



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA



**“GRADO DE PRECISIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL ROBÓTICA
Y EL POSICIONAMIENTO GEODÉSICO EN EL
ESTABLECIMIENTO DE LA POLIGONAL ABIERTA, RUTA
PU1093 TRAMO 38+000 - 43+000 VENTILLA, PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. DONY OMAR ORDOÑO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

GRADO DE PRECISI3N DE LA ESTACI3N
TOTAL ROB3TICA Y EL POSICIONAMIENT
TO GEOD3SICO EN EL ESTABLECIMIENT

AUTOR

DONY OMAR ORDOÑO MAMANI

RECUESTO DE PALABRAS

15067 Words

RECUESTO DE CARACTERES

88572 Characters

RECUESTO DE PÁGINAS

103 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

8.7MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 22, 2024 3:14 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 22, 2024 3:15 PM GMT-5


● 14% de similitud general


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

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros

● Excluir del Reporte de Similitud

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


Dr. Jorge Luis Araste Vellas
Director de tesis


Dr. Luis Alberto Mamani Huamani
Sub director de contenidos de
INVESTIGACION EPID.

Resumen



DEDICATORIA

A Dios por guiarme en el camino adecuado, por darme salud y todas las bendiciones recibidas.

A mis padres, Edgar Raúl Ordoño Palomino y Marcela Mamani Paquita, a quienes les debo más que la vida, gracias por su amor, cariño y apoyo constante. quienes me han brindado todo lo que estuvo a su alcance, por inculcarme buenos valores, por su apoyo incondicional.

A mi hermano, Joel Rene, por su gran apoyo, motivación, por compartir una infancia feliz y las alegrías que nunca olvidare.

Omar Ordoño



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano por permitirme culminar mi formación profesional, a cada uno de los integrantes de la familia topográfica y demás que directa o indirectamente han colaborado para la realización de esta investigación.

A los miembros del jurado: Dr. Fausto Alan Lazarte Velarde, Ing. William Fredy Condori Canahua, Ing. Víctor Raúl Banegas Layme y asesor: Dr. Jorge Luis Aroste Villa por su acertada dirección y orientación brindada durante el proceso de ejecución de la presente investigación.

A cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, por los conocimientos transmitidos día a día en procura de mi formación profesional.

Al Ing. Juan Carlos Serruto Flores, gran amigo y compañero, por su apoyo incondicional durante el proceso de ejecución de esta investigación.

Omar Ordoño



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE ACRONIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 16

1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN..... 17

1.2.1. Pregunta general..... 17

1.2.2. Preguntas específicas. 17

1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN..... 18

1.3.1. Hipótesis Nula..... 18

1.3.2. Hipótesis Alternativa..... 18

1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN 18

1.4.1. Objetivo general. 18

1.4.2. Objetivos específicos. 18

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES 20



2.1.1.	Nacional	20
2.1.2.	Internacional.....	22
2.2.	MARCO TEÓRICO	24
2.2.1.	Topografía	24
2.2.2.	Planimetría	25
2.2.3.	Estación Total Robótica	26
2.2.4.	Acimut.....	26
2.2.5.	Rumbos	27
2.2.6.	Geodesia.....	27
2.2.7.	Georreferencia.....	28
2.2.8.	Poligonales	28
2.2.9.	Puntos de control.....	30
2.2.10.	Medición de ángulos y distancias.....	30
2.2.11.	Errores	31
2.2.12.	Medición electrónica	32
2.2.13.	Relación de altitud y presión atmosférica	32
2.2.14.	Métodos de ajuste	33
2.2.15.	Cierre lineal	34
2.2.16.	Precisión de poligonales	34
2.2.17.	Uso y aplicación de receptores GNSS.....	35
2.2.18.	El GPS	35
2.2.19.	Receptores GNSS	36
2.2.20.	Postproceso.....	36
2.2.21.	Método Cinemático	36
2.2.22.	Sistema de coordenadas.....	38



2.2.23.	Datum WGS84	44
2.2.24.	Clasificación de puntos geodésicos	44
2.2.25.	Puntos de apoyo o puntos de control auxiliares	46

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	ÁMBITO DE ESTUDIO	47
3.1.1.	Ubicación	47
3.2.	PROCEDIMIENTO.....	48
3.2.1.	Planificación.....	48
3.2.2.	Trabajo de campo	49
3.2.3.	Post procesamiento.....	49
3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	49
3.3.1.	Software	49
3.3.2.	Equipos e instrumentos	50
3.3.3.	Nivel de investigación.....	50
3.3.4.	Diseño de investigación.	50
3.3.5.	Enfoque de investigación.	50
3.3.6.	Ámbito de la investigación.....	50
3.3.7.	Población y muestra.	51
3.4.	PRECISIÓN ANGULAR Y LINEAL	51
3.4.1.	Posicionamiento geodésico	51
3.4.2.	Estación total robótica.....	55
3.5.	DIFERENCIA DE TIEMPOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA P OLIGONAL ABIERTA	57
3.5.1.	Posicionamiento geodésico GNSS	57



3.5.2.	Estación total robótica.....	58
3.6.	DIFERENCIA DE COSTOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA POLIGONAL ABIERTA	59
3.6.1.	Posicionamiento geodésico GNSS	59
3.6.2.	Estación total robótica.....	60
3.7.	AJUSTE DE POLIGONAL	60
3.8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	62
3.8.1.	Análisis estadístico.....	62
3.8.2.	Prueba de hipótesis.....	64
CAPITULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	PRECISIÓN ANGULAR Y LINEAL	65
4.1.1.	Posicionamiento geodésico	65
4.1.2.	Estación total robótica.....	65
4.1.3.	Conjetura	66
4.2.	DIFERENCIA DE TIEMPOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA POLIGONAL ABIERTA	67
4.2.1.	Posicionamiento geodésico GNSS	67
4.2.2.	Estación total robótica.....	68
4.2.3.	Conjetura	68
4.3.	DIFERENCIA DE COSTOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA POLIGONAL ABIERTA	68
4.3.1.	Posicionamiento geodésico	68
4.3.2.	Estación total robótica.....	69
4.3.3.	Conjetura	69



4.4.	AJUSTE DE POLIGONAL	69
4.4.1.	Conjetura	70
4.5.	PRUEBA DE HIPÓTESIS.	71
4.5.1.	T de Student	71
4.5.2.	Conclusión Hipótesis estadística.....	72
4.5.3.	Conclusión Hipótesis de investigación	73
4.6.	DISCUSIÓN	73
V.	CONCLUSIONES	74
VI.	RECOMENDACIONES	75
VII.	REFERENCIAS.....	76
VIII.	ANEXOS.....	82

Área : Ciencias Naturales

Línea de investigación : Topografía, Geodesia, Cartografía y Catastro

Puno, 30 de enero de 2024



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proyección de la distancia (d) sobre los ejes X (ΔX) e Y (ΔY).	25
Figura 2 Medición del azimut.....	26
Figura 3 Rumbos.....	27
Figura 4 Elementos de una poligonal abierta	29
Figura 5 Coordenadas cartesianas	38
Figura 6 Sistema de coordenadas esféricas.	39
Figura 7 Sistema de coordenadas geográficas	40
Figura 8 Coordenadas Geográficas.....	41
Figura 9 Sistema de coordenadas UTM.....	42
Figura 10 Ubicación del ámbito de estudio	47
Figura 11 Desarrollo metodológico	48
Figura 12 Líneas base	51
Figura 13 Reporte de posicionamiento	52
Figura 14 Reporte de Posicionamiento geodésico.....	52
Figura 15 Ficha Procesamiento PPP.....	53
Figura 16 Reporte de Posicionamiento geodésico.....	54
Figura 17 Procesamiento de datos estación total.....	55
Figura 18 Grafico de diferencias estadísticas	72
Figura 19 Monumentación de puntos de control geodésico	82
Figura 20 Posicionamiento geodésico (PUN01337).....	82
Figura 21 Toma de medidas de equipo GNSS (PUN01337).....	83
Figura 22 Posicionamiento geodésico (PUN01336).....	83
Figura 23 Estación total robótica (PUN01337)	84
Figura 24 Estación total robótica (BM-05).....	84



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación de conectividad	44
Tabla 2 Relación de distancias.....	45
Tabla 3 Datos Recopilados posicionamiento geodésico	55
Tabla 4 Resumen de datos recopilados estación total robótica.....	56
Tabla 5 Procesamiento de datos estación total robótica	56
Tabla 6 Cálculo de coordenadas	57
Tabla 7 Tiempos de ejecución en el posicionamiento geodésico	58
Tabla 8 Tiempos de ejecución en estación total robótica	58
Tabla 9 Costos de ejecución del posicionamiento geodésico	59
Tabla 10 Costos en ejecución con estación total robótica	60
Tabla 11 Puntos de control para ajuste de poligonal	60
Tabla 12 Datos para ajuste de poligonal.....	61
Tabla 13 Ángulos ajustados	61
Tabla 14 Distancias ajustadas	62
Tabla 15 Cuadro de coordenadas y diferencias de coordenadas.....	63
Tabla 16 Prueba de normalidad para las diferencias	63
Tabla 17 Datos Recopilados	65
Tabla 18 Cálculo de coordenadas	65
Tabla 19 Resumen de tiempos	68
Tabla 20 Resumen de costos.....	69
Tabla 21 Diferencia entre datos recopilados.....	69
Tabla 22 Diferencia datos recopilados y datos ajustados	70
Tabla 23 Diferencia entre resultados recopilados y datos ajustados.....	70
Tabla 24 Prueba T para muestras independientes.....	71



INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado de operatividad Receptor GNSS Trimble R8S	85
Anexo 2. Certificado de operatividad Receptor GNSS Trimble R8S	86
Anexo 3. Especificaciones técnicas Receptor GNSS Trimble R8S	87
Anexo 4. Certificado de operatividad Receptor GNSS Trimble NET R9	89
Anexo 5. Especificaciones Técnicas Receptor GNSS Trimble NET R9	90
Anexo 6. Certificado de calibración estación total robótica Trimble S7	92
Anexo 7. Especificaciones técnicas estación total robótica Trimble S7	93
Anexo 8. Solicitud de códigos para puntos geodésicos	97
Anexo 9. Uso de Software con licencia gratuita por tiempo de prueba.	98
Anexo 10. Plano de ubicación y distribución de puntos	99
Anexo 11. Ficha datos punto PUN01336	100
Anexo 12. Ficha datos punto PUN01337	101
Anexo 13. Declaración Jurada de Autenticidad de Tesis	102
Anexo 14. Autorización para el deposito de tesis o trabajo de investigación	103



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- BM:** Benchmark (Punto de referencia).
- ERP:** Estaciones de rastreo permanente.
- GNSS:** Global Navigation Satellite System (Sistema Satelital de Navegación Global).
- GPS:** Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global).
- IGN:** Instituto Geográfico Nacional.
- RTK:** Real Time Kinematic (Cinemático en Tiempo Real).
- RGN:** Red Geodésica Nacional.
- UTM:** Universal Transversal de Mercator (Sistema de Coordenadas Universal).
- WGS84:** World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial 1984).
- DOP:** Dilution Of Precision (Dilución de la precisión)
- GDOP:** Geometric Dilution Of Precision (Dilución geométrica de la precisión)
- NAVSTAR:** Navigation System with Time and Ranking (Sistema de navegación en tiempo y distancia)
- PDOP:** Position Dilution of Precision (Dilución de la precisión en la posición)
- RMS:** Root mean square (Error medio cuadrático)
- REGGEN:** Red Geodésica Geocéntrica Nacional
- REGPMOC:** Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo



RESUMEN

El proyecto de investigación tiene como objetivos el determinar el grado de precisión de la estación total robótica en el establecimiento de una poligonal abierta así también analizar las diferencias de tiempos, diferencia de costos y el ajuste de los datos de la poligonal. El estudio corresponde al método de investigación cuantitativa, nivel descriptivo, técnica observación. Se hizo uso de un receptor GNSS Trimble S8s, NetR9 y una estación total robótica Trimble S7, los resultados que estos equipos proveen son ángulos, distancias, coordenadas y temporalidad, datos que nos permiten evaluar los objetivos establecidos para el presente proyecto. Para la recolección de datos se realizaron las mediciones con el posicionamiento geodésico cumpliendo la normativa vigente regulada por el IGN, posteriormente se realizó el trabajo de campo correspondiente al establecimiento de poligonal mediante el uso de la estación total robótica para lo cual se dio uso a los puntos de la primera actividad, para el postproceso en ambos caso se realizó mediante el software Trimble Business Center, como parte de los resultados se encontró un error angular de $0^{\circ}0'06.86''$ y un error lineal 0.0150m también se obtuvo las diferencias entre máxima entre coordenadas (este: 0.032m y norte: 0.052m), se analizaron también las diferencias entre el tiempos de ejecución siendo el procedimiento más rápido el del posicionamiento geodésicos y costos de ejecución siendo el más económico el uso de la estación total robótica, Se realizó la prueba estadística t de Student dando una significancia $0.205 > 0.05$ por lo que se opta por la hipótesis nula, por tanto se concluye que no se existen diferencias significativas en las coordenadas resultantes.

Palabras Clave: Diferencia de costo, Diferencia de tiempo, Estación total robótica, Precisión, Poligonal abierta, Posicionamiento geodésico.



ABSTRACT

The objectives of the research project are to determine the degree of precision of the robotic total station in establishing an open traverse as well as to analyze the time differences, cost differences and the adjustment of the traverse data. The study corresponds to the quantitative research method, descriptive level, observation technique. A Trimble S8s, NetR9 GNSS receiver and a Trimble S7 robotic total station were used. The results that these devices provide are angles, distances, coordinates and temporality, data that allow us to evaluate the objectives established for this project. For data collection, measurements were carried out with geodetic positioning in compliance with current regulations regulated by the IGN, subsequently the field work corresponding to the establishment of polygonal was carried out through the use of the robotic total station for which the points of the first activity, for the post-processing in both cases it was carried out using the Trimble Business Center software, as part of the results an angular error of $0^{\circ}0'06.86''$ and a linear error of 0.0150m were found, the differences were also obtained between maximum between coordinates (east: 0.032m and north: 0.052m), the differences between the execution times were also analyzed, with the fastest procedure being that of geodetic positioning and execution costs, the use of the robotic total station being the most economical, The Student's t statistical test was carried out, giving a significance of $0.205 > 0.05$, so the null hypothesis was chosen, therefore it was concluded that there were no significant differences in the resulting coordinates.

Keywords: Cost difference, Time difference, Robotic total station, Precision, Open traverse, Geodetic positioning.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La topografía no se ha quedado relegado con respecto a los avances tecnológicos, cada día aparecen equipos que facilitan los trabajos de la topografía y por ende estos tienen impacto en la parte de los procesos de compensación, en el ámbito económico y el rendimiento, uno de estos equipos son las estaciones totales robóticas como también las estaciones GNSS que nos permiten tener data más precisa con una menor cantidad de esfuerzo, sin embargo los costos y los tiempos que se necesitan para conseguir o determinar las coordenadas finales con el uso de estaciones GNSS nos genera gastos elevados, así también los proyectos de gran envergadura necesitan obtener datos precisos en menores tiempos y costos, por ello una alternativa es el uso de la estación Total Robótica, que posee la característica principal el ser operada con una mayor facilidad así mismo requiriendo menor cantidad de personal (Silva et al., 2021).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el ámbito internacional, Jimenez et al., (2019) refiere que los errores derivados de la intervención humana en procesos como registro, anotación, transferencia de información y almacenamiento, son problemas frecuentes que no se puede dejar de lado, es por ello que se deben conocer las ventajas que nos ofrecen las nuevas tecnologías, que nos brindan aportes importantes como rapidez, precisión, eliminación de errores.

En el ámbito nacional De la Cruz, (2021) expresa que el establecimiento de poligonales en la fase inicial de la topografía, con el fin de supervisar y contar con un control durante la construcción de carreteras, posibilitará la corrección y prevención de deficiencias en el control topográfico, evitando así los errores más habituales. Por otro lado en Chávez, (2021) nos señala que, resulta imperativo tener un conocimiento preciso



de las coordenadas absolutas en la superficie terrestre para llevar a cabo, supervisar y controlar proyectos de ingeniería. A pesar de ello, la mayoría de los proyectos enfrentan desafíos al llevar a cabo el replanteo de proyectos viales debido a la carencia de una obtención adecuada de puntos de control. Este problema conduce a la falta de concordancia en las coordenadas y detalles durante la fase de ejecución, lo que genera discrepancias notables con respecto al replanteo topográfico inicial.

Por todo expuesto, el uso de la estación total robótica en proyectos topográficos y establecimientos de poligonales abiertas genera las siguientes interrogantes:

1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Pregunta general.

- ¿Qué tan precisos serán los datos de la estación total robótica con respecto al posicionamiento geodésico en el establecimiento de la poligonal abierta en la ruta PU1093 tramo 38+000 a 43+000 Ventilla – Puno?

1.2.2. Preguntas específicas.

- ¿Cuál será la precisión angular y lineal obtenidas en la poligonal abierta con el uso de la estación total robótica en la ruta PU1093 tramo 38+000 a 43+000 Ventilla – Puno?
- ¿Cuál será la diferencia en tiempos en la obtención de datos de la poligonal abierta con el uso de la estación total robótica y el posicionamiento geodésico en la ruta PU1093 tramo 38+000 a 43+000 Ventilla – Puno?
- ¿Cuál será la diferencia con respecto al costo en la obtención de los datos de la poligonal abierta con el uso de la estación total robótica y el posicionamiento geodésico en la ruta PU1093 tramo 38+000 a 43+000 Ventilla – Puno?



- ¿Se podrá mejorar la precisión en la poligonal abierta establecida con el uso de la estación total robótica, en la ruta PU1093 tramo 38+000 a 43+000 Ventilla – Puno?

1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis Nula

- No existe diferencia significativa entre los datos obtenidos entre la estación total robótica y los datos obtenidos mediante el posicionamiento geodésico en el establecimiento de la poligonal abierta.

1.3.2. Hipótesis Alterna

- Existe diferencia significativa entre los datos obtenidos entre la estación total robótica y los datos obtenidos mediante el posicionamiento geodésico en el establecimiento de la poligonal abierta.

1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general.

- Determinar el grado de precisión de la estación total robótica y el posicionamiento geodésico en el establecimiento de la poligonal abierta, ruta PU1093 tramo 38+000 - 43+000 ventilla, Puno

1.4.2. Objetivos específicos.

- Comprobar la precisión angular y lineal en la poligonal abierta con el uso de la estación total robótica en contraste con el posicionamiento geodésico.
- Establecer la diferencia en tiempos en la obtención de datos de la poligonal abierta con el uso de la estación total robótica y el posicionamiento geodésico.



- Establecer la diferencia de costos en la obtención de los datos de la poligonal abierta con el uso de la estación total robótica y el posicionamiento geodésico.
- Mejorar la precisión en la poligonal abierta, establecida haciendo uso de la estación total robótica.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Nacional

Ochoa, (2021) encontró en sus análisis que la estación total posee un porcentaje de error máximo de ± 0.08 m y una fiabilidad de 0.60 a 1.00 y en el GPS diferencial obtuvo como resultados un porcentaje de error máximo de ± 0.96 m una fiabilidad de 0.10 a 0.80.

Se conocen diversos criterios respecto al control de parámetros en el diseño geométrico de carreteras mediante la creación de poligonales, destacando la necesidad imperativa de contar con una poligonal precisa. Esta última desempeñará un papel crucial como soporte para lograr un control más efectivo durante las fases de construcción, control y replanteo. La ausencia de una poligonal suele resultar en complicaciones durante la ejecución de obras. El resultado de las coordenadas resultantes y compensadas son diferentes de las coordenadas no compensadas en este = 0.2663 y norte = 0.3099 (De la Cruz, 2021, p.91).

Sobre la precisión, Zevallos, (2021) menciona en sus conclusiones que la obtención de datos topográficos con estación total y con un Unmanned Aerial Vehicle (UAV) denominado dron es de 0.02mm. El autor sostiene que la ingeniería no puede progresar si se basa en conocimientos obsoletos, sino que debe avanzar al ritmo de los nuevos descubrimientos tecnológicos aplicados a cada especialidad. Esta afirmación se puede fácilmente respaldar mediante la aplicación de instrumentos y metodologías más recientes. De esta manera, se



demuestra que la utilización de tecnologías modernas en la elaboración de trabajos topográficos proporciona mejores oportunidades y una mayor calidad en el producto final. (p.98).

Urteaga, (2018) hace hincapié en la importancia y la necesidad de la recolección de datos de manera adecuada, de tal manera que los procesos sean los óptimos para lograr una recopilación de datos exitosa, así también los softwares utilizados para el procesamiento de datos. Por lo que concluye que, en la evaluación técnica y económica del levantamiento topográfico, el Dron resultó ser la mejor alternativa en relación con la precisión, tiempo y costo, siguiéndole la Estación total y por último el GPS diferencial” (p. 10). Como resultado final nos indica que no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos. (p. 145).

Por otro lado Salinas, (2020) evidencia que los puntos geodésicos tienen una influencia en el proceso de replanteo topográfico, puesto que los puntos geodésicos poseen una precisión más aceptable porque los datos que poseen son datos georreferenciados apoyados por una estación de rastreo permanente (ERP) y el proceso de certificación y validación de los datos, por parte del Instituto Geográfico Nacional (IGN), todo lo mencionado anteriormente basado en la norma técnica de geodésica del Perú establecida por el IGN, donde se obtuvo variación entre 2.0 a 2.5 metros en orientaciones del replanteo topográfico.

Mientras tanto Acero & Serruto, (2018) con referencia a la importancia de los receptores GNSS nos mencionan lo siguiente “Los sistemas satelital de navegación global tienen cada vez más un rol protagónico en las diferentes aplicaciones tanto prácticas y científicas, y son cada vez más comunes en el



ámbito ingenieril, por lo que nos permite calcular las coordenadas latitud, longitud y altura sobre el elipsoide de referencia” (p.14)

2.1.2. Internacional

Rodríguez & Gil, (2020) Tuvieron como principal objetivo fijar la metodología para el levantamiento topográfico requerido, para establecer el flujo de trabajo, y finalmente, mostrar la documentación gráfica obtenida para esto se hizo uso de una estación total robótica y Drone, habiendo obtenido un resultado satisfactorio.

