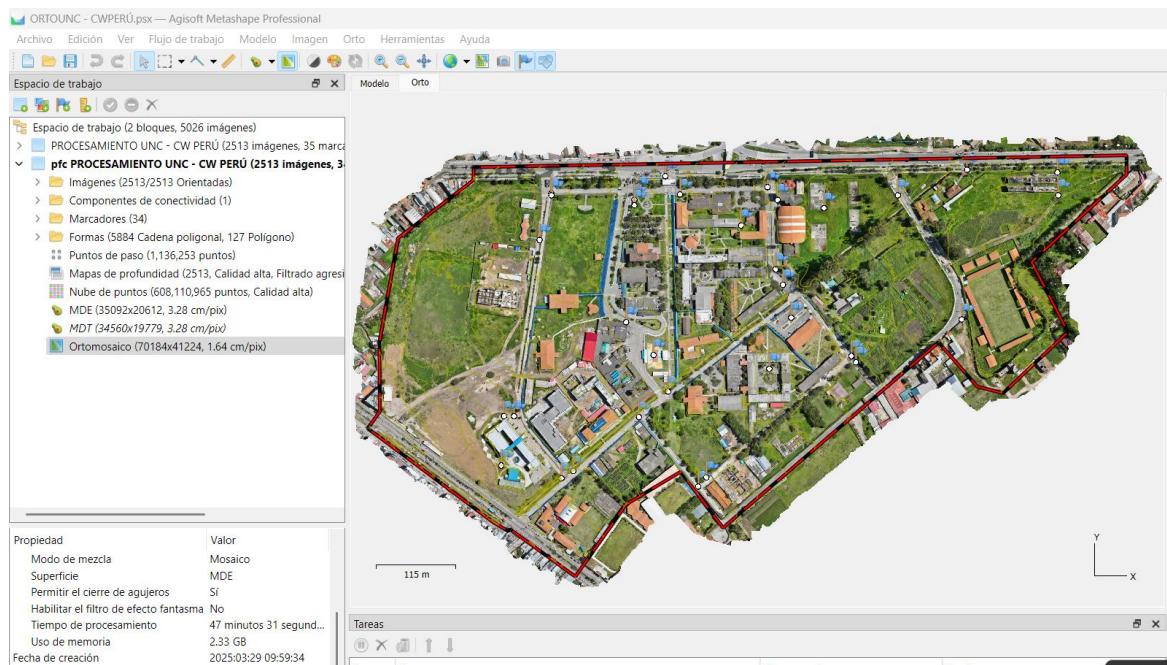
Nota. Todos los vuelos fueron geoetiquetados en el programa con altura elipsoidal.

Realizado el geoetiquetado, se procede en llevar la información al programa Agisoft Metashape 2.2 para el procesamiento y obtención de los modelos digitales de terreno y elevación respectivamente validando la calidad de la información con los puntos de control de precisión puestos anteriormente., así como la obtención de la ortofoto de la Ciudad Universitaria de Cajamarca.

En el programa Agisoft Metashape 2.2 se procesó la información con los resultados obtenidos, donde se verificó la calidad de los resultados con los puntos de precisión, así como la obtención de información que se utilizó para el replanteo de puntos de muestra.

Figura 28

Procesamiento de fotos



Nota. Agisoft Metashape utilizado para el procesamiento convirtiendo de alturas elipsoidales a geoidales utilizando el modelo geodial EGM 2008.

Figura 29

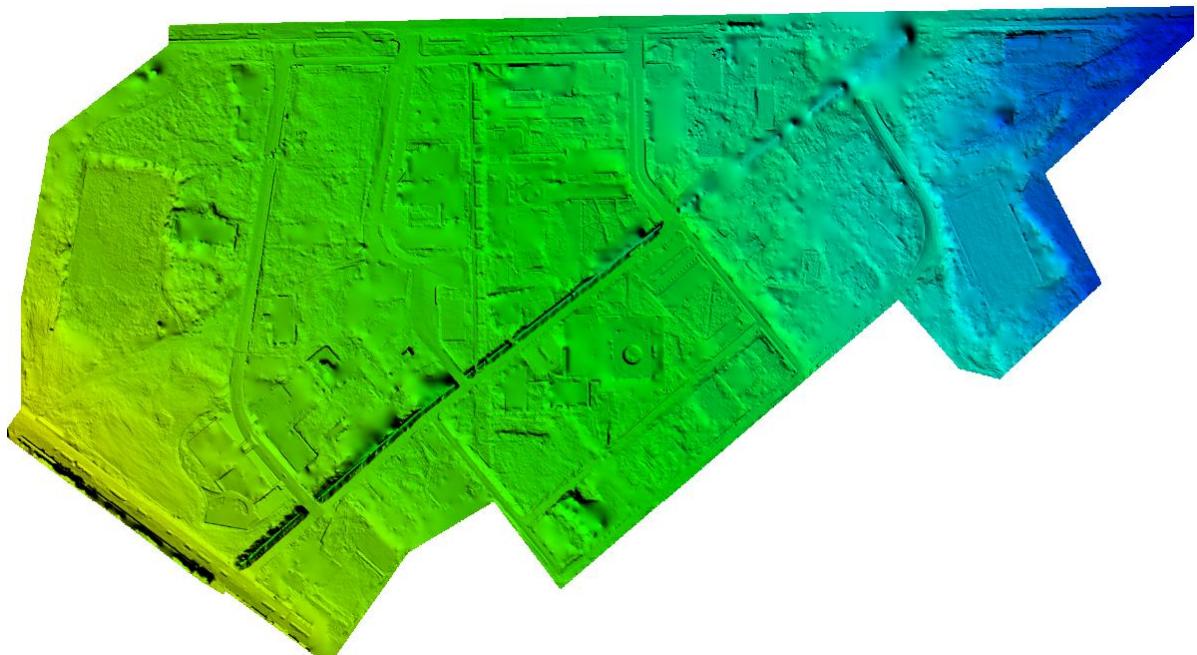
Modelo digital de elevaciones (MDE)



Nota. Obtenido a partir del procesamiento de los vuelos fotogramétricos.

Figura 30

Modelo digital del terreno (MDT)



Nota. Obtenido a partir del procesamiento de los vuelos fotogramétricos.

Figura 31

Orto mosaico del área de la Universidad Nacional de Cajamarca



Nota. Obtenido a partir del procesamiento de los vuelos fotogramétricos.

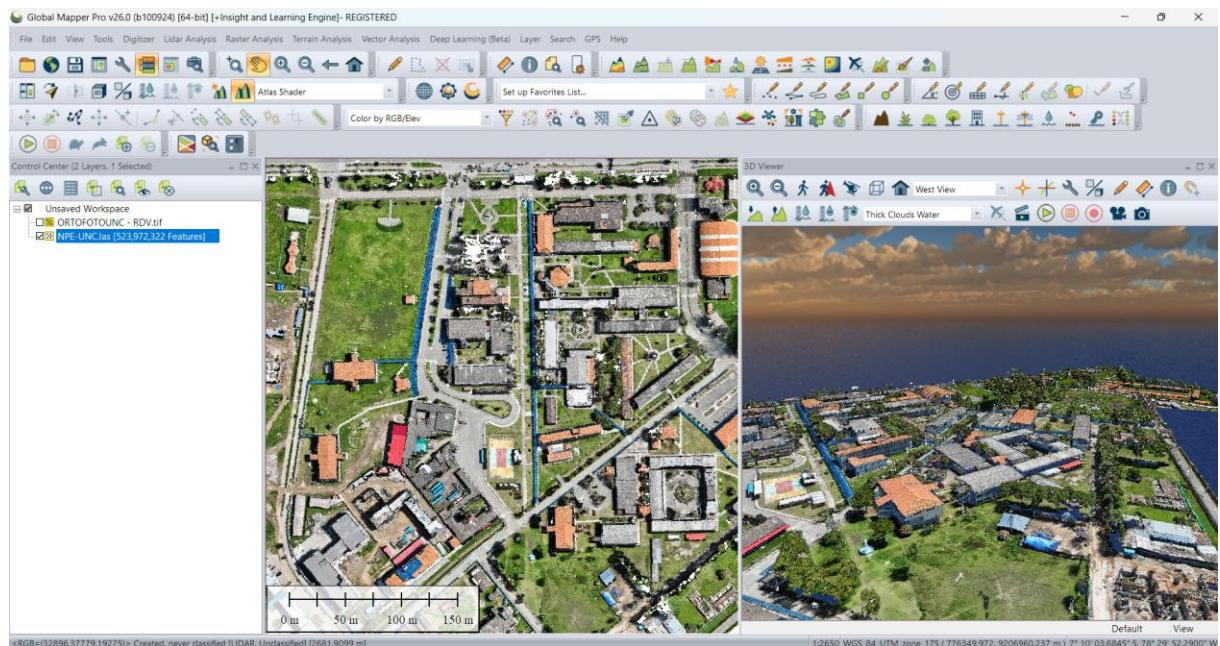
3.5.6.2. Puntos de muestreo para el replanteo topográfico

El replanteo de puntos de muestra con estación total y GNSS diferencial, se realizó a partir de las coordenadas obtenidas a partir de los vuelos fotogramétricos, en total se realizó el replanteo de 16 puntos de muestreo de toda el área, puntos obtenidos a partir de la nube de puntos del vuelo fotogramétrico.

Para el replanteo con los equipos GNSS diferencial, se utilizó una opción de calibración de sitio en el aplicativo LandStar 8, donde nos permite, poner a las coordenadas de control, en este caso la de los vértices de la poligonal, cambiar por las coordenadas topográficas donde se calculan parámetros de transformación al momento del replanteo, así también se realizó, el replanteo sin calibración de sitio, para poder comparar las variaciones.

Figura 32

Nube de puntos



Nota. Programa Global Mapper para lectura de nube de puntos y orto mosaico.

Figura 33

Puntos de muestro para el replanteo



Nota. Puntos distribuidos aleatoriamente alrededor del área de estudio.

La ubicación de los puntos de muestreo elegidos ha sido de acuerdo a la poligonal, así como también distancia de la ubicación de las estaciones, pudiendo tener mayor calidad de la información al ubicar en distintas posiciones y distancias, así como también en lugares que pueden tener interferencias con los equipos GNSS para ver el comportamiento y calidad de los resultados, la lista de puntos de muestreo se muestra a continuación.

Tabla 15

Lista de puntos para el replanteo

PUNTO	ESTE(m)	NORTE(m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
PM1	776390.110	9207159.430	2679.700
PM2	776388.407	9207096.550	2680.007
PM3	776337.584	9206844.761	2683.360
PM4	776385.120	9206792.430	2682.990
PM5	776437.319	9206766.844	2682.246
PM6	776423.450	9206747.950	2682.660
PM7	776514.010	9206851.570	2680.070
PM8	776572.520	9206880.632	2678.440
PM9	776626.914	9206758.525	2679.431
PM10	776642.560	9206710.940	2679.650

PM11	776791.630	9206896.050	2675.430
PM12	776853.690	9206899.860	2674.480
PM13	776714.780	9207034.330	2675.720
PM14	776713.430	9207089.520	2674.850
PM15	776635.940	9207166.720	2675.380
PM16	776723.800	9207175.060	2673.860

Nota. Los puntos que se muestran en la tabla corresponden a coordenadas de puntos aleatorias obtenidas de la nube de puntos del área de estudio.

3.5.7. Replanteo topográfico con estación total

Realizado el trabajo de procesamiento con ambas metodologías, se procede a replantear los puntos de muestreo encontrado a partir de la nube de puntos del vuelo fotogramétrico y partiendo de los Puntos Fijos de Control Horizontal que nos sirvió de patrón para la verificación de la precisión.

Figura 34

Replanteo de puntos de muestreo



Nota. El replanteo de los puntos se realizó a partir de los PFCH.

La lista de puntos replanteados se muestra a continuación:

Tabla 16*Coordenadas de replanteo con Estación total*

PUNTO	ESTE(m)	NORTE(m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	CÓDIGO
1-So1	776390.105	9207159.431	2679.675	PM1
2-So1	776388.396	9207096.558	2680.027	PM2
3-So1	776337.579	9206844.761	2683.350	PM3
4-So1	776385.113	9206792.438	2682.968	PM4
5-So1	776437.307	9206766.844	2682.229	PM5
6-So1	776423.437	9206747.958	2682.641	PM6
7-So1	776514.005	9206851.578	2680.044	PM7
8-So1	776572.514	9206880.639	2678.429	PM8
9-So1	776626.911	9206758.528	2679.412	PM9
10-So1	776642.556	9206710.949	2679.643	PM10
11-So1	776791.626	9206896.055	2675.409	PM11
12-So1	776853.688	9206899.860	2674.459	PM12
13-So1	776714.778	9207034.336	2675.699	PM13
14-So1	776713.425	9207089.521	2674.883	PM14
15-So1	776635.932	9207166.720	2675.358	PM15
16-So1	776723.806	9207175.060	2673.879	PM16

Nota. Coordenadas finales del replanteo con estación total South Navi Estación 2".

3.5.8. Replanteo topográfico con equipos GNSS

Para el replanteo con equipos GNSS se realizó el estacionamiento del equipo base en el punto geodésico de orden "C" con código IGN 205002, y replanteando en modo Real Times Kicematic (RTK), los puntos de muestreo obtenidos anteriormente.

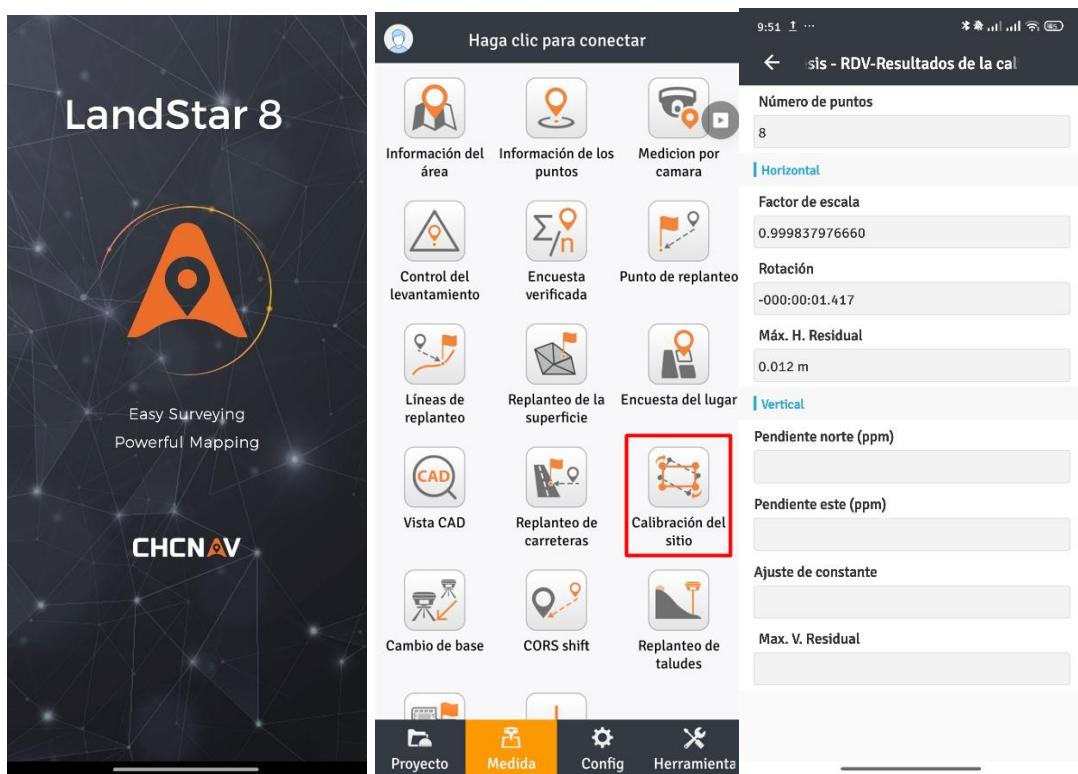
Figura 35*Replanteo de coordenadas UTM**Nota. Replanteo de puntos de muestreo sin calibración de sitio.*

3.5.8.1. Calibración local de sitio en Land Star 8.1

La calibración local de sitio se realizó en campo, donde consiste en levantar los puntos de la poligonal en modo RTK (Real Time Kinematic) y cada uno de ellos hacerlo coincidir con las coordenadas topográficas obtenidas a partir de la poligonal cerrada y nivelación, donde el aplicativo Land Star 8.1 hace un ajuste de toda la superficie haciendo que las coordenadas a replantar estén en el mismo sistema que las coordenadas topográficas.

Figura 36

Programa Land Star 8

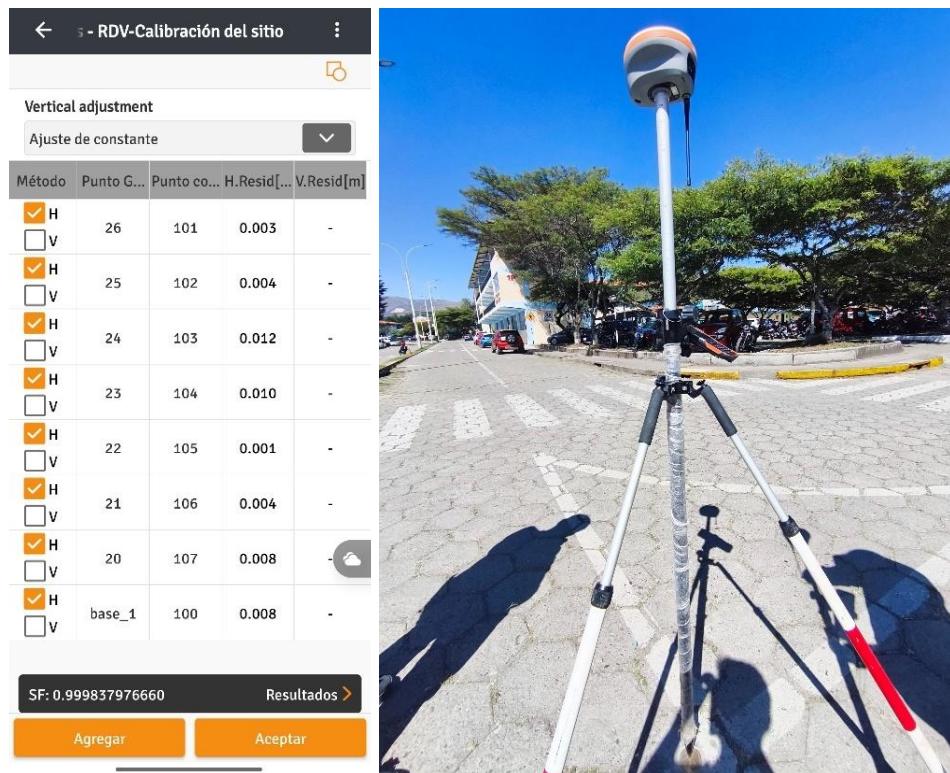


Nota. Aplicación de manejo de los GNSS de la marca CHCNAV.