De acuerdo a las conclusiones de Jimenez et al. (2019) nos presentan lo siguiente: Las coordenadas obtenidas en el levantamiento de la bóveda en la Universidad de El Salvador, las coordenadas obtenidas con la estación total respecto a las obtenidas con GPS en técnica RTK presentan desviaciones que varían en un rango de 1.00cm a 3.50cm; así también el comparativo entre estación total y Dron presentan desviaciones que varían en un rango de 1.00cm a 5.00cm. dado que el empleo de la estación total implica más posibles errores, los resultados son satisfactorios en ambas situaciones, ya que muestran escasa variación entre ellas. (p. 134)

González, (2021) en su tesis nos hace referencia a los trabajos realizados previo el procesamiento de GNSS, el procedimiento es utilizado para determinar la ubicación del área de estudio y ver si estaba libre de obstrucciones como factores ambientales (ruido ambiental), de esta forma, se incrementa la fiabilidad de los datos y la precisión de los mismos, haciendo uso óptimo de la recepción de varios satélites y obtener datos de eficiencia, el proceso de monumentación y proceso también de los datos recolectados. La precisión en los procesos de cálculo



de los vértices GNSS, se encuentran en los parámetros establecidos en la NS-030 v.5.2 de la EAAB-ESP, la georreferenciación del proyecto queda establecida en las coordenadas Planas Cartesianas de origen en Bogotá, éstas se encuentran referidas al Sistema Magna Sirgas. (p. 41)

Quezada, (2022) en su tesis nos hace referencia a la comparación, las ventajas y desventajas, el uso de tecnológicas de última generación, para obtener datos de campo con una mayor facilidad, precisión y eliminación de errores durante los procesos topográficos y el almacenamiento de información, considerando diversos factores como son, personal, influencia del ruido ambiental (clima, precipitación, vientos, presión atmosférica, entre otros); esto conjugando la topografía y la selección del método a utilizar y de sus resultados se rescata lo siguiente: Las desviaciones entre los puntos analizados fueron centimétricas, por lo tanto, los dos métodos de levantamiento topográfico tienen una buena precisión. La estación total tiene una precisión de 5 segundos, mientras que la aerofotogrametría con sistema RTK alcanza una precisión del GSD que es 2,64 centímetros en X-Y y tres veces el GSD para Z (p. 115)

La topografía nos habla de manera general de la configuración del territorio y hace referencia al lugar y la descripción del mismo, es por ello que día a día se hace más necesaria la precisión con respecto a la geolocalización y/o georreferenciación, Da Silva, (2018) nos sugiere que: Cuando existe una aproximación de la medida en relación con el verdadero valor que se desea obtener, se tiene la exactitud. Los errores suelen presentarse de manera aleatoria, sistemática, según sea su origen. Conocer la propagación de errores es de extrema importancia para determinar la implicancia de los mismo. Estos pueden ser evitados mediante la aplicación de técnicas específicas de medición o por



aplicaciones de fórmulas matemáticas. (p. 8) “Del cálculo de la ley de propagación del error se obtuvo lo siguientes resultados. $X_{M2} = 1.056,4885 \text{ m} \pm 0,017$; $Y_{M2} = 1.100,7823 \text{ m} \pm 0,0058$ " (p. 28)

Es bien sabido que la georreferenciación es parte importante para muchos procesos ingenieriles es por ello por lo que Cascón et al., (2018) nos dicen lo siguiente: El uso moderno de tecnologías de georreferenciación y geolocalización ha revolucionado la forma en que se presenta, comparte y se hace accesible al público la información cartográfica y fotográfica almacenada en archivos, bibliotecas, cartotecas, museos, institutos geográficos y demás instituciones similares.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Topografía

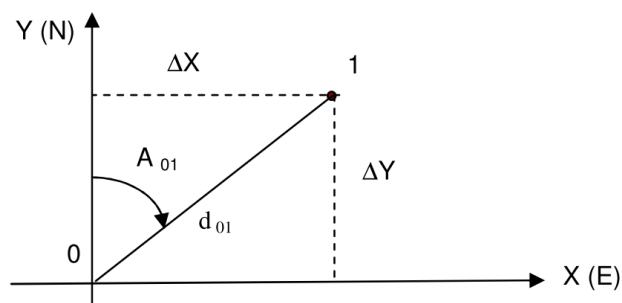
Abordando un poco de la historia de la topografía y sus principios, desde un principio la humanidad ha tenido la necesidad de conocer el medio en el que vive, lo que lo rodea y el entorno en el cual puede desenvolverse, esto a debido a diversas aplicaciones del conocimiento como pueden ser de supervivencia, orientación, seguridad, guerras, navegación, construcción, etc. En un principio, la representación gráfica del espacio era muy básica, esta se basaba en la observación y descripción del entorno. Así mismo cabe señalar que algunos historiadores hacen referencia a prácticas que originaban de esta necesidad es decir que el hombre ya estaba haciendo mapas incluso antes de que desarrollara la escritura. Con el pasar del tiempo, surgieron nuevas técnicas, así como equipos de medición los que facilitaron la obtención de datos para su posterior representación de manera precisa. (Koenig et al., 2012)

2.2.2. Planimetría

La planimetría tiene como fundamento básico la medición de distancias y ángulos horizontales para determinar la posición relativa de puntos en el plano horizontal. Para la determinación de estos se requiere de instrumentos de precisión como estaciones totales, teodolitos y equipos de medición electrónicos que nos permitan medir ángulos y distancias. (Koenig et al., 2012). La planimetría se utiliza para crear mapas y planos topográficos, trazar límites de terrenos, calcular áreas y distancias, y realizar diseños y trazados de proyectos de ingeniería y construcción. Las proyecciones planas se obtienen en función de la distancia entre los vértices de un alineamiento y el acimut o rumbo, norte magnético o norte geográfico (Figura 1).

Figura 1

Proyección de la distancia (d) sobre los ejes X (ΔX) e Y (ΔY).



Nota: Recopilado de (Koenig et al., 2012) De una forma más sencilla se puede decir que la proyección “X” es la representación de la distancia entre los dos vértices del alineamiento en el eje de abscisas y la proyección “Y” es la representación de la misma distancia en el eje de ordenadas.

2.2.3. Estación Total Robótica

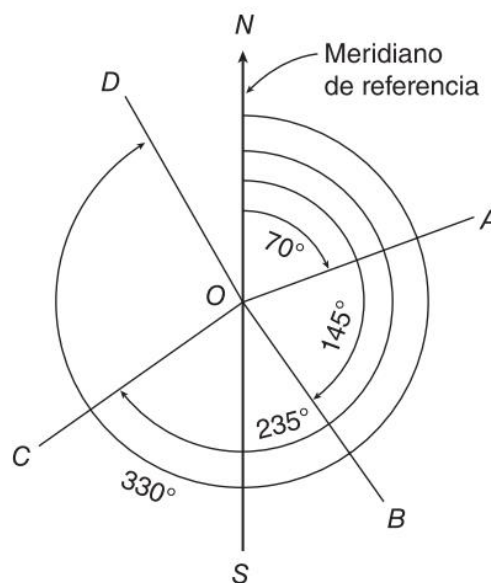
La estación total robótica es un equipo que nos permiten obtener una precisión casi perfecta, El sistema comprende de una estación con un servo motor de rastreo y una unidad de control remoto de posicionamiento que dirige la estación total como un dispositivo para recopilar y emitir datos. Tanto la estación total como la unidad de control remoto están enlazadas mediante ondas de radio, permitiendo así realizar trabajos incluso en condiciones de baja iluminación. (Cruz, 2008)

2.2.4. Acimut

El acimut se refiere al ángulo medido en sentido horario entre una línea de referencia (como el norte geográfico o magnético) y la dirección de un punto o una línea (Figura 2). El acimut se expresa en grados, minutos y segundos, y puede variar de 0° a 360° . Por ejemplo, un acimut de 90° indica una dirección hacia el este, mientras que un acimut de 180° apunta hacia el sur. (Blandón et al., 2021)

Figura 2

Medición del azimut



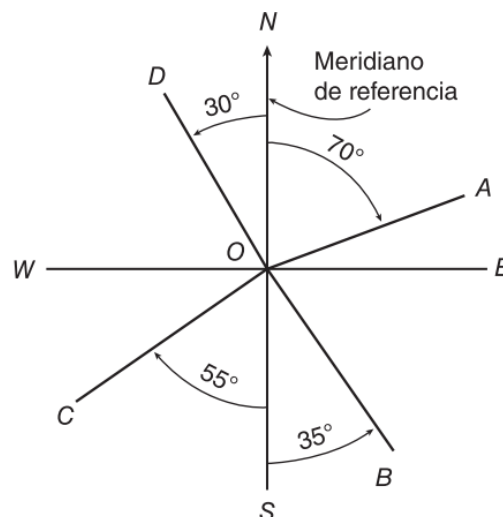
Nota: Recopilado de (Wolf & Ghilani, 2016) el vértice A tiene un azimut de 70° , el vértice B tiene un azimut de 145° , el vértice C un azimut de 235° , el vértice D tiene un azimut de 330° .

2.2.5. Rumbos

El rumbo, por otro lado, se refiere a la dirección de un punto o una línea en relación con los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste). El rumbo se expresa como un ángulo respecto al norte o el sur, en un rango de 0° a 90° . Como se aprecia en la (Figura 3).

Figura 3

Rumbos



Nota: Recopilado de (Wolf & Ghilani, 2016) el vértice A tiene rumbo $N70^\circ E$, el vértice B tiene rumbo $S35^\circ E$, el vértice C tiene rumbo $S55^\circ W$, el vértice D tiene rumbo $N30^\circ W$.

2.2.6. Geodesia

La geodesia es la disciplina que se encarga de estudiar y medir la forma, dimensiones, campo gravitatorio y otros aspectos físicos de la Tierra. Su objetivo principal es determinar y representar con precisión la forma y el tamaño de nuestro planeta, así como comprender su campo gravitatorio y su variación en el tiempo.



(Mendoza & Mora, 2004). La geodesia utiliza técnicas de medición avanzadas, como la topografía, la gravimetría, la geodesia satelital y los sistemas de posicionamiento global (GPS), para recopilar datos geodésicos y realizar cálculos matemáticos complejos. La materialización de estos puntos sobre el terreno constituye la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN) como la Red Geodésica Horizontal Oficial. (IGN, 2016). Estos datos se utilizan para construir modelos y sistemas de referencia geodésicos, que son fundamentales en diversas aplicaciones, como la cartografía, la navegación, la ingeniería civil, la delimitación de fronteras y el estudio de los movimientos de la superficie terrestre.

2.2.7. Georreferencia

La georreferenciación es el proceso de asignar coordenadas geográficas o información espacial precisa a un conjunto de datos o elementos, lo que permite ubicarlos y relacionarlos en un sistema de coordenadas geográficas de referencia. Es esencial para trabajar con datos espaciales y realizar análisis geoespaciales en diferentes disciplinas. La Tierra será representada por un elipsoide de determinada forma y dimensiones, por lo que los puntos del terreno estarán referenciados ya sea por coordenadas cartesianas ortogonales XYZ o por coordenadas geográficas elipsoidales $\phi \lambda h$; mediante procesos matemáticos estos pueden ser calculados y ubicados en las cartas por coordenadas planas X e Y. (Ramos, 2003)

2.2.8. Poligonales

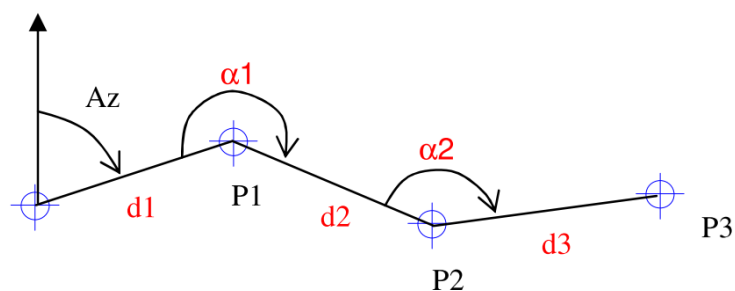
También llamadas redes de apoyo topográfico son conjuntos de puntos de control precisamente ubicados y medidos, que se utilizan como referencia estable y confiable en trabajos de topografía. Estas redes son fundamentales para asegurar la precisión y la consistencia de las mediciones topográficas. Los puntos de una red de apoyo topográfico suelen estar marcados físicamente con estacas, clavos o

placas metálicas, y se ubican en lugares fácilmente accesibles y reconocibles. Además, se toman precauciones para proteger y preservar estos puntos, evitando cualquier alteración o movimiento que pueda comprometer su precisión.

En el estudio de la topografía se considera las poligonales como parte importante y esta es representada por una sucesión de puntos (P1, P2, P3) debidamente monumentadas y que sean de fácil acceso de manera que sean de la mayor utilidad posible durante los procesos ingenieriles sean ejecución o supervisión, así mismo estos requieren estar enlazadas entre sí por datos como ángulos (α_1 , α_2) y distancias (d_1 , d_2 , d_3) como se muestra en la (Figura 4). Para realizar trabajos con los datos obtenidos, la poligonal debe tener como base inicial una previa orientación de la línea base y así poder determinar el azimut (Az) de orientación el mismo. (Blandon & Mosquera, 2005)

Figura 4

Elementos de una poligonal abierta



Nota: Recopilado de (Koenig et al., 2012) Az: Azimut, $d(1,2,3)$: distancia, $\alpha(1,2)$: ángulo a la derecha, P(1,2,3): puntos.

2.2.8.1. Poligonal Abierta.

Las poligonales abiertas son comunes en proyectos lineales, como en la construcción de carreteras, delimitación de terrenos, levantamiento topográfico y otros trabajos relacionados. Permiten trazar líneas rectas en el terreno y establecer



una serie de puntos de control para futuros cálculos y mediciones. A partir de estos datos y una coordenada inicial, es posible calcular las coordenadas de todos los puntos que forman esta serie. (Koenig et al., 2012)

Es importante tener en cuenta que las poligonales abiertas requieren de una buena distribución de puntos de control y mediciones precisas a las escalas requeridas, para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados. Además, los puntos de control deben estar enlazados a la RGN en el sistema WGS84, los datos deben contar con sus coordenadas UTM y geográficas. (MTC, 2018)

2.2.9. Puntos de control

Los puntos de control libran un papel fundamental en los levantamientos topográficos y en la creación de mapas y planos precisos. Estos puntos se utilizan como referencia para determinar la posición y la orientación de otros puntos o elementos en el terreno. Proporcionan una base sólida para calcular distancias, ángulos, elevaciones y otras propiedades del terreno. Los puntos de control se establecen mediante técnicas de medición precisas, como el teodolito, la estación total, el GPS o la nivelación. Estos puntos suelen estar marcados físicamente en el terreno mediante estacas, placas metálicas u otros dispositivos duraderos y visibles. Además, se registra y documenta la información asociada a cada punto, como sus coordenadas geográficas, alturas, descripciones y cualquier otra característica relevante. (Mendoza & Mora, 2004)

2.2.10. Medición de ángulos y distancias

La Geomática se ocupa de la recopilación de información geoespacial a través de la medición de ángulos, distancias y diferencias de altura. Dependiendo del instrumento utilizado, se pueden medir ángulos horizontales (azimutales) y



ángulos verticales (cenitales). Sin embargo, es importante recordar que cualquier medición sólo está completa cuando se proporciona junto con su incertidumbre correspondiente. En muchos documentos y artículos sobre Topografía, se suele discutir la evaluación de la incertidumbre en la medición de ángulos, distancias y diferencias de altura desde la perspectiva del error, con un enfoque que se centra en los errores accidentales. (García Balboa et al., 2011). Es por ello por lo que es importante realizar mediciones precisas de ángulos y distancias para obtener resultados confiables en los levantamientos topográficos y la representación cartográfica. Esto implica realizar calibraciones periódicas de los instrumentos, establecer puntos de control adecuados y seguir las técnicas de medición recomendadas.

2.2.11. Errores

En topografía, al realizar mediciones y levantamientos en terrenos, es común encontrar una variedad de errores que pueden afectar la precisión de los resultados. Los errores más habituales en los trabajos de establecimiento de una poligonal, suelen ser la medición incorrecta de distancias y ángulos, así como una mala planificación o ejecución de los trabajos. En cuanto a los errores más comunes, estos incluyen la utilización de vértices incorrectos, la orientación errónea de la poligonal o la confusión en la dirección en la que se midieron los ángulos. (INEGI, 2002). Para minimizar estos errores, se recomienda seguir buenas prácticas en topografía, como la calibración y verificación regular de los instrumentos, la realización de mediciones repetidas, la selección adecuada de puntos de control, el control de las condiciones ambientales, la utilización de técnicas de compensación y la revisión y verificación cuidadosa de los cálculos y procesamientos realizados. Además, es fundamental contar con topógrafos



capacitados y experimentados que sigan los procedimientos adecuados y estén atentos a la calidad de las mediciones.

2.2.12. Medición electrónica

La medición electrónica es el proceso de realizar mediciones utilizando equipos y dispositivos electrónicos, en lugar de métodos tradicionales basados en instrumentos analógicos. En este enfoque, se utilizan sensores, transductores y sistemas de adquisición de datos para capturar y registrar mediciones de diversas magnitudes de forma precisa y eficiente. (Berrocal & Sagástegui, 2012). Presentando las siguientes ventajas: Mayor precisión, Rapidez y eficiencia, Capacidad de almacenamiento de datos, Funciones y características adicionales, Mayor facilidad de uso. Es importante destacar que, aunque la medición electrónica ofrece numerosas ventajas, también es necesario considerar las posibles limitaciones, como la necesidad de calibración regular de los instrumentos, la sensibilidad a las condiciones ambientales y la posible interferencia electromagnética que pueda afectar las mediciones.

2.2.13. Relación de altitud y presión atmosférica

La relación entre la altitud y la presión atmosférica se puede describir de la siguiente manera: para una altitud determinada, la presión atmosférica disminuye a medida que ascendemos en altitud y aumenta a medida que descendemos. Esto se debe a que hay menos masa de aire por unidad de área a medida que ascendemos, lo que resulta en una presión atmosférica más baja. (Charles & Wolf, 2012) refieren que los dispositivos MED presentes en las estaciones totales incorporan microprocesadores que emplean variables atmosféricas ingresadas a través del teclado para calcular distancias corregidas después de realizar ciertas observaciones, pero antes de mostrar los resultados.

2.2.14. Métodos de ajuste

Es importante destacar que la elección del método de ajuste dependerá de varios factores, como la precisión requerida, el tipo de poligonal (abierta o cerrada), los tipos de mediciones realizadas (ángulos, distancias) y la disponibilidad de recursos y software de ajuste. Cada método tiene sus ventajas y limitaciones, y es necesario realizar un análisis cuidadoso de las condiciones y requerimientos específicos del levantamiento topográfico para seleccionar el método más adecuado. (Quispe, 2015)

2.2.14.1. Método de mínimos cuadrados

Es un método matemático utilizado para ajustar las mediciones de una poligonal de manera óptima. Minimiza la suma de los cuadrados de las desviaciones entre las mediciones observadas y las calculadas. Este método tiene en cuenta tanto los errores angulares como las distancias y permite obtener una solución que minimice el error total. (Quispe, 2015) refiere que es factible aplicar este método a cualquier tipo de poligonal, sin importar la precisión relativa de las mediciones de ángulos y distancias, debido a que es viable asignar un peso relativo a cada cantidad medida. Por lo que la sumatoria de los cuadrados de los errores aparentes hace mínimo:

$$V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2 = \min \Rightarrow \sum_{i=1}^n V_i^2 = \min$$

La probabilidad de aparición de errores aparentes se determina por la ecuación de probabilidad.

$$Y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 V^2} \text{ (Ecuación de la curva normal de Gauss)}$$



La probabilidad simultánea de que se produzca un conjunto particular de medidas es el producto de sus probabilidades individuales.

Si V_1, V_2, \dots residuales e Y_1, Y_2, \dots, Y_n sus probabilidades. Y_S

$$Y_S = Y_1 * Y_2 * Y_3 \dots Y_n$$

2.2.15. Cierre lineal

El cierre lineal por sí solo no proporciona información completa sobre la precisión global de la poligonal. Se debe tener en cuenta también el cierre angular (diferencia entre la suma de los ángulos medidos y el valor esperado) y otros factores como errores instrumentales, errores sistemáticos y condiciones ambientales. Un análisis integral que considere todos estos aspectos es fundamental para evaluar la calidad y precisión de una poligonal cerrada. (Zevallos, 2021) Refiere que, al comparar las coordenadas fijas del ángulo de inicio con las calculadas, se encuentra una diferencia tanto en coordenadas (norte) como en abscisas (este). Este contraste es el error de cierre de posición o error de cierre lineal, cuyo valor es:

$$ep = [(eN)^2 + (eE)^2]^{1/2}$$

Donde:

eN = Error en el Norte

eE = Error en el Este

2.2.16. Precisión de poligonales

Los errores de cierre angular y lineal, también conocidos como errores posicionales, surgen únicamente debido a imprecisiones aleatorias en las



mediciones, una vez que se han corregido todos los errores sistemáticos relevantes. Estos errores de cierre están directamente relacionados con los errores estándar respectivos, $EmcA$ y $EmcD$, de las medidas. (Blandon & Mosquera, 2005)

2.2.17. Uso y aplicación de receptores GNSS

El GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite, por sus siglas en inglés) se destaca como un sistema altamente versátil e intuitivo para lograr las posiciones y navegación de manera más precisa, para diversas aplicaciones en los ámbitos científico e ingenieril, incluida la geodinámica. Dentro de los enfoques de posicionamiento GNSS más comunes se encuentran los métodos relativo y absoluto. (Portela, 2019). Los receptores GNSS son dispositivos utilizados para recibir y procesar señales de los sistemas de navegación por satélite, como el GPS, GLONASS, Galileo y BeiDou. Estos receptores permiten determinar con precisión la posición, la velocidad y el tiempo en cualquier lugar del planeta.

2.2.18. El GPS

A pesar de que, al observarla desde el espacio, la Tierra pueda parecer una esfera uniforme, su superficie está lejos de ser homogénea. Dado que el GPS tiene la tarea de suministrar coordenadas en cualquier punto de la superficie terrestre, utiliza un sistema de coordenadas geodésico basado en un elipsoide. (Leica, 2017), El concepto fundamental del GPS se basa en la trilateración, que es el proceso de determinar la posición de un receptor GPS mediante la medición de la distancia a varios satélites en el espacio.



2.2.19. Receptores GNSS

Los receptores GNSS están equipados con antenas que captan las señales de los satélites. Luego, a través de un proceso de demodulación y decodificación, el receptor extrae la información contenida en las señales, como la posición de los satélites y la hora de emisión. Utilizando algoritmos y técnicas de procesamiento de señales, el receptor GNSS realiza cálculos matemáticos para determinar la posición precisa del receptor en función de las mediciones de distancia a los satélites.

2.2.20. Postproceso

Las coordenadas del receptor, ya sea móvil o estático, se determinan mediante postproceso, lo que significa que después de finalizar la observación, se calculan las posiciones en un entorno de escritorio. Este enfoque permite trabajar con efemérides más precisas. Por lo general, se emplea este método para el posicionamiento estático relativo. En situaciones de posicionamiento estático relativo con medición de fase, se logran soluciones más exactas que en tiempo real. (González, 2010).

2.2.21. Método Cinemático

Es importante tener en cuenta que el método cinemático puede estar sujeto a errores y limitaciones, como la presencia de obstáculos que bloquean la señal GNSS, la precisión limitada debido a la geometría de los satélites y las condiciones atmosféricas. Por lo tanto, en aplicaciones que requieren una mayor precisión, pueden ser necesarios métodos adicionales, como la diferenciación, para mejorar la calidad de las mediciones de posición y velocidad.

El proceso del método cinemático implica los siguientes pasos:



Adquisición de señales: El receptor GNSS captura y demodula las señales emitidas por los satélites del sistema de navegación por satélite (como GPS, GLONASS, Galileo o BeiDou).

Procesamiento de señales: El receptor GNSS procesa las señales recibidas para determinar el tiempo de llegada de las señales y calcular las distancias entre el receptor y los satélites.

Cálculo de posición: Utilizando las distancias a los satélites, el receptor GNSS determina su posición tridimensional mediante algoritmos de trilateración. En cada intervalo de tiempo, se obtiene una nueva posición estimada.

Velocidad y dirección: La velocidad y dirección del movimiento se calculan mediante el análisis de las variaciones en la posición del receptor a lo largo del tiempo. Estas variaciones se obtienen a partir de las diferencias entre las posiciones estimadas en intervalos de tiempo sucesivos.

2.2.21.1. Cinemático tiempo real (RTK).

La metodología en tiempo real se fundamenta en la determinación instantánea de ambigüedades o errores durante la recopilación de datos. Se realiza un cálculo de los errores de medición a partir de la observación satelital de la estación de referencia, y las correcciones se transmiten de manera inmediata al receptor móvil. Por lo tanto, las coordenadas obtenidas en tiempo real en este receptor son conclusivas, eliminando la necesidad de postproceso. (Jimenez et al., 2019)

Cabe destacar que el método cinemático RTK puede estar sujeto a limitaciones, como la necesidad de una línea de visión clara y directa entre las estaciones base y móviles, la posible interferencia de señales y la propagación de

errores atmosféricos en tiempo real. Sin embargo, con un adecuado diseño de la red de estaciones base y una correcta configuración y calibración de los receptores GNSS, el método cinemático RTK puede ofrecer resultados de posicionamiento en tiempo real altamente precisos.

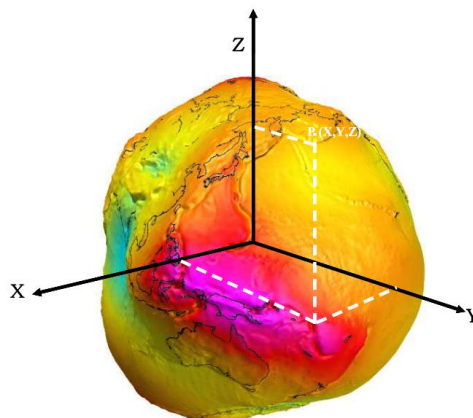
2.2.22. Sistema de coordenadas

En un sistema de coordenadas, se utilizan ejes de referencia y unidades de medida para describir la posición de un punto en relación con un origen y los ejes principales.

Sistema de coordenadas cartesianas: Este sistema utiliza ejes ortogonales (generalmente x , y , z) como se muestra en la (figura 5), estos se intersecan en un punto de origen. Los puntos se representan mediante coordenadas numéricas que indican las distancias a lo largo de cada uno de los ejes desde el origen. Es ampliamente utilizado en matemáticas, física, ingeniería y ciencias de la computación para representar ubicaciones en un espacio tridimensional. (Furones, 2011)

Figura 5

Coordenadas cartesianas

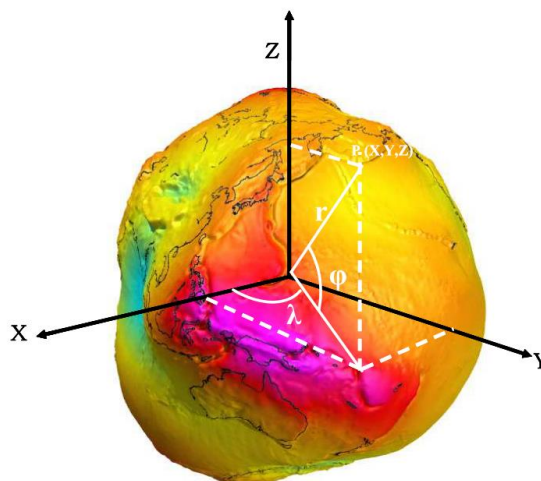


Nota. Recuperado de: (Furones, 2011)

Sistema de coordenadas esféricas: En diversas situaciones, es común emplear coordenadas esféricas para la representación de puntos en la Tierra, expresadas como (r, φ, λ) , como se ilustra en la (figura 6). En este contexto, r denota la distancia radial al geocentro, φ representa la latitud geocéntrica (el ángulo entre r y el plano del ecuador), y λ indica la longitud geocéntrica (el ángulo entre el plano meridiano de Greenwich y el del punto de cálculo, medido en el plano del ecuador). (Furones, 2011)

Figura 6

Sistema de coordenadas esféricas.



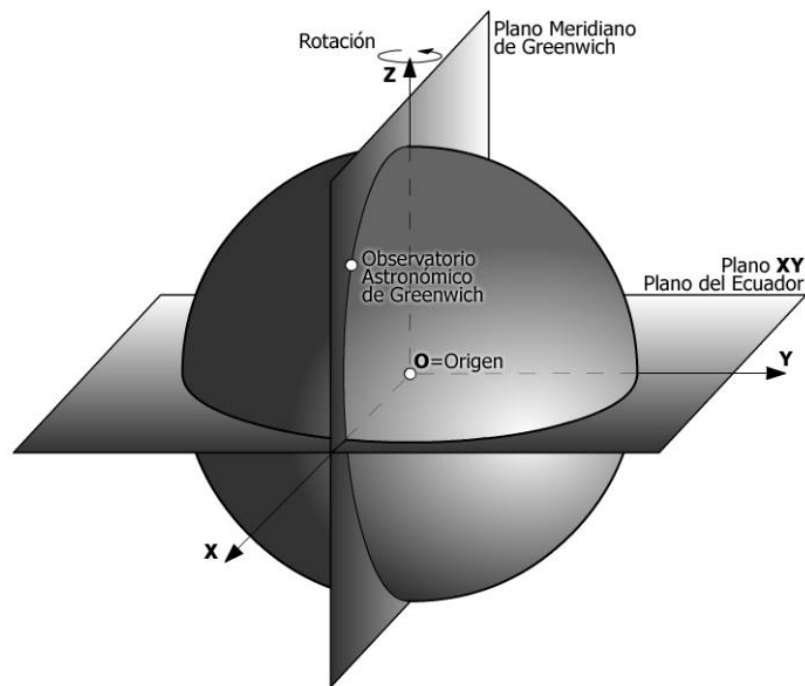
Nota. Recuperado de: (Furones, 2011)

Sistema de coordenadas geográficas: Este sistema se utiliza para describir y determinar ubicaciones en la superficie terrestre. Se basa en la esfera terrestre y utiliza coordenadas angulares, como la latitud y la longitud, para especificar la posición de un punto en relación con el ecuador y el meridiano de referencia (generalmente el meridiano de Greenwich). La latitud se mide en grados norte o sur del ecuador, mientras que la longitud se mide en grados este u oeste del

meridiano de referencia (figura 7). Este sistema es ampliamente utilizado en geografía, navegación, cartografía y sistemas de posicionamiento global (GPS).

Figura 7

Sistema de coordenadas geográficas



Nota: Aproximación esférica a la Tierra. Fuente: (Furones, 2011)

Además de estos sistemas de coordenadas, existen otros sistemas especializados utilizados en diferentes áreas, como sistemas de coordenadas polares, cilíndricas, esféricas y proyectadas. Cada uno de estos sistemas de coordenadas tiene sus propias características, reglas y aplicaciones específicas.

2.2.22.1. Coordenadas geográficas.

Este sistema se basa en una esfera terrestre imaginaria dividida en líneas horizontales de latitud y líneas verticales de longitud. Las coordenadas geográficas se expresan en grados, minutos y segundos (o en decimales) y se

utilizan ampliamente en geografía, cartografía, navegación y sistemas de posicionamiento global.

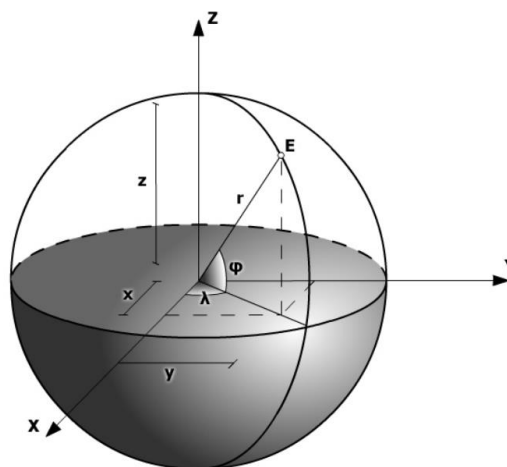
Las coordenadas geográficas se componen de dos componentes principales:

Latitud: La latitud es la medida angular que indica la posición de un punto al norte o al sur del ecuador terrestre. La latitud se mide en grados, minutos y segundos (o en decimales) y varía de 0° en el ecuador a 90° en los polos norte y sur. Los valores de latitud se representan como positivos para el hemisferio norte y negativos para el hemisferio sur.

Longitud: La longitud es la medida angular que indica la posición de un punto al este o al oeste del meridiano de referencia, que generalmente es el meridiano de Greenwich. La longitud también se mide en grados, minutos y segundos (o en decimales) y varía de 0° en el meridiano de referencia a 180° al este y oeste. Los valores de longitud se representan como positivos para el este y negativos para el oeste.

Figura 8

Coordenadas Geográficas.



Nota. Recuperado de: (Furones, 2011)

La combinación de la latitud y la longitud permite identificar la ubicación precisa de un punto en la superficie de la Tierra. Por ejemplo, la ciudad de Nueva York se encuentra aproximadamente a una latitud de $40^{\circ} 42' N$ y una longitud de $74^{\circ} 0' O$.

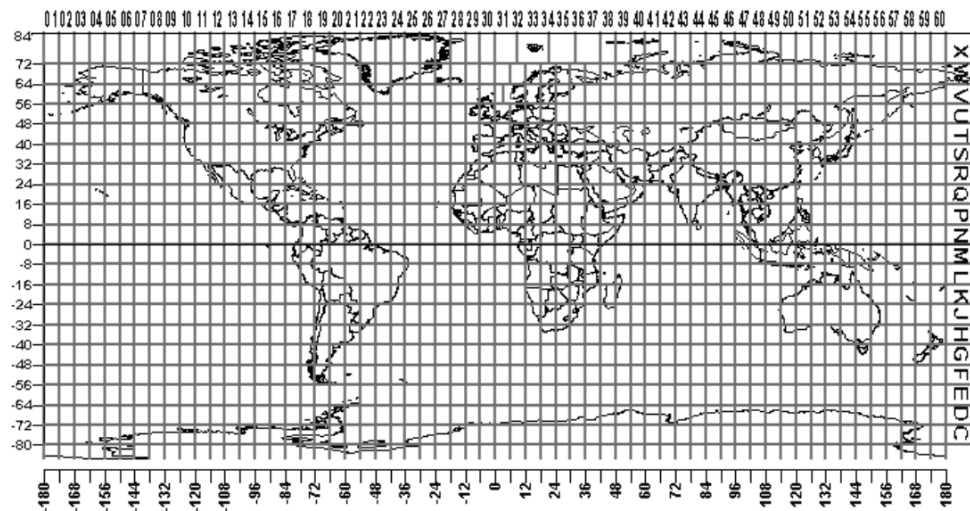
2.2.22.2. *Coordenadas UTM.*

Las coordenadas UTM son ampliamente utilizadas en aplicaciones de cartografía, topografía y sistemas de posicionamiento global (GPS) debido a su precisión y facilidad de uso. Proporcionan una forma más conveniente de representar ubicaciones en áreas locales y permiten realizar mediciones de distancias y áreas con mayor exactitud. Cabe destacar que, a diferencia de las coordenadas geográficas, las coordenadas UTM son específicas para una zona determinada. (Ibañez-Asensio et al., 2011)

En el sistema UTM, la Tierra se divide en 60 husos verticales, numerados del 1 al 60, cada uno de los cuales tiene un ancho de 6 grados de longitud. Los husos se extienden desde 180 grados de longitud oeste hasta 180 grados de longitud este. Cada huso se divide en bandas de letras, desde la letra C hasta la letra X, excluyendo las letras I y O, que se omiten para evitar confusiones con los números 1 y 0. (Ibañez-Asensio et al., 2011)

Figura 9

Sistema de coordenadas UTM





Nota. Recuperado de: (Ibañez-Asensio et al., 2011)

Las coordenadas UTM se componen de dos componentes principales:

Este (Easting): Representa la distancia de un punto al este de un origen fijo dentro del huso. Esta coordenada se mide en metros y varía desde 500,000 metros en el origen del huso hasta un máximo de aproximadamente 9,999,999 metros en el límite este del huso.

Norte (Northing): Representa la distancia de un punto al norte del ecuador o una línea de referencia fija dentro del huso. Al igual que la coordenada Este, se mide en metros y puede variar desde 0 metros en el ecuador hasta un máximo de aproximadamente 9,999,999 metros en el hemisferio norte.

La proyección: La proyección UTM tiene ventajas significativas, como la preservación de las distancias en pequeñas áreas y la capacidad de dividir la Tierra en zonas más manejables para un cálculo más eficiente. Sin embargo, también tiene limitaciones, ya que solo es precisa dentro de un huso específico y presenta distorsiones en las áreas cercanas a los bordes de los husos.

Coordenadas Planas o proyectadas: Las coordenadas planas o proyectadas tienen ventajas en términos de representación localizada y cálculos más simples de distancias y áreas. Sin embargo, estas proyecciones pueden introducir distorsiones y no son adecuadas para representaciones globales precisas. Cada tipo de proyección plana tiene sus propias características y aplicaciones específicas, y la elección de la proyección depende del propósito y el área que se desee representar.

Coordenadas topográficas o locales: El origen de las coordenadas topográficas se define arbitrariamente para cada proyecto, y los ejes X, Y, Z se establecen en función de las necesidades y requisitos específicos del proyecto. Los valores de



las coordenadas se miden en función de la distancia y la elevación relativa desde el origen.

2.2.23. Datum WGS84

El Datum WGS84 establece los parámetros fundamentales necesarios para definir un sistema de coordenadas geográficas, como el semieje mayor y el achatamiento del elipsoide, así como los parámetros de transformación entre el elipsoide y la superficie terrestre. Además, proporciona una referencia para definir los sistemas de coordenadas proyectadas, como el sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator). (Furones, 2011). El Datum WGS84 es ampliamente utilizado en sistemas de posicionamiento global (GPS) y sistemas de navegación por satélite, ya que la mayoría de los receptores GPS utilizan este datum como referencia estándar. También es utilizado por muchas organizaciones y agencias gubernamentales para la creación de mapas, el análisis geoespacial y otras aplicaciones relacionadas con la ubicación y la geografía.

2.2.24. Clasificación de puntos geodésicos

Los puntos geodésicos se clasifican en diferentes categorías según su función y precisión:

2.2.24.1. Relación entre puntos de control geodésico.

El (IGN.GOB, 2022) establece criterios para la monumentación de los puntos geodésicos, para los puntos geodésicos de orden “C” y los puntos de apoyo, la relación de conectividad (tabla 1) y la relación de distancia (tabla 2), estas serán a través de una línea base; siguiendo los siguientes parámetros.

Tabla 1

Relación de conectividad

Número mínimo de estaciones de control de la Red Geodésica Horizontal que se deben enlazar:	0	A	B	ENLACE
0	8			RED
A	3	3		RED
B	3	3	3	RED
C	1	1	1	LINEA BASE
APOYO (PFCH)	1	1	1	LINEA BASE

Nota: Recuperado de: (IGN.GOB, 2022)

Tabla 2

Relación de distancias

Separación de las estaciones	0	A	B	C	APOYO (PFCH)
Separación máxima (km) entre estaciones bases dentro del área del proyecto	400	1000	500		
Separación máxima (km) entre estaciones base y el punto a establecer	3500	500	250	100	100

Nota: Recuperado de: (IGN.GOB, 2022)

2.2.24.2. Punto geodésico de orden “0”.

Este orden es establecido a nivel continental, y sus resultados son usados para realizar estudios de deformación regional y global de la corteza terrestre, sus efectos geodinámicos y en trabajos que requieran de una mayor precisión a un nivel máximo de 4.00mm; estos puntos ayudaran para la densificación de la Red Geodésica Nacional (IGN.GOB, 2022).



2.2.24.3. Punto geodésico de orden “C”.

Este orden es usado para establecer un control suplementario que pueden ser usados en áreas rurales y urbanas, como apoyo en la ejecución de proyectos básicos de ingeniería para el desarrollo urbano y rural, así como a trabajos que se requieran una precisión a un nivel máximo de 10.00mm (IGN.GOB, 2022).

2.2.25. Puntos de apoyo o puntos de control auxiliares

Estos puntos son de precisión más baja y se utilizan para fines específicos, como el levantamiento topográfico a pequeña escala o aplicaciones no críticas que requieren una precisión relativamente baja. Los puntos de control auxiliares se establecen y miden utilizando técnicas de menor precisión, como la topografía convencional o el posicionamiento GNSS de baja precisión.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

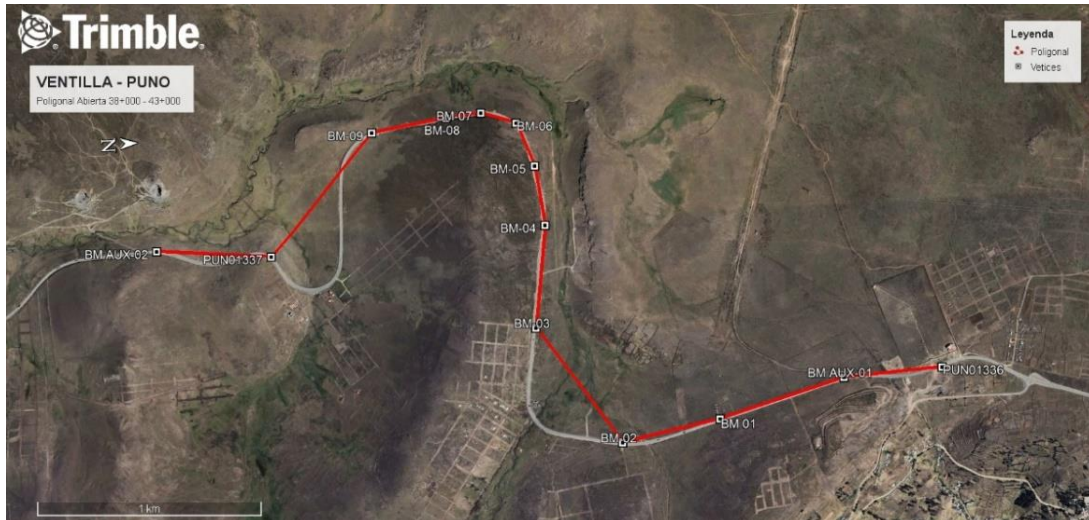
3.1.1. Ubicación

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se eligió el área circundante a la carretera con código PU1093 Cuyas coordenadas de inicio corresponden a latitud: 15°50'43.06" Longitud: 70°02'47.40" en coordenadas UTM este: 387942.10m, norte: 8247897.84m y elevación: 4172.23msnm. El área de estudio se sitúa en el extremo noroeste de la ciudad de Puno en la carretera con código PU1093, parte de la autopista Juliaca- Puno. (figura 10)

Figura 10

Ubicación del ámbito de estudio





Nota. Mapa de ubicación de la zona de estudio. Fuente: (Google Earth Pro, 2023)

3.1.1.1. Ubicación política.

Departamento : Puno

Provincia : Puno

Distrito : Puno

Sector : Ventilla

3.1.1.2. Accesibilidad.

La carretera PU103 es de fácil acceso, puesto que tiene comunicación con varias de acceso desde la ciudad de Puno, tanto la parte norte y sur de la ciudad.