Realizado la calibración de sitio con la herramienta de calibración de sitio del aplicativo, donde se introducen coordenadas tomadas con GNSS y coordenadas topográficas el aplicativo realiza un ajuste de coordenadas y encuentra un ajuste horizontal y vertical, con un factor de escala 0.999837977 para convertir distancias geodésicas a topográficas y rotación del área de trabajo de $0^{\circ}0'1.417''$.

Figura 37

Calibración de sitio



Nota. Calibración de sitio utilizando los vértices y coordenadas de la poligonal cerrada en el aplicativo Land Star.

Figura 38

Replanteo con calibración de sitio



Nota. Replanteo de puntos de muestreo con GNSS utilizando la calibración de sitio.

La lista de puntos replanteados con receptores GNSS se muestra a continuación:

Tabla 17

Lista de puntos replanteados con receptores GNSS

PUNTO	ESTE(m)	NORTE(m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	CÓDIGO
CalSTK_1	776390.109	9207159.438	2679.666	PM1
CalSTK_2	776388.396	9207096.554	2679.987	PM2
CalSTK_3	776337.578	9206844.765	2683.351	PM3
CalSTK_4	776385.107	9206792.436	2682.978	PM4
CalSTK_5	776437.312	9206766.85	2682.225	PM5
CalSTK_6	776423.439	9206747.958	2682.645	PM6
CalSTK_7	776514.001	9206851.574	2680.038	PM7
CalSTK_8	776572.512	9206880.642	2678.447	PM8
CalSTK_9	776626.907	9206758.532	2679.433	PM9
CaSTK_10	776642.554	9206710.951	2679.655	PM10
CaSTK_11	776791.624	9206896.059	2675.4	PM11
CaSTK_12	776853.684	9206899.869	2674.44	PM12
CaSTK_13	776714.774	9207034.341	2675.691	PM13
CaSTK_14	776713.422	9207089.526	2674.827	PM14
Ca1STK_15	776635.93	9207166.714	2675.348	PM15
Ca1STK_16	776723.784	9207175.071	2673.807	PM16

Nota. Coordenadas finales procedente del replanteo topográfico con receptores GNSS.

3.5.9. Eficiencia de los levantamientos y replanteos topográficos

Para la evaluación del levantamiento topográfico con estación total en la elaboración de la poligonal cerrada se analizó en términos de tiempo (días) y costos (S/.).

Culminado los procesos de cálculo de coordenadas y ajustes correspondientes, se calculan los tiempos y costos que tomaron los diferentes procesos.

3.5.9.1. Cuadros de tiempos y costos en el levantamiento topográfico.

A continuación, se presenta cuadro de tiempos y costos que tomo para la elaboración de la poligonal cerrada, así como el levantamiento con receptores GNSS.

Tabla 18*Cronograma de campo y gabinete en el levantamiento topográfico*

ITEM	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN	INICIO	FIN
1	TRABAJO DE TOPOGRAFÍA: POLIGONAL CERRADA	6 días	Vie 14/03/25	mié 26/03/25
1.1	RECONOCIMIENTO DE CAMPO	1 día	vie 14/03/25	vie 14/03/25
1.1.1	Visita a campo	1 día	vie 14/03/25	vie 14/03/25
1.1.2	Ubicación de vértices para una poligonal	1 día	vie 14/03/25	vie 14/03/25
1.2	MONUMENTACIÓN DE PUNTOS	2 días	sáb 15/03/25	lun 17/03/25
1.2.1	Monumentación de 8 puntos de Control de Apoyo Horizontal (PFCH)	1 día	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25
1.2.2	Medición de ángulos y distancias	1 día	lun 17/03/25	lun 17/03/25
1.3	TRABAJO DE GABINETE	3 días	lun 24/03/25	mié 26/03/25
1.3.1	Validación de información	1 día	lun 24/03/25	lun 24/03/25
1.3.2	Procesamiento y cálculo de datos	2 días	mar 25/03/25	mié 26/03/25
2	TRABAJO DE GEODESÍA: LINEAS BASE	5 días	vie 14/03/25	vie 28/03/25
2.1	RECONOCIMIENTO DE CAMPO	1 día	vie 14/03/25	vie 14/03/25
2.1.1	Visita a campo	1 día	vie 14/03/25	vie 14/03/25
2.1.2	Ubicación de vértices para una poligonal	1 día	vie 14/03/25	vie 14/03/25
2.2	MONUMENTACIÓN DE PUNTOS	2 días	sáb 15/03/25	lun 17/03/25
2.2.1	Monumentación de 8 puntos de Control de Apoyo Horizontal (PFCH)	1 día	sáb 15/03/25	sáb 15/03/25
2.2.2	Toma de data GNSS en campo	1 día	mar 18/03/25	mar 18/03/25
2.3	TRABAJO DE GABINETE	2 días	mié 26/03/25	jue 27/03/25
2.3.1	Validación de información	1 día	jue 27/03/25	jue 27/03/25
2.3.2	Procesamiento de líneas base	1 día	vie 28/03/25	vie 28/03/25

Nota. La duración del trabajo está en días con una jornada laboral de 4 horas por día.

Tabla 19*Costos en la elaboración de la poligonal cerrada*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P. UNITARIO	MONTO
1.00	TRABAJO DE TOPOGRAFÍA: Poligonal Cerrada				S/ 4,250.00
	Mano de obra	Glb	1	S/ 1,200.00	S/ 1,200.00
	Materiales	Glb	1	S/ 600.00	S/ 600.00
	Equipos	Glb	1	S/ 450.00	S/ 450.00
	Servicio	Glb	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
2.00	TRABAJO DE GEODÉSIA: Levantamiento RTK				S/ 3,700.00
	Mano de obra	Glb	1	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00
	Materiales	Glb	1	S/ 600.00	S/ 600.00
	Equipos	Glb	1	S/ 300.00	S/ 300.00
	Servicio	Glb	1	S/ 1,800.00	S/ 1,800.00

Nota. La moneda utilizada es soles (s/.)

3.5.9.2. Cuadro de tiempos y costos en el replanteo topográfico

A continuación, se presenta cuadro de tiempos y costos que tomo para el replanteo de coordenadas topográficas de los puntos de muestreo.

Tabla 20

Tiempos en replanteos con estación total y GNSS

ITEM	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN	INICIO	FIN
1	TRABAJO DE TOPOGRAFÍA	1 día	sab 05/07/25	sab 05/07/25
1.1	TRABAJO DE CAMPO	1 día	sab 05/07/25	sab 05/03/25
1.1.1	Replanteo de puntos de muestreo	1 día	sab 05/07/25	sab 05/07/25
2	TRABAJO DE GEODESÍA	0.5 día	Lun 07/07/25	Lun 07/07/25
2.1	TRABAJO DE CAMPO	0.5 día	Lun 07/07/25	Lun 07/07/25
2.1.1	Calibración de sitio	0.5 día	Lun 07/07/25	Lun 07/07/25
2.1.2	Replanteo de puntos de muestreo en modo RTK	0.5 día	Lun 07/07/25	Lun 07/07/25

Nota. El trabajo de replanteo con estación demoró 4 horas más que el replanteo con los equipos GNSS.

Tabla 21

Costos en replanteo con Estación Total y GNSS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P. UNITARIO	MONTO
1.00	TRABAJO DE TOPOGRAFÍA: REPLANTEO DE TOPOGRAFÍA				S/ 550.00
	Mano de obra	Glb	1	S/ 300.00	S/ 300.00
	Materiales	Glb	1	S/ 100.00	S/ 100.00
	Equipos	Glb	1	S/ 150.00	S/ 150.00
2.00	TRABAJO DE GEODÉSIA: REPLANTEO EN MODO RTK				S/ 700.00
	Mano de obra	Glb	1	S/ 300.00	S/ 300.00
	Materiales	Glb	1	S/ 100.00	S/ 100.00
	Equipos	Glb	1	S/ 300.00	S/ 300.00

Nota. El trabajo de replanteo con equipos GNSS es más costoso que los equipos con estación total, considerando el alquiler por día para ambos equipos.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se realizará el análisis, comparación e interpretación de los resultados obtenidos del procesamiento de datos obtenidos en el levantamiento y replanteo topográfico con estación total y los receptores GNSS comparados con los Puntos Fijos de Control Horizontal (PFCH) que tienen características y precisión de puntos geodésicos de orden “C”, de tal manera que estos datos nos van a servir de patrón para la comparación y evaluación.

4.1. Análisis de la variable precisión del levantamiento y replanteo topográfico

Se analizó la precisión obtenida del levantamiento topográfico con Estación Total con respecto al levantamiento topográfico con los receptores GNSS, teniendo como patrón de comparación a los datos de los Puntos Fijos de Control Horizontal que tienen características de precisión de puntos Geodésicos de orden “C”.

La variable precisión mide los errores obtenidos al realizar el levantamiento y replanteo topográfico en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Cajamarca, utilizando Estación Total y receptores GNSS considerando determinar la precisión a partir del error medio cuadrático.

4.1.1. Precisión en levantamientos topográficos

Se evaluaron las coordenadas Este Norte y Elevación procedentes de la toma de datos de la estación y los receptores GNSS Diferencial para su posterior análisis estadístico con la Prueba T de Student para la contrastación de la hipótesis.

Tabla 22*Errores absolutos del levantamiento con ET. respecto a los PFCH*

PUNTOS FIJOS DE CONTROL HORIZONTAL (PFCH)	Cuadro de coordenadas UTM WGS84 – Zona 17 S								
	VALOR PATRÓN (PFCH)			VALOR MEDIDO (Estación Total)			ERRORES ABSOLUTOS		
	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)
2005002	776405.691	9207162.383	2679.532	776405.691	9207162.383	2679.532	0.000	0.000	0.000
GNSS-01	776713.212	9207171.610	2673.816	776713.206	9207171.610	2673.783	-0.006	0.000	-0.033
GNSS-02	776725.543	9207053.794	2675.427	776725.533	9207053.789	2675.397	-0.010	-0.005	-0.030
GNSS-03	776832.449	9206930.645	2674.662	776832.433	9206930.640	2674.628	-0.016	-0.005	-0.034
GNSS-04	776614.393	9206744.853	2679.84	776614.401	9206744.879	2679.823	0.008	0.026	-0.017
GNSS-05	776530.595	9206844.164	2679.42	776530.592	9206844.172	2679.419	-0.003	0.008	-0.001
GNSS-06	776420.552	9206756.532	2682.674	776420.559	9206756.547	2682.695	0.007	0.015	0.021
GNSS-07	776352.797	9206844.862	2682.464	776352.807	9206844.866	2682.480	0.010	0.004	0.016
						Error probable (EP)	0.006	0.008	0.015
						Error medio aritmético (EMA)	0.007	0.008	0.019
						Error medio cuadrático (EMC)	0.009	0.011	0.023

Nota. Se calcula el error medio cuadrático, de esa forma los errores mayores adquieren mayor relevancia y son los que más influyen en la topografía.

Tabla 23

Errores absolutos del levantamiento con GNSS respecto a los PFCH

PUNTOS FIJOS DE CONTROL HORIZONTAL	Cuadro de coordenadas UTM WGS84 – Zona 17 S								
	VALOR PATRÓN (PFCH)			VALOR MEDIDO (Receptores GNSS)			ERRORES ABSOLUTOS		
	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)
2005002	776405.691	9207162.383	2679.532	776405.691	9207162.383	2679.532	0.000	0.000	0.000
GNSS-01	776713.212	9207171.610	2673.816	776713.174	9207171.605	2673.821	-0.038	-0.005	0.005
GNSS-02	776725.543	9207053.794	2675.427	776725.498	9207053.798	2675.425	-0.045	0.004	-0.002
GNSS-03	776832.449	9206930.645	2674.662	776832.407	9206930.672	2674.637	-0.042	0.027	-0.025
GNSS-04	776614.393	9206744.853	2679.84	776614.363	9206744.892	2679.810	-0.030	0.039	-0.030
GNSS-05	776530.595	9206844.164	2679.42	776530.574	9206844.192	2679.412	-0.021	0.028	-0.008
GNSS-06	776420.552	9206756.532	2682.674	776420.556	9206756.576	2682.678	0.004	0.044	0.004
GNSS-07	776352.797	9206844.862	2682.464	776352.804	9206844.903	2682.461	0.007	0.041	-0.003
						Error probable (EP)	0.019	0.020	0.010
						Error medio aritmético (EMA)	0.023	0.024	0.010
						Error medio cuadrático (EMC)	0.029	0.029	0.014

Nota. Se calcula el error medio cuadrático, de esa forma los errores mayores adquieren mayor relevancia y son los que más influyen en la topografía.

4.1.2. Precisión en replanteos topográficos

Se evaluaron las coordenadas Este Norte y Elevación procedentes de la toma de datos de la estación y se realizó el posterior análisis estadístico con la Prueba T de Student para la contratación de la hipótesis.

Tabla 24*Errores absolutos del replanteo topográfico con estación total*

PUNTOS DE MUESTREO	Cuadro de coordenadas UTM - WGS84 - ZONA 17S									
	VALOR REAL			VALOR MEDIDO (Estación Total)			ERRORES ABSOLUTOS			
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	
PM1	776390.110	9207159.430	2679.700	776390.105	9207159.431	2679.675	-0.005	0.001	-0.025	
PM2	776388.407	9207096.550	2680.007	776388.396	9207096.558	2680.027	-0.011	0.008	0.020	
PM3	776337.584	9206844.761	2683.360	776337.579	9206844.761	2683.350	-0.005	0.000	-0.010	
PM4	776385.120	9206792.430	2682.990	776385.113	9206792.438	2682.968	-0.007	0.008	-0.022	
PM5	776437.319	9206766.844	2682.246	776437.307	9206766.844	2682.229	-0.012	0.000	-0.017	
PM6	776423.450	9206747.950	2682.660	776423.437	9206747.958	2682.641	-0.013	0.008	-0.019	
PM7	776514.010	9206851.570	2680.070	776514.005	9206851.578	2680.044	-0.005	0.008	-0.026	
PM8	776572.520	9206880.632	2678.440	776572.514	9206880.639	2678.429	-0.006	0.007	-0.011	
PM9	776626.914	9206758.525	2679.431	776626.911	9206758.528	2679.412	-0.003	0.003	-0.019	
PM10	776642.560	9206710.940	2679.650	776642.556	9206710.949	2679.643	-0.004	0.009	-0.007	
PM11	776791.630	9206896.050	2675.430	776791.626	9206896.055	2675.409	-0.004	0.005	-0.021	
PM12	776853.690	9206899.860	2674.480	776853.688	9206899.860	2674.459	-0.002	0.000	-0.021	
PM13	776714.780	9207034.330	2675.720	776714.778	9207034.336	2675.699	-0.002	0.006	-0.021	
PM14	776713.430	9207089.520	2674.850	776713.425	9207089.521	2674.883	-0.005	0.001	0.033	
PM15	776635.940	9207166.720	2675.380	776635.932	9207166.720	2675.358	-0.008	0.000	-0.022	
PM16	776723.800	9207175.060	2673.860	776723.806	9207175.060	2673.879	0.006	0.000	0.019	
							0.005	0.004	0.014	
							0.006	0.004	0.020	
							0.007	0.005	0.020	

Nota. Se calcula el error medio cuadrático, de esa forma los errores mayores adquieren mayor relevancia y son los que más influyen en la topografía.

Tabla 25*Errores absolutos del replanteo topográfico con receptores GNSS*

PUNTOS DE MUESTREO	Cuadro de coordenadas UTM - WGS84 - ZONA 17S								
	VALOR REAL			VALOR MEDIDO (Receptores GNSS)			ERRORES ABSOLUTOS		
	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m)
PM1	776390.110	9207159.430	2679.700	776390.109	9207159.438	2679.666	-0.001	0.008	-0.034
PM2	776388.407	9207096.550	2680.007	776388.396	9207096.554	2679.987	-0.011	0.004	-0.020
PM3	776337.584	9206844.761	2683.360	776337.578	9206844.765	2683.351	-0.006	0.004	-0.009
PM4	776385.120	9206792.430	2682.990	776385.107	9206792.436	2682.978	-0.013	0.006	-0.012
PM5	776437.319	9206766.844	2682.246	776437.312	9206766.85	2682.225	-0.007	0.006	-0.021
PM6	776423.450	9206747.950	2682.660	776423.439	9206747.958	2682.645	-0.011	0.008	-0.015
PM7	776514.010	9206851.570	2680.070	776514.001	9206851.574	2680.038	-0.009	0.004	-0.032
PM8	776572.520	9206880.632	2678.440	776572.512	9206880.642	2678.447	-0.008	0.010	0.007
PM9	776626.914	9206758.525	2679.431	776626.907	9206758.532	2679.433	-0.007	0.007	0.002
PM10	776642.560	9206710.940	2679.650	776642.554	9206710.951	2679.655	-0.006	0.011	0.005
PM11	776791.630	9206896.050	2675.430	776791.624	9206896.059	2675.400	-0.006	0.009	-0.030
PM12	776853.690	9206899.860	2674.480	776853.684	9206899.869	2674.44	-0.006	0.009	-0.040
PM13	776714.780	9207034.330	2675.720	776714.774	9207034.341	2675.691	-0.006	0.011	-0.029
PM14	776713.430	9207089.520	2674.850	776713.422	9207089.526	2674.827	-0.008	0.006	-0.023
PM15	776635.940	9207166.720	2675.380	776635.93	9207166.714	2675.348	-0.010	-0.006	-0.032
PM16	776723.800	9207175.060	2673.860	776723.784	9207175.071	2673.807	-0.016	0.011	-0.033
									Error probable (EP)
									0.006 0.005 0.018
									Error medio aritmético (EMA)
									0.008 0.008 0.023
									Error medio cuadrático (EMC)
									0.009 0.008 0.027

Nota. Se calcula el error medio cuadrático, de esa forma los errores mayores adquieren mayor relevancia y son los que más influyen en la topografía.