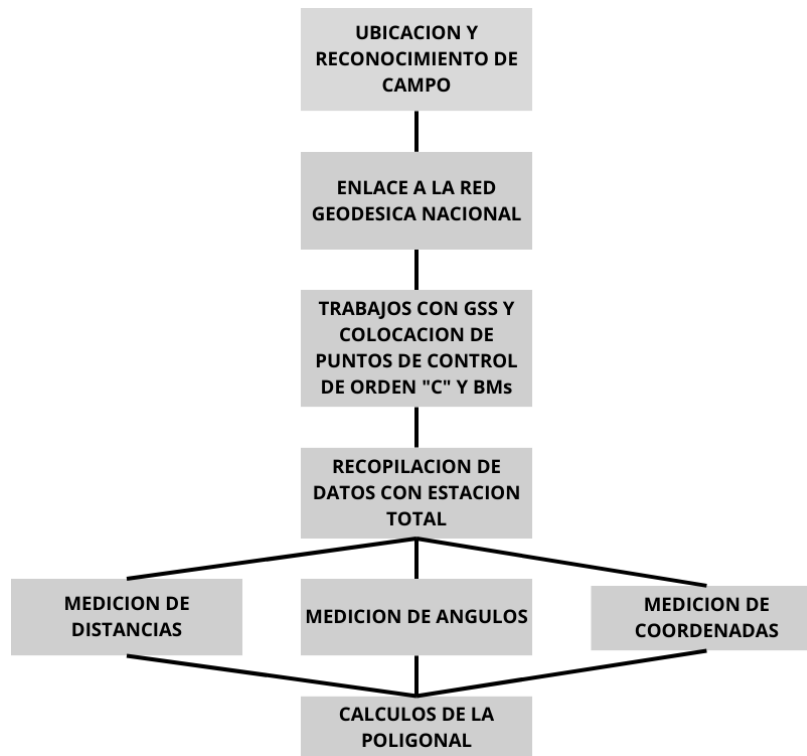
3.2. PROCEDIMIENTO

3.2.1. Planificación

Teniendo nuestros objetivos definidos pasamos a la etapa de procedimiento de recolección de datos.

Figura 11

Desarrollo metodológico



Nota: Trabajos de campo correspondientes para lograr los objetivos

3.2.2. Trabajo de campo

- Ubicación y reconocimiento del área de influencia
- Enlace de los puntos de control geodésico
- Recolección de datos con estación GNSS
- Recolección de datos con estación total robótica

3.2.3. Post procesamiento

- Procesamiento de datos
- Prueba de hipótesis

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Software

- Trimble Business Center (anexo I)



3.3.2. Equipos e instrumentos

Los equipos usados en el proyecto de investigación han sido los siguientes:

- 02 receptores GNSS Trimble R8S (anexo C)
- 01 receptor GNSS Trimble NET R9 (Anexo E)
- 01 estación total robótica Trimble S7 2” (Anexo G)

3.3.3. Nivel de investigación.

El método de la investigación es descriptivo, nos permitirá encontrar las diferencias entre los datos recopilados con la estación total robótica y los receptores GNSS y, mediante la observación, la descripción y clasificación de los datos.

3.3.4. Diseño de investigación.

La técnica de estudio viene a ser observacional puesto que el investigador no manipula las variables de estudio. El control de los sesgos de medición es prospectivo, porque se tomarán los datos de campo. El estudio es transversal puesto que los datos son registrados en una sola ocasión.

3.3.5. Enfoque de investigación.

El tipo de investigación es Cuantitativa, recolectamos los datos con GNSS y la estación total robótica, para probar la hipótesis se realiza el pareo haciendo uso de la medición numérica y el análisis estadístico para establecer pautas de comportamiento de los datos en el establecimiento de una Poligonal Abierta.

3.3.6. Ámbito de la investigación.

Para determinar el ámbito de la investigación se establecieron dos puntos de control geodésico de Orden “C” con la siguiente codificación PUN01336 y

PUN01337, dos puntos pareados AUX01 y AUX02, cumpliendo con las especificaciones técnicas para el posicionamiento geodésico, estos ubicados en el área circundante entre las progresivas Km 38+000 hasta 43+000 de la autopista Puno – Juliaca.

3.3.7. Población y muestra.

3.3.7.1. Población.

Se consideró como población la autopista Juliaca – Puno.

3.3.7.2. Muestra.

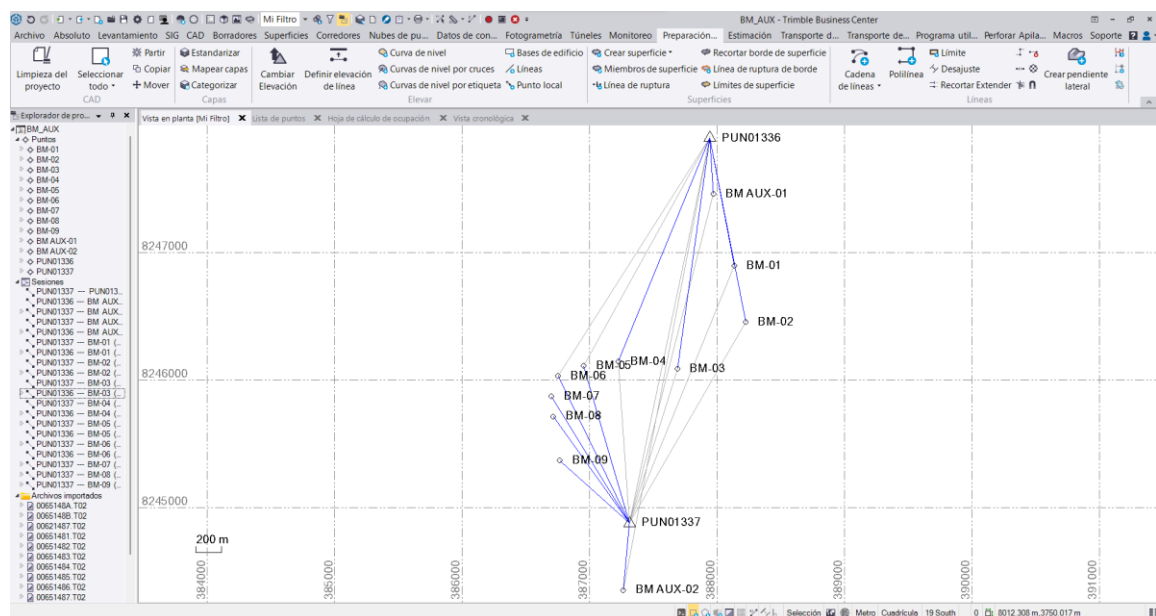
La muestra es no probabilística, elección por conveniencia se ha tomado como muestra los puntos de control ubicados en el área circundante entre las progresivas km38+000 hasta km43+000 de la autopista.

3.4. PRECISIÓN ANGULAR Y LINEAL

3.4.1. Posicionamiento geodésico

Figura 12

Líneas base



Nota: Generación de líneas base, procesamiento datos de campo con GNSS, Trimble Business Center.

Figura 13

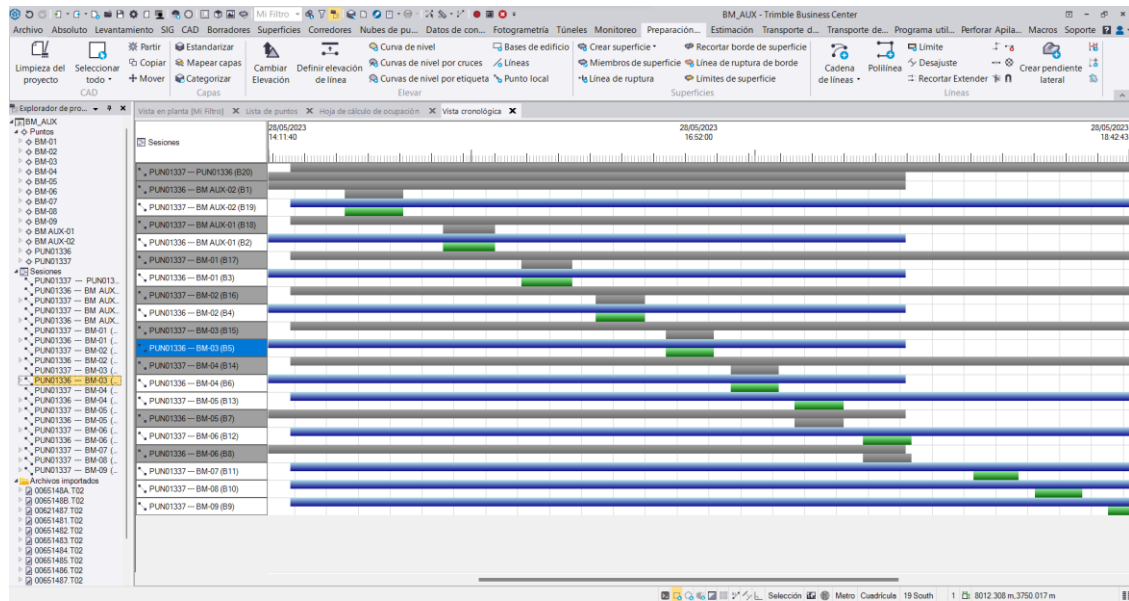
Reporte de posicionamiento

ID de punto	Hora de inicio	Duración	Método de campo	Nombre de archivo	Altura de antena	Método de antena	Fabricante de antena	Tipo de antena
BM-01	28/05/2023 15:31:14	00:15:56	Estática	00651483.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
BM-02	28/05/2023 15:54:31	00:15:27	Estática	00651484.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
BM-03	28/05/2023 16:16:33	00:15:09	Estática	00651485.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
BM-04	28/05/2023 16:36:55	00:15:04	Estática	00651486.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
BM-05	28/05/2023 16:57:00	00:15:20	Estática	00651487.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
BM-06	28/05/2023 17:18:28	00:15:05	Estática	00651488.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
BM-07	28/05/2023 17:53:01	00:14:11	Estática	00651489.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
BM-08	28/05/2023 18:12:24	00:14:45	Estática	0065148A.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
BM-09	28/05/2023 18:35:20	00:14:23	Estática	0065148B.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
BM AUX-01	28/05/2023 19:08:35	00:18:21	Estática	0065148C.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
BM AUX-02	28/05/2023 14:35:46	00:18:28	Estática	0065148I.T02	2,000	Base del soporte de la antena	Trimble	R&S Internal
PUN01336	28/05/2023 13:50:13	03:41:34	Estática	0065148J.T02	1,423	Centro del tape protector	Trimble	R&S Internal
PUN01337	28/05/2023 14:18:39	04:34:55	Estática	00771480.T02	1,465	Base de la muestra	Trimble	Zephyr Geodetic 2

Nota: Reporte de Posicionamiento Trimble Business Center

Figura 14

Reporte de Posicionamiento geodésico



Nota: Reporte de estabilidad de señales

Figura 15

Ficha Procesamiento PPP



Post-Processing Service Based on RTX Technology

TrimbleRTX.com

Contributor: omar159ord@gmail.com
 Reference Name: 00621487.T02
 Upload Date: 09/29/2023 17:00:53 UTC

Report Time Frame:
 Start Time: 05/28/2023 18:50:33 UTC
 End Time: 05/28/2023 22:32:06 UTC

Observation File Type(s): T02
 Observation File(s): 00621487.T02

Antenna:
 Name: TRMR8S NONE
 Height: 1.365 m
 Reference: Bottom of antenna mount

Receiver Name: TRIMBLE R8S
 Coordinate Systems: ITRF2014
 Tectonic Plate: South America (Auto-detected)
 Tectonic Plate Model: MORVEL56
 Processing Interval: 10 s

Statistics

# Total Obs	# Usable Obs	# Used Obs	Percent
13294	1329	1329	100

Used Satellites

# Total Satellites:	22
GPS:	G05 G06 G11 G12 G13 G14 G15 G17 G19 G20 G24 G25 G29 G30
GLONASS:	R01 R02 R07 R08 R11 R12 R21 R22

Processing Results

ITRF2014 at Epoch 2010.0		
Coordinate	Value	σ
X	2095773.772 m	0.006 m
Y	-5772664.142 m	0.011 m
Z	-1731404.614 m	0.005 m
Latitude	15° 50' 43.05958" S	0.004 m
Longitude	70° 02' 47.40342" W	0.004 m
El. Height	4172.225 m	0.012 m

ITRF2014 at Epoch 2023.40		
Coordinate	Value	σ
X	2095773.752 m	0.006 m
Y	-5772664.178 m	0.011 m
Z	-1731404.516 m	0.005 m
Latitude	15° 50' 43.05626" S	0.004 m
Longitude	70° 02' 47.40444" W	0.004 m
El. Height	4172.225 m	0.012 m

Report Information

Trimble RTX Solution ID: 28829217
 Solution Type: Static
 Software Version: 8.5.1.20196
 Creation Date: 09/29/2023 17:01:24 UTC

Disclaimer

Trimble Navigation Limited does not guarantee availability, reliability, and performance of the current RTX Post-Processing service and accepts no legal liability arising from, or connected to, the use of information on this document or use of this service.

Nota: Reporte de procesamiento punto preciso, se utilizó las coordenadas para Base ITRF2014.

Figura 16

Reporte de Posicionamiento geodésico

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	C:\Users\derec\OneDrive\Documentos \Tesis\PROCESAMIENTO\BM_AUX.vce	Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:	58 KB	Zona:	19 South
Modificado/a:	29/09/2023 13:48:30 (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:	EGM2008-1*1
Comentario 1:		Datum vertical:	
Comentario 2:		Obra calibrada:	
Comentario 3:			

Lista de puntos

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica	Factor de escala de proyección	Factor de escala de altura	Factor de escala combinada	Ángulo de convergencia de meridiano
BM-02	388225.165	8246454.592	4090.111	DEFAULT	0.9997545066	0.9993501488	0.9991048150	0°17'07"
BM-03	387689.162	8246085.615	4087.347	DEFAULT	0.9997559920	0.9993505857	0.9991067362	0°17'12"
BM-04	387224.118	8246144.868	4076.282	DEFAULT	0.9997572866	0.9993523240	0.9991097678	0°17'16"
BM-05	386952.119	8246108.972	4074.699	DEFAULT	0.9997580462	0.9993525735	0.9991107764	0°17'19"
BM-06	386752.389	8246032.100	4071.676	DEFAULT	0.9997586052	0.9993530489	0.9991118103	0°17'21"
BM-07	386698.018	8245872.976	4059.111	DEFAULT	0.9997587575	0.9993550228	0.9991139360	0°17'21"
BM-08	386714.309	8245714.329	4058.151	DEFAULT	0.9997587118	0.9993551741	0.9991140416	0°17'21"
BM-09	386764.137	8245368.210	4037.714	DEFAULT	0.9997585722	0.9993583848	0.9991171119	0°17'21"
BM 01	388134.671	8246896.611	4103.061	DEFAULT	0.9997547570	0.9993481136	0.9991030305	0°17'08"
BM AUX-01	387970.091	8247459.445	4115.052	DEFAULT	0.9997552128	0.9993462287	0.9991016015	0°17'09"
BM AUX-02	387263.931	8244352.708	3996.531	DEFAULT	0.9997571752	0.9993648550	0.9991221845	0°17'17"
PUN01336	387942.103	8247897.840	4126.608	DEFAULT	0.9997552904	0.9993444123	0.9990998631	0°17'09"
PUN01337	387311.672	8244878.653	4006.362		0.9997570422	0.9993633089	0.9991205058	0°17'16"

29/09/2023 14:10:33	C:\Users\derec\OneDrive\Documentos\Tesis \PROCESAMIENTO\BM_AUX.vce	Trimble Business Center
---------------------	---	-------------------------

Nota: Reporte del posicionamiento geodésico

Tabla 3

Datos Recopilados posicionamiento geodésico

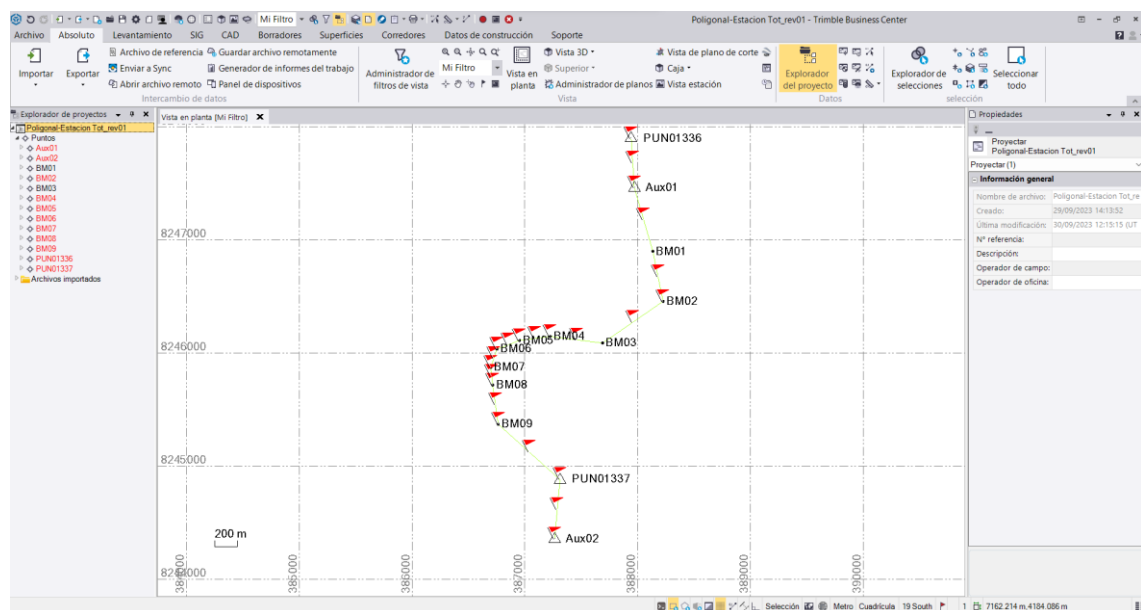
Punto	Posicionamiento Geodésico Este (X)	Posicionamiento Geodésico Norte (Y)
AUX01	387970.1159	8247459.0504
AUX02	387263.3101	8244349.5570
PUN01336	387942.1030	8247897.8400
PUN01337	387311.0978	8244875.9667
BM01	388134.8428	8246895.7103
BM02	388225.4164	8246453.2947
BM03	387688.9304	8246083.9892
BM04	387223.4704	8246143.2991
BM05	386951.2280	8246107.3726
BM06	386751.3194	8246030.4333
BM07	386696.9002	8245871.1695
BM08	386713.2049	8245712.3810
BM09	386763.0770	8245365.9569

Nota: Datos recopilados mediante el método estático y estático rápido y convertidos a coordenadas topográficas. PUN01336 y PUN01337 (Estático > 3:00 horas) según la normativa (IGN, 2016)

3.4.2. Estación total robótica

Figura 17

Procesamiento de datos estación total





Nota: Procesamiento de datos de la estación total robótica.

Tabla 4

Resumen de datos recopilados estación total robótica

Referencia	Estación	Punto	< Horizontal	Distancia Horizontal
AUX02	PUN01337			528.574
AUX02	PUN01337	BM09	126°36'52"	735.143
PUN01337	BM09	BM08	220°0'38.87"	349.991
BM09	BM08	BM07	182°19'21.56"	159.633
BM08	BM07	BM06	204°43'24.4"	168.291
BM07	BM06	BM05	230°5'3.51"	214.194
BM06	BM05	BM04	193°32'17.05"	274.597
BM05	BM04	BM03	194°46'56.5"	469.216
BM04	BM03	BM02	138°11'47.27"	651.322
BM03	BM02	BM01	112°58'17.02"	451.567
BM02	BM01	AUX01	175°16'1.97"	586.931
BM01	AUX01	PUN01136	192°38'42.33"	439.683

Nota: Ángulos y distancias recopilados de la estación total robótica.

Tabla 5

Procesamiento de datos estación total robótica

Referencia	Estación	Punto	< Horizontal	< Horizontal (decimales)	< Azimutal	< Azimutal (decimales)
AUX-02	PUN01337				5°11'13.64"	5.1871
AUX-02	PUN01337	BM09	126°36'52"	126.614	311°48'5.64"	311.802
PUN01337	BM09	BM08	220°0'38.87"	220.011	351°48'44.51"	351.812
BM09	BM08	BM07	182°19'21.56"	182.323	354°8'6.08"	354.135
BM08	BM07	BM06	204°43'24.4"	204.723	18°51'30.49"	18.858
BM07	BM06	BM05	230°5'3.51"	230.084	68°56'34"	68.943
BM06	BM05	BM04	193°32'17.05"	193.538	82°28'51.06"	82.481
BM05	BM04	BM03	194°46'56.5"	194.782	97°15'47.56"	97.263
BM04	BM03	BM02	138°11'47.27"	138.196	55°27'34.83"	55.460
BM03	BM02	BM01	112°58'17.02"	112.971	348°25'51.86"	348.431



BM02	BM01	AUX01	175°16'1.97"	175.267	343°41'53.83"	343.698
BM01	AUX01	PUN01136	192°38'42.33"	192.645	356°20'36.17"	356.343

Nota: Procesamiento de datos de la estación total robótica para posterior cálculo de coordenadas.

Tabla 6

Cálculo de coordenadas

Azimut	Distancia	Coordenadas Parciales		Coordenadas Totales	
		Este	Norte	Este	Norte
AUX02				387263.310	8244349.557
5.187	528.574	47.788	526.410	387311.098	8244875.967
311.802	735.143	-548.018	490.012	386763.080	8245365.979
351.812	349.991	-49.844	346.424	386713.236	8245712.402
354.135	159.633	-16.312	158.798	386696.924	8245871.200
18.858	168.291	54.397	159.258	386751.321	8246030.458
68.943	214.194	199.891	76.960	386951.211	8246107.418
82.481	274.597	272.236	35.933	387223.448	8246143.351
97.263	469.216	465.451	-59.322	387688.899	8246084.029
55.460	651.322	536.512	369.291	388225.411	8246453.319
348.431	451.567	-90.560	442.393	388134.850	8246895.712
343.698	586.931	-164.749	563.335	387970.102	8247459.047
356.345	439.683	-28.028	438.789	387942.074	8247897.836

Nota: Calculo de coordenadas y preparación para posterior análisis.

3.5. DIFERENCIA DE TIEMPOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA POLIGONAL ABIERTA

3.5.1. Posicionamiento geodésico GNSS

Los resultados obtenidos, están relacionados a resolver la pregunta de la presente investigación, las soluciones, el método, el diseño utilizado en campo.



Tabla 7

Tiempos de ejecución en el posicionamiento geodésico

Puntos:		PUN01336-PUN01337		AUX01-AUX02		BM: 09
<i>Descripción</i>	<i>Estación</i>	<i>Condición</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Desplazamiento</i>	<i>Posicionamiento Acumulado</i>	
Recolección de datos y desplazamiento	PUN01336	Estático (Base)	03:41:33	00:00:00	No	
	PUN01337	Estático (R1)	04:34:57	00:28:24	No	
	AUX02	Estático Rápido (R2)	00:18:27	00:17:07	Si	
	AUX01	Estático Rápido (R2)	00:16:20	00:30:49	Si	
	BM01	Estático Rápido (R2)	00:15:55	00:24:39	Si	
	BM02	Estático Rápido (R2)	00:15:26	00:23:17	Si	
	BM03	Estático Rápido (R2)	00:15:08	00:22:02	Si	
	BM04	Estático Rápido (R2)	00:15:03	00:20:22	Si	
	BM05	Estático Rápido (R2)	00:15:09	00:20:05	Si	
	BM06	Estático Rápido (R2)	00:15:04	00:21:28	Si	
	BM07	Estático Rápido (R2)	00:14:10	00:34:33	Si	
	BM08	Estático Rápido (R2)	00:14:44	00:19:23	Si	
	BM09	Estático Rápido (R2)	00:14:22	00:22:56	Si	
	PARCIALES			2:49:48	4:45:05	
TOTAL					07:34:53	

Nota: Tiempo de operación del posicionamiento geodésico para establecimiento de la poligonal abierta. PUN01336 y PUN01337 (Estático > 3:30 horas) según la normativa (IGN, 2016)

3.5.2. Estación total robótica

Los resultados obtenidos, están relacionados a resolver la pregunta de la presente investigación, el método y el diseño utilizado en campo.

Tabla 8

Tiempos de ejecución en estación total robótica



Puntos:	PUN01336-PUN01337		AUX01-AUX02		BM: 09
<i>Descripción</i>	<i>Referencia</i>	<i>Estación</i>	<i>Punto</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Desplazamiento</i>
	AUX02	PUN01337	BM09	00:27:14	00:20:05
	PUN01337	BM09	BM08	00:26:52	00:21:28
	BM09	BM08	BM07	00:27:16	00:32:11
	BM08	BM07	BM06	00:28:51	00:24:39
Recolección de datos y desplazamiento	BM07	BM06	BM05	00:27:17	00:23:17
	BM06	BM05	BM04	00:26:33	00:22:02
	BM05	BM04	BM03	00:27:19	00:20:22
	BM04	BM03	BM02	00:28:26	00:25:31
	BM03	BM02	BM01	00:25:10	00:17:07
	BM02	BM01	AUX01	00:29:53	00:31:19
	BM01	AUX01	PUN01136	00:27:16	00:19:23
	PARCIALES			05:02:07	04:17:24
	TOTAL				09:19:31

Nota: Tiempos de ejecución correspondientes a operación de la estación robótica para establecimiento de la poligonal abierta (10 ciclos).

3.6. DIFERENCIA DE COSTOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA POLIGONAL ABIERTA

3.6.1. Posicionamiento geodésico GNSS

Tabla 9

Costos de ejecución del posicionamiento geodésico

Puntos:	PUN01336-PUN01337		AUX01-AUX02		BM: 09
<i>Descripción Recurso</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio S/.</i>	<i>Parcial S/.</i>
Mano de Obra					
Ayudante de topografía	día	2.00	1.00	80.00	160.00
Topógrafo	día	1.00	1.00	150.00	150.00
Viáticos					
Transporte	día	1.00	1.00	250.00	250.00
Equipos					
Estación GNSS (estático)	día	2.00	1.00	300.00	600.00
Estático rápido	día	1.00	1.00	50.00	50.00
Subpartida					
Trabajo de Gabinete	glb	1.00	1.00	330.00	330.00



TOTAL **S/ 1,540.00**

Nota: Costo de operación del posicionamiento geodésico para establecimiento de la poligonal abierta.

3.6.2. Estación total robótica

Los resultados obtenidos, están relacionados a resolver la pregunta de la presente investigación, las soluciones, el método, el diseño utilizadas en campo.

Tabla 10

Costos en ejecución con estación total robótica

Puntos:	PUN01336-PUN01337		AUX01-AUX02		BM: 09
<i>Descripción Recurso</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio S/.</i>	<i>Parcial S/.</i>
Mano de Obra					
Ayudante de topografía	día	2.00	1.00	80.00	160.00
Topógrafo	día	1.00	1.00	150.00	150.00
Viáticos					
Transporte	día	1.00	1.00	250.00	250.00
Equipos					
Estación total robótica inc. accesorios	día	1.00	1.00	100.00	100.00
Subpartida					
Trabajo de Gabinete	glb	1.00	1.00	330.00	330.00
TOTAL					S/ 990.00

Nota: Costo de operación de la estación robótica para establecimiento de la poligonal abierta.

3.7. AJUSTE DE POLIGONAL

Los datos resultantes deberán ser sometidos a procesamiento para generar mayor precisión de los mínimos cuadrados (tabla 11 y tabla 12)

Tabla 11

Puntos de control para ajuste de poligonal

AUX01 387970.116 8247459.050 !!

AUX02 387263.310 8244349.557 !!



PUN01336 387942.103 8247897.840 !!

PUN01337 387311.098 8244875.967 !!

Nota: Puntos de control con el formato correspondiente para el procesamiento de ajuste (punto, coordenadas este, coordenadas norte).

Tabla 12

Datos para ajuste de poligonal

Estación-Referencia-Punto	Angulo horizontal	Distancia horizontal
PUN01337-AUX02-BM09	126-36-52.00	735.143
BM09-PUN01337-BM08	220-00-38.87	349.992
BM08-BM09-BM07	182-19-21.56	159.633
BM07-BM08-BM06	204-43-24.40	168.292
BM06-BM07-BM05	230-05-03.51	214.194
BM05-BM06-BM04	193-32-17.05	274.597
BM04-BM05-BM03	194-46-56.50	469.216
BM03-BM04-BM02	138-11-47.27	651.322
BM02-BM03-BM01	112-58-17.02	451.567
BM01-BM02-AUX01	175-16-01.97	586.931
AUX01-BM01-PUN01336	192-38-48.91	439.683

Nota: Puntos visados con el formato correspondiente para el procesamiento de ajuste (punto, ángulo horizontal, distancia horizontal).

Tabla 13

Ángulos ajustados

En	De	A	Angulo	Angulo Corregido	Residual	Distancia
PUN01337	AUX_02	BM09	126-36-52.00	126-36-51.87	0-00-00.13	-0.0005
BM09	PUN01337	BM08	220-00-38.87	220-00-38.84	0-00-00.03	-0.0001



BM08	BM09	BM07	182-19-21.56	182-19-21.72	0-00-00.16	0.0001
BM07	BM08	BM06	204-43-24.40	204-43-24.65	0-00-00.25	0.0002
BM06	BM07	BM05	230-05-03.51	230-05-03.88	0-00-00.37	0.0004
BM05	BM06	BM04	193-32-17.05	193-32-17.54	0-00-00.49	0.0007
BM04	BM05	BM03	194-46-56.50	194-46-57.12	0-00-00.62	0.0014
BM03	BM04	BM02	138-11-47.27	138-11-48.03	0-00-00.76	0.0024
BM02	BM03	BM01	112-58-17.02	112-58-18.21	0-00-01.19	0.0026
BM01	BM02	AUX01	175-16-01.97	175-16-03.39	0-00-01.42	0.0040
AUX01	BM01	PUN01336	192-38-48.91	192-38-50.62	0-00-01.71	0.0036

Nota: Observaciones de ángulo ajustado (GMS).

Tabla 14

Distancias ajustadas

De	A	Distancia	Distancia Corregida	Residual
PUN01337	BM09	735.1432	735.1461	0.0031
BM09	BM08	349.9914	349.9940	0.0020
BM08	BM07	159.6331	159.6349	0.0019
BM07	BM06	168.2915	168.2927	0.0007
BM06	BM05	214.1943	214.1921	-0.0019
BM05	BM04	274.5973	274.5946	-0.0024
BM04	BM03	469.2162	469.2132	-0.0028
BM03	BM02	651.3223	651.3207	-0.0013
BM02	BM01	451.5670	451.5691	0.0021
BM01	AUX01	586.9310	586.9333	0.0023
AUX01	PUN01336	439.6830	439.6833	0.0003

Nota: Observaciones de distancia ajustadas (metros).

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

3.8.1. Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba estadística T de Student.

3.8.1.1. Significancia estadística.

El nivel de significancia al $0.05 = 5\%$ con un nivel de confianza del $0.95 = 95\%$.

3.8.1.2. Análisis de datos

Los datos son muestras independientes con diferentes métodos de recolección de datos primero determinaremos la normalización para determinar el tipo de estadística a utilizar.

Tabla 15

Cuadro de coordenadas y diferencias de coordenadas

PUNTO	Estación	Posicionamiento	DIF	Estación	Posicionamiento	DIF
	Total	Geodésico		Total	Geodésico	
	Robótica	GNSS		Robótica	GNSS	
	Este	Este		Norte	Norte	
	(X)	(X)		(Y)	(Y)	
	X1	X2	X1-X2	Y1	Y2	Y1-Y2
AUX02	387263.310	387263.310	0.000	8244349.557	8244349.557	0.000
PUN01337	387311.098	387311.098	0.000	8244875.967	8244875.967	0.000
BM09	386763.080	386763.077	0.003	8245365.979	8245365.957	0.022
BM08	386713.236	386713.205	0.031	8245712.402	8245712.381	0.021
BM07	386696.924	386696.900	0.023	8245871.200	8245871.169	0.030
BM06	386751.321	386751.319	0.001	8246030.458	8246030.433	0.024
BM05	386951.211	386951.228	0.017	8246107.418	8246107.373	0.045
BM04	387223.448	387223.470	0.023	8246143.351	8246143.299	0.052
BM03	387688.899	387688.930	0.032	8246084.029	8246083.989	0.040
BM02	388225.411	388225.416	0.006	8246453.319	8246453.295	0.025
BM01	388134.850	388134.843	0.008	8246895.712	8246895.710	0.002
AUX01	387970.102	387970.116	0.014	8247459.047	8247459.050	0.003
PUN01336	387942.074	387942.103	0.029	8247897.836	8247897.840	0.004

Nota: Cuadro de coordenadas para pruebas y análisis estadístico.

Tabla 16

Prueba de normalidad para las diferencias

Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.
DIF_X1_X2	,893	13	,108
DIF_Y1_Y2	,904	13	,153

Nota: Prueba de normalidad para diferencias en las coordenadas (X1, X2), (Y1, Y2) como corresponde en la tabla 15.

Tras observar los datos en la tabla 16 (Pruebas de normalidad) dado que la muestra es menor a 50 se tendrá en consideración la prueba de **SHAPIRO-WILK** (Romero, 2016). Así mismo se observa que los datos siguen una distribución normal ya que el p-valor (Sig.), para las diferencias en X = 0.108 y diferencias en Y = 0.153, los cuales cumplen la siguiente condición: p-valor > 0.05 lo que implica la aplicación del estadístico T de Student.

3.8.2. Prueba de hipótesis

3.8.2.1. Regla de decisión

- Si **p-valor** $\leq \alpha$ se rechaza la hipótesis nula
- Si **p-valor** $\geq \alpha$ no se rechaza la hipótesis nula

3.8.2.2. Interpretación

- Para las coordenadas X, el p-valor obtenido **$p = 0.108 > \alpha = 0.05$** entonces no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.
- Para las coordenadas Y, el p-valor obtenido **$p = 0.153 > \alpha = 0.05$** entonces no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRECISIÓN ANGULAR Y LINEAL

4.1.1. Posicionamiento geodésico

Tabla 17

Datos Recopilados

Punto	Posicionamiento Geodésico Este (X)	Posicionamiento Geodésico Norte (Y)
AUX01	387970.1159	8247459.0504
AUX02	387263.3101	8244349.5570
PUN01336	387942.1030	8247897.8400
PUN01337	387311.0978	8244875.9667
BM01	388134.8428	8246895.7103
BM02	388225.4164	8246453.2947
BM03	387688.9304	8246083.9892
BM04	387223.4704	8246143.2991
BM05	386951.2280	8246107.3726
BM06	386751.3194	8246030.4333
BM07	386696.9002	8245871.1695
BM08	386713.2049	8245712.3810
BM09	386763.0770	8245365.9569

Nota: Datos recopilados mediante el método estático y estático rápido.

4.1.2. Estación total robótica

Tabla 18

Cálculo de coordenadas

Azimut	Distancia	Coordenadas Parciales		Coordenadas Totales	
		Este	Norte	Este	Norte
AUX02				387263.310	8244349.557
5.187	528.574	47.788	526.410	387311.098	8244875.967
311.802	735.143	-548.018	490.012	386763.080	8245365.979



351.812	349.991	-49.844	346.424	386713.236	8245712.402
354.135	159.633	-16.312	158.798	386696.924	8245871.200
18.858	168.291	54.397	159.258	386751.321	8246030.458
68.943	214.194	199.891	76.960	386951.211	8246107.418
82.481	274.597	272.236	35.933	387223.448	8246143.351
97.263	469.216	465.451	-59.322	387688.899	8246084.029
55.460	651.322	536.512	369.291	388225.411	8246453.319
348.431	451.567	-90.560	442.393	388134.850	8246895.712
343.698	586.931	-164.749	563.335	387970.102	8247459.047
356.345	439.683	-28.028	438.789	387942.074	8247897.836

Nota: Cálculo de coordenadas y preparación para posterior análisis.

4.1.3. Conjetura

a. Error angular

$$Ea = \varphi_{f_c} - \varphi_f$$

Donde:

Ea = Error angular

φ_{f_c} = acimut final calculado

φ_f = acimut final conocido

$$Ea = 3^{\circ}39'10.37'' - 3^{\circ}39'17.24''$$

$$Ea = 0^{\circ}0'06.86''$$

b. Tolerancia angular

$$T\alpha = a'' * \sqrt{n}$$

Donde:

$T\alpha$ = Tolerancia angular



$a'' = \text{Error de equipo}$

$n = \text{Numero de vertices}$

$$T\alpha = 2'' * \sqrt{12} = 0.0019$$

$$T\alpha = 0^{\circ}0'06.928''$$

c. Error lineal

$$\varepsilon\Delta E = \sum \text{Parciales } X - (x_{fin} - x_{ini}) = -0.0147$$

$$\varepsilon\Delta N = \sum \text{Parciales } Y - (y_{fin} - y_{ini}) = -0.0032$$

$$\varepsilon L = +(-0.0147^2 + -0.0032^2)^{0.5} = 0.0150m$$

d. Error relativo

$$\varepsilon R = \frac{\sum \text{vertices}}{\varepsilon L}$$

$$\varepsilon R = \frac{4500.570}{0.0150} = 1:299861$$

4.2. DIFERENCIA DE TIEMPOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA POLIGONAL ABIERTA

4.2.1. Posicionamiento geodésico GNSS

El tiempo requerido para el establecimiento de la poligonal mediante el posicionamiento geodésico está relacionado con los equipos utilizados el tiempo de operación, y desplazamiento. El trabajo se realizó en un tiempo total de 7 horas 34 minutos y 53 segundos. (tabla 7)



4.2.2. Estación total robótica

El tiempo requerido para el establecimiento de la poligonal abierta, haciendo uso de la estación total robótica está relacionado con el estacionamiento, configuración, recolección de datos en la función de ciclos por cada punto, así mismo el tiempo de desplazamiento de punto a punto. El trabajo se realizó en un tiempo total de 9 horas 19 minutos y 31 segundos. (tabla 8)

4.2.3. Conjetura

Tabla 19

Resumen de tiempos

Metodología de establecimiento de poligonal	Tiempo
Estación Total Robótica	09:19:31
Posicionamiento Geodésico	07:34:53
Diferencia en tiempo	01:44:38

Nota: Resumen de tiempos y su diferencia en ejecución por metodología.

Por lo que deducimos que la metodología más rápida es la del uso de la estación GNSS y el posicionamiento geodésico en estático y estático rápido.

4.3. DIFERENCIA DE COSTOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA POLIGONAL ABIERTA

4.3.1. Posicionamiento geodésico

El costo del establecimiento de la poligonal abierto mediante la metodología del posicionamiento geodésico en estático y estático rápido y el personal de apoyo correspondiente. Se tuvo los costos por jornada de trabajo. El costo final asciende a 1,540.00 soles. (tabla 9)

4.3.2. Estación total robótica

El costo del establecimiento de la poligonal abierta haciendo uso de la estación total robótica en la función de ciclos y el personal de apoyo correspondiente. Se obtuvo los costos por jornada de trabajo. El costo final asciende a 990.00 soles. (tabla 10)

4.3.3. Conjetura

Tabla 20

Resumen de costos

Metodología de establecimiento de poligonal	Costo
Estación Total Robótica	S/ 990.00
Posicionamiento Geodésico	S/ 1,540.00
Diferencia en costos	S/ 550.00

Nota: Resumen de costos y su diferencia en ejecución por metodología.

Por lo que deducimos que la metodología más económica es la del uso de la estación total robótica y la función de ciclos.

4.4. AJUSTE DE POLIGONAL

Tabla 21

Diferencia entre datos recopilados

Punto	Posicionamiento geodésico		Estación total robótica		Diferencias	
	Este (X)	Norte (Y)	Este (X')	Norte (Y')	(X-X')	(Y-Y')
AUX02	387263.310	8244349.557	387263.310	8244349.557	0.000	0.000
PUN01337	387311.098	8244875.967	387311.098	8244875.967	0.000	0.000
BM09	386763.077	8245365.957	386763.080	8245365.979	0.003	0.022
BM08	386713.205	8245712.381	386713.236	8245712.402	0.031	0.021
BM07	386696.900	8245871.169	386696.924	8245871.200	0.023	0.030
BM06	386751.319	8246030.433	386751.321	8246030.458	0.001	0.024
BM05	386951.228	8246107.373	386951.211	8246107.418	0.017	0.045



BM04	387223.470	8246143.299	387223.448	8246143.351	0.023	0.052
BM03	387688.930	8246083.989	387688.899	8246084.029	0.032	0.040
BM02	388225.416	8246453.295	388225.411	8246453.319	0.006	0.025
BM01	388134.843	8246895.710	388134.850	8246895.712	0.008	0.002
AUX01	387970.116	8247459.050	387970.102	8247459.047	0.014	0.003
PUN01336	387942.103	8247897.840	387942.074	8247897.836	0.029	0.004

Nota: Cuadro resultante del proceso de comparación de Posicionamiento geodésico y estación total robótica.

Tabla 22

Diferencia datos recopilados y datos ajustados

Punto	Posicionamiento geodésico		Datos ajustados		Diferencias	
	Este (X)	Norte (Y)	Este (X')	Norte (Y')	(X-X')	(Y-Y')
AUX02	387263.310	8244349.557	387263.310	8244349.557	0.000	0.000
PUN01337	387311.098	8244875.967	387311.098	8244875.967	0.000	0.000
BM09	386763.077	8245365.957	386763.078	8245365.981	0.001	0.024
BM08	386713.205	8245712.381	386713.233	8245712.407	0.028	0.026
BM07	386696.900	8245871.169	386696.921	8245871.206	0.021	0.037
BM06	386751.319	8246030.433	386751.319	8246030.465	0.001	0.032
BM05	386951.228	8246107.373	386951.208	8246107.424	0.020	0.051
BM04	387223.470	8246143.299	387223.441	8246143.355	0.029	0.056
BM03	387688.930	8246083.989	387688.889	8246084.029	0.042	0.040
BM02	388225.416	8246453.295	388225.404	8246453.312	0.012	0.018
BM01	388134.843	8246895.710	388134.851	8246895.709	0.009	0.001
AUX01	387970.116	8247459.050	387970.116	8247459.050	0.000	0.000
PUN01336	387942.103	8247897.840	387942.103	8247897.840	0.000	0.000

Nota: Datos resultantes del proceso de comparación de posicionamiento geodésico y resultado del procesamiento de ajuste.

4.4.1. Conjetura

Tabla 23

Diferencia entre resultados recopilados y datos ajustados



Resultados (tabla 23)		Resultados (tabla 24)		Diferencia Resultados Tabla 23 - tabla 24	
X	Y	X	Y	X	Y
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.003	0.022	0.001	0.024	0.002	0.002
0.031	0.021	0.028	0.026	0.003	0.005
0.023	0.030	0.021	0.037	0.002	0.007
0.001	0.024	0.001	0.032	0.000	0.008
0.017	0.045	0.020	0.051	0.003	0.006
0.023	0.052	0.029	0.056	0.006	0.004
0.032	0.040	0.042	0.040	0.010	0.000
0.006	0.025	0.012	0.018	0.006	0.007
0.008	0.002	0.009	0.001	0.001	0.001
0.014	0.003	0.000	0.000	0.014	0.003
0.029	0.004	0.000	0.000	0.029	0.004

Nota: Cuadro resultante del proceso de comparación de Posicionamiento geodésico y resultado del procesamiento de ajuste.

Por lo que deducimos que si es posible minimizar la diferencia entre coordenadas y así mejorar la precisión.