4.2. Análisis de la variable eficiencia del levantamiento y replanteo topográfico

La variable eficiencia se analizó en términos de tiempo y costos de los procesos para el levantamiento y replanteo topográfico con cada uno de las metodologías.

4.2.1. Eficiencia en los levantamientos topográficos

De la Tabla N°17: Cronograma de campo y gabinete en elaboración de la poligonal cerrada y de la Tabla N°18: Costos en la elaboración de la poligonal cerrada, se ha realizado la siguiente tabla resumen:

Tabla 26

Análisis de la variable eficiencia en el levantamiento topográfico

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO		
INSTRUMENTO	TIEMPO	COSTO
ESTACIÓN TOTAL	6 días	S/ 4,250.00
GNSS DIFERENCIAL	5 días	S/ 3,700.00

Nota. El costo es nuevos soles (s./) y el tiempo en días con 4 horas laborables.

El tiempo con la metodología GNSS es un día menos que con la estación total, y el costo es menor 550 soles, por ende, la metodología con GNSS Diferencial es más eficiente.

4.2.2. Eficiencia en los replanteos topográficos

De la Tabla N°19: Tiempos en replanteos con estación total y GNSS y de la Tabla N°20: Costos en replanteo con Estación Total y GNSS, se ha realizado la siguiente tabla resumen:

Tabla 27

Análisis de la variable eficiencia en el replanteo topográfico

REPLANTEO TOPOGRÁFICO		
INSTRUMENTO	TIEMPO	COSTO
ESTACIÓN TOTAL	1 día	S/ 550.00
GNSS DIFERENCIAL	0.5 día	S/ 700.00

Nota. El costo es nuevos soles (s./) y el tiempo en días con 4 horas laborables.

El tiempo con la metodología GNSS es 0.5 días menos que con la estación total, y el costo es mayor, por ende, la metodología con GNSS Diferencial es más eficiente.

4.3. Contrastación de hipótesis

Según los resultados obtenidos se demuestra parcialmente la hipótesis general:

El análisis estadístico descriptivo realizado es cualitativo de forma porcentual y el tratamiento estadístico inferencial será cuantitativo mediante la **Prueba “t” Student** propuesta por William Sealy Gosset en 1908, la cual se aplicará independientemente a las lecturas de Este, Norte y Elevación.

Prueba “t” Student

Planteamiento de hipótesis:

Hipótesis Nula (H_0), $H_0: u_1 = u_2 \rightarrow$ No existe diferencias significativas entre las muestras.

Hipótesis Alternativa (H_1), $H_1: u_1 \neq u_2 \rightarrow$ Existe diferencias significativas entre las muestras.

Fórmulas:

$$t = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_c^2}{n_1} + \frac{s_c^2}{n_2}}}$$

$$s_c^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2}$$

Donde:

t : Estadístico calculado

$\bar{x}_1; \bar{x}_2$: Medias muestrales

s_c^2 : Varianza común

Que sigue una distribución “t” con g. lib. = n_1+n_2-2 , grados de libertad

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) si $t > t$ crítico,

$$t_c = \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) (n_1 + n_2 - 2)$$

Nivel de significancia $\alpha = 5\%$

El resumen del análisis estadístico se muestra a continuación:

Tabla 28

Prueba T student para las variaciones en el levantamiento topográfico

Prueba t de Student	VARIACIÓN ESTE		VARIACIÓN NORTE		VARIACIÓN ELEVACIÓN	
	Estación Total	GNSS	Estación Total	GNSS	Estación Total	GNSS
Media	-0.00375	-0.020675	0.005375	0.02225	-0.00975	-0.00738
Varianza	0.000185929	0.0004647	0.000114268	0.00039021	0.000481643	0.000173
Observaciones	8	8	8	8	8	8
Varianza agrupada	0.00032533		0.000252241		0.000327098	
Grados de libertad	14		14		14	
Estadístico t	1.876708644		-2.125033974		-0.26263616	
P($T \leq t$)	0.081557493		0.051869995		0.79665638	
Valor crítico t	2.144786688		2.144786688		2.144786688	

Nota. El valor estadístico T es menor que el valor crítico T por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

Como se puede apreciar las muestras son similares y cumplen con la Hipótesis Nula (H_0), $H_0: u_1 = u_2 \rightarrow$ No existe diferencias significativas entre las muestras donde $t = 1.876708$ para la variación en el Este; $t = -2.12503397$ para la variación en el Norte y $t = -0.26262616$ para la elevación, las cuales se encuentran dentro de la zona de aceptación ($t_c = 2.144786688$).

Tabla 29

Prueba T Student para las variaciones en el replanteo topográfico

Prueba t de Student	VARIACIÓN ESTE		VARIACIÓN NORTE		VARIACIÓN ELEVACIÓN	
	Estación Total	GNSS	Estación Total	GNSS	Estación Total	GNSS
Media	-0.005375	-0.008187	0.00400	0.00675	-0.010562	-0.021000
Varianza	0.000020	0.0000121	0.00001346	0.0000176	0.0003291	0.0002797
Observaciones	16	16	16	16	16	16
Varianza agrupada	0.0000162729		0.0000155667		0.000304465	
Grados de libertad	30		30		30	
Estadístico t	1.971990532		-1.971423239		1.691893771	
P(T<=t)	0.057892283		0.057960183		0.101029725	
Valor crítico t	2.042272456		2.042272456		2.042272456	

Nota. El valor estadístico T es menor que el valor crítico T por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

Como se puede apreciar las muestras son similares y cumplen con la Hipótesis Nula (H_0), $H_0: u_1 = u_2 \rightarrow$ No existe diferencias significativas entre las muestras donde $t = 1.971990532$ para la variación en el Este; $t = -1.971423239$ para la variación en el Norte y $t = 1.691893771$ para la elevación, las cuales se encuentran dentro de la zona de aceptación ($t_c = 2.042272456$).

4.3.1. Precisión

Para el análisis de la variable precisión se realizó en comparación con tercero que son las coordenadas del Puntos geodésico de orden “C” y los Puntos Fijos de Control Horizontal que sirven de patrón para realizar esta evaluación, a continuación, se muestran los errores absolutos tanto de la estación total como de los receptores GNSS en comparación con las coordenadas de los PFCH.

Tabla 30*Resumen de errores absolutos de la ET. vs los GNSS*

PUNTOS FIJOS DE CONTROL HORIZONTAL	Estación Total			Receptores GNSS		
	Error ESTE	Error Norte	Error Elevación	Error ESTE	Error Norte	Error Elevación
	(Metro)	(Metro)	(Metro)	(Metro)	(Metro)	(Metro)
2005002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
GNSS-01	-0.006	0.000	-0.033	-0.038	-0.005	0.005
GNSS-02	-0.010	-0.005	-0.030	-0.045	0.004	-0.002
GNSS-03	-0.016	-0.005	-0.034	-0.042	0.027	-0.025
GNSS-04	0.008	0.026	-0.017	-0.030	0.039	-0.030
GNSS-05	-0.003	0.008	-0.001	-0.021	0.028	-0.008
GNSS-06	0.007	0.015	0.021	0.004	0.044	0.004
GNSS-07	0.010	0.004	0.016	0.007	0.041	-0.003
Error medio cuadrático (EMC)	0.009	0.011	0.023	0.029	0.029	0.014

Nota. Los errores absolutos mostrados corresponden al levantamiento topográfico.**Tabla 31***Resumen de errores absolutos de la ET. vs los GNSS*

PUNTOS DE MUESTREO	Estación Total			Receptores GNSS		
	Error ESTE	Error Norte	Error Elevación	Error ESTE	Error Norte	Error Elevación
	(Metro)	(Metro)	(Metro)	(Metro)	(Metro)	(Metro)
PM1	-0.005	0.001	-0.025	-0.001	0.008	-0.034
PM2	-0.011	0.008	0.020	-0.011	0.004	-0.020
PM3	-0.005	0.000	-0.010	-0.006	0.004	-0.009
PM4	-0.007	0.008	-0.022	-0.013	0.006	-0.012
PM5	-0.012	0.000	-0.017	-0.007	0.006	-0.021
PM6	-0.013	0.008	-0.019	-0.011	0.008	-0.015
PM7	-0.005	0.008	-0.026	-0.009	0.004	-0.032
PM8	-0.006	0.007	-0.011	-0.008	0.010	0.007
PM9	-0.003	0.003	-0.019	-0.007	0.007	0.002
PM10	-0.004	0.009	-0.007	-0.006	0.011	0.005
PM11	-0.004	0.005	-0.021	-0.006	0.009	-0.030
PM12	-0.002	0.000	-0.021	-0.006	0.009	-0.040
PM13	-0.002	0.006	-0.021	-0.006	0.011	-0.029
PM14	-0.005	0.001	0.033	-0.008	0.006	-0.023
PM15	-0.008	0.000	-0.022	-0.010	-0.006	-0.032
PM16	0.006	0.000	0.019	-0.016	0.011	-0.053
Error medio cuadrático (EMC)	0.007	0.005	0.020	0.009	0.008	0.027

Nota. Los errores absolutos mostrados corresponden al replanteo topográfico.

Posterior al análisis estadístico, análisis comparativo podemos decir que la precisión en los levantamientos topográficos con estación total en la coordenada (Este) son más precisos con Estación total con un error medio cuadrático de 0.009 metros mientras que el levantamiento topográfico con GNSS Diferencial es de 0.029 metros, caso similar ocurre en la coordenadas norte con un error medio cuadrático de 0.011 de la Estación Total en comparación con 0.029 de los GNSS Diferencial, para las coordenadas elevación en este estudio se vio que con mejores resultados a los equipos GNSS Diferencial con un error medio cuadrático de 0.014 metros en comparación a error medio cuadrático de la estación total 0.023 metros.

Posterior al análisis estadístico, análisis comparativo podemos decir que la precisión en los replanteos topográficos con estación total en la coordenada (Este) son más precisos con Estación total con un error medio cuadrático de 0.007 metros mientras que el replanteo topográfico con GNSS Diferencial es de 0.009 metros, caso similar ocurre en la coordenadas norte con un error medio cuadrático de 0.005 de la Estación Total en comparación con 0.008 de los GNSS Diferencial, caso similar ocurres en los errores en la elevación teniendo con un error medio cuadrático de 0.020 metros de la estación total a comparación de 0.027 de los GNSS Diferencial, cabe destacar que para el replanteo topográfico se utilizó las coordenadas de los Puntos Fijos de Control Horizontal.

4.3.2. Eficiencia

Para la variable eficiencia se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo con respecto a tiempo de ejecución de los procesos y los costos que implico en cada metodología.

Figura 39

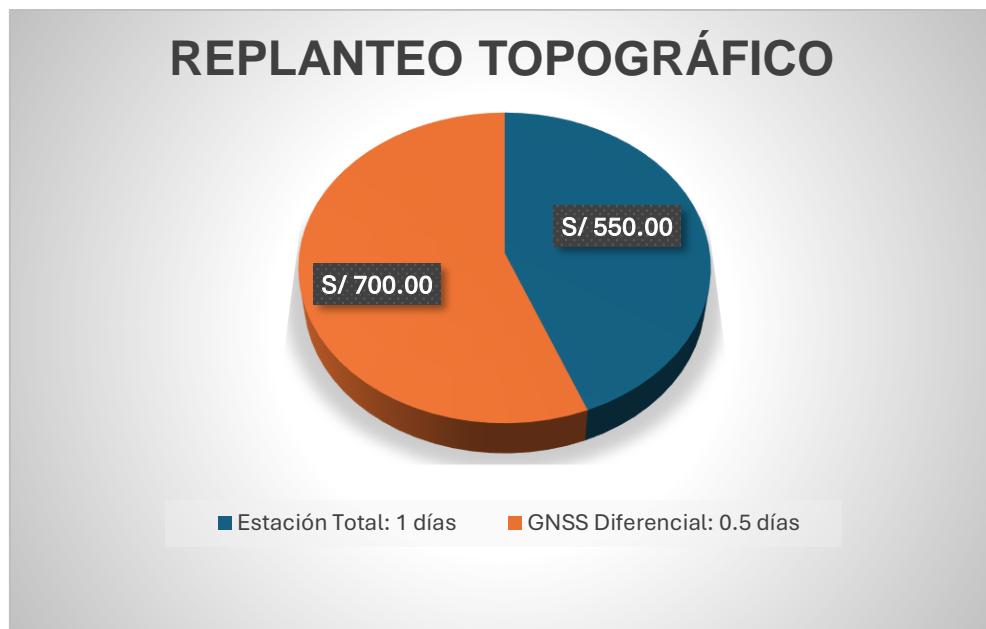
Gráfico N°01. *Eficiencia en los levantamientos topográficos*



Nota. Evaluación de la variable eficiencia en los levantamientos topográficos.

Figura 40

Gráfico N°02. *Eficiencia en los replanteos topográficos*



Nota. Evaluación de la variable eficiencia en los replanteos topográficos.

De los gráficos mostrados podemos observar que en el levantamiento topográfico con estación total el costo es un 15% mayor y se ocupa un 20% más de tiempo comparado con el levantamiento topográfico con los equipos GNSS por ende los levantamientos topográficos con los receptores GNSS son más eficientes, por otro lado, en el caso del replanteo topográfico podemos observar que el costo del uso de los receptores GNSS es 27% mayor y un 50% más rápido comparado con el replanteo topográfico con Estación Total; por ende, los replanteos topográficos con los receptores GNSS son más eficientes.

Con este análisis de precisión y eficiencia de las tablas 30 y 31 y los gráficos N°01 y N°02, podemos concluir que la estación total es más precisa en las coordenadas Este Norte y Elevación, pero menos eficiente en términos de costos y tiempos en los levantamientos y replanteos topográficos, validando así parcialmente nuestra hipótesis general: *“El levantamiento y replanteo topográfico realizado con estación total presenta mayor precisión y eficiencia en comparación con el realizado mediante receptores GNSS diferencial en la Ciudad Universitaria de Cajamarca”*.

Los resultados obtenidos muestran que la Estación Total alcanzó mayor precisión pero menos eficiencia en levantamientos y replanteos respecto al GNSS Diferencial, lo que concuerda con los hallazgos de (Quispe Ccarhuas, 2023) en su investigación **“Análisis comparativo de coordenadas topográfica obtenidas con dos metodologías : Equipos GNSS y estación total para el proyecto Vía Express a Cusco 2023”** donde concluyó que no existe diferencias significativas entre las coordenadas obtenidas, pero estos últimos son más eficientes en términos de tiempos y recursos, así como también contrastan con la investigación realizada por (Llanque Mamani, 2022) en su investigación **“Análisis comparativo entre los puntos de fotocontrol de un GPS diferencial modo RTK y una estación total en un levantamiento catastral rural con un Drone Quadcoptero”** donde concluye que con ambas metodologías obtiene buenos resultados en la colocación de puntos de fotocontrol, pero si se necesita eficiencia se debe optar por los receptores GNSS para los levantamientos catastrales rurales.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Respecto a la investigación realizada, luego de evaluar la precisión del levantamiento y replanteo topográfico utilizando Estación Total y los receptores GNSS Diferencial; se concluyó que la Estación Total es más precisa que los receptores GNSS diferencial para realizar el levantamiento y replanteo topográfico de la Ciudad Universitaria de Cajamarca.

Tabla 32

Precisión: Estación Total vs GNSS Diferencial

Error medió cuadrático (EMC)						
Coordenada (m)	Estación Total			Receptores GNSS		
	Este	Norte	Elevación	Este	Norte	Elevación
Levantamiento Topográfico	0.009	0.011	0.023	0.029	0.029	0.014
Replanteo Topográfico	0.007	0.005	0.020	0.009	0.008	0.027

- Se concluye con respecto a la eficiencia del levantamiento y replanteo topográfico que el levantamiento con estación total el costo es un 15% mayor y se ocupa un 20% más de tiempo comparado con el levantamiento con los equipos GNSS; por otro lado, en el caso del replanteo topográfico se concluye que el costo del uso de los receptores GNSS es 27% mayor y un 50% más rápido comparado con el replanteo topográfico con Estación Total; por ende, los levantamientos y replanteos topográficos con los receptores GNSS son más eficientes.
- Se concluye que, con respecto al objetivo de identificar ventajas y limitaciones, se concluye que la estación total constituye la mejor alternativa en trabajos que requieren alta precisión y control detallado, mientras que los receptores GNSS diferencial ofrecen ventajas significativas en proyectos donde se privilegia la rapidez, cobertura de áreas extensas y eficiencia operativa en condiciones óptimas como son áreas despejadas con y cobertura vegetal baja y/o edificaciones cercanas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Hacer un correcto reconocimiento del área estudio para optar por la mejor tecnología para el uso conociendo las limitaciones de cada tecnología.
- Utilizar correctamente los factores de escala, así como tener en claro con qué tipo de coordenadas se está trabajando, ya sea coordenadas topográficas o coordenadas geodésicos o UTM, depende del sistema utilizar correctamente los factores de escala, así como la calibración de sitio si se va a realizar replanteos topográficos.
- Es recomendable utilizar factores de escala, cuando las distancias de la base son superiores entre 150 metros a más donde se empiezan a notar las diferencias con el uso de estación total, así como si se trabaja con estación total usar factor de escala para convertir las distancias a geodésicas o viceversa.
- Las distancias para la elaboración de la poligonal son muy importantes, dependiendo de la precisión del equipo a utilizar, así como en el ajuste de poligonal elegir ajuste por mínimos cuadrados donde se realiza mejor ajuste ya que se tiene varias repeticiones de mediciones y se obtiene mejores resultados ya que a partir de esta se realizará todos los levantamientos y/o replanteos.
- Para el uso de los receptores GNSS, tener en cuenta la cobertura vegetal, edificaciones, evitar las reflectancias de señal y tratar de realizar los trabajos a cielos despejado para obtener mejor señal de los satélites por ende tener mejores resultados en el levantamiento y/o replanteo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Philippe Giguère, M. V., & François Pomerleau, V. K. (2021). *Accurate outdoor ground truth based on total stations*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.14396>
- Aduviri, M. (2023). *Influencia del factor escala en estación total georeferenciado en el tramo km. 3+000 añ 8+000 de la carretera Puno-Tiquillaca del distrito de Puno-Puno. Juliaca*. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/861>
- Agüero Corzo, E. D., & Montilla Pacheco, A. D. (2022). Medición de puntos GPS por el método estático con equipo diferencial. Una experiencia didáctica en el Instituto Pedagógico de Maturín. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/8655>
- Alfonte Chura, H. J., & Jalari Luna, E. G. (2022). *Comparación de métodos de ajuste en la poligonal abierta utilizando métodos convencionales y receptores GNSS en la carretera Huancuni C.P. San Isidro Ilave. Puno*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19263>
- Anderson, J. M., & Mikhail, E. M. (1998). *Surveying: Theory and practice*. https://ia801504.us.archive.org/2/items/theorypracticeof00john_0/theorypracticeof00john_0.pdf
- Andrew Dowd, P., Cheng, Q., McKinley, J., & Agterberg, F. (2021). *Accuracy and Precision*. Suiza: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85040-1_432
- Baque Solis, J. E., Cuadrado Torres, L. M., & Palacios Paredes, B. G. (2022). *Ánálisis comparativo topográfico sobre levantamientos altimétricos con RTK GNSS, Estación Total y Drone en Manta. Ecuador*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9227632.pdf>
- Davis, B. E., & Foote, F. S. (2014). *Surveying: Theory and Practice*. McGraw-Hill Education. Nueva York.