4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Conclusión

No existe diferencia significativa entre los datos obtenidos entre la estación total robótica y los datos obtenidos mediante el posicionamiento geodésico en el establecimiento de la poligonal abierta.

4.5.1. T de Student

Tabla 24

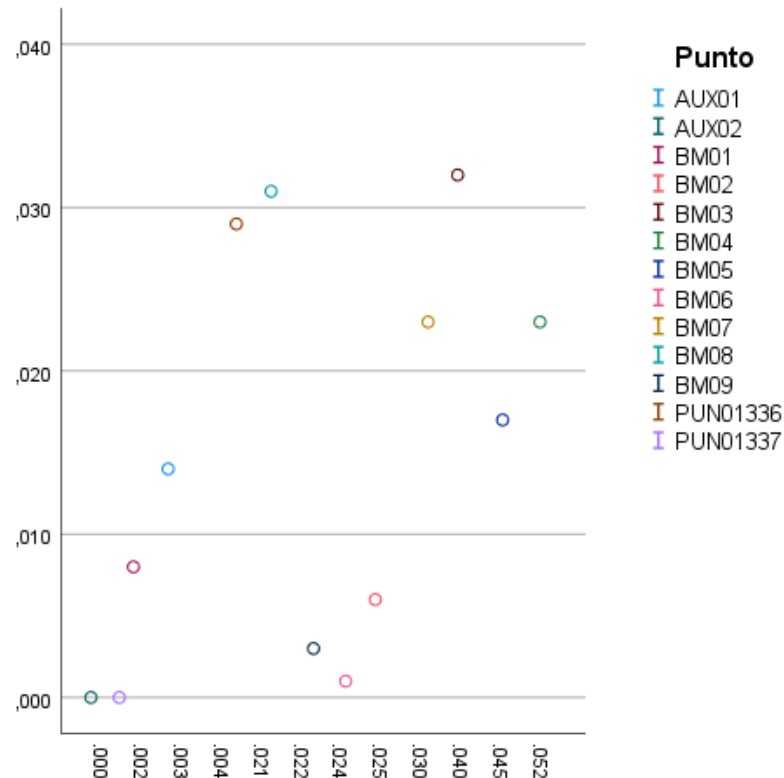
Prueba T para muestras independientes

	Prueba de muestras emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
	95% IC Inferior	Superior			
DIF_X1_X2 - DIF_Y1_Y2	-0.0164	0.0039	-1.341	12	0.205

Nota: Prueba t para muestras independientes, con referencia (tabla 15) diferencias (X1_X2) y diferencias (Y1_Y2).

Figura 18

Grafico de diferencias estadísticas



Nota: Grafico de diferencias e implicancia, con referencia (tabla 15) diferencias (X1_X2) y diferencias (Y1_Y2).

4.5.2. Conclusión Hipótesis estadística

En la prueba t de Student para el análisis de diferencias de medición de las coordenadas (tabla 24) $DIF_{X1_X2} - DIF_{Y1_Y2}$ cumple la condición $0.205 \geq 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula que considera que **No existe diferencia significativa entre los datos obtenidos entre la estación total robótica y los datos obtenidos mediante el posicionamiento geodésico en el establecimiento de la poligonal abierta.**

Con un grado de confiabilidad del 95%



4.5.3. Conclusión Hipótesis de investigación

Existe similitud en la medición de coordenadas X - Y, utilizando GNSS en contrastación con las mediciones recopiladas con estación total robótica.

4.6. DISCUSIÓN

Con referencia al uso de estación total, Ochoa, (2021) haciendo uso de la estación total encontró un error máximo de ± 0.08 m. Así también Zevallos, (2021) menciona en sus conclusiones que la obtención de datos topográficos con estación total es de 0.02m, De la Cruz, (2021), encontro diferencias $X = 0.2663$ y $Y = 0.3099$). Quezada, (2022) La estación total alcanza una precisión de 0.026, Del cálculo de la ley de propagación del error se obtuvo lo siguientes resultados. $X=0.0170$, $Y=0.0058$. Se puede apreciar una variedad de resultados esto responde a los criterios de utilización de equipos y la precisión de estos.

Con respecto al posicionamiento geodésico Jimenez et al. (2019) la estación total respecto a las obtenidas con receptor GNSS presentan desviaciones que varían en un rango de 0.010m a 0.035m presentando datos similares.



V. CONCLUSIONES

- En base a los resultados obtenidos después de los procesos de recolección de datos y análisis de estos podemos concluir que ambos procedimientos proveen de información aceptable.
- Con referencia a los resultados obtenidos se observa que la relación entre tiempos de operación entre la estación total robótica y la estación GNSS, la recolección de datos se realiza con mayor rapidez con el receptor GNSS (posicionamiento geodésico)
- Con referencia a los resultados obtenidos, se infiere que la relación, el costo de operación de la estación total robótica, es relativamente más bajo que el de un receptor GNSS (posicionamiento geodésico).
- Los procesos de ajuste en las poligonales son necesarios para minimizar los errores que se puedan encontrar en el proceso de recolección de datos, así mismo los equipos a ser utilizados deben cumplir las condiciones de operatividad y calibración correspondientes para asegurar un trabajo optimo.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar las comprobaciones correspondientes con respecto a las tolerancias permisibles, puesto que cada proyecto tiene condiciones y requisitos independientes.
- Tener especial consideración de las condiciones climáticas para la programación de los trabajos puesto que esto pueden incidir en mayores tiempos de ejecución y en ocasiones los errores de lectura o toma de datos.
- Tener en cuenta las condiciones climáticas para la programación de los trabajos puesto que estos pueden incidir en mayores costos de ejecución al no realizar el trabajo en las condiciones adecuadas.
- Siempre corroborar las tolerancias para iniciar el ajuste de los datos de la poligonal, el criterio del profesional a cargo es indispensable al momento de la toma de decisiones.



VII. REFERENCIAS

- Acero Velo, L., & Serruto Flores, J. C. (2018). *Modelo Geoidal Con Receptores Gns en método cinemático y nivelación geométrica para la estimación de alturas ortométricas en la ciudad universitaria UNA - Puno* [Universidad Nacional del Altiplano PUNO]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7690>
- Berrocal Rodriguez, J. C., & Sagástegui Plate, D. E. (2012). *Diseño e implementación de un dispositivo medidor de distancias basado en diodo laser* [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ]. http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1506/BERROCAL_JUAN_Y_SAGASTEGUI_DAVID_MEDIDOR_DISTANCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Blandón Santana, A., Jiménez Cleves, G., & Garzón Barrero, J. (2021). Introducción a La Planimetría. In *British Journal of Cancer*. <http://www.revista.unam.mx/vol.7/num7/art55/int55.htm>
- Blandon Santana, A., & Mosquera A., I. D. (2005). *PLANIMETRIA* (p. 208).
- Cascón Katchadourian, J., Ruiz Rodriguez, A. A., & Alberich Pascual, J. (2018). Usos y Aplicaciones de Georreferenciación y Geolocalización en Gestión Documental Cartográfica y Fotográfica Antiguas. *Profesional de La Información*, 27(1), 202–212. <http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/2018/ene/19.pdf%0AJesús>
- Charles D., G., & R. Wolf, P. (2012). *Topografía Primaria - Una introducción a la Geomática* (D. Sandin (ed.); 13th ed.). Pearson Education, Inc.



www.pearsonhighered.com

- Chávez Pecho, W. C. (2021). Comparación del replanteo topográfico de una carretera con y sin puntos de control geodésicos en la provincia de Huancayo [UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES]. In *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2883>
- Cruz Meléndez, E. (2008). *Estación total aplicada al levantamiento topográfico de una comunidad rural*. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura U.P. Zacatenco.
- Da Silva Moreira, E. (2018). *Qualidade de coordenadas planimétricas em poligonal topográfica frente à propagação de erros nas mensurações* [UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA]. <https://repositorio.unipampa.edu.br/handle/riu/7037>
- De la Cruz Flores, P. (2021). *La Poligonación En La Topografía Inicial Para El Control Del Diseño Geométrico En La Construcción De Carreteras. Estudio De Casos*". Universidad Peruana del Centro.
- Furones, Á. M. (2011). Sistema y marco de referencia terrestre. *Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría*, 1–26. <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/135737/Resumen.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García Balboa, J. L., Ruiz Armenteros, A. M., & Mesa Mingorance, J. L. (2011). Evaluación de la incertidumbre de medida de ángulos, distancias y desniveles medidos con instrumentación topográfica. *Mapping*, 149(2010), 13. http://150.214.97.12/publicaciones/Garcia-Ruiz-Mesa_2011_Mapping_Evaluacion_incertidumbre.pdf



- González Gómez, C. A. (2021). *Estudio Topografico de sistema de microcuencias en los cerros orientales de Bogota, segun la norma NS-030 de la empresa de acueducto de Bogota* [Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas].
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29553>
- González, P. (2010). *Levantamiento Mediante Gps*.
<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4651/pfc5890.pdf>
- Ibañez-Asensio, S., Gisbert-Blanquer, J. M., & Moreno-Ramón, H. (2011). El sistema de coordenadas utm. *Universidad Politecnica de Valencia*, 1(1), 1–9.
<http://hdl.handle.net/10251/10772>
- IGN.GOB. (2022). *INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL*. Geoportal Del Instituto Geografico Nacional. <https://www.idep.gob.pe/>
- IGN. (2016). Especificaciones Técnicas Para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo Con Receptores Del Sistema Satelital De Navegación Global. In *Ign/Oga/Unidad De Control De Calidad Y Normalización*.
<https://app8.ign.gob.pe/GestionDocumental/Documento.aspx?id=2634>
- INEGI. (2002). *Tratamiento de errores en levantamientos topográficos* (p. 134). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- Jimenez Calero, N. M., Magaña Monge, A. O., & Soriano Melgar, E. (2019). Análisis Comparativo Entre Levantamientos Topográficos Con Estación Total Como Método Directo Y El Uso De Drones Y Gps Como Métodos Indirectos. In *Universidad De El Salvador Facultad De Ingeniería Y Arquitectura Escuela De Ingeniería Civil Análisis*. Universidad de el Salvador.



- Koenig Veiga, L. A., Zanetti Zehnpfennig, M., & AparecidaFaggion, P. L. (2012). Fundamentos de Topografía. In *Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Universidade Federal do Paraná*. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Universidade Federal do Paraná. www.cartografica.ufpr.br
- Leica. (2017). *Introducción al Sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global)* (Vol. 1). http://coello.ujain.es/Asignaturas/topometria/descargas/GPSBasics_es.pdf
- Mendoza Dueñas, J., & Mora Quiñones, S. (2004). *Topografía práctica - Principios Basicos*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Carreteras: Diseño Geometrico DG-2018. In *Dirección General De Caminos Y Ferrocarriles*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Ochoa Cadillo, M. A. (2021). *Precisión en el levantamiento topográfico en el estadio Huachenca para medir el grado de confiabilidad, 2021*.
- Portela Fernández, J. J. (2019). Análisis comparativo de software y métodos de procesamiento GNSS para la obtención de posiciones y velocidades: aplicación al Valle Central de Costa Rica. In *Universidad Politecnica De Madrid Escuela Tecnica Superior De Ingenieros En Topografia, Geodesia y Cartografia*.
- Quezada Calle, M. D. (2022). *Evaluacion de confiabilidad entre estacion total, aerofotogrametria con RPAS y GPS diferencial, aplicado a proyectos de mineria* [Universidad Católica de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/12520>



- Quispe Pérez, E. (2015). *Poligonal Base para la Construcción de Carreteras*.
[https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/11408/MT-1461-Quispe Pérez%2C Eduardo.pdf](https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/11408/MT-1461-Quispe%20Eduardo.pdf)
- Ramos, R. C. (2003). La Georreferenciación En Cartografía. *Primer Congreso De La Ciencia Cartográfica Y VIII Semana Nacional De Cartografía*, 14.
https://www.ign.gob.ar/descargas/geodesia/2003_la_georreferenciacion_en_cartografia.pdf
- Rodríguez Navarro, P., & Gil Piqueras, T. (2020). *El Castillo de Bairén (Gandía, España). Proyecto de documentación gráfica*. X, 439–446.
<https://doi.org/10.4995/fortmed2020.2020.11420>
- Romero Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Enfermería Del Trabajo*, 6(3), 36–45.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>
- Salinas Huapaya, G. M. (2020). *Influencia del replanteo Topografico con puntos geodeiscos en la ejecucion caminos vecinales de la region Huancavelica* [Universidad Peruana los Andes].
<http://informatica.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3112>
- Urteaga Montoya, J. A. (2018). *Evaluacion Tecnica Economica del levantamiento topografico con estacion total, gps diferencial y dron, para el analisis geometrico de la carretera Banos del Inca - Otuzco, Cajamarca 2020*. Universidad Privada del Norte.
- Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2016). *Topografía* (14th ed.). Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C. V., México. <http://www.alfaomega.com.mx>



Zevallos Estrada, M. O. (2021). *Evaluación De Costos, Rapidez y Precisión en el Levantamiento Topográfico Realizado Con Dron en la Carretera Pillco Marca DistritoDecayran 2019* [Universidad de Huanuco].
<http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2841/ZevallosEstrada%2CManuelOrlando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VIII. ANEXOS

Figura 19

Monumentación de puntos de control geodésico



Nota: Monumentación de Puntos de control según norma vigente (IGN, 2016)

Figura 20

Posicionamiento geodésico (PUN01337)



Figura 21

Toma de medidas de equipo GNSS (PUN01337)



Figura 22

Posicionamiento geodésico (PUN01336)



Figura 23

Estación total robótica (PUN01337)



Figura 24

Estación total robótica (BM-05)



Anexo 1. Certificado de operatividad Receptor GNSS Trimble R8S

INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.

Topografía total

SERVICIOS-VENTA-CALIBRACION-REPARACION

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

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD CERTIFICATE OF OPERATION

- Mant. General

Reparación

Operatividad

Garantía

Nuevo

DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

Equipo : RECEPTOR GNSS	Persona Natural o Jurídica : ILE-MER E.I.R.L.
Fabricante : TRIMBLE	Dirección : JR. LEONCIO PRADO NRO. 130B SANTA ROSA (A 2 CDERS Y MEDIA DEL IEP SANTA ROSA) PUNO - PUNO - PUNO
Modelo : R8S	RUC / DNI : 20600872240
N° Serie : 5830R00062	

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 224-05/2023
Fecha : 3/05/2023

Imagen de Receptor



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

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

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

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

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

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

FECHA DE MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Prueba de Operatividad	Fecha de Vencimiento	Observación
3/05/2023	x	x	3/11/2023	% 100 OPERATIVO

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

ORD. N° 224-05/23

Anexo 2. Certificado de operatividad Receptor GNSS Trimble R8S

INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.

Topografía total

SERVICIOS-VENTA-CALIBRACION-REPARACION

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

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

CERTIFICATE OF OPERATION

- Mant. General
- Reparación
- Operatividad
- Garantía
- Nuevo

DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

Equipo : RECEPTOR GNSS	Persona Natural o Jurídica : ILE-MER E.I.R.L.
Fabricante : TRIMBLE	Dirección : JR. LEONCIO PRADO NRO. 130B SANTA ROSA (A 2 CDRS Y MEDIA DEL IEP SANTA ROSA) PUNO - PUNO - PUNO
Modelo : R8S	RUC / DNI : 20600872240
N° Serie : 5830R00065	

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 225-05/2023
Fecha : 3/05/2023

Imagen de Receptor



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

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

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

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

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

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

FECHA DE MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Prueba de Operatividad	Fecha de Vencimiento	Observación
3/05/2023	x	x	3/11/2023	% 100 OPERATIVO

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

ORD. N° 225-04/23

Anexo 3. Especificaciones técnicas Receptor GNSS Trimble R8S



PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Tecnología inalámbrica avanzada para lograr flexibilidad y un uso conveniente sin cables

Tecnología Trimble R-Track para la modernización del sistema GPS

Opciones de comunicación base y móvil que se adaptan a cualquier aplicación

Extremadamente ligero y robusto



EL FUTURO DE LA TOPOGRAFÍA GPS HOY

El sistema GPS Trimble® R8 combina la tecnología de receptor GPS líder en la industria con diversas características innovadoras diseñadas para mejorar el rendimiento y la productividad en el campo.

El Trimble R8 combina un receptor GPS de doble frecuencia, con 24 canales, su antena GPS y un radio-enlace de datos en una unidad compacta que pesa tan solo 1,3 kg (2,9 lb).

UN RECEPTOR GPS AVANZADO DE ALTA CALIDAD

El Trimble R8 ha sido diseñado para ofrecer un rastreo de señales y un rendimiento de alta calidad. Al consumir menos de 2,5 W de alimentación, la avanzada tecnología Trimble R-Track asegura un rastreo óptimo incluso en entornos GPS hostiles. Con la introducción de las nuevas señales L2C, que forman parte de la modernización del sistema GPS, el Trimble R8 usará dichas señales para proporcionar un rastreo aun más robusto. La alimentación de antena de 4 puntos patentada del receptor de doble frecuencia incorporado del sistema presenta una estabilidad submilimétrica del centro de fase para lograr una máxima precisión.

El sistema incluye las capacidades WAAS y EGNOS incorporadas, lo que proporciona un posicionamiento diferencial en tiempo real sin una estación base.

FÁCIL DE INSTALAR Y DE MANEJAR COMO UNA ESTACIÓN BASE INALÁMBRICA

El Trimble R8 ofrece la opción de actualización de la radio interna de 450 MHz con capacidad de transmisión, haciendo que el sueño de disponer de una estación base completamente sin cables sea una realidad. Ya no se necesitan radios externas, cables ni trípodes adicionales, por lo que la instalación y el manejo es increíblemente sencillo y eficiente. Ahorre tiempo e incremente notablemente su productividad y eficiencia.

Los sistemas GPS Trimble R8 con esta opción de radio interna son ahora totalmente intercambiables como estaciones base y móviles. Utilice de forma estándar el Trimble

R8 y úselo como una estación base o móvil según lo requiera cada levantamiento topográfico. El Trimble R8 incrementa la flexibilidad en el trabajo.

El rango de transmisión de la radio interna es de 3-5 km. Para lograr un alcance mayor, simplemente utilice una de las radios externas de Trimble como repetidora.

CONVENIENCIA DEL USO SIN CABLES Y RENDIMIENTO SUPERIOR COMO MÓVIL

El rendimiento que representa el sistema GPS Trimble R8 como móvil es inigualable en la industria topográfica.

En el jalón del móvil, el Trimble R8 con un controlador de Trimble pesa tan solo 3,6 kg (7,9 lb). Sufrirá menos cansancio gracias al diseño ergonómico y al peso ligero del móvil. La comunicación inalámbrica con tecnología Bluetooth® entre el receptor y el controlador hace que el móvil se pueda usar completamente sin cables para una mayor comodidad.

Con el Trimble R8 podrá elegir la opción de comunicación que mejor se adapte a sus necesidades. Utilice la opción de radio interna de 450 MHz para recibir correcciones de una estación base local. Alternativamente, elija un módulo GSM interno para la comunicación con teléfonos móviles.

Un móvil Trimble R8 trabajará durante tanto tiempo y tan duro como usted lo hace. El consumo de alimentación extremadamente bajo le permite manejar el móvil Trimble R8 durante más tiempo sin tener que cambiar las baterías.

La amplia memoria interna de 6 MB le permite cómodamente registrar datos cinemáticos o estáticos para su posprocesamiento. El Trimble R8 también es lo suficientemente robusto para cualquier tipo de trabajo. Resiste caídas de hasta 2 m (6 pies) sobre superficies duras e incluso es sumergible hasta 1 m (3 pies).





SISTEMA GPS TRIMBLE R8

ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO

Mediciones

- Tecnología Trimble R-Track para el rastreo de la señal civil (L2C)
- Chip GPS topográfico personalizado Trimble Maxwell™ avanzado
- Correlador múltiple de alta precisión para medidas de pseudodistancia de L1 y L2
- Sin filtrado, datos de medidas de pseudodistancia sin suavizado, para lograr un bajo ruido, pocos errores por trayectoria múltiple, una correlación de dominio de bajo tiempo y una respuesta de alta dinámica
- Medidas de fase portadora de L1 y L2 de muy bajo ruido con una precisión <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Las razones de señal-ruido de L1 y L2 se señalan en dB-Hz
- Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble
- Código C/A de L1 con 24 canales, ciclo de fase portadora completo de L2C, L1/L2, compatible con WAAS/EGNOS

Posicionamiento GPS de código diferencial¹

Horizontal	±0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical	±0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento WAAS diferencial ²	Por lo general <5 m 3DRMS

Levantamientos GPS estáticos y FastStatic (estáticos rápidos)²

Horizontal	±5 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	±5 mm + 1 ppm RMS

Levantamientos cinemáticos³

Horizontal	±10 mm + 1 ppm RMS
Vertical	±20 mm + 1 ppm RMS
Tiempo de inicialización	Con bases individuales/múltiples un mínimo de 10 seg + 0,5 veces la longitud de la línea base en kilómetros, hasta 30 km
Fiabilidad en la inicialización ⁴	Típica >99,9%

HARDWARE

Físicas

Dimensiones (Ancho×Alto)	19 cm (7,5 pulg) × 10 cm (3,9 pulg), incluyendo los conectores
Peso	1,31 kg (2,89 lb) con la batería interna, radio interna, antena UHF estándar.
Móvil RTK completo de 3,67 kg (8,09 lb) incluyendo las baterías, el jalón, el controlador ACU y el soporte	

Temperatura⁵

De funcionamiento	-40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F)
De almacenamiento	-40 °C a +75 °C (-40 °F a +167 °F)

Humedad 100%, con condensación

Sumergible Cumple con el estándar IPX7 hasta una profundidad de 1 m (3,28 pies)

Golpes y vibraciones Ha sido probado y cumple con los siguientes estándares medioambientales:

Golpes Apagado: ha sido diseñado para resistir caídas de hasta 2 m (6,6 pies) sobre hormigón.

Encendido: de diente de sierra hasta 40 G, 10 mseg

Vibraciones Cumple con el estándar MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

Eléctricas

- Entrada de alimentación externa de 11 a 28 V DC con protección contra sobretensión en el puerto 1 (Lemo de 7 pines)
- Batería de litio-ion recargable, extraíble de 7,4 V, 2,0 Ah en un compartimiento interno para batería. El consumo de alimentación es <2,5 W, en el modo RTK con radio interna. Tiempos de funcionamiento con la batería interna:
 - De 450 MHz con capacidad de recepción solamente unas 5,5 horas; puede variar según la temperatura
 - De 450 MHz con capacidad de recepción/transmisión unas 3,5 horas; puede variar según la temperatura y la velocidad de datos inalámbrica
 - Con GSM unas 3,8 horas; puede variar según la temperatura
- Certificación Clase B Parte 15, 22, 24 de la certificación FCC, 850/1900 MHz. Clase 10 con módulo GSM. Con aprobación de marca de tipo CE y marca (ti) C

Comunicaciones y almacenamiento de datos

- Serie de 3 cables (Lemo de 7 pines) en el puerto 1. Serie RS-232 completo en el puerto 2 (Dsub de 9 pines)
- Opción de radio receptora/transmisora de 450 MHz, totalmente integrada y sellada:
 - Potencia de transmisión: 0,5 W
 - Rango⁶: por lo general de 3-5 km / 10 km óptimo
- Opción GSM totalmente integrada y sellada⁷
- Puerto de comunicaciones (Bluetooth)⁷ totalmente integrado y sellado de 2,4 GHz (Bluetooth)⁷
- Compatible con GSM, teléfonos celulares y módem CDPD externo para operaciones RTK y VRS
- Almacenamiento de datos en 6 MB de memoria interna: 165 horas de observables brutos en función del registro de datos de 6 satélites en intervalos de 15 segundos
- Almacenamiento de datos en el controlador con 128 MB de memoria: más de 3400 horas de observables brutos en función del registro de datos de 6 satélites en intervalos de 15 segundos
- Posicionamiento a 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz y 10 Hz
- Entrada y salida CMR11, CMR+, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0
- 14 salidas NMEA. Salidas GSOF y RT17. Compatible con fase portadora suavizada y BINEX

¹ La disponibilidad del código L2C depende del Gobierno de los Estados Unidos.

² La precisión y fiabilidad están sujetas a anomalías tales como la trayectoria múltiple, obstrucciones, la geometría de los satélites y las condiciones atmosféricas. Siempre cumpla con las prácticas topográficas recomendadas.

³ Depende del rendimiento del sistema WAAS/EGNOS.

⁴ Puede verse afectada por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple y la geometría de los satélites. La fiabilidad de inicialización se controla continuamente a fin de asegurar la más alta calidad.

⁵ Normalmente, el receptor funcionará hasta -40 °C, la capacidad normal del módulo Bluetooth y de las baterías está fijada en -20 °C.

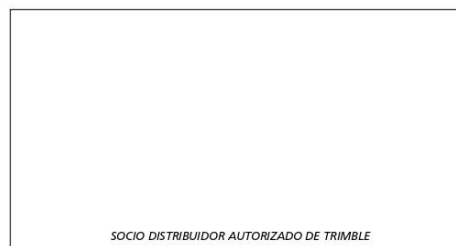
⁶ Varía con el terreno y las condiciones operativas.

⁷ Las aprobaciones del tipo de tecnología Bluetooth y GSM son específicas según el país. Contacte al representante u oficina local de Trimble para obtener más información.

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.



© 2004, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble y el logo del Globo terráqueo y el Triángulo son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited registradas en la Oficina de Patentes y Marcas Comerciales de los Estados Unidos y en otros países. Maxwell es una marca comercial de Trimble Navigation Limited. La marca con la palabra Bluetooth y los logos son propiedad de Bluetooth SIG, Inc. y todo uso de dichas marcas por parte de Trimble Navigation Limited es bajo licencia. Todas las otras marcas son propiedad de sus respectivos titulares. Pedido de NP 022543-079A-E (12/04)



SOCIO DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE TRIMBLE

AMÉRICA DEL NORTE

Trimble Geomatics and
Engineering Division
5475 Kellenburger Road
Dayton, Ohio 45424-1099
EE.UU.
800-538-7800
(Teléfono sin cargo)
Teléfono +1-937-245-5154
Fax +1-937-233-9441

EUROPA

Trimble GmbH
Am Prime Parc 11
65479 Raunheim • ALEMANIA
Teléfono +49-6142-2100-0
Fax +49-6142-2100-550

ASIA-PACÍFICO

Trimble Navigation
Singapore Pty Limited
80 Marine Parade Road
#22-06, Parkway Parade
Singapore 449269 • SINGAPUR
Teléfono +65-6348-2212
Fax +65-6348-2232



www.trimble.com



Anexo 4. Certificado de operatividad Receptor GNSS Trimble NET R9



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD CERTIFICATE OF OPERATION

Mant. General
 Reparación
 Operatividad
 Garantía
 Nuevo

DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

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

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 223-04/2023 Imagen de Receptor
 Fecha : 10/04/2023



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

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

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

PRECISIÓN LEVANTAMIENTO GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic)

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

FECHA DE MANTENIMIENTO

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

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

ORD. N° 223-04/23

Anexo 5. Especificaciones Técnicas Receptor GNSS Trimble NET R9

HOJA DE DATOS

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Motor de procesamiento
Trimble HD-GNSS de
tecnología punta

Trimble CenterPoint RTX
proporciona precisión de
nivel RTK en cualquier lugar
sin necesidad de una estación
base o red VRS

La **Tecnología Trimble xFill**
ofrece cobertura RTK cuando
se pierde la conexión con
las fuentes de correcciones
principales

Rastreo de satélites avanzado
con tecnología de receptor
Trimble 360

Conveniente panel frontal
para despliegue de datos y
configuración

Soporte para conexión
Bluetooth®, Ethernet, serial
y USB

Memoria interna de gran
capacidad

Múltiples formatos de archivo
de datos

Potente configuración y
acceso remoto



TRIMBLE NETR9 GEOSPATIAL

COMPLETO SISTEMA GNSS MODULAR

El Trimble® NetR9 Geospatial es un receptor GNSS diseñado para proporcionar las máximas prestaciones, flexibilidad y funcionalidad a los profesionales de la topografía. Las tecnologías Trimble que ofrece el NetR9 Geospatial constituyen una completísima y única combinación.

Las tecnologías Trimble HD-GNSS, Trimble CenterPoint™ RTX, Trimble xFill™ y Trimble 360 están integradas en este sistema de receptor para proporcionar una opción modular inigualable adaptable a los requisitos particulares de los topógrafos.

MOTOR DE PROCESAMIENTO TRIMBLE HD-GNSS

El avanzado motor de procesamiento Trimble HD-GNSS reduce en forma significativa los tiempos de convergencia así como ofrece confiabilidad en la alta precisión y la alta calidad de las posiciones a la vez que reduce el tiempo de ocupación. Va más allá de los métodos tradicionales de soluciones fijas/flotantes y ofrece una evaluación aún más precisa de las estimaciones de los errores que los motores de procesamiento GNSS tradicionales.



TRIMBLE CENTERPOINT RTX

Trimble CenterPoint RTX ofrece precisión de nivel RTK en cualquier lugar sin necesidad de una estación base local o una red Trimble VRS™. Haga levantamientos usando correcciones CenterPoint RTX emitidas por satélites en las zonas donde las correcciones de estaciones base terrestres no están disponibles. Al hacer levantamientos de grandes distancias en zonas remotas, tal como un tendido de tuberías o derechos de vía de un servicio público, CenterPoint RTX elimina la necesidad de mover continuamente la estación base o mantener la conexión a la cobertura celular.

TRIMBLE XFILL

Optimice los enlaces satelitales y la red mundial de estaciones de referencia Trimble GNSS con la tecnología Trimble xFill, la cual "completa" continuamente los vacíos

existentes en la transferencia de correcciones RTK o VRS. Si se combina con una suscripción CenterPoint RTX, se mantendrá la precisión de nivel topográfico durante un tiempo infinito.

RECEPTOR TRIMBLE 360

La potente tecnología de receptor Trimble 360 del Trimble NetR9 Geospatial es compatible con las señales GNSS de todas las constelaciones existentes y planeadas y con todos los sistemas de ampliación satelitales. Integrado con dos chips Trimble Maxwell™ 6, el NetR9 Geospatial ofrece 440 canales GNSS sin precedente. Trimble genera confianza con una sólida inversión en GNSS para hoy y para un futuro a largo plazo.

INTELIGENTE PARA MUCHAS APLICACIONES

El compacto diseño del receptor Trimble NetR9 Geospatial, su bajo consumo de energía y su potente conjunto de prestaciones lo convierten en una combinación ideal compatible con un amplio rango de aplicaciones de posicionamiento de alta precisión. Estas incluyen:

- Equipo portátil RTK y RTX
- Estación base móvil de campo
- Captura de datos con posprocesamiento

La familiar interfaz de usuario web de Trimble ofrece información completa del estado del receptor, parámetros de configuración, acceso a datos, así como una variedad de niveles de seguridad y controles de acceso.

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

El receptor Trimble NetR9 Geospatial tiene una memoria física de ocho gigabytes integrada en la placa del circuito, la cual proporciona un alto nivel de protección a los datos.

La batería de li-ión integrada puede alimentar al Trimble NetR9 Geospatial en forma continua durante 15 horas, por lo que aguanta fácilmente todo un día de trabajo. Con una batería de litio-ión integrada y especificaciones medioambientales muy exigentes, el diseño del Trimble NetR9 Geospatial es excepcionalmente robusto y está homologado con la norma IP67 de protección contra la intrusión de agua y polvo así como cumple con las normas MIL-STD-810F con respecto a golpes, vibraciones, humedad y temperatura. Por todo esto, podrá seguir trabajando incluso en las condiciones más difíciles.





TRIMBLE NETR3 GEOSPATIAL

RASTREO DE SATÉLITES

- Dos conjuntos de chips Trimble Maxwell 6 GNSS para un total de 440 canales
- Tecnología de reducción de error por multitraectoria Trimble EVEREST™
- Tecnología de receptor Trimble 360
- Medidas de fase portadora GNSS con un nivel de ruido muy bajo con precisión de <math><1\text{ mm}</math> en un ancho de banda de 1 Hz
- Razón señal-ruido en dB-Hz
- Probada tecnología de rastreo de baja elevación Trimble
- Las señales de satélite se rastrean simultáneamente:
 - GPS: L1 C/A, L2C, L2E (Método de Trimble para el rastreo de L2P sin encriptar), L5
 - GLONASS: L1 C/A y código P sin encriptar, L2 C/A y código P sin encriptar, L3 CDMA
 - Galileo: L1 CBOC, E5A, E5B, y E5A/B/C
 - Beidou (COMPASS): B1, B2
- Posicionamiento CenterPoint RTX, OmniStar HP, XP, G2, VBS
- QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN
- Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz y 20 Hz

RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO¹

Posicionamiento GNSS diferencial de código

Horizontal	0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical	0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento SBAS diferencial ² típico <math><5\text{ m}</math> 3DRMS	

Medición estática GNSS

Estática de alta precisión	
Horizontal	3 mm + 0,1 ppm RMS
Vertical	3,5 mm + 0,4 ppm RMS
Estática y Estática Rápida	
Horizontal	3 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	5 mm + 0,5 ppm RMS

Medición cinemática en tiempo real

Línea base individual <math><30\text{ km}</math>	
Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS
RTK de red ³	
Horizontal	8 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	15 mm + 0,5 ppm RMS
Tiempo de inicio RTK para precisiones especificadas ⁴ 2 a 8 segundos	
Trimble CenterPoint RTX	
Horizontal	4 cm
Vertical	9 cm
Tiempo de convergencia RTK para precisiones especificadas ⁵ 30 minutos o menos	
Tiempo de convergencia RTK QuickStart para precisiones especificadas ⁶ 5 minutos o menos	
Horizontal	RTK ⁸ + 10 mm/minuto RMS
Vertical	RTK ⁸ + 20 mm/minuto RMS

1. La precisión y la confiabilidad pueden estar sujetas a anomalías debidas a errores por trayectoria múltiple, obstrucciones, geometría de los satélites y condiciones atmosféricas. Las especificaciones establecidas recomiendan el uso de soportes estables en una zona despejada con una buena vista del cielo, que esté libre de errores por trayectoria múltiple e interferencias electromagnéticas, y que tenga una configuración óptima de la constelación GNSS, asimismo se recomienda usar los métodos de trabajo generalmente aceptados para realizar las mediciones de mayor precisión correspondientes a la aplicación determinada, incluyendo el uso de tiempos de ocupación adecuados a la longitud de la línea base. Las líneas base cuya longitud exceda los 30 km requieren datos de efemérides precisos y probablemente ocupaciones de hasta 24 horas para lograr especificaciones de alta precisión estática.
2. Depende del rendimiento del sistema WAAS/EGNOS
3. Los valores PPM de la red RTK se refieren a la estación base física más próxima.
4. Puede verse afectado por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple, las obstrucciones y la geometría de los satélites. La confiabilidad de la inicialización se controla continuamente para asegurar la más alta calidad.
5. Los valores de precisión dependen de la disponibilidad de satélites GNSS. Si no se tiene una suscripción RTX, el posicionamiento xRTK termina después de que transcurran 5 minutos de tiempo de inactividad de la radio. Cuando se tenga suscripción RTX, el posicionamiento xRTK continuará más de 5 minutos siempre que RTX haya convergido, y la precisión típica no exceda de 6 cm horiz, 14 cm vert. xRTK no está disponible en todas las regiones, consulte con su distribuidor local si necesita más información al respecto.
6. Las autorizaciones para los instrumentos con tecnología Bluetooth son específicas a cada país. Contacte a su distribuidor local autorizado de Trimble para obtener más información al respecto.
7. La batería interna funcionará a partir de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($14\text{ }^{\circ}\text{F}$ a $+131\text{ }^{\circ}\text{F}$). El cargador de la batería interna funcionará a partir de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($32\text{ }^{\circ}\text{F}$ a $113\text{ }^{\circ}\text{F}$). Todas las temperaturas listadas se refieren a la temperatura ambiente.
8. RTK se refiere a la última precisión obtenida antes de la pérdida de la fuente de corrección e inicio de xRTK.
9. El tiempo de convergencia del receptor varía según las condiciones de los satélites de la constelación GNSS, el nivel del error por trayectoria múltiple y la proximidad a obstrucciones tales como árboles y edificios grandes. Los tiempos de convergencia disminuyen en forma significativa al usar "RTK Quickstart" en un punto previamente medido o en un punto de control conocido.

HARDWARE

Características físicas

Dimensiones (L x A x H)	26,5 cm x 13,0 cm x 5,5 cm
Peso	1,75 kg
Protección contra la intrusión de agua y partículas	IP67 y MIL-STD-810F
Temperatura de funcionamiento ⁷	$-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$ a $149\text{ }^{\circ}\text{F}$)
Temperatura de almacenamiento	$-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$ a $176\text{ }^{\circ}\text{F}$)
Humedad	100%, con condensación
Golpes	
	Resistencia: Apagado 75 g, 6 ms;
	Encendido: hasta 25 g, 10 ms, en diente de sierra
puede soportar caídas de 1 metro sobre una superficie dura	
Encendido: 7,5 Hz a 350 Hz 0,015 g/Hz;	
Vibración	
	350 Hz a 500 Hz 0,006 g/Hz-6dB/Octava;
	Apagado: 10 Hz a 300 Hz 0,04 g/Hz;
	300 Hz a 1000 Hz-6 dB/Octava

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

- Tecnología PoE (alimentación a través de Ethernet) 802.3af; requiere un suministro PoE de la clase 3
- Entrada de 9,5 V DC a 28 V DC en el puerto Lemo
 - Voltaje durante el encendido configurable por el usuario y voltaje durante el apagado configurable por el usuario
- Tiempos de funcionamiento con la batería interna integrada de 7,4 V, 7800 mA-hr, Li-Ión;
 - 15 horas de operación continua, dependiendo de las configuraciones del usuario
 - La batería interna se carga desde el suministro de alimentación externa cuando el voltaje de entrada es $>12\text{ V DC}$
 - Consumo de alimentación nominal de 3,8 W, dependiendo de las configuraciones del usuario
- Circuito de carga integrado

FORMATOS DE ENTRADA Y SALIDA

- Formatos de corrección:
 - CMR, CMR+, CMR+, RTX, RTCM 2.1, RTCM 2.2, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1
- Observables:
 - RT17, RT27, RTCM 3.x
- Entrada/Salida (I/O) de posición/estado:
 - NMEA-0183 v2.30, GSOE
- Salida de 1 PPS
- Entrada de eventos

COMUNICACIONES Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

- Puertos seriales
 - Un D9 macho, EIA-574 RS-232/V.24 completo 9 hilos en serie
 - Un Lemo de 7 pines 0shell, trifilar en serie con entrada de alimentación, salida de 1 PPS y entrada de eventos
 - Un mini B USB de 5 pines, compatible con las operaciones en modo de dispositivo y anfitrión
- Bluetooth[®]
 - Bluetooth integrado de 2.4 GHz; soporta 3 conexiones simultáneas
- Ethernet
 - Conector RJ45 integrado
 - Modo Full Duplex, auto-gestión 100Base-T
 - Soporte de tecnología PoE con un suministro PoE de clase 3

Memoria integrada Capacidad de almacenamiento	8 GB
Velocidad de registro máxima	20 Hz
Duración de archivos	De 5 minutos a continua
Formatos de archivo	.TO2, RINEX v2.xx, RINEX v3.xx, Google Earth KMZ

CERTIFICACIÓN

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

© 2014, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble y el logo del Globo terráqueo y el Triángulo son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. CenterPoint, EVEREST, Maxwell, RTX, VBS, y xRTK son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. Todas las otras marcas comerciales son propiedad de sus respectivos titulares. NP 022516-02P-ESP (10/14)

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.



AMÉRICA DEL NORTE

Trimble Navigation Limited
10368 Westmoor Dr
Westminster CO 80021
ESTADOS UNIDOS

EUROPA

Trimble Germany GmbH
Am Prime Parc 11
65479 Raunheim
ALEMANIA

ASIA-PACÍFICO

Trimble Navigation
Singapore Pty Limited
80 Marine Parade Road
#22-06, Parkway Parade
Singapore 449269
SINGAPUR



Anexo 6. Certificado de calibración estación total robótica Trimble S7



236- 07-2023 EST

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CERTIFICATE OF CALIBRATION

OTORGADO A : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
RUC : 20145496170
Dirección : Av. el Sol Nro. 329 Barrio Bellavista - Puno

ESTACIÓN TOTAL	TRIMBLE	S7 2"	37330243
Equipo	Marca	Modelo	Serie

VALOR DE PATRÓN DE MEDICIÓN			VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO			
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	LIMBO	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
180°	00'	00"	HORIZONTAL	180°	00'	02"
90°	00'	00"	VERTICAL	89°	59'	58"

VALOR A CORREGIR				VALOR CORREGIDO - RANGO DE TOLERANCIA			
LIMBO	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
HORIZONTAL	00°	00'	02"	+	00°	00'	00"
VERTICAL	00°	00'	02"	+	00°	00'	00"

LIMBO	HORIZONTAL	VERTICAL
INCERTIDUMBRE	+/- 01"	+/- 01"
ERROR	00"	00"

SISTEMA DE MEDICIÓN DE DISTANCIA

PATRÓN DE MEDICIÓN	15.000 mts.	30.000 mts.	60.000 mts.	90.000 mts.	209.000 mts.
VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO	15.000	30.000	60.000	90.000	209.000
ERROR AL CORREGIR	00 mm	00 mm	00 mm	00 mm	00 mm

PRECISIÓN DEL INSTRUMENTO:

- Sistema Angular según normas DIN 18723 la precisión es de 2", lectura mínima en Display 1" ó 2".
- Sistema de Medición de Distancia +/- (2mm+2ppm XD) m.s.e.



PATRÓN UTILIZADO:

Colimador Modelo **MUTI-COLLIMATORS SURVEY F420-3T, COL3T0019** Nuestros equipos son comprobados con patrones de Medidor electrónicos de distancias registrado en INACAL, con el método de lecturas directo inverso y enfocados los retículos de referencia al infinito garantizando el ajuste en +/- 0.5".

INGENIEROS COIPSA ICT EIRL Mediante su laboratorio de Servicio Técnico certifica que el equipo en mención se encuentra totalmente revisado, controlado, calibrado y 100% operativo: se sugiere efectuar la siguiente calibración en un periodo máximo de 06 meses, se estima que sea el **30 de diciembre del 2023**.

Se expide el presente certificado de calibración, para los fines que estime conveniente.

Técnico Calificado:

Jasmani Yovani Flores Teves – CIP 195571
Gerente Operaciones - Representante Legal
INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.

Puno, 30 de Junio del 2023.

Anexo 7. Especificaciones técnicas estación total robótica Trimble S7

HOJA DE DATOS



Trimble S7

ESTACIÓN TOTAL

LA ESTACIÓN TOTAL MÁS PRODUCTIVA

La estación total Trimble® S7 combina el escaneado, la adquisición de imágenes y la medición en una potente solución. Ahora solo necesita un instrumento en el sitio de la obra para realizar toda la captura de datos. Cree modelos 3D, documentación visual de alta precisión del sitio de la obra, nubes de puntos, y más usando la estación Trimble S7, el software de campo Trimble Access™ y el software de oficina Trimble Business Center.

El Trimble S7 es el sistema más moderno para la medición eficiente, permitiéndole adaptarse a cualquier situación y aumentar su productividad en el campo. Al combinar las tecnologías SureScan, Trimble VISION™, FineLock™ y DR Plus, junto con muchas otras características, este instrumento es capaz de recolectar datos más rápido y con más precisión que nunca.