Ferreccio Osorio, N. (2016). *Análisis de la técnica RTK*.

<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/30728?utm>

Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2012). *Elementary Surveying : An introduction to geomatics*.

<https://my.civil.utah.edu/~bartlett/CVEEN%202410/texts/Elementary%20Surveying%20-%20Introduction%20to%20Geomatics%20-%2013th%20Edition.pdf>

Guevara Díaz, M. R. (2022). *Comparación de precisión de levantamiento topográfico con la estación total y el drone en el tramo de la carretera caserío Los Quispes al C.P. La Granja, distrito de Querocoto, provincia de Chota, Cajamarca*. Chota.

<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4546>

Instituto Geográfico Nacional. (2024). *Posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global*.

<https://www.gob.pe/institucion/ign/informes-publicaciones/6419766-norma-tecnica-geodesica-posicionamiento-geodesico-estatico-relativo-con-receptores-del-sistema-satelital-de-navegacion-global-v1-1>

Julca Alejo, L. C., & Pilco Huallpa, P. J. (2021). *Evaluación de precisión, costo y tiempo en un levantamiento topográfico con estación total y drone de ala rotatoria en un proyecto de servicios ecosistémicos en los humedales de Ventanilla, provincia constitucional del Callao*. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/14003>

Khudhur Hussein, S., & Yaseen Abdulla, K. (2021). *Surveying with GNSS and Total Station: A Comparative Study*. <https://doi.org/10.23918/eajse.v7i1p59>

Llanque Mamani, E. D. (2022). *Ánálisis comparativo entre los puntos de fotocontrol de un GPS diferencial modo RTK y una estación total en un levantamiento catastral rural con un Drone Quadcoptero*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19816>

Manrique Moreno, J. J. (2024). *Análisis correlacional en la influencia de precisión y tiempo entre la estación total y GPS diferencial, en levantamientos de áreas de gran extensión.* <https://hdl.handle.net/11537/37273>

Mendoza Dueñas, J. L. (2022). *Topografía y Geodesia.*

<https://isbn.cloud/9786120041109/topografia-y-geodesia/>

Mendoza, T. (2022). *Topografía y Geodesia. Maraucano E.I.R.L.*

<https://ingnovando.com/nuevo/wp-content/uploads/2025/03/MUESTRA-LIBRO-DE-TOPOGRAFIA.pdf>

Mikhail, E. M., & Gracie, G. (1981). *Analysis and adjustment of survey measurements.*

Ojeda, F. (2023). *Estudio comparativo entre la topografía clásica con estación total y la fotogrametría digital mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT) en minería a cielo abierto.* <https://repositorio.udec.cl/handle/11594/11127>

Panti Mamani, J. W., & Forocca Zapana, H. C. (2024). *Precisión del GPS diferencial en modo RTK y cinemático comprobado con estación total para determinar áreas, perímetro de predios urbanos barrio Las Lomas – Ilave – Puno.*

<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/22235>

Quispe Ccarhuas, Y. R. (2023). *Ánálisis comparativo de coordenadas topográficas obtenidos con dos metodologías: Equipos GNSS y Estación Total para el proyecto vía expresa Cusco 2023.* <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/9022>

Roblero Et, A. (2020). *Evaluación de la confiabilidad de tres métodos topográficos para generar modelos digitales de elevación (MED).* Texcoco, México.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222020000200159&script=sci_abstract

Rubio Briceño, E. J. (2025). *Comparación de la precisión de un levantamiento topográfico utilizando Drone Phantom 4 pro y estación total Leica TS06 plus 5" en la Microrepresa*

Sendamal, distrito de Huazmin provincia de Celendín- Cajamarca. Cajamarca.

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7793>

Sarmiento Janampa, F. C., Valerio Cordova, D. I., Rudas Yupanqui, R., Macetas Fernández,

J., Valdivia Martinez, B. A., & Aguilar Zevallos, J. L. (2023). *Evaluación del rendimiento*

de equipos de estación total más frecuentados en la Provincia de Satipo en el Perú.

Satipo. <https://doi.org/10.53673/data.v3i5.173>

Urteaga Montoya, J. A. (2021). *Evaluación de técnica económica del levantamiento*

topográfico con estación total, gps diferencial y dron, para el análisis geométrico de la

carretera Baños del Inca-Otuzco, Cajamarca 2020". Cajamarca.

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30529>

Vizcarra Quispe, H., & Vizcarra Quispe, A. (2019). *Comparación del control topográfico,*

replanteo en la construcción, presa Relaves con Estación Total y GPS diferencial en

tiempo real (RTK), minera las Bambas - Apurímac. Apurímac.

<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/10761>

ANEXOS

6.1. Anexo 01: Certificado de punto geodésico IGN "2005002"



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL SUBDIRECCIÓN DE CERTIFICACIONES

CERTIFICADO DE PUNTO GEODÉSICO

El Instituto Geográfico Nacional ha evaluado el expediente técnico del punto geodésico y procede a certificar el procedimiento realizado para la determinación de las coordenadas, de acuerdo a las siguientes características y normativas vigentes:

CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO		2005002	
COORDENADAS WGS-84			
UTM		GEODÉSICAS	
NORTE	9207162.383 m	LATITUD	07°09'57.09794" S
ESTE	776405.691 m	LONGITUD	78°29'50.51094" O
ZONA	17 Sur	ALT. ELIPSOIDAL	2700.206 m
Datos Generales:			
<ul style="list-style-type: none"> - ORDEN: "C" - ESTACIÓN GNSS BASE: CAJAMARCA (CJ01) - 2025 - FECHA DE POSICIONAMIENTO: 18/03/2025 - NÚM. CORRELATIVO AF-2025: 2821 			
NORMAS DE REFERENCIA:			
NORMA TÉCNICA GEODÉSICA "POSICIONAMIENTO GEODÉSICO ESTÁTICO RELATIVO CON RECEPTORES DEL SISTEMA SATELITAL DE NAVEGACIÓN GLOBAL" v.1.1, DICIEMBRE 2024			
RESOLUCIÓN JEFATURAL N°012- 2025/IGN/GG/ORRHH, 17 de ENERO 2025.			

Firmado: Lima, 01 de abril de 2025



00000000016908




SILVA CELESTINO Clari Luz
TTE EP
Subdirectora de Certificaciones

EVALUADO POR: S03 EP CONDORI VERA LEYDI NAYELI

COMPETENCIA

La certificación del punto geodésico y el resultado obtenido, no certifica ni define límites de propiedad o posesión, tampoco jurisdiccional, política y administrativa.

Los resultados de la evaluación son eminentemente de gabinete, no se han realizado trabajos de campo.

El empleo del certificado del punto geodésico es de entera responsabilidad del solicitante.

6.2. Anexo 03: Ficha monográfica de la ERP utilizada CJ01 – Cajamarca.


Firmado digitalmente por:
VERA VENDI CELIS Ronnie
FIR 46298903 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 21/02/2025 21:29:27-0500


INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOESPECIAL
SUB DIRECCIÓN DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO


DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA DE LA ERP

0. DATOS GENERALES:

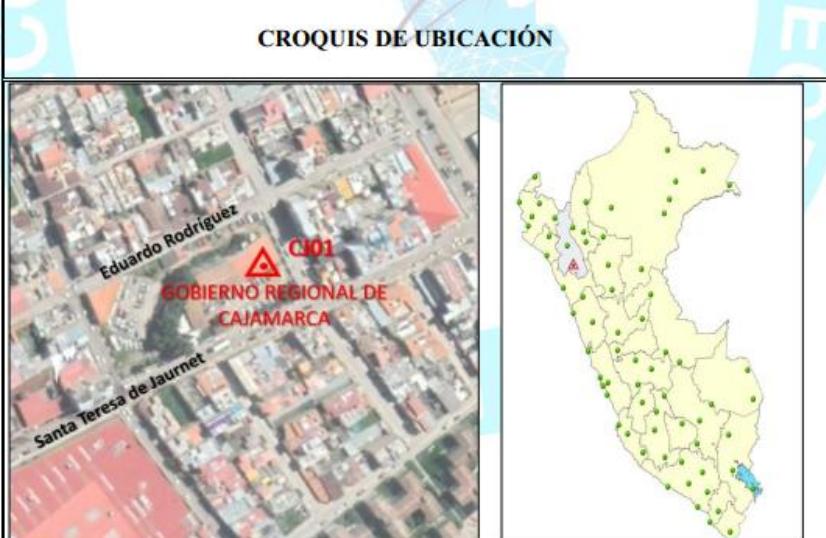
Preparado por: Sub Dirección de Procesamiento Geodésico
Realizado: 21 de febrero de 2025
Versión: 3.2.0

1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN DE RASTREO PERMANENTE GNSS:

Nombre: Cajamarca
Código Nacional: CJ01
Código Internacional: 42214M001
Inscripción: Placa de bronce
Fecha de monumentación: 11 de diciembre de 2009

2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:

Departamento: Cajamarca
Provincia: Cajamarca
Distrito: Cajamarca
Ubicación de la estación: Gobierno Regional de Cajamarca


CROQUIS DE UBICACIÓN
Mapa satelital y mapa de Perú mostrando la ubicación de la estación CJ01 en Cajamarca.

FECHA: 20/03/2025 14:53 / COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: R001-047606 CJ01 1 | 4



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOESPECIAL
SUB DIRECCIÓN DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:

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

3.1. GEODÉSICAS:

Latitud (S)	Longitud (O)
07°08'48.69964"	78°30'33.75133"
Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado
2731.0615	1.000535976201

3.2. CARTESIANAS

X (m)	Y (m)	Z (m)
1261306.7155	-6204717.2429	-788591.9033

3.3. UTM

Este (m)	Norte (m)
775089.6757	9209271.8866
Zona: 17 Sur	

4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

4.1. RECEPTOR:

Modelo:	NET R8 TRIMBLE
Nº de serie:	4906K34427
Versión del firmware:	4.41
Fecha de instalación:	11 de diciembre de 2009
Ubicación del receptor:	El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco humo empotrada a la pared, ubicada en el interior de la Subgerencia de Acondicionamiento Territorial de la mencionada institución.

4.2. ANTENA:

Modelo:	Zephyr Geodetic Model 2 Trimble
Nº de serie:	1440925457
Cubierta protectora:	Con domo
Medición de la antena:	Base de soporte de la antena
Altura de la antena:	0.0750 m
Fecha de instalación:	11 de diciembre de 2009
Ubicación de la antena:	La antena está instalada sobre un monumento de concreto de 3.50 m de alto y 30 cm x 30 cm de ancho de color blanco, ubicada en el techo de la mencionada institución.

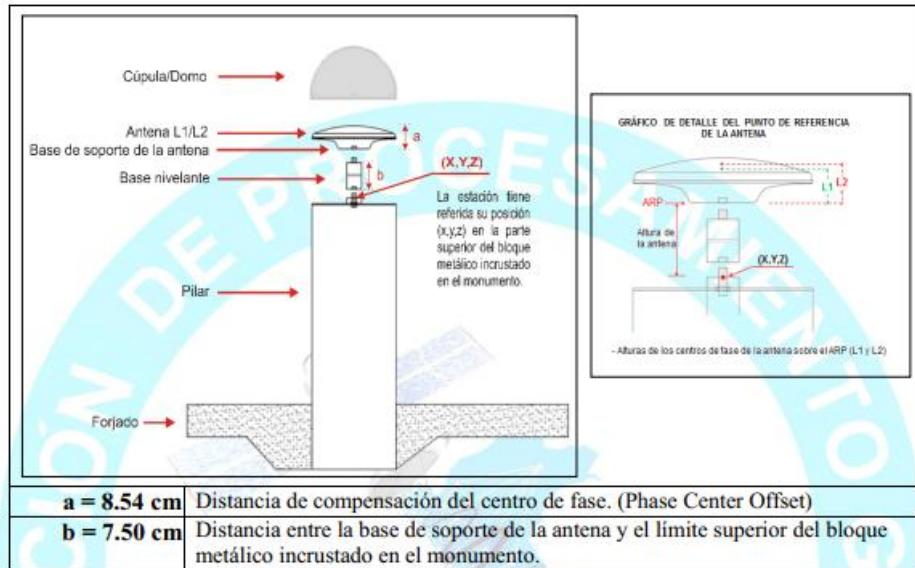


INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL
SUB DIRECCIÓN DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO

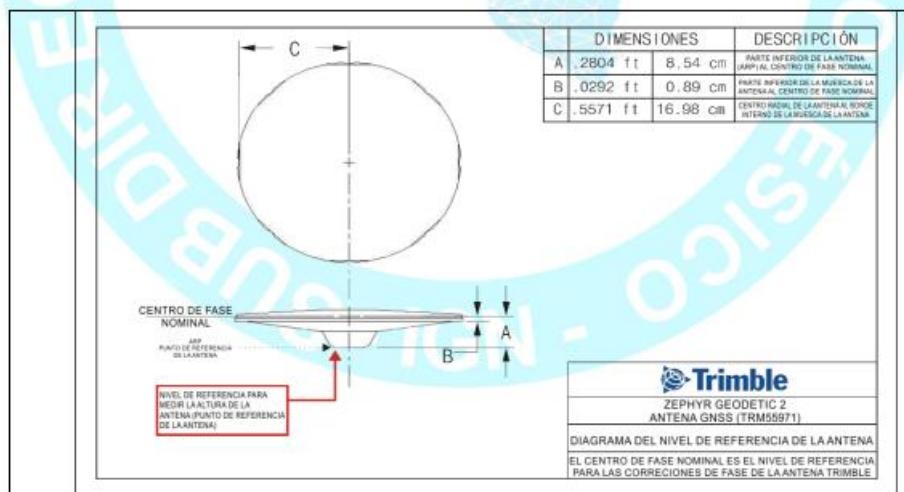


5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA



5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA





**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOESPECIAL
SUB DIRECCIÓN DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO

Área de mantenimiento:	Sub Dirección de Procesamiento Geodésico
Área de control:	Sub Dirección de Procesamiento Geodésico
Área de procesamiento:	Sub Dirección de Procesamiento Geodésico
Observables:	L1, L2
Intervalo de registro:	1 seg
Máscara de elevación:	3°
Archivo diario:	24 HRS
Formato de archivo nativo:	T01
Datos para el procesamiento:	22 al 28 de diciembre de 2024
Tipo de órbita:	Efemérides precisas finales
Archivo procesado:	Rinex 2.11
Software de procesamiento:	Gamit / Globk V 10.71
Procesador y analista GNSS:	Bach. Milco Herrera Damián
Revisado por:	CAP EP Veramendi Celis Ronnie

7. CONSTELACIONES REGISTRADAS: GPS Y GLONAS

8. CONTACTOS

Oficina:	Sub Dirección de Procesamiento Geodésico
Dirección:	Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú
Teléfono:	4753085 Anexo 120
Correo:	cpg@ign.gob.pe / sirgas_peru@ign.gob.pe
Web site:	https://www.idep.gob.pe/geovisor/erp/

6.3. Anexo 04: Reporte de procesamiento de líneas base.

CONSTRUCTORS WORLD PERÚ S.R.L Jr. Las Mosquetas N°160 Jr. Santa Asunción N°427 Cajamarca 06001 Perú	Teléfono: 929480965 Fax: www.cwcapacitaciones.com constructorsworldnr@gmail.com
Datos del archivo del proyecto	Sistema de coordenadas
Nombre: D:\DJI FLY\SEDE CAJADATA ESTÁTICA - PROCESAMIENTO\PROCESAMIENTO \PUNTOS ESTÁTICO - TESIS.vce	Nombre: World wide/UTM
Tamaño: 81 KB	Zona: 17 South
Modificado/a: 06/04/2025 15:38:19 (UTC:-5)	Datum: WGS 1984
Zona horaria: Hora est. Pacífico, Sudamérica	Datum de referencia global: WGS 1984
Número de referencia:	Época de referencia global:
Descripción:	Geoide: EGM2008-PE
Comentario 1:	Datum vertical:
Comentario 2:	Obra calibrada:
Comentario 3:	

Informe de procesamiento de líneas base

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
CJ01 --- 2005002 (B16)	CJ01	2005002	Fija	0.002	0.012	147°43'53"	2484.998	-30.856
CJ01 --- GNSS-04 (B15)	CJ01	GNSS-04	Fija	0.005	0.009	148°35'03"	2949.784	-30.542
CJ01 --- GNSS-06 (B14)	CJ01	GNSS-06	Fija	0.006	0.011	151°48'22"	2844.201	-27.714
CJ01 --- GNSS-01 (B13)	CJ01	GNSS-01	Fija	0.004	0.009	141°59'06"	2653.186	-36.562
CJ01 --- GNSS-02 (B12)	CJ01	GNSS-02	Fija	0.005	0.016	143°16'49"	2754.590	-34.952
CJ01 --- GNSS-03 (B11)	CJ01	GNSS-03	Fija	0.004	0.008	143°01'34"	2917.093	-35.713
CJ01 --- GNSS-05 (B10)	CJ01	GNSS-05	Fija	0.005	0.008	148°59'57"	2821.606	-30.964
CJ01 --- GNSS-07 (B9)	CJ01	GNSS-07	Fija	0.006	0.013	152°11'43"	2734.562	-27.926

Resumen de aceptación

Procesado	Pasado	Indicador	Failida
8	8	0	0

CJ01 - 2005002 (08:34:05-11:02:08) (S16)

Observación de línea base:	CJ01 -- 2005002 (B16)
Procesados:	22/03/2025 08:49:11
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble
Precisión horizontal:	0.002 m
Precisión vertical:	0.012 m
RMS:	0.020 m
PDOP máximo:	2.109
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	18/03/2025 08:34:05 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	18/03/2025 11:02:08 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	02:28:03
Intervalo de procesamiento:	1 segundo
Modo de procesamiento	Modo no combinado

Componentes de vector (Marca a marca)

De:	CJ01	Cuadrícula		Local		Global	
		Este	Norte	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Este	775089.676 m	Latitud	S7°08'48.69964"	Latitud	S7°08'48.69964"		
Norte	9209271.887 m	Longitud	O78°30'33.75133"	Longitud	O78°30'33.75133"		
Elevación	2710.423 m	Altura	2731.062 m	Altura	2731.062 m		

Hasta:	2005002	Cuadrícula		Local		Global	
		Este	Norte	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Este	776405.690 m	Latitud	S7°09'57.09794"	Latitud	S7°09'57.09794"		
Norte	9207162.383 m	Longitud	O78°29'50.51094"	Longitud	O78°29'50.51094"		
Elevación	2679.532 m	Altura	2700.206 m	Altura	2700.206 m		

Vector					
ΔEste	1316.015 m	Acimut Adelante NS	147°43'53"	ΔX	1242.374 m
ΔNorte	-2109.503 m	Dist. elip	2484.998 m	ΔY	551.165 m
ΔElevación	-30.891 m	ΔAltura	-30.856 m	ΔZ	-2081.868 m

CJ01 - GNSS-01 (08:55:06-09:25:05) (S13)

Observación de línea base:	CJ01 --- GNSS-01 (B13)
Procesados:	22/03/2025 08:48:25
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble
Precisión horizontal:	0.004 m
Precisión vertical:	0.009 m
RMS:	0.022 m
PDOP máximo:	1.969
Efermérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	18/03/2025 08:55:06 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	18/03/2025 09:25:05 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	00:29:59
Intervalo de procesamiento:	1 segundo
Modo de procesamiento	Modo no combinado

Componentes de vector (Marca a marca)

De: CJ01		Local		Global	
Cuadrícula		Local		Global	
Este	775089.676 m	Latitud	S7°08'48.69964"	Latitud	S7°08'48.69964"
Norte	9209271.887 m	Longitud	078°30'33.75133"	Longitud	078°30'33.75133"
Elevación	2710.423 m	Altura	2731.062 m	Altura	2731.062 m

Hasta: GNSS-01		Local		Global	
Cuadrícula		Local		Global	
Este	776713.212 m	Latitud	S7°09'56.74319"	Latitud	S7°09'56.74319"
Norte	9207171.610 m	Longitud	078°29'40.49540"	Longitud	078°29'40.49540"
Elevación	2673.816 m	Altura	2694.499 m	Altura	2694.499 m

Vector					
ΔEste	1623.536 m	Acimut Adelante NS	141°59'06"	ΔX	1542.769 m
ΔNorte	-2100.277 m	Dist. elip	2653.186 m	ΔY	616.692 m
ΔElevación	-36.606 m	ΔAltura	-36.562 m	ΔZ	-2070.338 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ ΔEste	0.004 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	σ ΔX	0.004 m
σ ΔNorte	0.003 m	σ Dist. elipsoide	0.003 m	σ ΔY	0.009 m
σ ΔElevación	0.009 m	σ ΔAltura	0.009 m	σ ΔZ	0.004 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000138542		
Y	-0.0000097896	0.0000788682	
Z	-0.0000006472	0.0000075654	0.0000128455

CJ01 - GNSS-02 (10:21:31-10:51:30) (S12)

Observación de línea base:	CJ01 --- GNSS-02 (B12)
Procesados:	22/03/2025 08:48:24
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble
Precisión horizontal:	0.005 m
Precisión vertical:	0.016 m
RMS:	0.027 m
PDOP máximo:	1.759
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	18/03/2025 10:21:31 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	18/03/2025 10:51:30 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	00:29:59
Intervalo de procesamiento:	1 segundo
Modo de procesamiento	Modo no combinado

Componentes de vector (Marca a marca)

De: CJ01		Local		Global	
Cuadrícula		Local		Global	
Este	775089.676 m	Latitud	S7°08'48.69964"	Latitud	S7°08'48.69964"
Norte	9209271.887 m	Longitud	O78°30'33.75133"	Longitud	O78°30'33.75133"
Elevación	2710.423 m	Altura	2731.062 m	Altura	2731.062 m

Hasta: GNSS-02		Local		Global	
Cuadrícula		Local		Global	
Este	776725.543 m	Latitud	S7°10'00.57402"	Latitud	S7°10'00.57402"
Norte	9207053.794 m	Longitud	O78°29'40.07278"	Longitud	O78°29'40.07278"
Elevación	2675.427 m	Altura	2696.110 m	Altura	2696.110 m

Vector					
ΔEste	1635.867 m	Acimut Adelante NS	143°16'49"	ΔX	1552.869 m
ΔNorte	-2218.093 m	Dist. elip	2754.590 m	ΔY	632.106 m
ΔElevación	-34.996 m	ΔAltura	-34.952 m	ΔZ	-2187.352 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ ΔEste	0.005 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	σ ΔX	0.006 m
σ ΔNorte	0.005 m	σ Dist. elipsoide	0.005 m	σ ΔY	0.015 m
σ ΔElevación	0.016 m	σ ΔAltura	0.016 m	σ ΔZ	0.005 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000312463		
Y	-0.0000320963	0.0002338278	
Z	-0.0000101019	0.0000325425	0.0000255593

CJ01 - GNSS-03 (11:27:37-11:57:36) (S11)

Observación de línea base:	CJ01 --- GNSS-03 (B11)
Procesados:	22/03/2025 08:48:26
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble
Precisión horizontal:	0.004 m
Precisión vertical:	0.008 m
RMS:	0.019 m
PDOP máximo:	1.736
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	18/03/2025 11:27:37 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	18/03/2025 11:57:36 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	00:29:59
Intervalo de procesamiento:	1 segundo
Modo de procesamiento	Modo no combinado

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		CJ01			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	775089.676 m	Latitud	S7°08'48.69964"	Latitud	S7°08'48.69964"
Norte	9209271.887 m	Longitud	O78°30'33.75133"	Longitud	O78°30'33.75133"
Elevación	2710.423 m	Altura	2731.062 m	Altura	2731.062 m
Hasta:		GNSS-03			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	776832.449 m	Latitud	S7°10'04.56154"	Latitud	S7°10'04.56154"
Norte	9206930.645 m	Longitud	O78°29'36.56852"	Longitud	O78°29'36.56852"
Elevación	2674.662 m	Altura	2695.349 m	Altura	2695.349 m
Vector					
ΔEste	1742.773 m	Acimut Adelante NS	143°01'34"	ΔX	1655.071 m
ΔNorte	-2341.242 m	Dist. elip	2917.093 m	ΔY	669.285 m
ΔElevación	-35.760 m	ΔAltura	-35.713 m	ΔZ	-2308.848 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ ΔEste	0.004 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	σ ΔX	0.004 m
σ ΔNorte	0.003 m	σ Dist. elipsoide	0.003 m	σ ΔY	0.008 m
σ ΔElevación	0.008 m	σ ΔAltura	0.008 m	σ ΔZ	0.004 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000166806		
Y	-0.0000087279	0.0000569171	
Z	-0.0000017025	0.0000108958	0.0000134928

CJ01 - GNSS-04 (11:42:55-12:12:54) (S15)

Observación de línea base:	CJ01 --- GNSS-04 (B15)
Procesados:	22/03/2025 08:48:28
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble
Precisión horizontal:	0.005 m
Precisión vertical:	0.009 m
RMS:	0.024 m
PDOP máximo:	1.507
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	18/03/2025 11:42:55 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	18/03/2025 12:12:54 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	00:29:59
Intervalo de procesamiento:	1 segundo
Modo de procesamiento	Modo no combinado

Componentes de vector (Marca a marca)

De:	CJ01				
		Cuadrícula	Local	Global	
Este	775089.676 m	Latitud	S7°08'48.69964"	Latitud	S7°08'48.69964"
Norte	9209271.887 m	Longitud	078°30'33.75133"	Longitud	078°30'33.75133"
Elevación	2710.423 m	Altura	2731.062 m	Altura	2731.062 m

Hasta:	GNSS-04				
		Cuadrícula	Local	Global	
Este	776614.393 m	Latitud	S7°10'10.64480"	Latitud	S7°10'10.64480"
Norte	9206744.853 m	Longitud	078°29'43.63845"	Longitud	078°29'43.63845"
Elevación	2679.840 m	Altura	2700.520 m	Altura	2700.520 m

Vector					
ΔEste	1524.717 m	Acimut Adelante NS	148°35'03"	ΔX	1438.790 m
ΔNorte	-2527.033 m	Dist. elip	2949.784 m	ΔY	643.834 m
ΔElevación	-30.582 m	ΔAltura	-30.542 m	ΔZ	-2494.988 m

CJ01 - GNSS-05 (12:17:44-12:47:43) (S10)

Observación de línea base:	CJ01 --- GNSS-05 (B10)
Procesados:	22/03/2025 08:48:28
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble
Precisión horizontal:	0.005 m
Precisión vertical:	0.008 m
RMS:	0.021 m
PDOP máximo:	1.656
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	18/03/2025 12:17:44 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	18/03/2025 12:47:43 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	00:29:59
Intervalo de procesamiento:	1 segundo
Modo de procesamiento	Modo no combinado

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		CJ01			
		Cuadrícula		Local	
Este	775089.676 m	Latitud	S7°08'48.69964"	Latitud	S7°08'48.69964"
Norte	9209271.887 m	Longitud	O78°30'33.75133"	Longitud	O78°30'33.75133"
Elevación	2710.423 m	Altura	2731.062 m	Altura	2731.062 m

Hasta:		GNSS-05			
		Cuadrícula		Local	
Este	776530.595 m	Latitud	S7°10'07.42871"	Latitud	S7°10'07.42871"
Norte	9206844.164 m	Longitud	O78°29'46.38575"	Longitud	O78°29'46.38575"
Elevación	2679.420 m	Altura	2700.097 m	Altura	2700.097 m

Vector					
ΔEste	1440.919 m	Acimut Adelante NS	148°59'57"	ΔX	1358.533 m
ΔNorte	-2427.723 m	Dist. elip	2821.606 m	ΔY	615.339 m
ΔElevación	-31.002 m	ΔAltura	-30.964 m	ΔZ	-2396.868 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ ΔEste	0.004 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	σ ΔX	0.005 m
σ ΔNorte	0.004 m	σ Dist. elipsoide	0.004 m	σ ΔY	0.008 m
σ ΔElevación	0.008 m	σ ΔAltura	0.008 m	σ ΔZ	0.004 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000239337		
Y	-0.0000137742	0.0000647884	
Z	0.0000018026	0.0000003998	0.0000155954

CJ01 - GNSS-06 (13:10:17-13:40:16) (S14)

Observación de línea base:	CJ01 --- GNSS-06 (B14)
Procesados:	22/03/2025 08:48:28
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble
Precisión horizontal:	0.006 m
Precisión vertical:	0.011 m
RMS:	0.027 m
PDOP máximo:	1.387
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	18/03/2025 13:10:17 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	18/03/2025 13:40:16 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	00:29:59
Intervalo de procesamiento:	1 segundo
Modo de procesamiento	Modo no combinado

Componentes de vector (Marca a marca)

De:	CJ01				
		Local		Global	
Este	775089.676 m	Latitud	S7°08'48.69964"	Latitud	S7°08'48.69964"
Norte	9209271.887 m	Longitud	078°30'33.75133"	Longitud	078°30'33.75133"
Elevación	2710.423 m	Altura	2731.062 m	Altura	2731.062 m

Hasta:	GNSS-06				
		Local		Global	
Este	776420.552 m	Latitud	S7°10'10.29926"	Latitud	S7°10'10.29926"
Norte	9206756.532 m	Longitud	078°29'49.95474"	Longitud	078°29'49.95474"
Elevación	2682.674 m	Altura	2703.348 m	Altura	2703.348 m

Vector				
ΔEste	1330.876 m	Acimut Adelante NS	151°48'22"	ΔX
ΔNorte	-2515.354 m	Dist. elip	2844.201 m	ΔY
ΔElevación	-27.748 m	ΔAltura	-27.714 m	ΔZ

Errores estándar

Errores de vector:				
σ ΔEste	0.006 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	σ ΔX
σ ΔNorte	0.004 m	σ Dist. elipsoide	0.004 m	σ ΔY
σ ΔElevación	0.011 m	σ ΔAltura	0.011 m	σ ΔZ

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000425706		
Y	-0.0000277797	0.0001073466	
Z	-0.0000009973	0.0000053289	0.0000158045

CJ01 - GNSS-07 (13:21:36-13:51:35) (S9)

Observación de línea base:	CJ01 --- GNSS-07 (B9)
Procesados:	22/03/2025 08:48:36
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble
Precisión horizontal:	0.006 m
Precisión vertical:	0.013 m
RMS:	0.026 m
PDOP máximo:	1.562
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	18/03/2025 13:21:36 (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	18/03/2025 13:51:35 (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	00:29:59
Intervalo de procesamiento:	1 segundo
Modo de procesamiento	Modo no combinado

Componentes de vector (Marca a marca)

De: CJ01		Local		Global	
Cuadrícula		Local		Global	
Este	775089.676 m	Latitud	S7°08'48.69964"	Latitud	S7°08'48.69964"
Norte	9209271.887 m	Longitud	078°30'33.75133"	Longitud	078°30'33.75133"
Elevación	2710.423 m	Altura	2731.062 m	Altura	2731.062 m
Hasta: GNSS-07		Local		Global	
Cuadrícula		Local		Global	
Este	776352.797 m	Latitud	S7°10'07.43756"	Latitud	S7°10'07.43756"
Norte	9206844.862 m	Longitud	078°29'52.17751"	Longitud	078°29'52.17751"
Elevación	2682.464 m	Altura	2703.135 m	Altura	2703.135 m

Vector					
ΔEste	1263.121 m	Acimut Adelante NS	152°11'43"	ΔX	1184.920 m
ΔNorte	-2427.025 m	Dist. elip	2734.562 m	ΔY	576.966 m
ΔElevación	-27.959 m	ΔAltura	-27.926 m	ΔZ	-2397.517 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ ΔEste	0.006 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	σ ΔX	0.007 m
σ ΔNorte	0.004 m	σ Dist. elipsoide	0.004 m	σ ΔY	0.012 m
σ ΔElevación	0.013 m	σ ΔAltura	0.013 m	σ ΔZ	0.004 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000502551		
Y	-0.0000441232	0.0001503115	
Z	-0.0000003562	0.0000065191	0.0000170005

6.4. Anexo 05: Descripciones monográficas de los PFCH.

DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA					
<i>Proyecto donde se empleará el punto geodésico</i>					
“EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA”.					
CÓDIGO DE PUNTO GEODÉSICO	2005002				
LATITUD (S) WGS-84 S 7°09'57.09794"	LONGITUD (W) WGS-84 W 78°29'50.51094"	NORTE (N) WGS-84 9207162.383 m	ESTE (E) WGS-84 776405.691 m		
ALTURA ELÍPSOIDAL (METROS): 2700.206 m	ORDEN C	ZONA UTM 17 SUR			
CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO:		IMAGEN DEL POSICIONAMIENTO GPS/ GNSS			
					
		IMAGEN DEL DISCO DE BRONCE POSICIONADO			
					
DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE MONUMENTACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO.					
Incrustación de placa de bronce en perforación de 10 cm de profundidad por 10 cm de diámetro según norma, con placa de bronce de 70mm de diámetro con código 2005002 ubicada en vereda de la ciudad universitaria de Cajamarca.					
DATOS DEL SOLICITANTE NOMBRES Y APELLIDOS: Royher Díaz Vásquez	FECHA DE POSICIONAMIENTO 18 de marzo del 2025	FIRMA: 			

DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA

Proyecto donde se empleará el punto geodésico

"EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA".

CÓDIGO DE PUNTO DE APOYO - PFCH	GNSS-01		
LATITUD (S) WGS-84 S 7°09'56.74319"	LONGITUD (W) WGS-84 W 78°29'40.49540"	NORTE (N) WGS-84 9207171.610 m	ESTE (E) WGS-84 776713.212 m
ALTURA ELIPSOIDAL (METROS): 2694.499 m		ORDEN C	ZONA UTM 17 SUR
			IMAGEN DEL POSICIONAMIENTO GPS/ GNSS
			
			IMAGEN DEL DISCO DE BRONCE POSICIONADO
			

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE MONUMENTACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO.

Incrustación de placa de bronce en perforación de 10 cm de profundidad por 10 cm de diámetro, con placa de bronce de 70mm de diámetro con código GNSS-01 ubicada en la Av. Zoilo León Ordoñez de la ciudad universitaria de Cajamarca.

DATOS DEL SOLICITANTE NOMBRES Y APELLIDOS: Royher Díaz Vásquez	FECHA DE POSICIONAMIENTO 18 de marzo del 2025	FIRMA: 
--	---	--

DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA

Proyecto donde se empleará el punto geodésico

"EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA".

CÓDIGO DE PUNTO DE APOYO - PFCH	GNSS-02		
LATITUD (S) WGS-84 S 7°10'00.57402"	LONGITUD (W) WGS-84 W 78°29'40.07278"	NORTE (N) WGS-84 9207053.794 m	ESTE (E) WGS-84 776725.543 m
ALTURA ELIPSOIDAL (METROS): 2696.110 m		ORDEN C	ZONA UTM 17 SUR



IMAGEN DEL POSICIONAMIENTO GPS/ GNSS



IMAGEN DEL DISCO DE BRONCE POSICIONADO



DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE MONUMENTACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO.

Incrustación de placa de bronce en perforación de 10 cm de profundidad por 10 cm de diámetro, con placa de bronce de 70mm de diámetro con código GNSS-02 ubicada en el sardinel de la Av. Alejandro Vera Villanueva de la ciudad universitaria de Cajamarca.

DATOS DEL SOLICITANTE NOMBRES Y APELLIDOS: Royher Díaz Vásquez	FECHA DE POSICIONAMIENTO 18 de marzo del 2025	FIRMA: 
--	---	--

DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA

Proyecto donde se empleará el punto geodésico

"EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA".

CÓDIGO DE PUNTO DE APOYO - PFCH	GNSS-03		
LATITUD (S) WGS-84 S 7°10'04.56154"	LONGITUD (W) WGS-84 W 78°29'36.56852"	NORTE (N) WGS-84 9206930.645 m	ESTE (E) WGS-84 776832.449 m
ALTURA ELIPSOIDAL (METROS): 2695.349 m	ORDEN C	ZONA UTM 17 SUR	
			
IMAGEN DEL POSICIONAMIENTO GPS/ GNSS 			
IMAGEN DEL DISCO DE BRONCE POSICIONADO 			

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE MONUMENTACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO.

Incrustación de placa de bronce en perforación de 10 cm de profundidad por 10 cm de diámetro, con placa de bronce de 70mm de diámetro con código GNSS-03 ubicada en la intersección d de la Av. Alejandro Vera Villanueva y la Av. Mario Alzamora Valdez de la ciudad universitaria de Cajamarca.

DATOS DEL SOLICITANTE NOMBRES Y APELLIDOS: Royher Díaz Vásquez	FECHA DE POSICIONAMIENTO 18 de marzo del 2025	FIRMA: 
--	--	---

DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA

Proyecto donde se empleará el punto geodésico

"EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA".

CÓDIGO DE PUNTO DE APOYO - PFCH	GNSS-04		
LATITUD (S) WGS-84 S 7°10'10.64480"	LONGITUD (W) WGS-84 W 78°29'43.63845"	NORTE (N) WGS-84 9206744.853 m	ESTE (E) WGS-84 776614.393 m
ALTURA ELIPSOIDAL (METROS): 2700.520 m	ORDEN C	ZONA UTM 17 SUR	

CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO:



IMAGEN DEL POSICIONAMIENTO GPS/ GNSS



IMAGEN DEL DISCO DE BRONCE POSICIONADO



DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE MONUMENTACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO.

Incrustación de placa de bronce en perforación de 10 cm de profundidad por 10 cm de diámetro, con placa de bronce de 70mm de diámetro con código GNSS-04 ubicada en la intersección de la Av. Servicios y la Av. Mario Alzamora Valdez de la ciudad universitaria de Cajamarca.

DATOS DEL SOLICITANTE NOMBRES Y APELLIDOS: Royher Díaz Vásquez	FECHA DE POSICIONAMIENTO 18 de marzo del 2025	FIRMA: 
---	--	---

DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA

Proyecto donde se empleará el punto geodésico

"EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA".

CÓDIGO DE PUNTO DE APOYO - PFCH	GNSS-05		
LATITUD (S) WGS-84 S 7°10'07.42871"	LONGITUD (W) WGS-84 W 78°29'46.38575"	NORTE (N) WGS-84 9206844.164 m	ESTE (E) WGS-84 776530.595 m
ALTURA ELIPSOIDAL (METROS): 2700.097 m	ORDEN C	ZONA UTM 17 SUR	

CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO:



IMAGEN DEL POSICIONAMIENTO GPS/ GNSS



IMAGEN DEL DISCO DE BRONCE POSICIONADO



DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE MONUMENTACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO.

Incrustación de placa de bronce en perforación de 10 cm de profundidad por 10 cm de diámetro, con placa de bronce de 70mm de diámetro con código GNSS-04 ubicada en la intersección de la Av. Servicios y la Av. Integración de la ciudad universitaria de Cajamarca.

DATOS DEL SOLICITANTE NOMBRES Y APELLIDOS: Royher Díaz Vásquez	FECHA DE POSICIONAMIENTO 18 de marzo del 2025	FIRMA: 
---	--	---

DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA

Proyecto donde se empleará el punto geodésico

"EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA".

CÓDIGO DE PUNTO DE APOYO - PFCH	GNSS-06		
LATITUD (S) WGS-84 S 7°10'10.29926"	LONGITUD (W) WGS-84 W 78°29'49.95474"	NORTE (N) WGS-84 9206756.532 m	ESTE (E) WGS-84 776420.552 m
ALTURA ELIPSOIDAL (METROS): 2703.348 m	ORDEN C	ZONA UTM 17 SUR	

CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO:



IMAGEN DEL POSICIONAMIENTO GPS/ GNSS



IMAGEN DEL DISCO DE BRONCE POSICIONADO



DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE MONUMENTACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO.

Incrustación de placa de bronce en perforación de 10 cm de profundidad por 10 cm de diámetro, con placa de bronce de 70mm de diámetro con código GNSS-04 ubicada en la vereda de la Av. Integración de la ciudad universitaria de Cajamarca.

DATOS DEL SOLICITANTE NOMBRES Y APELLIDOS: Royher Díaz Vásquez	FECHA DE POSICIONAMIENTO 18 de marzo del 2025	FIRMA: 
---	--	---

DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA

Proyecto donde se empleará el punto geodésico

"EVALUACIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA EN LEVANTAMIENTOS Y REPLANTEOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL Y GNSS DIFERENCIAL EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA".

CÓDIGO DE PUNTO DE APOYO - PFCH	GNSS-07		
LATITUD (S) WGS-84 S 7°10'07.43756"	LONGITUD (W) WGS-84 W 78°29'52.17751"	NORTE (N) WGS-84 9206844.862m	ESTE (E) WGS-84 776352.797m
ALTURA ELIPSOIDAL (METROS): 2703.135 m	ORDEN C	ZONA UTM 17 SUR	

CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO:



IMAGEN DEL POSICIONAMIENTO GPS/ GNSS



IMAGEN DEL DISCO DE BRONCE POSICIONADO



DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE MONUMENTACIÓN DEL PUNTO GEODÉSICO.

Incrustación de placa de bronce en perforación de 10 cm de profundidad por 10 cm de diámetro, con placa de bronce de 70mm de diámetro con código GNSS-04 ubicada frente al estacionamiento de la facultad de medicina al costado de la Av. Universitaria de la ciudad universitaria de Cajamarca.

DATOS DEL SOLICITANTE NOMBRES Y APELLIDOS: Royher Díaz Vásquez	FECHA DE POSICIONAMIENTO 18 de marzo del 2025	FIRMA: 
--	--	---

6.5. Anexo 06: Reporte de ajuste de poligonal cerrada

```
MicroSurvey STAR*NET-PRO Version 8,0,2,630
Licensed for Demo Use Only
Run Date: Tue Jun 17 2025 09:07:35

Summary of Files Used and Option Settings
=====
Project Folder and Data Files

Project Name      POLIGONAL CERRADA - TESIS
Project Folder    D:\META\...\POLIGONAL CERRADA-COPIA
Data File List    1. POLIGONAL CERRADA - TESIS.dat

Project Option Settings

STAR*NET Run Mode           : Adjust with Error Propagation
Type of Adjustment          : 2D
Project Units                : Meters; DMS
Coordinate System             : LOCAL
Default Project Elevation   : 2680.0000 Meters
Apply Average Scale Factor  : 1.0000000000
Input/Output Coordinate Order: East-North
Angle Data Station Order     : At-From-To
Distance/Vertical Data Type  : Slope/Zenith
Convergence Limit; Max Iterations: 0.010000; 10
Default Coefficient of Refraction: 0.070000
Earth Radius                 : 6378137.00 Meters
Create Coordinate File       : Yes
Create Ground Scale Coordinate File: Yes
Create Dump File              : No

Instrument Standard Error Settings

Project Default Instrument
  Distances (Constant)      : 0.002000 Meters
  Distances (PPM)            : 2.000000
  Angles                      : 1.414200 Seconds
  Directions                  : 2.000000 Seconds
  Azimuths & Bearings       : 2.000000 Seconds
  Centering Error Instrument: 0.001500 Meters
  Centering Error Target     : 0.002500 Meters
```

Summary of Unadjusted Input Observations

Number of Entered Stations (Meters) = 1

Fixed Stations	E	N	Description
1	776405.6910	9207162.3830	2005002

Number of Angle Observations (DMS) = 8

At	From	To	Angle	StdErr
1	8	2	101-10-26.25	3.11
2	1	3	133-03-08.00	6.19
3	2	4	88-57-45.25	7.02
4	3	5	268-22-01.50	6.48
5	4	6	89-44-13.00	5.27
6	5	7	89-28-14.50	4.47
7	6	8	214-59-06.75	7.03
8	7	1	94-15-08.00	5.65

Number of Distance Observations (Meters) = 8

From	To	Distance	StdErr
1	2	321.8490	0.0039
2	3	111.3010	0.0037
3	4	140.6460	0.0037
4	5	129.9200	0.0037
5	6	286.4030	0.0039
6	7	163.0530	0.0037
7	8	118.4490	0.0037
8	1	307.6110	0.0039

Number of Azimuth/Bearing Observations (DMS) = 1

From	To	Bearing	StdErr
1	8	N88-16-52.88E	2.80

Adjustment Statistical Summary

Iterations	=	2
Number of Stations	=	8
Number of Observations	=	17
Number of Unknowns	=	14
Number of Redundant Obs	=	3

Observation	Count	Sum Squares of StdRes	Error Factor
Angles	8	6.240	2.102
Distances	8	2.372	1.296
Az/Bearings	1	0.000	0.000
Total	17	8.612	1.694

The Chi-Square Test at 5.00% Level Passed
Lower/Upper Bounds (0.268/1.765)

Adjusted Coordinates (Meters)

Station	E	N	Description
1	776405.6910	9207162.3830	2005002
8	776713.1670	9207171.6088	
2	776352.8140	9206844.9064	
3	776420.5572	9206756.5977	
4	776530.5768	9206844.2120	
5	776614.3746	9206744.9311	
6	776832.3804	9206930.6691	
7	776725.4929	9207053.8029	

Adjusted Observations and Residuals

Adjusted Angle Observations (DMS)

At	From	To	Angle	Residual	StdErr	StdRes	File:Line
1	8	2	101-10-28.85	0-00-02.60	3.11	0.8	1:23
2	1	3	133-03-05.55	-0-00-02.45	6.19	0.4	1:24
3	2	4	88-57-37.16	-0-00-08.09	7.02	1.2	1:25
4	3	5	268-21-58.06	-0-00-03.44	6.48	0.5	1:26
5	4	6	89-44-07.56	-0-00-05.44	5.27	1.0	1:27
6	5	7	89-28-14.11	-0-00-00.39	4.47	0.1	1:28
7	6	8	214-59-12.78	0-00-06.03	7.03	0.9	1:29
8	7	1	94-15-15.94	0-00-07.94	5.65	1.4	1:30

Adjusted Distance Observations (Meters)

From	To	Distance	Residual	StdErr	StdRes	File:Line
1	2	321.8499	0.0009	0.0039	0.2	1:23
2	3	111.2994	-0.0016	0.0037	0.4	1:24
3	4	140.6435	-0.0025	0.0037	0.7	1:25
4	5	129.9183	-0.0017	0.0037	0.5	1:26
5	6	286.4003	-0.0027	0.0039	0.7	1:27
6	7	163.0548	0.0018	0.0037	0.5	1:28
7	8	118.4490	0.0000	0.0037	0.0	1:29
8	1	307.6144	0.0034	0.0039	0.9	1:30

Adjusted Azimuth/Bearing Observations (DMS)

From	To	Bearing	Residual	StdErr	StdRes	File:Line
1	8	N88-16-52.88E	-0-00-00.00	2.80	0.0	1:34

Adjusted Bearings (DMS) and Horizontal Distances (Meters)

(Relative Confidence of Bearing is in Seconds)

From	To	Bearing	Distance	95% RelConfidence		
				Brg	Dist	PPM
1	2	S09-27-21.73W	321.8499	9.63	0.0091	28.3806
1	8	N88-16-52.88E	307.6144	6.85	0.0091	29.5618
2	3	S37-29-32.72E	111.2994	14.38	0.0088	78.7553
3	4	N51-28-04.43E	140.6435	15.04	0.0085	60.4976
4	5	S40-09-57.51E	129.9183	14.49	0.0088	67.8752
5	6	N49-34-10.05E	286.4003	12.73	0.0089	30.9854
6	7	N40-57-35.83W	163.0548	13.98	0.0089	54.6529
7	8	N05-58-23.06W	118.4490	12.86	0.0087	73.2640

Traverse Closures of Unadjusted Observations
=====
(Beginning and Ending on Adjusted Stations)

TRAVERSE 1

Error Angular = 3.25 Sec, 8 Angles, 0.41 Sec/Angle
Error Linear = 0.0152 S, 0.0409 E
Horiz Precision = 0.0436 Error in 1579.2320, 1:36209, 27.62 PPM

From	To	Unadj Bearing	Unadj Dist
1	8	N88-16-52.88E BS	
1	2	S09-27-18.72W	321.8490
2	3	S37-29-33.68E	111.3010
3	4	N51-28-11.16E	140.6460
4	5	S40-09-47.75E	129.9200
5	6	N49-34-24.85E	286.4030
6	7	N40-57-21.06W	163.0530
7	8	N05-58-14.71W	118.4490
8	1	S88-16-52.88W	307.6110

Error Propagation
=====

Station Coordinate Standard Deviations (Meters)

Station	E	N
1	0.000000	0.000000
8	0.003716	0.004171
2	0.006031	0.003906
3	0.008014	0.004507
4	0.007057	0.005074
5	0.008835	0.005583
6	0.005842	0.008114
7	0.004373	0.005599

Station Coordinate Error Ellipses (Meters)
Confidence Region = 95

Station	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	Azimuth of Major Axis
1	0.000000	0.000000	0-00
8	0.010209	0.009094	178-17
2	0.015069	0.009072	104-33
3	0.019683	0.010909	95-44
4	0.017462	0.012154	78-13
5	0.022215	0.012686	73-50
6	0.021452	0.011782	26-53
7	0.014207	0.010029	21-50

Relative Error Ellipses (Meters)
Confidence Region = 95

Stations	From	To	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	Azimuth of Major Axis
	1	2	0.015069	0.009072	104-33
	1	8	0.010209	0.009094	178-17
	2	3	0.008880	0.007630	124-17
	3	4	0.010435	0.008285	123-41
	4	5	0.009943	0.007883	90-32
	5	6	0.017671	0.008874	139-56
	6	7	0.011432	0.008421	26-53
	7	8	0.008689	0.007373	179-25

Elapsed Time = 00:00:00

6.6. Anexo 05: Reporte de transformación de Topográficas a UTM

```
-----  
MicroSurvey STAR*NET-PRO Version 8,0,2,630  
Licensed for Demo Use Only  
Run Date: Wed Sep 03 2025 18:56:42  
  
Summary of Files Used and Option Settings  
=====
```

Project Folder and Data Files

```
Project Name      TOPOGRÁFICAS A UTM  
Project Folder    D:\META\OBS\CONVERSIÓN  
Data File List   1. ....\TOPOGRÁFICAS A UTM.dat
```

Project Option Settings

```
STAR*NET Run Mode          : Adjust with Error Propagation  
Type of Adjustment         : 3D  
Project Units               : Meters; DMS  
Coordinate System           : UTM-17S  
Geoid Height                : 0.0000 (Default, Meters)  
Longitude Sign Convention   : Negative West  
Input/Output Coordinate Order : East-North  
Angle Data Station Order    : At-From-To  
Distance/Vertical Data Type : Slope/Zenith  
Convergence Limit; Max Iterations : 0.010000; 10  
Default Coefficient of Refraction : 0.070000  
Create Coordinate File       : Yes  
Create Geodetic Position File : No  
Create Ground Scale Coordinate File : Yes  
Create Dump File             : No
```

Summary of Unadjusted Input Observations
=====

Number of Entered Stations (Meters) = 8

Fixed Stations	E	N	Elev	Description
1	776405.6910	9207162.3830	2679.5320	2005002 PPGG
2	776713.1670	9207171.6090	2673.7830	GNSS-01
3	776725.4930	9207053.8030	2675.3970	GNSS-02
4	776832.3800	9206930.6690	2674.6280	GNSS-03
5	776614.3750	9206744.9310	2679.8230	GNSS-04
6	776530.5770	9206844.2120	2679.4190	GNSS-05
7	776420.5570	9206756.5980	2682.6950	GNSS-06
8	776352.8140	9206844.9060	2682.4800	GNSS-07

Adjusted Positions and Ellipsoid Heights (Meters)
 (Average Geoid Height = 0.000 Meters)

Station	Latitude	Longitude	Ellip Ht
1	-7-09-56.813089	-78-29-50.868858	2679.5320
2	-7-09-56.458367	-78-29-40.855190	2673.7830
3	-7-10-00.288823	-78-29-40.432755	2675.3970
4	-7-10-04.275817	-78-29-36.929255	2674.6280
5	-7-10-10.357257	-78-29-43.997257	2679.8230
6	-7-10-07.142172	-78-29-46.744449	2679.4190
7	-7-10-10.012098	-78-29-50.312549	2682.6950
8	-7-10-07.151140	-78-29-52.534825	2682.4800

Convergence Angles (DMS) and Grid Factors at Stations
 (Grid Azimuth = Geodetic Azimuth - Convergence)
 (Elevation Factor Includes a 0.00 Meter Geoid Height Correction)

Station	Convergence Angle	----- Factors -----		
		Scale	x Elevation	= Combined
1	-0-18-44.52	1.00054564	0.99957871	1.00012411
2	-0-18-45.76	1.00054774	0.99957961	1.00012712
3	-0-18-45.98	1.00054783	0.99957936	1.00012695
4	-0-18-46.59	1.00054856	0.99957948	1.00012781
5	-0-18-45.97	1.00054707	0.99957866	1.00012550
6	-0-18-45.49	1.00054649	0.99957872	1.00012499
7	-0-18-45.17	1.00054574	0.99957821	1.00012372
8	-0-18-44.76	1.00054527	0.99957824	1.00012329
Project Averages:	-0-18-45.53	1.00054679	0.99957887	1.00012544

Ground Scale Coordinate File

Scaling : Adjusted Coordinates were Divided by
 Given Scale Factor of 0.9998746063

Rotation : Bearing Was Set Between Two Stations
 From : 1
 To : 2
 Bearing : N88-16-52.88E

Translation : Adjusted Station Coordinates
 Station : 1
 Easting : 776405.691000
 Northing: 9207162.383000

776405.691	9207162.383	2679.532	2005002	PPGG
776713.206	9207171.610	2673.783	GNSS-01	
776725.533	9207053.789	2675.397	GNSS-02	
776832.433	9206930.640	2674.628	GNSS-03	
776614.401	9206744.879	2679.823	GNSS-04	
776530.592	9206844.172	2679.419	GNSS-05	
776420.559	9206756.547	2682.695	GNSS-06	
776352.807	9206844.866	2682.480	GNSS-07	

6.7. Anexo 07: Reporte de nivelería geométrica compuesta

```
MicroSurvey STAR*NET-PRO Version 8,0,2,630
Licensed for Demo Use Only
Run Date: Mon Apr 07 2025 07:39:42

Summary of Files Used and Option Settings
=====
Project Folder and Data Files

Project Name      NIVELACIÓN TESIS
Project Folder    D:\META\CONVERSIÓN DE COORDENADAS\NIVELACIÓN\NIVELACIÓN
Data File List    1. NIVELACIÓN TESIS.dat

Project Option Settings

STAR*NET Run Mode           : Adjust with Error Propagation
Type of Adjustment          : Lev
Project Units                : Meters
Input/Output Coordinate Order: East-North
Create Coordinate File       : Yes

Instrument Standard Error Settings

Project Default Instrument
  Differential Levels       : 0.001800 Meters / Km

Summary of Unadjusted Input Observations
=====
Number of Entered Stations (Meters) = 1

Fixed Stations      Elev      Description
2005002            2679.532000

Number of Differential Level Observations (Meters) = 46

From      To          Elev Diff  StdErr  Length
2005002  C1          -1.344000  0.000507  79
C1       C2          -1.445000  0.000507  79
C2       C3          -1.603000  0.000502  78
C3       GNSS01      -1.355000  0.000473  69
GNSS01   C4          0.378000  0.000430  57
C4       GNSS02      1.237000  0.000445  61
GNSS02   C5          -0.203000  0.000489  74
C5       GNSS03      -0.565000  0.000537  89
GNSS03   C6          1.129000  0.000506  79
C6       C7          1.388000  0.000510  80
C7       C8          1.432000  0.000490  74
C8       GNSS04      1.248000  0.000410  52
GNSS04   C9          0.139000  0.000457  65
C9       GNSS05      -0.543000  0.000461  66
GNSS05   C10         1.277000  0.000462  66
C10      GNSS06      2.000000  0.000491  74
GNSS06   C11         -0.070000  0.000420  54
C11      GNSS07      -0.144000  0.000429  57
GNSS07   C12         -0.518000  0.000435  58
C12      C13         -1.178000  0.000436  59
C13      C14         -0.602000  0.000475  70
C14      C15         -0.412000  0.000468  68
C15      2005002     -0.236000  0.000464  67
```

Adjusted Elevations and Error Propagation (Meters)

Station	Elev	StdDev	95%	Description
2005002	2679.532000	0.000000	0.000000	
C1	2678.187496	0.000349	0.000685	
C2	2676.741992	0.000481	0.000942	
C3	2675.138498	0.000571	0.001118	
GNSS01	2673.783060	0.000632	0.001238	
C4	2674.160697	0.000672	0.001318	
GNSS02	2675.397309	0.000708	0.001388	
C5	2675.193840	0.000742	0.001455	
GNSS03	2674.628275	0.000772	0.001513	
C6	2675.756773	0.000789	0.001546	
C7	2677.144262	0.000797	0.001563	
C8	2678.575792	0.000798	0.001564	
GNSS04	2679.823462	0.000794	0.001556	
C9	2679.962052	0.000784	0.001537	
GNSS05	2679.418635	0.000768	0.001506	
C10	2680.695216	0.000746	0.001462	
GNSS06	2682.694743	0.000713	0.001397	
C11	2682.624398	0.000682	0.001336	
GNSS07	2682.480037	0.000643	0.001261	
C12	2681.961667	0.000595	0.001167	
C13	2680.783293	0.000536	0.001050	
C14	2680.180851	0.000446	0.000873	
C15	2679.768422	0.000321	0.000630	

Adjusted Observations and Residuals

Adjusted Differential Level Observations (Meters)

From	To	Elev	Diff	Residual	StdErr	StdRes	File:Line
GNSS03	C5	0.565565	0.000565	0.000537	1.1	1:49	
C5	GNSS03	-0.565565	-0.000565	0.000537	1.1	1:15	
C7	C6	-1.387489	0.000511	0.000510	1.0	1:47	
C6	C7	1.387489	-0.000511	0.000510	1.0	1:17	
C2	C1	1.445504	0.000504	0.000507	1.0	1:55	
C1	C2	-1.445504	-0.000504	0.000507	1.0	1:9	
C1	2005002	1.344504	0.000504	0.000507	1.0	1:56	
2005002	C1	-1.344504	-0.000504	0.000507	1.0	1:8	
GNSS03	C6	1.128498	-0.000502	0.000506	1.0	1:16	
C6	GNSS03	-1.128498	0.000502	0.000506	1.0	1:48	
C2	C3	-1.603494	-0.000494	0.000502	1.0	1:10	
C3	C2	1.603494	0.000494	0.000502	1.0	1:54	
GNSS06	C10	-1.999527	0.000473	0.000491	1.0	1:41	
C10	GNSS06	1.999527	-0.000473	0.000491	1.0	1:23	
C8	C7	-1.431530	0.000470	0.000490	1.0	1:46	
C7	C8	1.431530	-0.000470	0.000490	1.0	1:18	
GNSS02	C5	-0.203469	-0.000469	0.000489	1.0	1:14	
C5	GNSS02	0.203469	0.000469	0.000489	1.0	1:50	
C13	C14	-0.602442	-0.000442	0.000475	0.9	1:28	
C14	C13	0.602442	0.000442	0.000475	0.9	1:36	
GNSS01	C3	1.355438	0.000438	0.000473	0.9	1:53	
C3	GNSS01	-1.355438	-0.000438	0.000473	0.9	1:11	
C15	C14	0.412429	0.000429	0.000468	0.9	1:35	
C14	C15	-0.412429	-0.000429	0.000468	0.9	1:29	
2005002	C15	0.236422	0.000422	0.000464	0.9	1:34	
C15	2005002	-0.236422	-0.000422	0.000464	0.9	1:30	

6.8. Anexo 08: Reporte de geoetiquetado de vuelos fotogramétricos

1 Setup

- REDToolbox (3.2.0 2025-02-15)
- Report date: 24/03/2025, 15:56:42
- Device
 - DJI Drone RGB
 - Correction type: PPK
- Base Config
 - Base position derived from: Manual
 - Base position used: 7° 9' 57.0979" S, 78° 29' 50.5109" W, 2.7km
- Additional Input Files
 - ATX file Used: No
 - Custom conf file used: No
 - Geoid model used: No
- Image-Triggers
 - Number of images with trigger: 874
 - Number of images without trigger: 0
- Output Info
 - Coordinate system: WGS 84

Table 1: Input Files

File Type	File Name
Rover File	DJI_202503181004_003_DJISmartFarmWeb-ÁREA-UNCV3_PPKRAW.obs
Log File	DJI_202503181004_003_DJISmartFarmWeb-ÁREA-UNCV3_Timestamp.MRK
Base File	2005002077N.25o
NAV File	2025#03#24#14#46#13#915623redtoolbox_merged.nav

2 Trigger Map

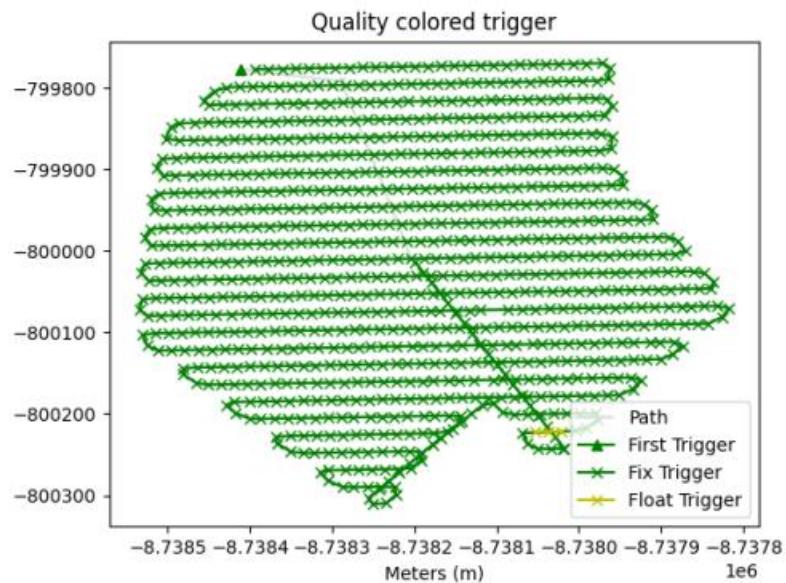


Figure 1: Trigger locations color coded.

Table 2: Trigger quality distribution.

Quality	Trigger	Percentage
Fix	871	99
Float	3	0
Rest	0	0

3 Path Map

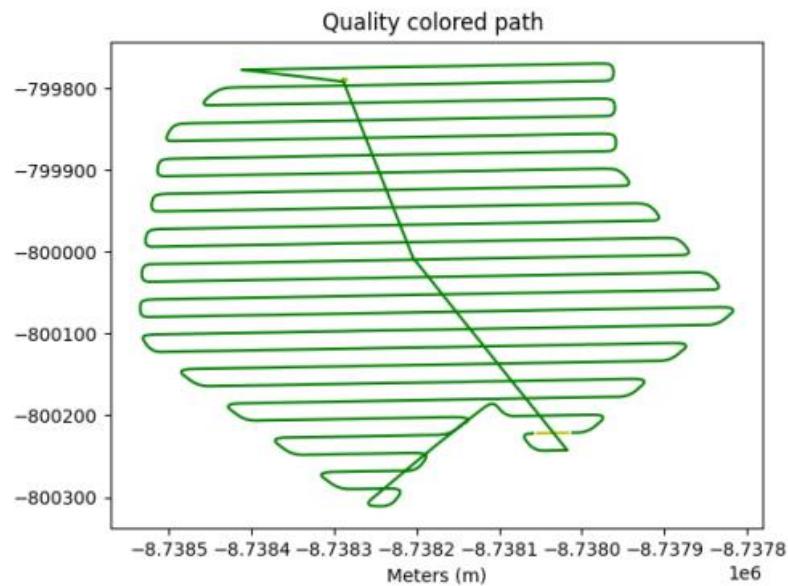


Figure 2: Path quality coded.

Table 3: Path Points Quality Distribution.

Quality	Path Points	Percentage
Fix	6528	98
Float	93	1
Rest	1	0

6.9. Anexo 09: Reporte de procesamiento de fotos

INFORME DE PROCESAMIENTO

Reporte de características de procesamiento elaborado por ROYHER DÍAZ VÁSQUEZ

17 June 2025



Datos del levantamiento

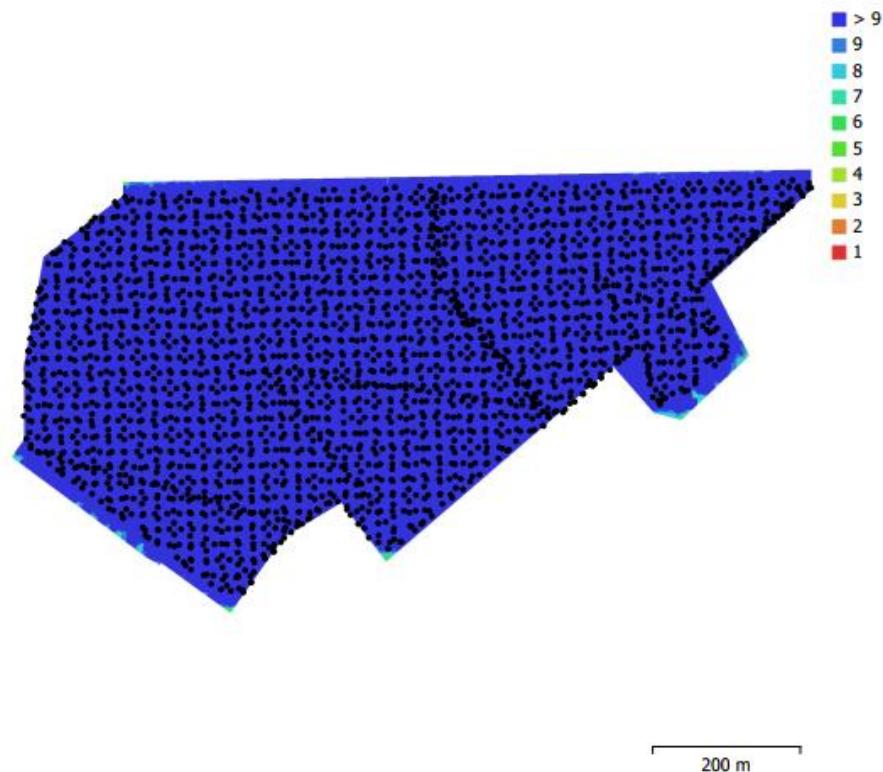


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 2,513
Altitud media de vuelo: 62.0 m
Resolución en terreno: 1.64 cm/pix
Área cubierta: 0.405 km²

Imágenes alineadas: 2,513
Puntos de paso: 1,136,253
Proyecciones: 8,157,196
Error de reproyección: 0.817 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
M3E (12.29mm)	5280 x 3956	12.29 mm	desconocido	Sí
M3E (12.29mm)	5280 x 3956	12.29 mm	desconocido	Sí
M3E (12.29mm)	5280 x 3956	12.29 mm	desconocido	Sí
M3E (12.29mm)	5280 x 3956	12.29 mm	desconocido	Sí

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

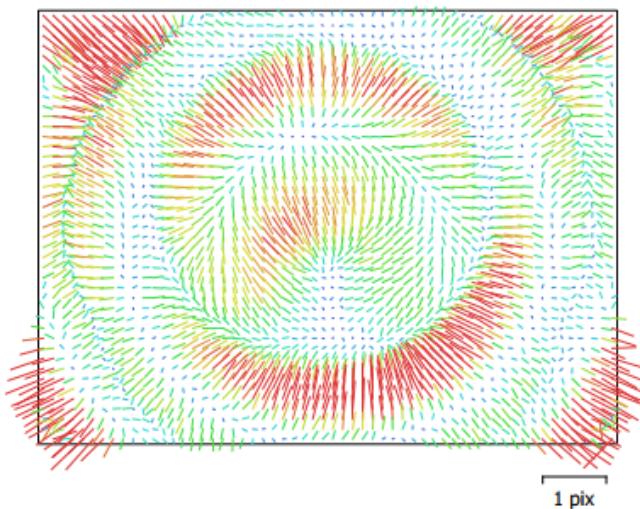


Fig. 2. Gráfico de residuales para M3E (12.29mm).

M3E (12.29mm)

369 imágenes, precalibrada

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	5280 x 3956	12.29 mm	desconocido

	Valor	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	3701.42	0.047	1.00	-0.02	-0.09	-0.06	0.06	-0.17	0.14	-0.10	0.08	-0.00	-0.01
Cx	0.875197	0.017		1.00	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.00	0.00	0.62	-0.00
Cy	-25.0412	0.015			1.00	0.00	0.02	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.51
B1	-0.265764	0.0031				1.00	-0.01	0.02	-0.02	0.01	-0.01	-0.01	0.03
B2	-0.0264876	0.0031					1.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.04	0.01
K1	0.0447004	4.4e-05						1.00	-0.98	0.94	-0.89	0.00	-0.01
K2	-0.214145	0.00024							1.00	-0.99	0.96	-0.00	0.01
K3	0.453206	0.00053								1.00	-0.99	0.00	-0.01
K4	-0.297698	0.00039									1.00	-0.00	0.01
P1	-3.22861e-05	1.2e-06										1.00	-0.01
P2	-0.00147304	9.6e-07											1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Orientaciones de cámaras

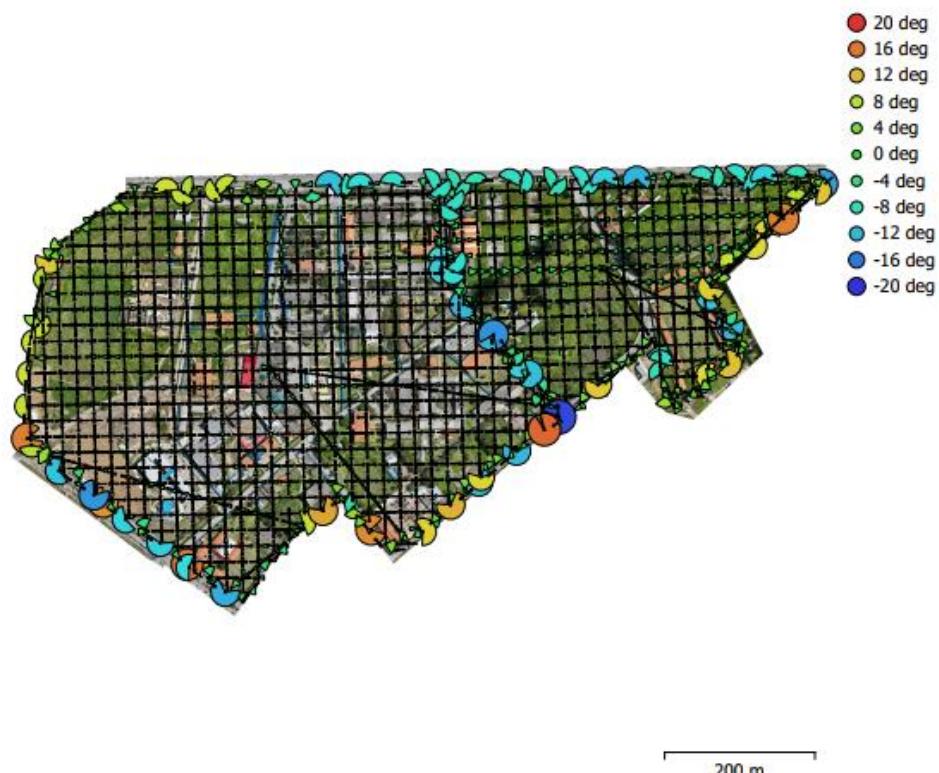


Fig. 7. Orientaciones de cámaras y estimaciones de errores.
Los arcos representan estimaciones de error en guíñada.

Error en guiñada (deg)	Error de Cabeceo (deg)	Error de alabeo (deg)	Error combinado (deg)
2.19966	0.217872	0.327761	2.23459

Tabla 7. Errores medios de las rotaciones de cámaras.

Puntos de control terrestre

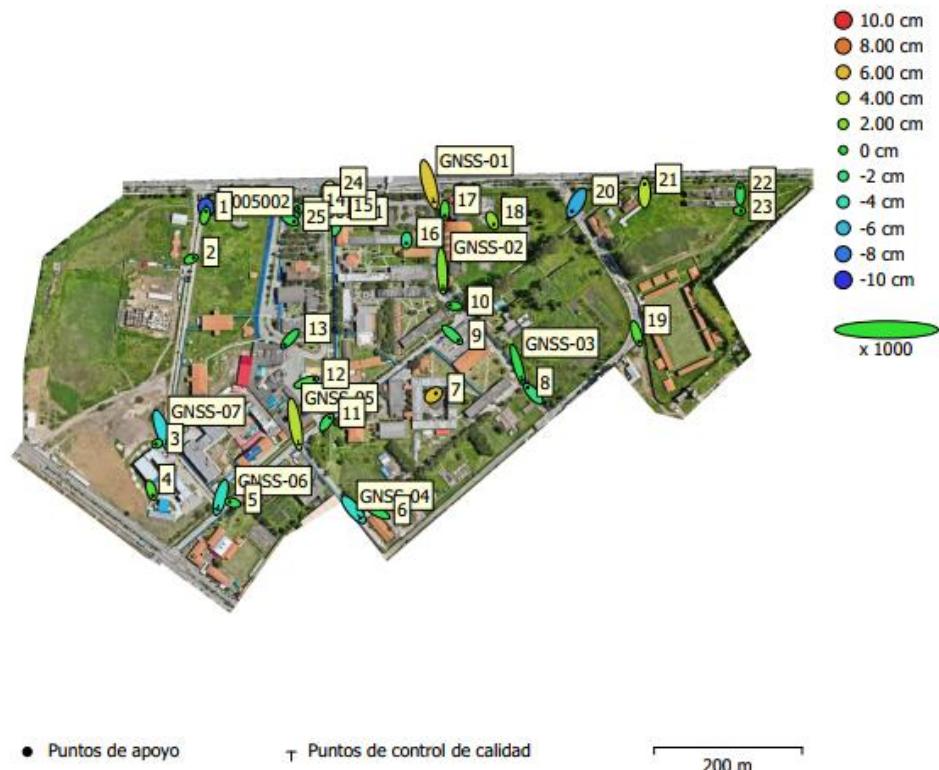


Fig. 8. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

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

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
26	1.0559	1.33378	2.37746	1.70114	2.92339

Tabla 8. ECM de puntos de apoyo.

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

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
8	1.14749	3.9903	4.85993	4.15201	6.39204

Tabla 9. ECM de puntos de control de calidad.

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

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
2005002	0.0360319	-0.383335	-8.66705	8.6756	0.350 (2)
GNSS-01	1.25689	-4.80646	5.67006	7.53866	0.173 (3)
GNSS-02	0.277775	-4.95896	2.19308	5.42937	0.398 (3)
GNSS-03	1.24965	-4.32867	-0.61027	4.54658	0.357 (3)
GNSS-04	1.95071	-2.32608	-4.45653	5.39227	0.196 (2)
GNSS-05	0.959766	-5.52112	3.83392	6.78991	0.383 (4)
GNSS-06	-0.912355	-3.24277	-3.92694	5.17386	0.240 (2)
GNSS-07	1.32481	-3.79383	-5.14992	6.53223	0.237 (2)
Total	1.14749	3.9903	4.85993	6.39204	0.315

Tabla 11. Puntos de control de calidad.

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

Modelo digital de elevaciones

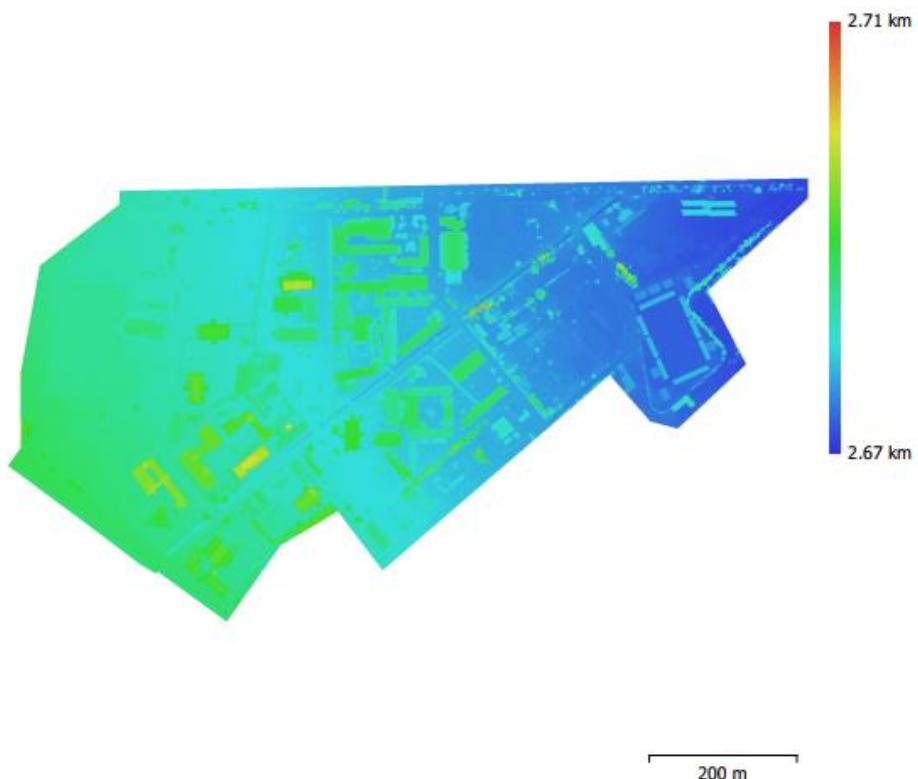


Fig. 9. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 3.28 cm/pix

Densidad de puntos: 927 puntos/m²

6.10. Anexo 10: Certificado de operatividad de Estación Total.

REDECOM PERÚ
TOPOGRAFIA & GEODESIA



AÑO: 2025

N.º Cert 000196



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

OTORGADO A: CONSTRUCTORS WORLD PERU S.R.L. RUC: 20611578718

EQUIPO: Estación Total SOUTH NAVI 2" FECHA DE EMISIÓN: 03/02/2025

SERIE: S146163 PROX. CALIBRACIÓN: 03/08/2025

REDECOM PERÚ E.I.R.L. CERTIFICA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DIN 18723, SEGUN LOS ESTANDARES INTERNACIONALES ESTABLECIDOS

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

PRECISIÓN ANGULAR: 2" (0.6 gon)	ALCANCE: 5000 m c/1 prisma S/P: 2000m
PRECISIÓN DE DISTANCIA: Preciso+: 2.0mm + 2.0ppm Preciso Rápido: 2.0mm + 2.0ppm	CAMPO DE VISION: 1° 30' ALCANCE COMPENSADOR: 1'

VERIFICACIÓN DEL EQUIPO

BASE

TORNILLOS: OK

NIVEL: OK

CONDICIONES FÍSICAS: OK

CALIBRACIÓN

HORIZONTAL: OK

VERTICAL: OK

APARIENCIA VISIBLE

COLOR: OK

LIMPIEZA: OK

RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN

NIVEL CIRCULAR: OK

COMPENSADOR: OK

ALINEACIÓN DE RETÍCULO: OK

RESULTADOS ANGULARES

ANGULOS	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISIÓN	RESULTADO
HORIZONTAL	180°00'00"	0°00'00"	179°59'59"	1"	+/- 2"
VERTICAL	360°00'00"	90°00'00"	269°59'59"	1"	+/- 2"

RESULTADO DISTANCIAS INCLINADAS

OBJETIVO	VALOR DEL PATRÓN	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISIÓN	RESULTADO
DIANA1	3.5052m	3.507m	1.8mm	+/- (2mm+2.0ppm)	OPERATIVO
MINIPRISMA01	3.7479m	3.747m	0.9mm	+/- (2mm+2.0ppm)	OPERATIVO
DIANA02	4.2458m	4.247m	1.2mm	+/- (2mm+2.0ppm)	OPERATIVO

CONDICIONES AMBIENTALES DE CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN

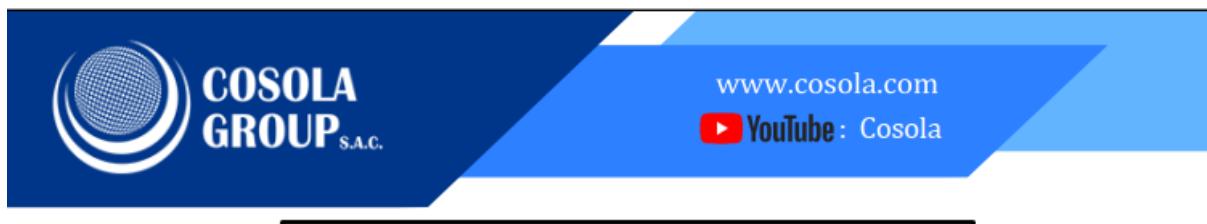
Lugar: Laboratorio Servicio Técnico de REDECOM PERÚ E.I.R.L.

Temperatura: Promedio de 20 grados C con variación de +/- 1.0 grados C. Humedad Relativa de 61% +/-1%.

TRAZABILIDAD DE LA VERIFICACIÓN

Equipo utilizado Colimador Marca SANWEIS con telescopios de doble retículo es enfocado a dos metros y al infinito. El grosor de sus brazos está dentro de 2" y consta 3 tubos: El tubo principal F550-H1 consta de 2 retículos en plataforma fija, 2 tubos verticales F550-V1 y F550-V2 constan de un solo retículo, con distancia de enfoque infinito y una distancia focal de 550mm, apertura efectiva de 63mm y 2° 30" de campo de visión, que es revisado periódicamente y calibrado con estación total Leica ts10 2" con serie 3318071, con certificado de calibración blue N°3318071-220826-1145 emitido por Leica Geosystems.

6.11. Anexo 11: Certificado de operatividad de equipos GNSS



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Mantenimiento general	Reparación	Operatividad OK	Garantía 1 año OK	NUEVO OK
-----------------------	------------	--------------------	----------------------	-------------

DATOS DEL EQUIPO

Nombre : GNSS DIFERENCIAL	Especificaciones de Precisión (RMS) 1 2 3	
Marca : CHCNAV	En tiempo Real	· Vertical: 5mm + 0.5 ppm RMS
Modelo : i89	cinemática (RTK)	· Horizontal: 2.5mm + 0.5 ppm RMS
Colectora Serie: 6410301674	Estática de Post-Procesamiento (PPK)	· Vertical: 5mm + 0.5 ppm RMS
Modelo No: HCE600		· Horizontal: 2.5mm + 0.5 ppm RMS
Receptor GNSS i89 serie: 4166083	<ul style="list-style-type: none"> · Tiempo de observación: Va de 4 a 30 minutos en función de la distancia entre los receptores y otros factores ambientales · Modelo de antena: CHC i89 	

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro. : 008-00425
Fecha : 08/04/2025

METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Los valores de rendimiento asumen un mínimo de 4 satélites, siguiendo los procedimientos recomendados en el manual del producto. La zona de elevada recepción múltiple, los valores alto del PDOP y los periodos de condiciones atmosférica extremas pueden afectar al rendimiento.

COSOLA GROUP S.A.C. bajo la acreditación de SGS ISO 9001-2008 certifica que el instrumento identificado ha sido verificado en concordancia con los procedimientos de verificación establecida por el fabricante.

OPERATIVIDAD Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Operatividad	Próxima Operatividad	Observación
08/04/2025		X	1 AÑO	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	RUC
COSOLA GROUP S.A.C.	CONSTRUCTORS WORLD PERU S.R.L.	20611578718
	Firma y Sello	





COSOLA
GROUP
S.A.C.

www.cosola.com

[YouTube](#) : Cosola

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Mantenimiento general OK	Reparación	Operatividad OK	Garantía 1 año OK	Nuevo
-----------------------------	------------	--------------------	----------------------	-------

DATOS DEL EQUIPO

Nombre : GNSS DIFERENCIAL	Especificaciones de Precisión (RMS) 1 2 3	
Marca : CHCNAV	En tiempo Real	· Vertical: 5mm + 0.5 ppm RMS
Modelo : i90	cinemática (RTK)	· Horizontal: 2.5mm + 0.5 ppm RMS
Colectora Serie: 6304300656	Estática de Post-	· Vertical: 5mm + 0.5 ppm RMS
Modelo No: HCE600	Procesamiento (PPK)	· Horizontal: 2.5mm + 0.5 ppm RMS
Receptor GNSS i90 serie: 3708037	<ul style="list-style-type: none"> · Tiempo de observación: Va de 4 a 30 minutos en función de la distancia entre los receptores y otros factores ambientales · Modelo de antena: CHC i90 	

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro. : 008-00425
Fecha : 08/04/2025

METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Los valores de rendimiento asumen un mínimo de 4 satélites, siguiendo los procedimientos recomendados en el manual del producto. La zona de elevada recepción múltiple, los valores alto del PDOP y los periodos de condiciones atmosférica extremas pueden afectar al rendimiento.

COSOLA GROUP S.A.C. bajo la acreditación de SGS ISO 9001-2008 certifica que el instrumento identificado ha sido verificado en concordancia con los procedimientos de verificación establecida por el fabricante.

OPERATIVIDAD Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Operatividad	Próxima Operatividad	Observación
08/04/2025		X	1 AÑO	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	RUC
COSOLA GROUP S.A.C.	CONSTRUCTORS WORLD PERU S.R.L.	20611578718
	Firma y Sello	

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Mantenimiento general OK	Reparación	Operatividad OK	Garantía 1 año OK	Nuevo
-----------------------------	------------	--------------------	----------------------	-------

DATOS DEL EQUIPO

Nombre : GNSS DIFERENCIAL	Especificaciones de Precisión (RMS) 1 2 3	
Marca : CHCNAV	En tiempo Real	· Vertical: 5mm + 0.5 ppm RMS
Modelo : i90	cinemática (RTK)	· Horizontal: 2.5mm + 0.5 ppm RMS
Colectora Serie: 6304300656	Estática de Post-	· Vertical: 5mm + 0.5 ppm RMS
Modelo No: HCE600	Procesamiento (PPK)	· Horizontal: 2.5mm + 0.5 ppm RMS
Receptor GNSS i90 serie: 3708067	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de observación: Va de 4 a 30 minutos en función de la distancia entre los receptores y otros factores ambientales Modelo de antena: CHC i90 	

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro. : 008-00425
 Fecha : 08/04/2025

METODOLOGIA APlicada y TRAZABILIDAD de los PATRONES

Los valores de rendimiento asumen un mínimo de 4 satélites, siguiendo los procedimientos recomendados en el manual del producto. La zona de elevada recepción múltiple, los valores alto del PDOP y los periodos de condiciones atmosférica extremas pueden afectar al rendimiento.

COSOLA GROUP S.A.C. bajo la acreditación de SGS ISO 9001-2008 certifica que el instrumento identificado ha sido verificado en concordancia con los procedimientos de verificación establecida por el fabricante.

OPERATIVIDAD Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Operatividad	Próxima Operatividad	Observación
08/04/2025		X	1 AÑO	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	RUC
COSOLA GROUP S.A.C.	CONSTRUCTORS WORLD PERU S.R.L.	20611578718
	Firma y Sello	



6.12. Anexo 11: Certificado de operatividad de dron



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD No: 1056

OTORGADO A : CONSTRUCTORS WORLD PERU S.R.L
EQUIPO : MAVIC 3 ENTERPRISE
MARCA : DJI
NÚMERO DE SERIE : 1581F5FHC245B00D
NO DE CERTIFICADO : 1056
FECHA DE EMISIÓN : 17-09-2024
FECHA DE VENCIMIENTO : 18-09-2025

CARACTERÍSTICAS DEL DRONE:

DESCRIPCIÓN: RESULTADO:

MÓDULO RTK	: OPERATIVO
CONTROL DE VUELO	: OPERATIVO
NAVEGACIÓN VISUAL	: OPERATIVO
CONTROL REMOTO	: OPERATIVO
TRANSMISIÓN DE IMAGEN	: OPERATIVO
BATERÍAS DE LA AERONAVE	: OPERATIVO
GIMBAL	: OPERATIVO

SENSOR DE LA AERONAVE:

IDJI MAVIC 3 E. CMOS 4/3; 20 MP : OPERATIVO

APLICATIVO DE VUELO (SOFTWARE):

DJI PILOT 2 : OPERATIVO



- LAS PRUEBAS, TESTEO, MANTENIMIENTO, AJUSTE Y CONFIGURACIÓN CORRESPONDEN A LA FECHA DE EMISIÓN DE ESTE DOCUMENTO. EL USUARIO ES EL RESPONSABLE DEL CUIDADO, CONSERVACIÓN Y CONTROL DEL PRODUCTO. LINELCON SAC, NO SE HACE RESPONSABLE DE LOS HECHOS OCURRIDOS POSTERIOR A SU ENTREGA.
- SE EXPIDE EL PRESENTE CERTIFICADO A SOLICITUD DE LA PARTE INTERESADA, PARA LOS FINES QUE ESTIME CONVENIENTE.

Arequipa, 17 de setiembre del 2024



José A. Rojas López
Soporte Técnico
Responsable



Gerente General
LINELCON SAC
RUC 20559080366

Calle Alfonso Ugarte 304
Arequipa - Perú
Fono - (54) 209415
comercializacion@linelcon.com.pe
www.linelcon.com.pe

6.13. Anexo 11: Plano topográfico y de ubicación