Escaneado 3D integrado

Ahórrese tiempo en el campo y en la oficina con la tecnología Trimble SureScan. Ahora tiene la flexibilidad de realizar escaneados con características abundantes todos los días. Capture eficientemente la información que necesita para crear modelos digitales del terreno (MDT), realizar cálculos de volumen y hacer mediciones topográficas más rápido que con los métodos topográficos tradicionales. La tecnología SureScan le permite coleccionar y procesar los datos más rápido al registrar los puntos adecuados y no cualquier punto.

Tecnología Trimble VISION mejorada

La tecnología Trimble VISION le da el poder de dirigir el levantamiento con imágenes de video en vivo en el controlador, así como de crear una gran variedad de resultados a partir de las imágenes grabadas. Use el video para capturar medidas con prisma o sin reflectores con la misma eficacia que logra al apuntar y hacer clic con el instrumento. Documente rápidamente el sitio de la obra y agregue notas directamente a las fotos en el campo para no olvidarse nunca de la información importante. De regreso en la oficina, podrá usar sus datos de Trimble VISION para medición, o para

procesar imágenes panorámicas digitales de 360 grados e imágenes de alto rango dinámico (HDR) y generar resultados aún más nítidos.

Precisión superior con Trimble DR Plus

La tecnología de medición electrónica de distancias Trimble DR Plus extiende el alcance de la medición de reflexión directa Direct Reflex™ sin prisma. Ahora podrá medir con menos configuraciones del instrumento y mejorar el rendimiento del escaneado. Trimble DR Plus, combinado con la suave y silenciosa tecnología servoasistida MagDrive™, brinda capacidades sin precedente para la medición rápida sin comprometer la precisión.

Administre sus recursos

Sepa dónde se encuentran sus estaciones totales las 24 horas del día 7 días de la semana con la tecnología L2P de Trimble. Vea dónde se encuentra su equipo en cualquier momento y reciba mensajes de alerta si su instrumento sale del sitio de la obra o sufre abusos o golpes imprevistos.

El software Trimble AllTrak™ le permite ver el uso del equipo y mantenerse al día en cuanto a requisitos de firmware, software y mantenimiento se refiere. Con Trimble L2P y AllTrak, podrá estar seguro de que su equipo se mantiene actualizado y que se encuentra donde debe estar.

Potente software de campo y oficina

Elija de una variedad de controladores de Trimble que ejecutan el intuitivo software de campo Trimble Access, con sus abundantes funciones. Flujos de trabajo simplificados guían paso a paso a las brigadas topográficas por los tipos de proyectos comunes ayudándolos a realizar el trabajo más rápido y con menos distracciones. Los flujos de trabajo de Trimble Access pueden personalizarse para satisfacer sus necesidades particulares.

De regreso en la oficina, confíe en el software Trimble Business Center para verificar, procesar y ajustar los datos de sus sistemas ópticos y GNSS, en una sola solución de software.

Principales características

- ▶ Medición, adquisición de imágenes y escaneado 3D en una potente solución
- ▶ Tecnología Trimble VISION mejorada para el control robótico por video, la documentación de escenas y la medición fotogramétrica
- ▶ Administración de equipos en tiempo real con Trimble L2P
- ▶ Trimble DR Plus para largo alcance y precisión superior
- ▶ Intuitivo software de campo Trimble Access
- ▶ Software de oficina Trimble Business Center para procesamiento de datos rápido
- ▶ Se integra perfectamente con el sistema móvil para la adquisición de imágenes Trimble V10 Imaging Rover y con los receptores GNSS



TRANSFORMANDO LA MANERA EN QUE SE TRABAJA EN EL MUNDO





HOJA DE DATOS

RENDIMIENTO

Medición angular
 Tipo de sensor: Codificador absoluto con lectura diametral
 Precisión (Desviación estándar basada en DIN 18723): 1" (0.3 mgon)
 2" (0.6 mgon), 3" (1.0 mgon), ó 5" (1.5 mgon)
 Pantalla (cuenta mínima): 0.1" (0.01 mgon)
 Compensador de nivelación automática: Doble eje centrado
 Tipo: 0.3" (0.15 mgon)
 Alcance: ±5.4' (±100 mgon)

Medición de distancias

Precisión (ISO)
 Modo Prisma
 Estándar: 1 mm + 2 ppm
 Precisión (RMSE)
 Modo Prisma
 Estándar: 2 mm + 2 ppm
 Rastreo: 4 mm + 2 ppm
 Modo de reflexión directa (DR)
 Estándar: 2 mm + 2 ppm
 Rastreo: 4 mm + 2 ppm
 Alcance extendido: 10 mm + 2 ppm

Tiempo de medición

Modo Prisma
 Estándar: 1.2 seg
 Rastreo: 0.4 seg
 Modo de reflexión directa (DR)
 Estándar: 1-5 seg
 Rastreo: 0.4 seg

Alcance de la medición

Modo Prisma¹
 1 prisma: 2.500 m
 Modo de largo alcance con 1 prisma: 5.500 m (alcance max.)
 Distancia más corta posible: 0.2 m
 Modo de reflexión directa (DR)

	Buena (Buena visibilidad, luz ambiental baja)	Normal (Visibilidad normal, luz de sol moderada, con reverberación de imagen moderada)	Difícil (Nebolina, objeto en luz solar directa, turbulencia)
Tarjeta de blancos (90% reflectante) ³	1.300 m	1.300 m	1.200 m
Tarjeta de grises (18% reflectante) ³	600 m	600 m	550 m

Lámina reflexiva de 20 mm: 1.000 m
 Distancia más corta posible: 1 m
 Modo Alcance Extendido DR
 Tarjeta de blancos (90% reflectante)³: 2.200 m

Escanear

Alcance^{2,3}: de 1 m a 250 m
 Velocidad⁴: hasta 15 puntos/seg
 Espaciamiento mínimo entre puntos: 10 mm
 Desviación estándar: 1.5 mm @ ≤50 m
 Precisión de puntos 3D simple: 10 mm @ ≤150 m

ESPECIFICACIONES MED

Fuente de luz: Diodo láser de pulsos de 905 nm
 Divergencia del haz
 Horizontal: 2 cm/50 m
 Vertical: 4 cm/50 m



ESTACIÓN TOTAL **Trimble S7**

ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

Nivelación	
Nivel circular en plataforma nivelante	8/2 mm
Nivel electrónico de dos ejes en la pantalla de cristal líquido con una resolución de	0.3" (0.1 mgon)
Láser de clase	
EDM	Láser de clase 1
Puntero láser coaxial (estándar)	Láser de clase 2
Clase de láser de producto en general	Láser de clase 2
Sistema servoasistido	
Tecnología servoasistida MagDrive	Sensor angular servoasistido integrado, control electromagnético directo
Velocidad de rotación	115 grados/seg (128 gon/seg)
Tiempo de rotación de Cara 1 (C0) a Cara 2 (C1)	2.6 seg
Tiempo de posicionamiento 180 grados (200 gon)	2.6 seg
Tornillos de bloqueo y movimientos lentos	Servoasistido, ajuste fino por fricción
Centrado	
Sistema de centrado	Trimble de tres pines
Plomada óptica	Plomada óptica integrada
Aumentos/distancia de enfoque mas corta	2.3x / 0.5 m al infinito
Telescopio	
Aumentos	30x
Apertura	40 mm
Campo de visión en 100 m	2.6 m en 100 m
Distancia de enfoque	1.5 m al infinito
Cruz filar iluminada	Variable (10 posiciones)
Enfoque automático	Estándar
Cámara	
Chip	Sensor de imagen digital color
Resolución	2048 x 1536 pixeles
Distancia focal	23 mm
Profundidad de campo	3 m al infinito
Campo de visión	16.5° x 12.3° (18.3 gon x 13.7 gon)
Zoom digital	4 posiciones (1x, 2x, 4x, 8x)
Exposición	Punto, HDR, Automática
Brillo	A definir por el usuario
Almacenamiento de imágenes	Hasta 2048 x 1536 pixeles
Formato de archivo	JPEG
Razón de compresión	A definir por el usuario
Secuencias de video ⁹	5 tramas/seg
Suministro de alimentación eléctrica	
Batería interna	Batería de Li-ión recargable de 111 V 5.0 Ah
Tiempo de funcionamiento ⁹	
Con una batería interna	Aprox. 6.5 horas
Con tres baterías internas en un adaptador para batería múltiple	Aprox. 20 horas
Soporte robótico con una batería interna	Aprox. 13.5 horas
Tiempo de funcionamiento con video robótico ⁹	
Con una batería	5.5 horas
Con tres baterías en un adaptador de batería múltiple	17 horas
Peso y dimensiones	
Instrumento	5.5 kg
Controlador Trimble CU	0.4 kg
Plataforma nivelante	0.7 kg
Batería interna	0.35 kg
Altura del eje de muñones	196 mm
Otras especificaciones	
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a +50 °C (-4 °F a +122 °F)
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +70 °C (-40 °F a +158 °F)
A prueba de polvo e impermeable	IP65
Comunicación	2.4 GHz, USB, serial, Bluetooth ¹⁰
Seguridad	Protección con contraseña de doble capa, L2P ¹¹





Anexo 8. Solicitud de códigos para puntos geodésicos

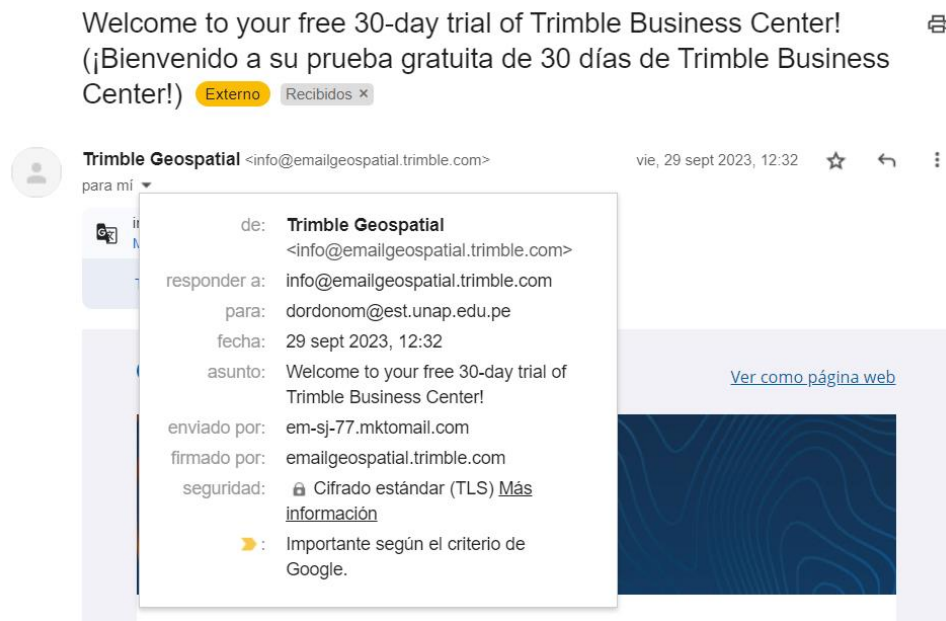


SOLICITUD DE CÓDIGOS PARA PUNTOS GEODÉSICOS

INFORMACION DEL SOLICITANTE : N° Solicitud : 0000005754

PERSONA NATURAL/JURIDICA RESPONSABLE DE LOS TRABAJOS TRABAJOS DE POSICIONAMIENTO GNSS	ORDOÑO MAMANI DONY OMAR
TELEFONO / CELULAR	989691929
CORREO ELECTRONICO	omar159ord@gmail.com
CANTIDAD DE PUNTOS GEODÉSICOS	
Datos del Punto Geodésico 1	
ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO	"C"
DEPARTAMENTO	PUNO
PROVINCIA	PUNO
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO 1(*)	PUN01336
Datos del Punto Geodésico 2	
ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO	"C"
DEPARTAMENTO	PUNO
PROVINCIA	PUNO
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO 2(*)	PUN01337
FECHA DE REGISTRO :	17/05/2023
Tener precaución de indicar correctamente la provincia y departamento en la cual se realizará el trabajo, en caso que el código no pertenezca a la provincia y/o departamento en que se realizaron los trabajos, no será certificado.	
<p>AVISO El código asignado por el Sistema de Certificaciones, tendrá validez de no mayor a seis (06) meses para su certificación, ello contempla el proceso de levantamiento de observaciones (en caso lo hubiera). El no cumplimiento de lo dispuesto, llevará a la anulación y asignación de dichos códigos a otros proyectos.</p>	

Anexo 9. Uso de Software con licencia gratuita por tiempo de prueba.



¡Bienvenido a su prueba de 30 días de Trimble Business Center!

DONY OMAR,

Gracias por su interés en el software Trimble® Business Center (TBC).

¡Acceder a tu prueba es fácil! Descargue, inicie sesión y descubra lo que TBC tiene para ofrecer.

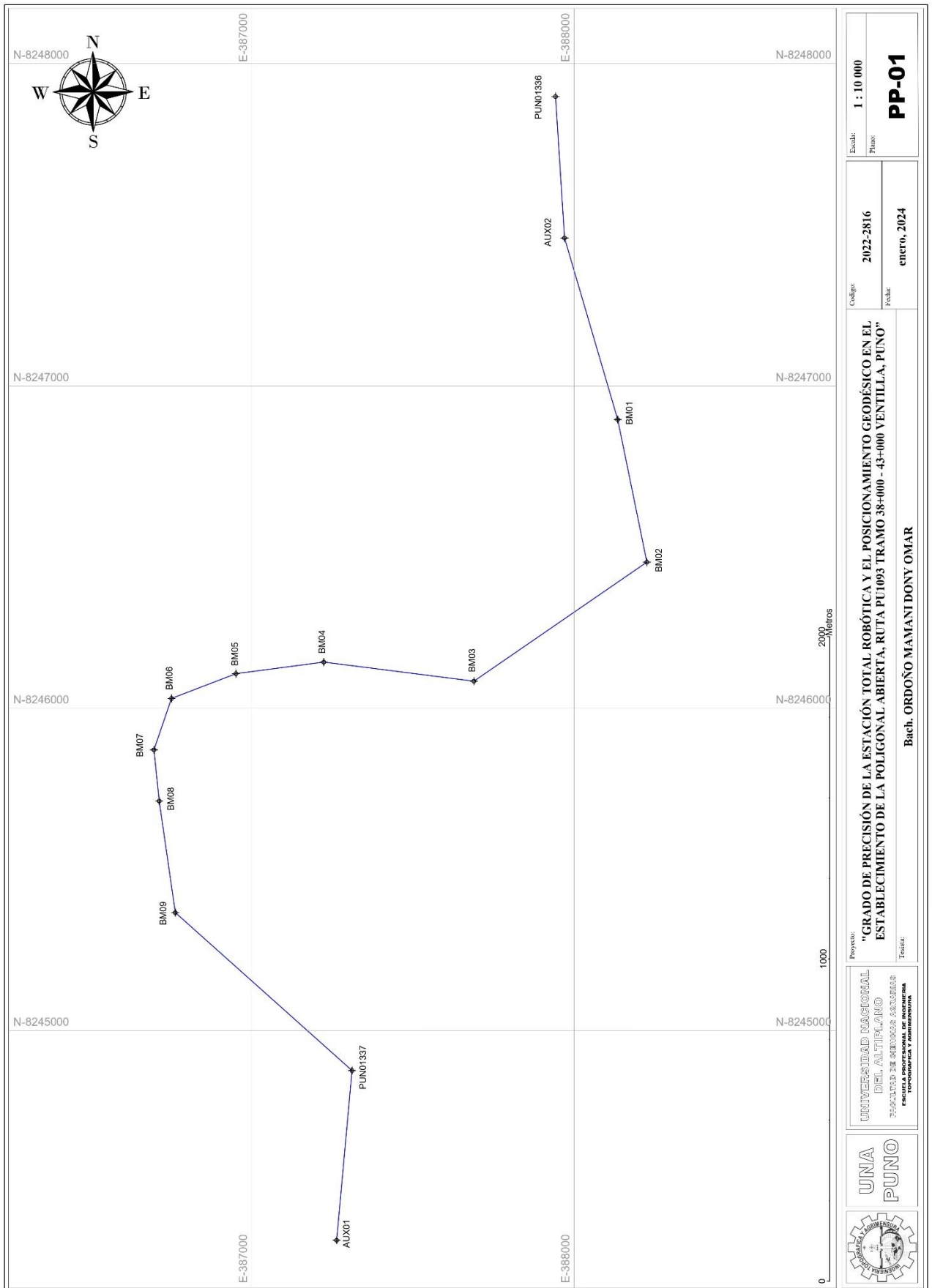
Descargar : desde la [página de descarga de TBC](#) , descargue TBC e instálelo en su PC.

Iniciar sesión : inicie TBC, inicie sesión con su Trimble Identity (TID), seleccione la pestaña *Soporte* y haga clic en *Administrador de licencias* en el extremo derecho. Luego simplemente seleccione *Suscripción* en el menú desplegable *Tipo de licencia* y haga clic en *Aceptar* o *Aplicar* .

Descubrir : después de seguir estos pasos, obtendrá acceso de 30 días a TBC.



Anexo 10. Plano de ubicación y distribución de puntos.



Anexo 11. Ficha datos punto PUN01336



**GRADO DE PRECISIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL ROBÓTICA
Y EL POSICIONAMIENTO GEODÉSICO EN EL ESTABLECIMIENTO
DE LA POLIGONAL ABIERTA, RUTA PU1093 TRAMO 38+000 - 43+000
VENTILLA, PUNO**



TARJETA DE DESCRIPCIÓN DE LA RED GEODÉSICA					
1. UBICACIÓN					
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	FECHA	DISTRITO	IDENTIFICACION	PUN01336
PUNO	PUNO	MAYO, 2023	PUNO		
Nota: El punto geodésico PUN01336, tiene como base la estación de rastreo permanente (E.R.P.) PU02 "Juliaca" establecida por el Instituto Geográfico Nacional IGN				CONTRO GEODESICO HOJA: 1 de 2	
Descripción: Placa de bronce de 7cm de diámetro (según especificaciones técnicas IGN) incrustado en un monumento de concreto de 0.40m*0.40m y lleva inscrito el código "PUN01336"					
Referencia: El punto geodésico "PUN01336", está ubicado a 165m del mirador ventilla y 9m, frentera del crematorio.					
2. DATOS TECNICOS					
Coordenadas Geográficas	Latitud	Longitud	H. Elipsoidal	Angulo de Convergencia de Meridiano	
	S15°50'43.05626"	O70°02'47.40444"	4172.225	0°17'09"	
Coordenadas UTM	Este	Norte	Elevación	Sistema de Referencia WGS 84	
	387942.103	8247897.840	4126.608		
Coordenadas Topográficas	Este	Norte	Cota Nivelada		
	387942.103	8247897.840	-----		
Factor de Proyección	Factor de Elevación	Factor Combinado	Zona:		19SUR
0.9997552904	0.9993444123	0.9990998631	Modelo Geodal:		EGM08
Croquis Fotográfico:			Fotografía:		
			Descripción del Punto:		
Elaboración: Bach. Ordoño Mamani, Dony Omar					

Anexo 12. Ficha datos punto PUN01337



**GRADO DE PRECISIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL ROBÓTICA
Y EL POSICIONAMIENTO GEODÉSICO EN EL ESTABLECIMIENTO
DE LA POLIGONAL ABIERTA, RUTA PU1093 TRAMO 38+000 - 43+000
VENTILLA, PUNO**



TARJETA DE DESCRIPCIÓN DE LA RED GEODÉSICA					
1. UBICACIÓN					
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	FECHA	DISTRITO	IDENTIFICACION	PUN01337
PUNO	PUNO	MAYO, 2023	PUNO		
<p>Nota: El punto geodésico PUN01337, tiene como base la estación de rastreo permanente (E.R.P.) PU02 "Juliaca" establecida por el Instituto Geográfico Nacional IGN</p>				<p>CONTRO GEODESICO HOJA: 2 de 2</p>	
<p>Descripción: Placa de bronce de 7cm de diámetro (según especificaciones técnicas IGN) incrustado en un monumento de concreto de 0.40m*0.40m y lleva inscrito el código "PUN01337"</p>					
<p>Referencia: El punto geodésico "PUN01337", está ubicado a 130m del riachuelo existe y a 11m del eje de carretera.</p>					
2. DATOS TECNICOS					
Coordenadas Geográficas	Latitud S15°52'21.19918"	Longitud O70°03'09.10662"	H. Elipsoidal 4051.895	Angulo de Convergencia de Meridiano 0°17'16"	
Coordenadas UTM	Este 387311.672	Norte 8244878.653	Elevación 4006.362	Sistema de Referencia WGS 84	
Coordenadas Topográficas	Este 387311.098	Norte 8244875.967	Cota Nivelada -----		
Factor de Proyección 0.9997570422	Factor de Elevación 0.9993633089	Factor Combinado 0.9991205058	Zona: 19SUR		
			Modelo Geodal: EGM08		
Croquis Fotográfico:			Fotografía:		
			Descripción del Punto:		
<p>Elaboración: Bach. ORDOÑO MAMANI, DONY OMAR</p>					



Anexo 13. Declaración Jurada de Autenticidad de Tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo DONY OMAR ORDOÑO MAMANI,
identificado con DNI 43461868 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“ GRADO DE PRECISIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL ROBÓTICA Y EL POSICIONAMIENTO
GEODÉSICO EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA POLIGONAL ABIERTA, RUTA PU1093
TRAMO 38+000 - 43+000 VENTILLA, PUNO ”

Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 19 de enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



Anexo 14. Autorización para el depósito de tesis o trabajo de investigación



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

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

Por el presente documento, Yo DONY OMAR ORDOÑO MAMANI,
identificado con DNI 43461868 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA,

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

“ GRADO DE PRECISIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL ROBÓTICA Y EL POSICIONAMIENTO

GEODÉSICO EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA POLIGONAL ABIERTA, RUTA PU1093

TRAMO 38+000 - 43+000 VENTILLA, PUNO ”

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 19 de enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella