

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“CONFIABILIDAD Y MÉTODOS DE VERIFICACIÓN SATELITAL EN EL
CONTROL GEODÉSICO DE CARRETERAS”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA VIAL

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTA (S):

MIRAVAL PEÑA, JESÚS VÍCTOR

APONTE ROJAS, CARLOS HUMBERTO

ASESOR:

ING. ZEVALLOS HUARANGA, JORGE

HUÁNUCO – PERÚ

Año 2019

DEDICATORIA

A Dios, que me dio la vida y me fortaleció cada día en mi andar diario y que me dio cada día su gracia y que nada puedo hacer sin su ayuda.

A mi madre, Esther Peña Espinoza, por su amor incondicional cada día y ser soporte brindándome su apoyo en la vida hasta concretar este nuestro esfuerzo.

Y a todos mis familiares y amistades que permanecen conmigo y me ayudan a seguir adelante cada día.

Jesús Víctor Miraval Peña

A mis padres que me alientan a ser mejor cada vez y me ayudan a levantarme en cada caída.

A todas las personas que me apoyaron e hicieron que este trabajo fuera un éxito, especialmente a quienes me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Carlos Humberto Aponte Rojas

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro centro de formación profesional, UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN, a los catedráticos especialmente de nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes compartieron sus experiencias y conocimientos, cimentando la base técnica para desarrollarnos profesionalmente en el campo de la querida ingeniería civil.

Estamos honrados y agradecidos con el Ingeniero Jorge Zevallos Huaranga, docente en la UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN, por el gran apoyo asesorando y colaborando para desarrollar esta tesis.

RESUMEN

El objetivo general de la presente tesis fue investigar cómo influye el método de verificación satelital en la confiabilidad del control geodésico en carreteras, realizando el análisis del posicionamiento geodésico mediante receptores GPS de doble frecuencia en el tramo de acceso al campus universitario de la UNHEVAL y verificando las coordenadas halladas con Estación Total mediante el cálculo de su precisión y exactitud bajo consideraciones normativas peruanas del MTC.

Es así que; determinamos si existe diferencias significativas de confiabilidad en términos de exactitud y precisión, dependiendo del método de verificación satelital elegido durante el control geodésico; pues en la actualidad los estudios topográficos son abordados mediante tecnología GPS como los receptores diferenciales y estaciones totales electrónicas, tomando datos en tiempo real con diferente precisión y exactitud, calculados en el sistema de referencia local bajo normativa estandarizada.

Entendiendo esto, indicamos que el cálculo final de coordenadas continua similar a décadas pasadas cuando se empleaba equipos ópticos mecánicos para medir distancias, usando numerosas simplificaciones y tratamiento local de las medidas, lo cual implica mucho tiempo y afecta los resultados ocasionando problemas al contrastar las coordenadas finales con otros especialistas en topografía, por lo que es importante comprender y solucionar los problemas para un control adecuado de posicionamiento.

Entonces; para observar cómo influye el método de verificación satelital en la determinación de la confiabilidad del control geodésico se analizaron 06 puntos geodésicos que conforman la red poligonal abierta en el tramo de acceso de la UNHEVAL entre las progresivas Km 0+000 – 00+600, cuyos datos fueron tomados por los métodos de verificación por trilateración usando GPS diferencial de doble frecuencia y poligonación usando Estación Total, considerando en el primero los métodos de observación principales: Estático Relativo, Cinemático en Tiempo Real (RTK) y Post Proceso Cinemático.

Esta investigación concluye que, no existe diferencia significativa entre métodos de verificación satelital elegido para determinar la confiabilidad durante el control geodésico de carreteras, esto debido a que; los errores residuales de la poligonal abierta obtenida por poligonación y cuyas coordenadas reales son las tomadas en el sistema de referencia geodésico WGS84 con estación total, son corregidos con factores de escala y los errores de posicionamiento geodésico obtenido con receptores doble frecuencia GPS con el método trilateración no son significativos.

Palabras claves: Confiabilidad, método de verificación satelital, control geodésico.

SUMMARY

The general objective of this thesis was to investigate how the satellite verification method influences the reliability of geodetic control on roads, carrying out the analysis of geodetic positioning using dual-frequency GPS receivers in the access section to the UNHEVAL university campus and verifying the coordinates found with the Total Station by calculating its precision and accuracy under Peruvian regulatory considerations of the MTC.

It is so; we determine if there are significant reliability differences in terms of accuracy and precision, depending on the satellite verification method chosen during the geodetic control; because at present the topographic studies are approached by means of GPS technology such as differential receivers and electronic total stations, taking data in real time with different precision and accuracy, calculated in the local reference system under standardized regulations.

Understanding this, we indicate that the final calculation of coordinates continues similar to past decades when mechanical optical equipment was used to measure distances, using numerous simplifications and local treatment of the measurements, which implies a lot of time and affects the results, causing problems when contrasting the coordinates. final with other surveying specialists, so it is important to understand and troubleshoot for proper positioning control.

So; In order to observe how the satellite verification method influences the determination of the reliability of the geodetic control, 06 geodetic points that make up the open polygonal network in the access section of UNHEVAL between the progressive km 0+000 - 00+600 were analyzed, whose Data were taken by the verification methods by trilateration using dual-frequency differential GPS and polygonalization using Total Station, considering in the first the main observation methods: Relative Static, Real Time Kinematic (RTK) and Kinematic Post Processing.

This investigation concludes that there is no significant difference between the satellite verification methods chosen to determine the reliability during the geodetic control of roads, this because; the residual errors of the open traverse obtained by traversing and whose real coordinates are those taken in the WGS84 geodetic reference system with a total station, are corrected with scale factors and the geodetic positioning errors obtained with dual-frequency GPS receivers with the trilateration method they are not significant.

Keywords: Reliability, satellite verification method, geodetic control.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA..... | III |
| AGRADECIMIENTO..... | IV |
| RESUMEN..... | V |
| SUMMARY | VII |
| INTRODUCCIÓN | XVII |
| CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 1 |
| 1.1 Fundamentación del problema de investigación | 1 |
| 1.2 Formulación del problema de investigación | 2 |
| 1.2.1 Formulación del problema general | 2 |
| 1.2.2 Formulación de problemas específicos | 3 |
| 1.3 Formulación de objetivos | 3 |
| 1.3.1 Formulación del objetivo general..... | 3 |
| 1.3.2 Formulación de objetivos específicos | 3 |
| 1.4 Justificación e importancia de la investigación | 3 |
| 1.4.1 Justificación..... | 3 |
| 1.4.2 Importancia o Propósito | 4 |
| 1.4.3 Viabilidad de la investigación..... | 5 |
| 1.5 Limitaciones | 6 |
| 1.6 Formulación de hipótesis..... | 7 |
| 1.6.1 Formulación de hipótesis general..... | 7 |
| 1.6.2 Formulación de hipótesis específicas..... | 7 |

| | | |
|---------------------------------|---|----|
| 1.7 | Variables..... | 7 |
| 1.7.1 | Variable dependiente..... | 7 |
| 1.7.2 | Variable independiente..... | 8 |
| 1.8 | Definición teórica y operacionalización de variables..... | 8 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | | 10 |
| 2.1. | Antecedentes de investigación | 10 |
| 2.2. | Bases teóricas | 18 |
| 2.2.1 | Métodos de verificación del control geodésico..... | 18 |
| 2.2.1.1 | Control geodésico..... | 19 |
| 2.2.1.2 | Objetivos del control geodésico | 20 |
| 2.2.1.3 | Características del control geodésico | 22 |
| 2.2.1.4 | Tipos de control geodésico..... | 22 |
| 2.2.1.5 | Clasificación de métodos de control geodésico | 24 |
| 2.2.1.6 | Concepto operacional..... | 29 |
| 2.2.2 | Grado de Confiabilidad..... | 31 |
| 2.2.2.1 | Definición teórica..... | 31 |
| 2.2.2.2 | Concepto operacional..... | 31 |
| 2.3. | Bases conceptuales | 36 |
| CAPÍTULO III. METODOLÓGIA..... | | 40 |
| 3.1 | Ámbito de estudio | 40 |
| 3.2 | Población..... | 40 |

| | |
|---|----|
| 3.2.1. Descripción de la población | 40 |
| 3.3 Muestra | 40 |
| 3.3.1. Muestra y método de muestreo | 40 |
| 3.4 Nivel y tipo de estudio..... | 41 |
| 3.4.1. Nivel de estudio..... | 41 |
| 3.4.2. Tipo de estudio..... | 41 |
| 3.5 Diseño de investigación..... | 42 |
| 3.6 Métodos, técnicas e instrumentos..... | 42 |
| 3.6.1. Técnicas..... | 43 |
| 3.6.2. Instrumentos | 43 |
| 3.7 Validación y confiabilidad del instrumento | 44 |
| 3.7.1. Validación de instrumentos para la recolección de datos | 44 |
| 3.7.2. Confiabilidad de instrumentos para la recolección de datos | 44 |
| 3.8 Procedimiento..... | 44 |
| 3.8.1. El levantamiento de información | 45 |
| 3.8.2. Procesamiento de la información | 51 |
| 3.8.3. Presentación de resultados | 51 |
| 3.9 Tabulación y análisis de datos..... | 52 |
| 3.9.1. Plan de tabulación de datos | 52 |
| 3.9.2. Análisis de datos | 52 |
| 3.10 Consideraciones éticas | 52 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADO | 53 |
| 4.1 Resultados | 53 |
| 4.1.1. Precisión..... | 53 |

| | |
|---|----|
| 4.1.2. Exactitud | 63 |
| CAPÍTULO V. DISCUSIÓN | 65 |
| 5.1 Discusión de Resultados | 65 |
| CONCLUSIONES | 73 |
| RECOMENDACIONES | 75 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 76 |
| ANEXOS..... | 78 |
| Anexo 01. Matriz de consistencia | 78 |
| Anexo 02. Consentimiento informado | 79 |
| Anexo 03. Instrumentos | 80 |
| Anexo 04. Nota biográfica | 83 |
| Anexo 05. Validación de los instrumentos por jueces | 84 |
| Anexo 06. Estaciones de rastreo permanente en Perú..... | 85 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Cuadro de Operacionalización de variables..... | 8 |
| Tabla 2 Cuadro de definición de términos operacionales. | 9 |
| Tabla 3 Precisiones del instituto nacional de estadística y geografía de México..... | 35 |
| Tabla 4 Datos de la medición 01..... | 53 |
| Tabla 5 Datos de la medición 02..... | 54 |
| Tabla 6 Datos de la medición 03..... | 55 |
| Tabla 7 Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-01 | 56 |
| Tabla 8 Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-02 | 56 |
| Tabla 9 Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-03 | 56 |
| Tabla 10 Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-04 | 57 |
| Tabla 11 Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-05 | 57 |
| Tabla 12 Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-06 | 57 |
| Tabla 13 Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-07 | 58 |
| Tabla 14 Promedios de los datos de puntos de control | 58 |
| Tabla 15 Diferencia entre promedio y levantamiento N° 01 | 59 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 16 | Diferencia entre promedio y levantamiento N° 02 | 59 |
| Tabla 17 | Diferencia entre promedio y levantamiento N° 03 | 60 |
| Tabla 18 | Desviaciones Estándar de los Puntos de Control | 60 |
| Tabla 19 | Error probable de la media aritmética..... | 61 |
| Tabla 20 | Precisiones de los puntos de control | 62 |
| Tabla 21 | Precisiones de los puntos de control en fracciones | 62 |
| Tabla 22 | Datos de la medición con Estación Total..... | 63 |
| Tabla 23 | Promedios de puntos de control con GPS Diferencial y Diferencias respecto a Estación Total..... | 64 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Poligonal Cerrada | 28 |
| Figura 2 Poligonal Abierta..... | 29 |
| Figura 3 Poligonal Abierta..... | 29 |
| Figura 4 Exactitud – precisión según la estadística en topografía | 33 |
| Figura 5 Formato 1: Fichas Geodésicas | 80 |
| Figura 6 Especificaciones técnicas equipo estación total | 81 |
| Figura 7 Componentes de vector | 82 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|--|----|
| Imagen 1 Vista satelital del área de estudio | 45 |
| Imagen 2 Se aprecia el equipo GPS Diferencial con su receptor Trimble RS8 | 47 |
| Imagen 3 Colocación del receptor controlando la elevación de la máscara.. | 48 |
| Imagen 4 Colocación del GPS Diferencial en el Punto de Control (PC) -01 | 49 |
| Imagen 5 Controlador Trimble TSC3 | 50 |
| Imagen 6 Importación de datos del receptor al colector | 67 |
| Imagen 7 Corrección en el software TBC..... | 67 |
| Imagen 8 Informe del punto corregido..... | 67 |
| Imagen 9 Factores de escala calculados..... | 69 |

| | |
|---|----|
| Imagen 10 Criterio de aceptación de línea base | 70 |
| Imagen 11 Nivel de confianza de precisión | 71 |
| Imagen 12 Coordenadas por método de observación..... | 72 |

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

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.

MTC : Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

MED : Medición Electrónica de Distancias.

NAVSTAR: Navigation System with Time and Ranking (Sistema de navegación en tiempo y distancia).

REGGEN : Red Geodésica Geocéntrica Nacional.

REGPMOC: Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo.

RTK : Real Time Kinematic.

UTM: Universal Transversal de Mercator.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país la tecnología de la geolocalización está avanzando, por ello la precisión se convierte en elemento esencial en el ámbito de la topografía, por esta razón es importante su utilización para después aportar soluciones y de esa manera contribuir con desarrollar la patria.

También, cabe indicar que en nuestro medio existen tipologías distintas de condiciones ambientales, lo que supone plantear problemáticas técnicas para su ejecución, es decir; estamos obligados todos los días a trabajar científicamente y con los diferentes tipos de métodos de control geodésico que puedan existir en el entorno local y a nuestra disposición.

Por esto el objetivo en esta tesis es explicar cómo influye los métodos de verificación satelital en la confiabilidad durante el control geodésico. Es por eso por lo que se realizó el análisis considerando una medida patrón tomada como control.

Nuestra investigación se aborda en cinco capítulos, que describimos a continuación:

El primer capítulo: Estudia la problemática de investigación, donde formulamos el problema y describimos sus justificaciones y límites, planteamos las hipótesis con sus respectivas variables y su consecuente operacionalización.

El segundo capítulo: Describimos los antecedentes, teorías que fundamentan nuestro estudio, bases referidas a conceptos del control geodésico y métodos de verificación satelital, y, la importancia que esperamos logre esta investigación.

El tercer capítulo: Describimos la metodología, alcance, población, nuestro tipo y nivel de estudio así como el diseño usado en la investigación, los instrumentos y técnicas empleadas al igual que los métodos y fiabilidad de instrumentos, el proceso y tabulación para luego analizar los datos.

El cuarto capítulo: Explicamos nuestros resultados hallados a través de cuadros descriptivos y comparativos en los que apreciamos los datos de los puntos de control geodésicos realizados.

El quinto capítulo: Mostramos lo correspondiente con la discusión de nuestros resultados para lo cual se explican los datos obtenidos al aplicar los instrumentos de investigación, para acabar concluyendo los hallazgos y recomendando para continuar y extender el estudio, para nombrar posteriormente la bibliografía que usamos en esta tesis y por último mostramos los anexos considerados.

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Fundamentación del problema de investigación

La geodesia es la ciencia matemática cuyo propósito es “establecer la forma y tamaño del planeta o la mayor parte de este, y construir los mapas respectivos” (Real Academia Española, 2019). Así dividimos la tierra para estudiarla y representar su superficie; desarrollando técnicas y metodologías acerca de implementación de Sistemas de posicionamiento Global llamado GPS, que permiten realizar mediciones directas o indirectas rápidas en las vías obteniendo datos y productos cartográficos cada vez más precisos.

La Real Academia Española (2019) define control como “verificación, inspección, fiscalización, intervención” (p.1), refiriéndose a un mecanismo regulador manual o sistemático; el cual, en el contexto de verificar mediciones geodésicas mediante posicionamiento satelital, permite obtener coordenadas in situ precisas de cualquier punto en tiempo real, asegurando un control adecuado del diseño o ejecución de vías.

Es así como; el control geodésico siendo: “Referencia elíptica que representa el geoide y los datos de control horizontal y vertical, que considera el tamaño y forma de la Tierra” (Glosarios Alicante, 2015), se vuelve un factor determinante en las vías, pues permite entender la morfología del terreno y aplicando sistemas GPS logramos conocer la posición en un sistema de referencia, de puntos donde ocurren variaciones de alturas y contornos del terreno, en tiempo real y con precisión milimétrica.

Entendiendo confiabilidad como la “probabilidad de que algo funcione bien” (Real Academia Española, 2019), el problema usando técnicas de geodesia espacial en mediciones, comprobaciones y georreferenciaciones que advierte Flores (2016), es :

Al medir solo distancias horizontales y verticales necesarias, no se conocerá su nivel de precisión pues se obtendrá un único resultado y el valor más probable no será de las observaciones, además, si se produce un gran error en alguna medición no se puede detectar (p.18).

Entonces, para mejorar esta precisión y tener control fiable de mediciones habría que tomar observaciones adicionales (redundancias).

El desarrollo de esta investigación se enmarco en analizar el grado de confiabilidad en el control geodésico de una carretera usando métodos de verificación satelital de acuerdo con normas del IGN y MTC; razón por la cual consideramos las aplicaciones e indagaciones desarrolladas acerca de la medición satelital, para ello se requirió de un sustento teórico sobre posicionamiento geodésico, así como su precisión y exactitud que más adelante especificamos.

1.2 Formulación del problema de investigación

1.2.1 Formulación del problema general

¿Cómo influye el método de verificación satelital en el grado de confiabilidad, durante el control geodésico de las carreteras?

1.2.2 Formulación de problemas específicos

- a) ¿Qué efectos produce el método de verificación satelital en la precisión, durante el control geodésico de las carreteras?
- b) ¿En qué medida favorece el método de verificación satelital a la exactitud, durante el control geodésico de las carreteras?

1.3 Formulación de objetivos

1.3.1 Formulación del objetivo general

Explicar cómo influye el método de verificación satelital en el grado de confiabilidad, durante el control geodésico de las carreteras.

1.3.2 Formulación de objetivos específicos

- a) Analizar qué efectos produce el método de verificación satelital en la precisión, durante el control geodésico de las carreteras.
- b) Analizar en qué medida favorece el método de verificación satelital a la exactitud, durante el control geodésico de las carreteras.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Justificación

Entendiendo que “el problema en redes poligonales, geodésicas y topográficas, surgen cuando se utilizan coordenadas UTM y coordenadas topográficas, en los dispositivos de medición GPS diferencial” (Quispe Mayta & Quispe Morales, 2019).

Entonces, para elaborar cartografía actualizada y confiable, optimizamos y potenciamos el proceso cartográfico vial usando técnicas y métodos de posicionamiento y control, adquiriendo datos satelitales de alta precisión que nos permiten determinar, toponimias, perímetros y superficies confiables.

Actualmente, se usa ampliamente el método de medición con tecnología GPS, sin embargo; por desconocimiento de las limitaciones y ventajas se genera errores en las mediciones y comprobaciones geodésicas de las carreteras.

Las carreteras construidas sin control geodésico adecuado presentan errores en obtención de datos geodésicos, conllevando a cálculos deficientes y obteniendo diseños que requieren verificación futura. Luego reduce su vida útil por problemas de posicionamientos y proyección incorrecta de las obras, pues las capturas de datos geoposicionales en ingeniería vial representan un problema técnico y económico que debe mitigarse usando métodos diversos de control geodésico eligiendo el mas confiable.

1.4.2 Importancia o Propósito

La importancia del estudio radica en que la verificación de la confiabilidad en el control geodésico, obteniendo coordenadas geodésicas con información satelital, es fácil y de alta aplicación sin afectar significativamente la recolección de información en campo, porque no cambia radicalmente las condiciones de las carreteras.

El propósito del estudio fue explicar cómo varía el grado de confiabilidad en el control geodésico de una carretera, aplicando diferentes métodos de verificación satelital.

Otro problema de las carreteras en el Perú es que el Instituto Geográfico Nacional (IGN) no actualiza completamente los puntos de control geodésicos, perdiéndose al construir obras civiles, afectando el diseño y ejecución de caminos, razón por la cual realizar trabajos de control y verificación satelital se justifica.

1.4.3 Viabilidad de la investigación

Siendo el Control Geodésico uno de los componentes más importantes para la ejecución y mantenimiento de obras viales, este debe usar correctamente los puntos geodésicos y cumplir parámetros mínimos para la proyección de un diseño adecuado que permita una verdadera ejecución de un proyecto de ingeniería, pero si este control geodésico y topográfico es deficiente o inadecuado se deben introducir una solución como la aplicación de alguna herramienta que ayude a mejorar, ya sea las mediciones de la superficie del terreno o la ubicación de los puntos de control donde se generan las variaciones de contornos, alturas y demás detalles de la vía; logrando reducir el tiempo y optimizar recursos en estas obras.

La aplicación de medición satelital para el control geodésico de una carretera logra evitar gastos posteriores, y por otro lado posibilita las aperturas de obras viales en zonas con diferentes morfologías, dando así al ingeniero una herramienta útil, la cual puede ser utilizada para la introducción de comunidades aisladas a la interacción social y económica del país.

Dentro de los medios de comunicación más importantes y útiles en el Perú están las carreteras, por lo cual su diseño, construcción y mantenimiento debe ser prioridad,

para aumentar y potenciar el comercio interno, turismo y desarrollo cultural y social, logrando así el desarrollo económico; muchas veces mal ejecutadas debido a la obsolescencia de los equipos utilizados por las empresas consultoras y constructoras, privadas o públicas, y que además no toman en cuenta los reglamentos al realizar trabajos de campo, utilizando coordenadas relativas en forma inadecuada. Todas esto influyen en la ejecución de la obra, afectando a las comunidades directamente.

1.5 Limitaciones

Se limita al estudio de carreteras de la Región Central del país, específicamente del tramo I de acceso al campus universitario entre la progresiva Km 0+000 a 0+600. Estos caminos tienen puntos geodésicos en su trayectoria, requiriendo verificar el control geodésico para asegurar una correcta construcción y comunicación entre sus pueblos a través de vías idóneas pues tienen gran extensión geográfica.

En esta investigación utilizamos el método aplicativo, usado comúnmente en la ciencia y tecnología. La toma de información de los puntos de control, con la precisión necesaria depende principalmente del instrumento y método de recolección de datos, es así como nace el desarrollo de esta investigación a fin de determinar la confiabilidad en el control geodésico usando métodos de verificación con GPS diferencial en el tramo mencionado, para conocer si existe un adecuado control geodésico.

1.6 Formulación de hipótesis

1.6.1 Formulación de hipótesis general

El método de verificación satelital influye significativamente en el grado de confiabilidad, durante el control geodésico de las carreteras.

1.6.2 Formulación de hipótesis específicas

- a) El método de verificación satelital produce efectos significativos en la precisión, durante el control geodésico de las carreteras.
- b) El método de verificación satelital favorece significativamente a la exactitud, durante el control geodésico de las carreteras.

1.7 Variables

Para Sampieri (2014), como para muchos incluyéndonos es una “Propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse” (p. 105).

1.7.1 Variable dependiente

“Es el resultado o efecto producido por la acción de la variable independiente” (Borja, 2012, p.23). En la tesis, representa dentro de la hipótesis la consecuencia o efecto de la variable independiente que se estudia.

En nuestra investigación es: El Grado de Confiabilidad.

1.7.2 Variable independiente

Borja (2012) afirma que “Es la variable que produce el efecto o es la causa de la Variable Dependiente” (p. 23). En la tesis, dentro de la hipótesis es la que influye en la variable dependiente y no depende de otra variable.

En nuestra investigación son: Los Métodos de verificación satelital.

1.8 Definición teórica y operacionalización de variables

Tabla 1

Cuadro de Operacionalización de variables.

| Variable | Dimensión | Indicador | Escala | Instrumento |
|-------------------------------|-----------------------------------|--|----------------------------|--|
| Variable Independiente | Método de Trilateración | Georeferenciación de Puntos de Control | Latitud y Longitud | Ficha Técnica |
| | | Corrección a una Proyección Plana | Factor de escala | Configuración del GPS Diferencial Post proceso |
| | Métodos de verificación satelital | Ángulos entre líneas sucesivas | Grados, minutos y Segundos | Ficha Técnica |
| | | Longitud de cada línea | metros | Ficha Técnica |
| Variable Dependiente | Método de Poligonación | Corrección a una Proyección Plana | Factor de escala | Configuración de la estación total |
| | Dimensión | Indicador | Escala | Instrumento |
| | Precisión | Rangos de Precisión | Por encima de 1/20000 | Comparación entre métodos de verificación |
| | | Determinación de la precisión | Buena Mala | Ecuación de Precisión |
| | Grado de Confiabilidad | Rangos de Exactitud | 0.00mm-5mm | Ficha Técnica de Comparación entre métodos de verificación |
| | Exactitud | Determinación de la exactitud | Buena Mala | Evaluación de Gabinete |

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2*Cuadro de definición de términos operacionales.*

| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional |
|--|--|---|
| | | Operacionalmente esta variable se puede medir si se compara las dos dimensiones, método de trilateración y método de poligonación. |
| Métodos de verificación satelital | Conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete destinado a determinar las coordenadas geodésicas de puntos sobre el terreno convenientemente elegidos y demarcados con respecto al sistema WGS-84. | Para el levantamiento de datos se empleará un GPS Diferencial de doble frecuencia, equipado con receptores de alta precisión, una estación total y Software de procesamiento de datos. |
| Grado de Confiabilidad en el Control geodésico | La confiabilidad se refiere a la consistencia y coherencia de los resultados obtenidos. | Operacionalmente esta variable se puede medir en dos dimensiones, la exactitud y la precisión. Para la obtención de la variable se utilizarán fichas técnicas y ecuaciones para procesamiento y obtención de datos. |

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

El objetivo es describir la teórica y práctica del objeto de investigación en el que se sostenemos el estudio, y a partir del cual discutimos las conclusiones a las que llegaron los autores.

En la tesis titulada **“APLICACIONES Y USO DE LA TECNOLOGÍA DE GPS DIFERENCIAL DE DOBLE FRECUENCIA CON PRECISIÓN CENTIMÉTRICA EN EL ÁREA DE LEVANTAMIENTO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO GEOREFERENCIADO”** presentada a la Universidad de El Salvador para optar el título de ingenieros civiles, Ayala et. ál. (2012) afirman que:

Medir poligonales por los métodos Estático y Stop & Go, es fácil y práctico al recopilar información, es decir, aplicando la tecnología del GPS Diferencial comparada con el uso de equipos convencionales (Teodolito y Estación Total), da ventaja significativa en rendimiento y personal empleado. Este rendimiento óptimo del GPS Diferencial es afectado por puntos ubicados en lugares con horizonte obstruido que interfieren con la propagación de las ondas de radio de las fuentes del GPS cuando toman lecturas de una posición y los cuales requieren mayor tiempo de observación.

En coordenadas de cada punto de la poligonal, la diferencia de valores en el Sistema WGS-84 entre uno y otro método es del orden de milésima de

segundo, que convertidas al sistema de Proyección Cónica de Lambert representa una variación entre 7.00 mm y 8.00 cm, referente a latitud y Longitud, donde esta variación es significativa dependiendo del tipo de trabajo a realizar. Con respecto al cierre de diversas poligonales formadas por líneas base o vectores se han obtenido valores que van desde 1:10,000 hasta 1:3,000,000 observando valores de baja precisión de cierre en vectores con más presencia del punto con horizonte obstruido. (pp. 120-121)

Esta tesis aborda las necesidades respecto al uso de tecnología del GPS Diferencial de Doble Frecuencia en trabajos de levantamientos y replanteos topográficos, conociendo el correcto manejo de receptores al comparar posicionamientos en los métodos Estático, Cinemático y RTK, cuyos resultados nos ayudaron a tomar las consideraciones durante el planeamiento, recolección de datos y procesamiento de información durante el desarrollo de la presente investigación.

En el trabajo de graduación **“DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LAS REDES DE APOYO CATASTRAL GEOREFERENCIADAS POR MEDIO DE TECNOLOGÍA DE MEDICIÓN SATELITAL”** presentado para optar el título de ingeniero civil a la Universidad de San Carlos de Guatemala, se concluye que:

En coordenadas, los vectores de la red tienen precisión menor a $10 \text{ mm} + 2$ partes por millón o 1 milímetro por kilómetro de longitud de línea base, como indica el Manual de Normas Técnicas.

Los vértices de las redes deben colocarse en lugares accesibles para facilitar y agilizar el trabajo, se logra esto mediante ortofotos y cartografía del área para observar óptimos lugares donde colocar los vértices. Para mejor precisión es importante donde se coloca cada vértice, porque si hay cuerpos reflectantes, árboles o líneas eléctricas cerca del vértice, los satélites no pueden conectar con el receptor resultando en mala precisión de posicionamiento; para evitar esto hacer fichas descriptivas por vértice. (Divas Pensamiento, 2012)

Coincidimos con estas conclusiones, pues nos ayudó al evitar posibles inconvenientes entre el receptor y los satélites para obtener precisión similar, aunque aclaramos que las características del equipo receptor de doble frecuencia utilizado difieren, lo que significa configuración y obtención de valores distintos.

En la Universidad Cesar Vallejo se presentó la investigación “**DETERMINAR EL GRADO DE CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON EN LA PLAZA SAN LUIS-2017**” para titularse en ingeniería civil, en donde se concluye lo siguiente:

La precisión promedio de puntos de control es: 1/128788378562 norte, 1/10802906988 este y 1/311843 en elevación; superando la tolerancia de 1/20000 establecida por el Instituto de Estadística y Geografía de México, concluyendo que tiene buena precisión. Además; al considerar la exactitud como diferencia entre resultados de la estación total o valor real o referencial respecto al promedio de valores de los 3 vuelos, se encuentran en el rango

máximo de -4 mm y de 3 mm, sin pasar los 5 mm de diferencia establecidos en el MTC del Perú, por lo que tiene buena exactitud.

El grado de confiabilidad del Levantamiento Topográfico con dron depende de dimensiones que son precisión y exactitud, con estas es posible saber si los datos son confiables. Teniendo buena precisión y exactitud, el levantamiento topográfico con dron es confiable. (Sanchez Vargas, Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza san luis-2017, 2017)

Estas conclusiones explican y consideran la confiabilidad en términos de exactitud y precisión como nosotros, además son cercanas a las que llegamos en nuestro estudio, sin embargo; consideramos diferentes escenarios y toma de información.

Cóndor (2012), en su investigación titulada **“DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VISADO PARA OBSERVACIONES SATELITALES CON GPS DE ALTA PRECISIÓN”**; presentada a la Universidad Nacional de Ingeniería para optar el título de Ingeniero Civil, planteó como objetivo:

Determinar el tiempo mínimo de observaciones satelitales con dos receptores GPS usando el método estático, donde el primero (base), ocupa un punto de coordenadas conocidas asociado al sistema de estación de rastreo permanente (ERP) del IGN; el segundo receptor (rover), ocupó 10 puntos de coordenadas por conocer, con observaciones de duración variables y distancias de línea base de 1 km. hasta 500 km.

Estos receptores observaron simultáneamente el mismo conjunto de satélites, adquiriendo el archivo de datos de la base del IGN, y los archivos del Rover se descargaron en una computadora usando el software PC-CDU y para el pos – proceso el software Topcon Tools. (p.3)

El autor analiza los tiempos y distancias permitidas usando GPS Diferencial de forma estática, con relación a la base del IGN, y explica que cuando la distancia de línea base no supere los 210 km el tiempo por punto es 2 horas. A diferencia de este estudio, nosotros tomamos los datos en un tiempo mínimo de observación de 01 hora, pues así no se disminuye la exactitud ni confiabilidad según explica el autor, siendo además procedimiento habitual y normado por el IGN el 2015.

En la tesis titulada **“OPTIMIZACIÓN DEL ERROR LINEAL – ANGULAR DE LA POLIGONAL ABIERTA PARA CONTROL HORIZONTAL EN LA CARRETERA ACORA – JAYU JAYU”**, presentada para optar el título de ingeniero Topógrafo y Agrimensor a la Universidad Nacional del Altiplano, se concluye que:

El método de trilateración redujo el error de cierre respecto al método de radiación. Resultando para radiación $E_{\theta} = 0^{\circ}0'13''$; $EL = 0.751\text{m}$ y para trilateración $E_{\theta} = 0^{\circ}0'7''$; $EL = 0.733\text{m}$, Reduciendo el E_{θ} en $6''$ y EL en 0.018m . (Ramos Yucra, 2018)

El autor demuestra la importancia del procedimiento utilizando el método trilateración como el más adecuado, pues sirve para recolectar datos optimizando el trabajo en una poligonal abierta, criterio que utilizamos en nuestra tesis.

Durand Cruz (2018), titula su estudio **“EFECTOS DEL USO DEL FACTOR DE ESCALA EN LAS MEDICIONES DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO LAMPA TRAMO 0+000 AL 44+704.718”** el cual es presentado a la Universidad Nacional del Altiplano para optar el título de ingeniero Topógrafo y Agrimensor, llegando a las concluir que:

Para medidas de distancias en Proyección UTM WGS 84 (con factor de escala) y distancias Topográficas (sin factor de escala) en levantamiento topográfico de faja marginal, el efecto de usar factor de escala influye en las mediciones, pues mientras más es la distancia desde el Punto de control base, más aumenta la diferencia entre las medidas en proyección UTM y las Topográficas. Así, la distancia del tramo estudiado en coordenadas Topográficas es 44+740.001m y 44+704.718m en coordenadas UTM WGS 84, teniendo la diferencia de 35.284 metros lineales entre los dos. Comparando observamos que, para el ajuste de diferencias de distancias en proyección UTM y distancias topográficas, se debe considerar la relación entre la proyección UTM y la Topográfica, así obtendremos un valor llamado Factor de Escala (FE), que nos permitirá determinar las distancias precisas. (p. 108)

El autor menciona que el Factor de escala (FE) sirve para ajustar y/o convertir distancias en proyección UTM a topográficas o viceversa (FE obtenido). En nuestro estudio para obtener coordenadas mas precisas calculamos y usamos este FE.

La investigación “**DETERMINACIÓN DE LA RED POLIGONAL GEODÉSICO Y TOPOGRÁFICO DE ORDEN C EN EL ESTUDIO DE LA CARRETERA LAMPA CABANILLA CABANILLAS**” presentada ante la Universidad Nacional del Altiplano para titularse como ingeniero Topógrafo y Agrimensor, resuelve que;

En distancias horizontales, la precisión en error lineal del GPS promedia 3mm, mientras que la estación total promedia 2cm y en error residual hay diferencias significativas en ambos equipos, pero están dentro de los parámetros de la norma DG 2018 y MTC. (Quispe Mayta & Quispe Morales, 2019)

Esta tesis estudio la red poligonal topográfica y geodésica de orden C considerando las normas DG 2018 y del MTC, determinando errores horizontales y verticales, cuyos cálculos de errores lineales y residuales los aplicamos en nuestro estudio para obtener coordenadas más precisas.

En su tesis “**PRECISIÓN DE LAS COORDENADAS GEODÉSICAS, CON EL USO DEL FACTOR ESCALA, EN LA CARRETERA HUAMACHUCO**” para lograr el título de ingeniero civil y presentada a la Universidad Peruana Los Andes, Garavito (2018), nos dice que:

Cuando la topografía in situ no está georreferenciada y no se utiliza el factor escala (k) al inicio del estudio y replanteo topográfico surgen problemas, ya que; al no contar con puntos monumentados, no identificar factores que alteran la precisión de coordenadas geodésicas y al no configurar los equipos (estación total), tendríamos errores topográficos y esto retrasaría el inicio de las obras.

Empleando adecuadamente las coordenadas geodésicas y usando el factor escala (K), obtendríamos mayor precisión en mediciones topográficas, pero esto no llegamos a cumplir, afectando al proyecto económicamente en su topografía con 13.1% como importe adicional para ejecutar nuevos levantamientos topográficos. Retrasar la obra afecta en gran medida, al desarrollo en la comunidad. (p. 105)

Este estudio versa sobre la importancia de utilizar el factor de escala k y georreferenciar el levantamiento para lograr mediciones precisas obteniendo un control geodésico adecuado, el cual fue considerado en nuestra investigación.

En la Universidad Nacional de Ingeniería con informe de suficiencia denominado: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE OBRAS VIALES MEDIANTE TOPOGRAFÍA CONVENCIONAL Y GPS DIFERENCIAL”**, presentado para optar el título de ingeniero Civil, nos aportan que:

La diferencia de coordenadas comparando puntos de Estación Total con los obtenidos del GPS Diferencial en RTK, es en promedio 2.3 cm, con desviación estándar de 1 cm. Según el Levantamiento Topográfico con GPS Diferencial se obtienen resultados más precisos, siendo en promedio el error relativo aparente del levantamiento con Estación Total de $1/14,000$ y con GPS Diferencial es $1/139,000$. (Hilario Solis, 2013)

Así, ya sea Estación Total o GPS diferencial son aplicables en levantamientos Topográficos de control y están dentro de las tolerancias y exigencias específicas del MTC para levantamientos topográficos en obras viales.

2.2. Bases teóricas

El desarrollo de la investigación enmarcada en la determinación del grado de confiabilidad en el control geodésico aplicado a un tramo de carretera utilizando métodos de verificación satelital; requirió de sustento teórico, los cuales se especifican a continuación:

2.2.1 Métodos de verificación del control geodésico

En la publicación “**CURSO BÁSICO DE TOPOGRAFÍA**” se afirma que: “La topografía, no podría cumplir el cometido asignado sin conocer la geometría pues es aplicación de esta; así también, para la ingeniería civil es una herramienta básica” (García Márquez F. , 1994).

De acuerdo con La Norma Técnica Geodésica (2015), “el estudio del campo gravitacional y sus variaciones temporales en coordenadas de puntos fijos son importantes en la geodesia actual; siendo parte de esta determinar mediante coordenadas (latitud, longitud, altura) la posición de puntos sobre el terreno”. (p. 23).

Estos puntos monumentados o marcados que vinculados (juntos o separados) obtienen su ubicación geodésica, altura o campo gravitatorio en el territorio peruano; conforman la REGGEN (Red Geodésica Geocéntrica Nacional).

Así, la Red Oficial Geodésica Horizontal junto a la Red Geodésica Vertical Oficial integran el único Sistema Geodésico Oficial nacional formado por ERP e hitos o señales de orden “0”, “A”, “B” y “C”, anexados al Sistema Mundial de Referencia.

2.2.1.1 Control geodésico

Según Glosarios Alicante (2015), “Referencia elíptica de representación del geoide y sus datos de control vertical y horizontal, considerando la forma y tamaño de la Tierra”. Entonces, nos permite entender la morfología del terreno y conocer la posición de puntos donde ocurren variaciones de alturas y contornos en tiempo real y con precisión, siendo así la piedra angular de la gestión de tierras que garantiza recolección sistemática y precisa de datos geoespaciales.

En este control se identifica los puntos conectados, cuyas medidas controladas dan resultados sistematizados logrando datos uniformes, para cuyo fin, usamos la geodesia y topografía. Entonces, el control geodésico se logra al implementar soluciones avanzadas de posicionamiento con corrección o receptores GNSS que obtienen datos altamente precisos, proporcionan control geodésico unificado sistemático y común, para su uso en proyectos de gestión de tierras.

Las soluciones GNSS utilizan tecnología actualizada que garantiza una operatividad con rendimiento alto de la red a largo plazo. Estas flexibles soluciones expanden un sistema GNSS sin cambiar los sistemas de referencia, de modo que los datos registrados se almacenen correctos y sigan siendo de relevancia al cambiar sus necesidades y la tecnología.

2.2.1.2 Objetivos del control geodésico

2.2.1.2.1 Realizar un levantamiento geodésico

La determinación exacta de coordenadas geodésicas con un factor de escala, teniendo en cuenta la curvatura y deformación de la tierra, es un proceso en campo y gabinete llamado levantamiento geodésico. Los tipos de medidas topográficas son:

Mediciones directas

En (2019), Mendoza indica que “se obtienen la medida “exacta” a través de un proceso visual, partiendo de una comparación simple con la unidad patrón”. (p. 29). De hecho aplicamos, “al medir un ángulo con transportador o de una cinta a una línea o determinar un ángulo con una estación total” (Wolf & Ghilani, 2016, p. 45).

Mediciones indirectas

“Obtenida con dispositivos o cálculos matemáticos porque no se puede medir por un simple proceso visual” de acuerdo con Mendoza (2019, p. 29). Empleamos cuando el instrumento de medición no es directamente aplicable a la cantidad medir, usamos nuestro conocimiento de geometría y trigonometría para determinar la distancia a través de relaciones con patrones. Estos son “la taquimetría telemetro, mira invar y medición electrónica de distancia (EDM)”. (Jimenez, 2007). Entonces se determina por su relación con una o más medidas. “En topografía se realizan mediciones indirectas y debido a que estas tienen errores, los cálculos a partir de ellas también los tienen. La forma en que los errores se combinan dando resultados erróneos es la propagación de error”. (Wolf & Ghilani, 2016, p. 46).

2.2.1.2.2 Determinar la ubicación geodésica de un punto

Los puntos geodésicos son físicamente ubicados con GPS DIFERENCIAL y post procesados en gabinete considerando las zonas y bandas del sistema de proyección. Para unir en un marco de referencia geodésico toda georreferenciación, los puntos son referidos a la REGGEN del IGN, ubicándose en la superficie en Coordenadas Geográficas o Coordenadas UTM.

El Posicionamiento Geodésico estático relativo ubicado en coordenadas geográficas (latitud, longitud) o planas (Norte, Este) realizado con Receptores GPS, son base de los sistemas informáticos por localización geográfica y se utiliza en la planeación y construcción de proyectos, evitando esfuerzos y costos múltiples dando homogeneidad a los levantamientos geodésicos y brindando facilidad de operación.

2.2.1.2.3 Lograr sistematización de resultados geodésicos

Se asegura con mediciones de control unificadas, pues mediciones fragmentadas producen datos espaciales incongruentes y conflictivos, generando pérdida de tiempo al revisar los resultados. Esto se logra al implementar una red de estaciones de funcionamiento referencial continuo (CORS) estableciendo un marco común de referencia alineando el control entre los usuarios. Así, se proporcionará datos fiables y rendimiento reproducible en precisión controlada, eliminando discrepancias de metodología que puedan existir entre usuarios diferentes y asegurando que todos utilicen un marco de referencia común al capturar medidas. Una estación de referencia permanente reduce los errores de usar estación base temporal.

2.2.1.3 Características del control geodésico

2.2.1.3.1 Elimina trámites costosos

Aumenta la productividad reduciendo el costo general de las obras, implementando redes de referencia permanente y eliminando procesos repetitivos y complejos comúnmente costosos si se usa estaciones temporales de referencia.

2.2.1.3.2 Garantizan inicio de obra con lo que necesita realmente

Implementar redes ampliables de control geodésico, a medida, y totalmente configurables tienen en cuenta las diferencias regionales particulares y requisitos futuros que posiblemente surjan.

2.2.1.3.3 Aplicaciones y beneficios más allá del tema netamente catastral

Aplicar control geodésico adecuado se usa en sectores como construcción de carreteras o puentes, monitorear presas o minas, estudios meteorológicos, investigación científica, topografía marina, etc.; aumentando capitales de inversión y apoyando instituciones.

2.2.1.4 Tipos de control geodésico

2.2.1.4.1 Control geodésico horizontal

Su objetivo es establecer posiciones en un sistema de control con criterios de exactitud para diferentes aplicaciones, compuesta por una serie de estaciones

geodésicas horizontales, representados en placas metálicas o incrustadas en rocas u otra estructura; son factores muy importantes su estabilidad y permanencia.

La cartografía formalizada y los grandes proyectos de ingeniería deben ubicarse interno a un marco de referencia específico que posibilite definir claramente y con precisión las diversas características de interés; esto primero requiere crear puntos interconectados y procesar los datos en conjunto para calcular su posición relativa formando una primera red de posicionamiento geodésico.

2.2.1.4.2 Control geodésico vertical

El trabajo de nivelación calcula alturas por encima o debajo de una superficie de referencia. Hay tres tipos de nivelación: diferencial, trigonométricas y barométricas.

Nivelación diferencial. Método más exacto, donde la altura se mide en relación con la altura conocida de otro lugar. Se realizan las lecturas en barras verticales graduadas en adelante y atrás de un nivel. El desnivel es la diferencia de lecturas entre los puntos.

Nivelación trigonométrica. Utilizada al medir un ángulo vertical desde una distancia conocida usando un teodolito, y la elevación del punto se calcula por trigonometría. Este método realiza eficientemente nivelación y triangulación al mismo tiempo, pero la nivelación diferencial es más exacta.

Nivelación barométrica. Medimos diferencias de presión atmosférica entre puntos de interés. Técnica más rápida, sin embargo al calcular alturas relativas es menos precisa.

Nivelación trigonométrica y levantamientos diferenciales requieren líneas de visión claras, aumentando las mediciones requeridas, el costo y el tiempo.

2.2.1.5 Clasificación de métodos de control geodésico

2.2.1.5.1 Triangulación

Según Wolf & Ghilani (2016), “método clásico antes de medición electrónica, para levantamientos de control horizontal en áreas extensas, a través de longitudes de triángulos cuyos lados están conectados, con base en la medida de todos los ángulos y de algunos lados” (p. 552). Es un método para obtener superficies poligonales dividiéndolos en triángulos comúnmente irregulares. Lógicamente, el área total es la sumatoria de áreas de los triángulos.

El área del triángulo lo hallamos con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{bh}{2} = \frac{\text{base} * \text{altura}}{2}$$

Siendo “S” la superficie, “b” la longitud de cualquier lado en el triángulo y “h” la distancia ortogonal entre base y vértice opuesto a dicha base.

Triangulación Geodésica: Se obtiene coordenadas del punto inaccesible B por triangulación. Primero, hallamos la distancia (A – C) entre dos puntos asequibles (con coordenadas A y C). Usando trigonometría para medir la amplitud de ángulos con vértices (A) y (C), nos da estas distancias (A-B) y (C-B) y así tercer punto inaccesible: B y sus coordenadas.

Resección: En geodesia, la trigonometría se puede usar para calcular coordenadas del punto del observador si se conocen coordenadas de tres puntos y sus distancias.

2.2.1.5.2 Trilateración

Método para hallar posiciones relativas de objetos “basado exclusivamente en medición de distancias horizontales más rápidas con figuras similares al de la triangulación” (Wolf & Ghilani, 2016). Aquí la situación se invierte, midiendo directamente los lados y luego derivamos los valores de los ángulos, sin embargo; se necesita medir algunos ángulos para controlar la dirección, además:

Las estaciones deben ser intervisibles, ubicadas en puntos más altos y tener redes cuadradas básicamente, siendo ideal para el control de grandes obras de ingeniería y en áreas metropolitanas, pudiéndose extender partiendo de dos referencias con posiciones conocidas y la medida de distancia entre cada punto y el sujeto. Si sólo una estación es fija, se debe conocer o medir un acimut por lo menos. Los cálculos consisten en reducir las medidas de distancias inclinadas a horizontales, luego al elipsoide y, por finalmente, a sus longitudes en cuadrícula, así los cálculos se realizan en sistemas de coordenadas planas. (Wolf & Ghilani, 2016, pág. 556).

Localizar relativamente un punto en un plano bidimensional, sin ambigüedades y con precisión usando solo trilateración, implica uso de al menos tres puntos de referencia. Su uso común es el posicionamiento que utiliza el sistema GPS.

2.2.1.5.3 Triangulateración

Método que combina los dos anteriores midiendo directamente ángulos y distancias; permitiendo más libertad de diseño y aumenta en los levantamientos su rigidez y confiabilidad. Los errores de observación en las redes se ajustan usando el método de mínimos cuadrados de preferencia.

2.2.1.5.4 Poligonación

Método de levantamiento de control que mide directamente distancias y ángulos entre puntos sucesivos que forman una polilínea continua determinando las coordenadas. De hecho “en campo el procedimiento es en dos etapas: medición en estaciones de ángulos horizontales de la poligonal y medición de distancias entre estas estaciones” (Wolf & Ghilani, 2016, pág. 553).

Se utiliza la estación total para medir a la vez las distancias y ángulos, estacionado el instrumento en puntos de la poligonal, excluyendo los puntos de referencia, considerando que las poligonales en vías terrestres generalmente siguen zonas de derechos de vía o de paso en carreteras, con estaciones más cercanas entre sí.

Se pretende con la poligonación topográfica, ubicar varios puntos desde al menos un punto con coordenadas conocidas con salida en orientación. Se selecciona un grupo de puntos de control o estaciones, intervisibles con relación a sus estaciones adyacentes para cumplir los requisitos del levantamiento.

Las líneas que conectan estas estaciones son los lados de la Poligonación y el levantamiento consiste en medir longitudes de cada línea y ángulos entre líneas sucesivas (Bannister, Raymond, & Baker, 2006).

Así, la poligonal es el conjunto continuo de líneas, cuyas direcciones y longitudes se hallan midiendo en campo. Su mayor cualidad es su uso para el control en áreas donde la triangulación o trilateración no es factible o resulta costoso; sin embargo, no debe ser alternativa de levantamiento en áreas extensas (Zúñiga Díaz, 2010). Esto dado que “las poligonales no tienen comprobaciones automáticas propias de la triangulación, por lo cual se debe tener mucho cuidado en las observaciones, a fin de evitar graves equivocaciones” (Wolf & Ghilani, 2016, pág. 553).

Debe disponerse de vértices con coordenadas conocidas para hallar la partida y llegada y obtener referencias angulares requeridas. Este método de encadenar observaciones da como resultado; la acumulación de errores que se manifiesta en la estación final.

En 2016, Wolf & Ghilani concluyen que “ajustando, las condiciones de cierre son más rigurosas en acimutes o ángulos, proyecciones meridianas y proyecciones paralelas. El proceso más estricto es método de mínimos cuadrados pues satisface simultáneamente las tres condiciones y da residuos con mayor probabilidad” (p. 555).

Se compensa con rigurosidad la poligonal a partir de datos obtenidos en campo, encontrando los grados de libertad:

Observables – Incógnitas

Observables = Número de ecuaciones.

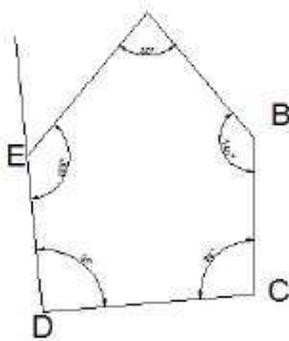
De distancia tantas como lados y de un ángulo por vértice.

Incógnitas. X, Y

Grados de libertad siempre 3

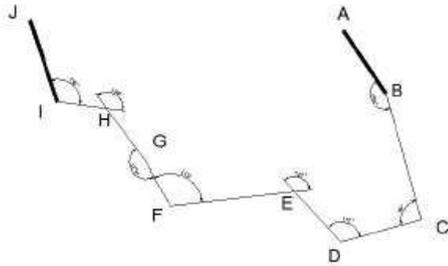
Cuando las características de observación están severamente restringidas por los requisitos de precisión, debe usarse aparatos de poligonación, que consisten en uso de tres trípodes fijos (estación, visual posterior y visual frontal), manteniendo fija la base e intercambiando los prismas, o el instrumento dado el caso. Por otro lado, permite ampliar la longitud de ejes de poligonales al usar distanciómetro electrónico. La precisión del distanciómetro en distancias genera errores que el fabricante suele expresar como distancia observada, pero al medir cometemos errores de estacionamiento y señal (colocación del prisma en el punto visado).

Figura 1 Poligonal Cerrada



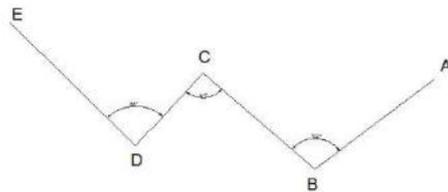
Nota. Fuente: Sánchez Vargas, 2017.

Figura 2 *Poligonal Abierta*



Nota. Fuente: Sánchez Vargas, 2017.

Figura 3 *Poligonal Abierta*



Nota. Fuente: Sánchez Vargas, 2017.

La topografía, utiliza polígonos como método común al fijar puntos de control y/o apoyo en levantamiento detallados, replanteo de proyectos, elaboración de planos y control de ejecución de obras.

2.2.1.6 Concepto operacional

Puntos de control Geodésico. Conjunto de operaciones destinadas a verificar y monitorear la ejecución física de obras ingenieriles en el terreno; al tratarse de carreteras, se verifican componentes y dimensiones de la carpeta asfáltica con los testigos y especificaciones técnicas, además de radios de curvatura, posiciones de inicio y fin de curvas, desarrollos, bombeo, peralte, y otros elementos geométricos de

las curvas horizontales y verticales. En la minera por otra parte, se chequea la posición del hito de anclaje y su amarre a la REGEN o a la red GPS, las dimensiones correctas de los hitos y el método topográfico o geodésico usado. En general lo que debe hacer el inspector depende de la actividad que realice y de la Entidad estatal con autoridad de georreferenciación. (Valencia, 2008).

Los puntos geodésicos, son placas con descripciones físicamente materializadas en el suelo, cada una con coordenadas y elevación específica. Es importante considerar la clasificación siguiente de estos puntos geodésicos objeto de obras de ingeniería civil durante su ubicación dentro del país:

Punto Geodésico Orden “C”. “Para establecer control suplementario en áreas rurales y urbanas, para apoyar el desarrollo en proyectos de ingeniería básicos, así como a trabajos que requieran de 10.00 mm de precisión máxima” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 29)

Puntos de apoyo (PFCH). “Puntos geodésicos característicos de los orden “C” que no son monumentados y se destinan a puntos de foto control de proyectos básicos de desarrollo urbano – rural y de ingeniería, con precisión no mayor a 10.00 mm” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 29).

Punto de control topográficos. Punto a partir del que se toman medidas lineales y/o angulares. Sirven de referencia para definir la dirección de una alineación. Estos puntos topográficos se dividen en:

Puntos permanentes: De referencia fijos, creados al margen y antes del levantamiento, son ejemplos: astas en plazas, hitos, los faros, para rayos, antenas, etc.

Puntos temporales: Específicamente creados para un proyecto, comúnmente desaparecen una vez culminado el levantamiento.

“Estos puntos son marcados con estacas de fierro o madera y se recomienda pintarlos para facilitar su ubicación, de igual manera deben ser referidas a alguna estructura cercana” (Mendoza, 2017).

2.2.2 Grado de Confiabilidad

2.2.2.1 Definición teórica

Confiabilidad. Definida como “probabilidad de que algo funcione bien” (Real Academia Española, 2019), en nuestro contexto, probabilidad que el sistema realice su función correctamente durante un tiempo específico y en determinadas condiciones.

“La teoría de la probabilidad se ocupa de los errores del sistema, siendo una teoría estadística más que una física porque estudia la frecuencia con la que ocurren los errores en lugar de las fallas que las causan” (Ciencia Hoy, 1996, p1).

2.2.2.2 Concepto operacional

2.2.2.2.1 Exactitud.

“Proximidad al valor verdadero, pero este valor jamás se calcula solo se reemplaza con un valor de referencia o cercano al real” (Sanchez Vargas, Determinar

el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza san luis-2017, 2017). Para García (1994), “es la aproximación a la verdad o bien el grado de conformidad con un patrón” (p. 6).

2.2.2.2.2 Precisión.

“Durante la medición afectado por condiciones ambientales, diferentes resultados coinciden para el mismo objeto” (La Estadística en Topografía, s.f., p 2). Otra definición sería, “el grado de refinamiento con que se lee una medida o el número de cifras con el que se hace un cálculo” (García Márquez F. , 1994, pág. 6).

Definimos al “grado de consistencia entre valores observados de una magnitud o su reproducibilidad basada en el grado de discrepancia entre las observaciones” (Norma Técnica Geodésica, 2015).

Figura 4 *Exactitud – precisión según la estadística en topografía*



Fuente: Sánchez Vargas, 2017.

Matemáticamente, precisión es la relación existente entre la distancia y el error que se comente en su medición, expresada con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{E_L}{\Sigma L} \text{ ó } P = \frac{1}{\frac{E_L}{\Sigma L}} = \frac{1}{\frac{\bar{X}}{E_v}} ;$$

Error: Magnitud desconocida debido a múltiples causas.

Clasificación de los errores

a) De acuerdo con las causas:

Naturales: Causado por distintas fluctuaciones de fenómenos naturales como sol, viento, temperatura, etc.

Personales: Errores no intencionados, porque el observador no está suficientemente capacitado. Llamados Instrumentales pues son “generados por equipos topográficos, por ello, es oportuno antes de realizar el trabajo verificar el estado de los instrumentos” (Navarro, 2008, p. 17).

b) De acuerdo con su forma:

Sistemáticos: Errores acumulativos a menos que cambien las condiciones, ejemplo: dispositivo mal graduado, cintas métricas, medición de ángulos, error por temperatura, donde se puede realizar correcciones.

Accidentales: Errores fuera del control del observador, por lo que no se puede corregir para cada observación, ejemplo: en lecturas de graduaciones, en medidas de distancias, medidas de ángulos, visuales descentradas de la señal.

Comparando entre sistemáticos y accidentales, tenemos que:

Sistemáticos: Sujetos a leyes físicas y matemáticas, conocidas como magnitudes y signos exceso (+) faltante (-), se corrigen, son magnitudes y varían según el número de observaciones.

Accidentales: Siguen la ley de la probabilidad, con magnitud y signo desconocidos, no son corregibles, pero son irrelevantes si disminuyen según un determinado proceso. (Navarro, 2008, p. 18).

Teorías estadísticas.

El Ingeniero Navarro Hudiel (2008) en su “Manual de Topografía”, menciona que:

Media Aritmética: Sumatoria de todos los valores observados entre el número de veces observado. $\bar{X} = \frac{X_1+X_2+X_3+\dots++ X_n}{n}$

Error Residual o desviación: Valor absoluto de la diferencia entre el valor observado y la media aritmética. $V_i = X_i - \bar{X}$

Error Medio Cuadrático (Desviación Típica o Estándar): Suma de errores residuales. $E_c = \sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2}{n}}$

Error Probable de la Media Aritmética: $E_v = E_c / (n)^{1/2}$

Tolerancias. Para el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, medir distancias en topografía es una operación básica, a través de la cual se determina la precisión de acuerdo con el equipo y metodología aplicada. Una descripción de “métodos aplicables a la medición de distancias y sus precisiones”. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2009, p1).

Tabla 3 *Precisiones del instituto nacional de estadística y geografía de México*

| MÉTODO | PRECISIÓN |
|----------------------|------------------|
| A pasos | 1/50 a 1/100 |
| Estadía | 1/50 a 1/750 |
| Estadía invar | 1/1000 a 1/2500 |
| Cadeneo ordinario | 1/1000 a 1/5000 |
| Cadeneo de precisión | 1/5000 a 1/10000 |
| Medición electrónica | 1/20000 |

Nota: En carreteras la tolerancia es de 5mm para puntos de control (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, s.f., p.1). Fuente: Sánchez Vargas, 2017.

2.3. Bases conceptuales

Consideramos los siguientes conceptos:

Ajuste. “Proceso de corregir observaciones para obtener mejores valores finales para valores desconocidos” de acuerdo con la (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 13).

Coordenadas Geográficas. “Latitud y Longitud que indican posición horizontal de un punto de la superficie en un mapa”. (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 14).

Coordenadas planas o proyectadas. Respecto a esto la Norma Técnica Geodésica (2015) indica que “Resultado de proyectar la superficie del elipsoide sobre un plano. Los puntos proyectados son nombrados coordenada X (Este) y coordenada Y (Norte) medidos en dos ejes perpendiculares, trazados desde el origen definidos según la elección del sistema de proyección” (pp 15-16).

Datum horizontal. Según la Norma Técnica Geodésica (2015), “punto de referencia geodésico con valores conocidos: latitud, longitud y azimut de una línea a partir del punto y los parámetros del elipsoide de referencia” (p. 15).

Datum vertical. En (2015), Norma Técnica Geodésica señala “superficie nivelada tomada como referencia para hallar elevaciones. Se suele elegir el geoide, por ser la superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre que se aproxima mejor al nivel medio del mar” (p. 15).

Efemérides GNSS. “Tabla de valores que muestra posiciones de satélites GNSS en un momento determinado. Hay dos tipos: Precisas y Transmitidas”. (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 15). Además se indica que:

Se utilizan las transmitidas, para hallar la posición en órbita del satélite, incluidos en mensajes de navegación actualizándose cada hora normalmente, se basan en datos de pseudodistancias observadas en estaciones de control del sistema, están referidas al sistema de referencia WGS84 y son predicciones con precisión de orden métrico de los parámetros reales.

Las efemérides precisas, tienen orbitales XYZ de alta precisión transmitidas en coordenadas tridimensionales, calculados por varias instituciones, emplean datos de pseudodistancias y fase, registrados por estaciones permanentes colocadas en el planeta y representan la órbita real del satélite. (Norma Técnica Geodésica, 2015, pp. 15-16).

Elipsoide de Referencia. La definición de Norma Técnica Geodésica (2015), indica que “es la figura más próxima al Geoide fácilmente definida con la matemática, creada por revolución de una elipse sobre su eje menor y usado para comparar levantamientos geodésicos (p. 16).

Estación de Rastreo Permanente (ERP). “instalación fija ubicada y colocada con precisión y exactitud donde el receptor GNSS recibe señales de satélites y, una interfaz de internet, telefónica o radial emite estas señales al centro de proceso” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 17)

Error Medio Cuadrático (EMC) (RMS). “raíz cuadrada del cociente entre suma de cuadrados de errores aleatorios y número de errores menos uno, minimizado con solución por método de mínimos cuadrados. Da medida estadística de dispersión de posiciones calculadas alrededor de la "posición mejor ajustada". Mayor precisión dado menor EMC” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 17).

Errores por Trayectoria Múltiple y Multipath. “Conocido como error multisenda, siendo error de posicionamiento resultado de interferencia entre ondas de radio entre transmisor y receptor por dos caminos diferentes de longitud eléctrica” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 17).

GNSS. “Conjunto de sistemas de posicionamiento satelital, incluido los actuales GLONASS, NAVSTAR-GPS y GALILEO de la Unión Europea, el japonés QZSS, el BEIDOU chino y el IRNSS de la India” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 17).

Línea base. “Línea que adquiere y procesa datos GNSS simultáneos con técnicas diferenciales realizando medición tridimensional entre dos estaciones” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 18).

Marco de referencia (geodésico). “Materialización de un sistema de referencia mediante una serie de estaciones fijas de control, definidas en la superficie por coordenadas y correspondientes cambios en el tiempo” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 18).

Partes por millón (ppm). “Expresión de error relativo a menudo usado para indicar el error en el cálculo de distancias ”. (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 19).

Posicionamiento diferencial. “Cálculo de coordenadas del punto, con técnica satelital relativa respecto a una estación base” (Norma Técnica Geodésica, 2015, p. 19).

Posicionamiento puntual o absoluto. “Cálculo de coordenadas de un punto de manera aislada” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 19).

Post-procesamiento. “Procesamiento de datos hallados en campo luego de una observación GNSS” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 19).

Solución fija. “Obtenida cada vez que el procesador líneas base fijándose en valores enteros puede resolver las búsquedas difusas con fiabilidad en la elección del mejor grupo de enteros” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 20).

Solución flotante. “Cada que el procesador de líneas base no puede solucionar la búsqueda de ambigüedad de enteros con fiabilidad suficiente, por lo cual no selecciona el mejor grupo de enteros. Llamado ‘flotante’ porque esta ambigüedad involucra una parte fraccionaria” (Norma Técnica Geodésica, 2015, pág. 20).

Medición electrónica de distancias (EDM). “Dispositivos que miden indirectamente el número de ondas de energía electromagnética, determinando la distancia para viajar entre extremos de una línea. La energía se transmite y regresa al punto inicial viajando el doble de distancia de la trayectoria” (Wolf & Ghilani, 2016, pág. 145).

CAPÍTULO III. METODOLÓGIA

3.1 Ámbito de estudio

Ámbito geográfico espacial: La extensión de estudio fue dentro del campus Universitario de la UNHEVAL, específicamente en el tramo de ingreso vehicular entre las progresivas Km 0+000 – 00+600, perteneciente al distrito de Pillco Marca.

Ámbito temporal: Durante el periodo operación del tramo en mención.

3.2 Población

3.2.1. Descripción de la población

Considerando que, “desde el punto de vista estadístico, la población o universo es el conjunto de elementos o sujetos que son motivo de estudio” (Borja Suárez, 2012, p.30). En este sentido la población seleccionada fue los puntos que forman nuestra red poligonal abierta geodésica y topográfica del tramo al ingreso vehicular de la UNHEVAL entre las progresivas Km 0+000 – 00+600, siendo una *población finita*.

3.3 Muestra

3.3.1. Muestra y método de muestreo

La muestra se seleccionó usando la técnica *No probabilística*, fundamentado en el objetivo de la investigación y de los aportes que realiza, considerando que “en este tipo de muestras, la elección de casos depende de la decisión del investigador o

personas que recolectan los datos y no de que todos tengan la misma posibilidad de ser elegidos” (Hernández, et ál. 2014, p. 190), en tal sentido la muestra escogida fue, los 06 puntos geodésicos que conforman la red poligonal abierta en el tramo entre las progresivas Km 0+000 – 00+600.

3.4 Nivel y tipo de estudio

Este estudio adopta un *enfoque Cuantitativo*, porque tiene la característica de que; “los datos recolectados se utilizan en probar hipótesis basadas en análisis estadístico de mediciones numéricas, con el fin de probar teorías decretando patrones de comportamiento” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 4).

3.4.1. Nivel de estudio

Esta investigación tiene un alcance o *nivel explicativo*, ya que según Hernández (2014), “su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables” (p. 95). Que en este estudio se determinó por qué se relacionan los métodos de verificación con el grado de confiabilidad en el control geodésico de carreteras.

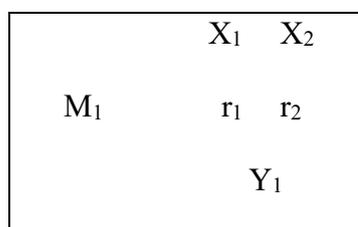
3.4.2. Tipo de estudio

Según *su objetivo*: Por el fin o propósito que persigue es una investigación de *tipo aplicada*, pues se caracteriza porque; “antes que desarrollar un conocimiento de valor universal se interesa más en la aplicación inmediata sobre un problema” (Borja Suarez, 2012, p.30).

De acuerdo al *grado de manipulación de variables*: Es una investigación tipo *no experimental*, porque; “es un estudio realizado sin manipular intencionalmente las variables donde se observan y analizan únicamente fenómenos en ambiente natural” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 152); este tipo considera además la metodología para demostrar la hipótesis.

3.5 Diseño de investigación

Como se mencionó, nuestro estudio es no experimental y tiene un corte *transversal* porque; “el diseño transeccional o transversal recopila datos en un tiempo único, en solo un momento. Tiene propósito de describir en un momento dado, las variables y analizar su interrelación e incidencia” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 154). Planteamos el esquema siguiente para alcanzar los objetivos trazados;



Donde; M₁ = Muestra, X_i = Variables independientes

r_i = Relación causal, Y₁ = Variable dependiente

3.6 Métodos, técnicas e instrumentos

Tuvimos en cuenta validar los instrumentos y su confiabilidad para la recolección de datos.

3.6.1. Técnicas

La técnica de recolección de información de campo fue la *observación* para la posterior toma de datos; aclarando que; “para proyectos de investigación en ingeniería, los datos observados se plasman en formatos de recolección de información adecuados” (Borja Suarez, 2012, p.33).

Los elementos de observación fueron:

- **Objeto de observación.** Red geodésica y topográfica del tramo de la carretera.
- **Observador.** Los investigadores que desarrollaron esta tesis.
- **Circunstancias en que ocurre la observación.** Estuvo influenciado por el medio ambiente al momento de la recolección de datos en campo.
- **Medios de observación.** Formado por los sentidos, los receptores GPS, estación total, videos, fotografías y demás procedimientos de toma de datos y revisión de información técnica.
- **Conocimientos observados.** Situación del Control geodésico de la red poligonal.

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos usados fueron; fichas técnicas diseñadas para recolección de datos, estación total y receptores GPS de doble frecuencia, teniendo en cuenta que; “un instrumento de medición adecuado registra datos observables representando verdaderamente los conceptos o variables que el investigador tiene en mente” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 199).

3.7 Validación y confiabilidad del instrumento

3.7.1. Validación de instrumentos para la recolección de datos

Se validó cada instrumento considerando que; “la validez generalmente se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 200). Entonces:

El GPS diferencial, es válido para medir las coordenadas geográficas y en proyección UTM – WGS84 de los puntos geodésicos. Asimismo, la estación total, es válido para medir ángulos y distancias entre los puntos de control geodésico.

3.7.2. Confiabilidad de instrumentos para la recolección de datos

La confiabilidad de cada instrumento se determinó teniendo en cuenta que; “la confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 200), entonces; El GPS Diferencial y la estación total son confiables con adecuada configuración al momento de tomar los datos y con sus respectivos certificados de calibración.

3.8 Procedimiento

El plan propuesto según el diseño de la investigación constó de tres etapas,

3.8.1. El levantamiento de información

A. Recopilación de información. Para Georreferenciar se recopiló lo siguiente:

- Carta Nacional, Hoja Cartas del cuadrángulo Huánuco, código 20-k, zona 18; que corresponde a la zona de trabajo del IGN a escala 1/100,000.
- Usamos la Estación de Rastreo Permanente (ERP) HC03 (Huánuco) ubicada en el gobierno regional de Huánuco, perteneciente a la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC). Se obtuvo la Ficha técnica y la data RINEX. Así se garantizó su referencia a la Red Geocéntrica Nacional REGGEN.
- Imagen Satelital (Google Earth).

Imagen 1

Vista satelital del área de estudio



Nota. Fuente: Google Earth, 2019.

- Reconocimiento del área de estudio.

B. Ubicación de puntos de control. Realizamos inspección visual y reconociendo a pie el terreno planificamos los trabajos, ubicando estratégicamente lugares de monumentación de hitos (Puntos de georreferenciación), cuyas fases fueron:

- **Planeamiento:** Establecimos rangos de precisión y exactitud en posición de los puntos, graficando sobre cartografía oficial para que sea viable las ubicaciones, esto tomando en cuenta que no existan obstáculos o perturbaciones en la señal como postes eléctricos o de telecomunicaciones. Para asegurar la eficiencia en términos económicos y de tiempo se evaluó, las condiciones geométricas y de factibilidad en la preevaluación técnica para elaborar el estudio, disponibilidad de equipos, materiales y personal; así como el estado de operatividad de equipos, Software a emplear para el post proceso de información.
- **Reconocimiento:** Se recurrió a informaciones de Carta Nacional ubicando la zona de influencia considerando detalles que no se aprecian en la cartografía como altura de árboles y edificaciones, esto recorriendo el área de intervención en campo ubicando zonas de Monumentación de hitos; que sirvieron como Puntos de control geodésico para la poligonal de apoyo.
- **Metodología:** los trabajos específicos desarrollados fueron:
Primero; establecer el Posicionamiento Geodésico de puntos de control por el método de observación estático diferencial a post proceso, que consistió en estacionar los receptores GNSS, para lograr coordenadas y cotas precisas;
Segundo; Para el ajuste de Georreferenciación se adquirió archivos RINEX (Intercambio independiente del receptor) de la estación permanente Huánuco.

Tercero; Estacionamiento de los receptores y posicionamiento de puntos por los métodos de observación post proceso cinemático y cinemático en tiempo real.

Cuarto; Finalmente posicionamiento por poligonación con estación total.

C. Trabajos de campo. Tuvimos precauciones para la instalación correcta, pues una incorrecta es motivo de error en los métodos de posicionamiento con GPS; así el centrado de antenas fue con sistema de plomo óptico controlado, verificando la horizontalidad del plano de la antena así como el centrado, ejecutándose en dos unidades, centímetros (precisión milimétrica), para evitar el riesgo de error grave (típicamente el decímetro).

Imagen 2

Se aprecia el equipo GPS Diferencial con su receptor Trimble RS8



Nota. Fuente: Equipo de Trabajo.

Estos elementos se controlaron al inicio y final de los periodos de medición. En cuanto a las estaciones GPS diferenciales, reunieron las siguientes condiciones:

- La elevación de la máscara referida a la menor elevación, en grados, a la que un receptor puede seguir a un satélite.
- Se fijo en cielo despejado sobre los 10° a 15° desde el horizonte evitando los efectos atmosféricos y la interferencia causada por objetos cercanos y los efectos de multe trayectoria de onda, aunque la elevación de la máscara estándar debe ser de 15° .

Imagen 3

Colocación del receptor controlando la elevación de la máscara



Nota. Fuente: Equipo de Trabajo.

D. Monumentados de los puntos Geodésicos. Luego de reconocer el área de estudio y ubicar lugares apropiados para los puntos de control geodésico, se procedió a monumentar los hitos usando concreto de $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$. El procedimiento inicio con excavación, considerando dimensiones recomendadas por la norma del IGN (Instituto Geográfico Nacional), seguido del encofrado del Punto de Control Geodésico, para su posterior adición de concreto y colocación de varillas de acero.

Imagen 4

Colocación del GPS Diferencial en el Punto de Control (PC) -01



Nota. Fuente: Equipo de Trabajo.

E. Georreferenciación geodésica. Ubicados y realizados los monumentos (hitos), se determinó los parámetros de medición, esto es, intervalo de captura de los datos, tiempo de medición, y ángulo de medición. En este caso, la captura de datos fue cada cinco segundos, el ángulo de medición será menor a 15° sobre el horizonte y el tiempo de medición fue de dos horas y media en promedio cada estación. El punto base es la estación GNSS de rastreo permanente de Huánuco.

Imagen 5

Controlador Trimble TSC3



Nota. Fuente: Equipo de Trabajo.

- ***Encender los equipos.*** Estos tardaron unos minutos en rastrear los satélites, una vez captados los satélites se verificaron los parámetros de medición, se midió la altura de la antena (datos anotados en la libreta de campo y en el colector de datos del equipo) y se programaron para que comiencen a grabar, es indispensable que haya simultaneidad en las mediciones, es decir, que ambos equipos estén midiendo al mismo tiempo. El tiempo de medición dependió del tipo de receptor que usamos, la configuración geométrica de los satélites al momento de medir y la distancia entre la estación de referencia y la estación rover.
- ***Apagar los equipos.*** Culminado el tiempo de medición; para otro punto se realizó el mismo procedimiento, estacionando los equipos GNSS en tiempo estático y con cada método de observación considerado.

3.8.2. Procesamiento de la información

A. Trabajos de gabinete. La información y datos de campo se descargaron de los receptores doble frecuencia para obtener coordenadas UTM de los puntos de control horizontal, usando para el cálculo el software Trimble Business Center que posee un módulo de compensación por mínimos cuadrados (obteniendo valores de máxima probabilidad para las coordenadas de los puntos), logrando precisiones de coordenadas en planimetría en el orden de $\pm 2 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$. Además, se obtuvo reportes extraídos con los factores de escala.

3.8.3. Presentación de resultados

A. Ajuste de redes de puntos de control GNSS. Importado los vectores y procesado las líneas base, configuramos el software Trimble Business Center – TBC para evaluar la consistencia interna de la red de levantamientos, luego ajustamos la red usando la mínima cantidad de restricciones requeridas para definir el sistema de coordenadas. Seleccionamos: Levantamiento > Red > Ajustar red.

Así obtuvimos resultados e informe de líneas base, coordenadas y cuadrículas ajustadas. También obtuvimos resumen Estadístico del Ajuste con iteraciones, observaciones redundantes (Ajustadas y Residuales), Distancias Horizontales y Cierres de Poligonal de Observaciones No Ajustadas con Error Lineal y Precisión Horizontal.

3.9 Tabulación y análisis de datos

3.9.1. Plan de tabulación de datos

Según las variables expuestas en la hipótesis, se realizó la identificación de los puntos de control y tecnología usada para tomar datos.

3.9.2. Análisis de datos

Empleamos tratamiento y presentación de datos en hojas de cálculo Excel, aplicando *estadística descriptiva e inferencial*, para hallar la media, Desviación estándar y varianza; luego hicimos prueba de hipótesis y discusión final de resultados. Los resultados obtenidos en campo fueron descargados y procesados en programas especializados y explicados en cuadros Excel aplicativos y descriptivos, en función a esto se proporciona la alternativa de uso más adecuada para el control geodésico en obras viales dentro de la ingeniería de transportes. El plan de análisis; con relación a los objetivos e hipótesis, consistió en analizar e interpretar nuestros resultados y verificar la hipótesis para determinación de conclusiones y recomendaciones.

3.10 Consideraciones éticas

Este estudio se realizó bajo consideraciones éticas como reserva y confidencialidad de información, por lo que los hallazgos de la investigación no se emplearán para aspectos administrativos o legales que puedan perjudicar a personas o instituciones que intervinieron en la misma. Se respetó metodologías de posicionamiento geodésico, establecidas y normadas por el IGN e instituciones pertinentes, y los trabajos que se realizaron con personas fueron consentidas y con protocolos normados.

CAPÍTULO IV. RESULTADO

4.1 Resultados

Con los datos obtenidos anteriormente descritos, observamos que existe diferencia no significativa de confiabilidad entre cada método de verificación satelital, sin embargo; para poder afirmar cual método es más confiable en el control geodésico, nos apoyamos en la estadística.

4.1.1. Precisión

I. Datos de mediciones en campo

Tabla 4

Datos de la medición 01.

| DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|---------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| PC-01 | 8900325.810 | 362742.596 | 1911.622 |
| PC-02 | 8900331.232 | 362842.442 | 1908.585 |
| PC-03 | 8900258.603 | 362911.185 | 1908.407 |
| PC-04 | 8900192.564 | 362986.276 | 1908.044 |
| PC-05 | 8900140.863 | 363071.877 | 1907.996 |
| PC-06 | 8900079.450 | 363150.797 | 1908.345 |
| PC-07 | 8899993.640 | 363202.147 | 1910.138 |
| Mínimo | 8899993.640 | 362742.596 | 1907.996 |
| Máximo | 8900331.232 | 363202.147 | 1911.622 |

Nota. Coordenadas UTM tomadas con el receptor GPS de doble frecuencia usando

método de observación estático relativo. Fuente: Elaboración Propia

Procesando los datos geodésicos de la medición N°01, obtuvimos:

En el Norte: El menor valor es 8899993.640 del PC-07 y el mayor valor es 8900331.232 del PC-02.

En el Este: El menor valor es 362742.596 del PC-01 y el mayor valor es 363202.147 del PC-07.

En la Cota: El menor valor es 1907.996 del PC-05 y el mayor valor es 1911.622 perteneciente al PC-01.

Tabla 5

Datos de la medición 02.

| DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|---------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| PC-01 | 8900325.806 | 362742.595 | 1911.625 |
| PC-02 | 8900331.234 | 362842.444 | 1908.584 |
| PC-03 | 8900258.602 | 362911.183 | 1908.406 |
| PC-04 | 8900192.566 | 362986.279 | 1908.044 |
| PC-05 | 8900140.862 | 363071.873 | 1907.992 |
| PC-06 | 8900079.452 | 363150.796 | 1908.342 |
| PC-07 | 8899993.639 | 363202.148 | 1910.141 |
| Mínimo | 8899993.639 | 362742.595 | 1907.992 |
| Máximo | 8900331.234 | 363202.148 | 1911.625 |

Nota. Coordenadas UTM tomadas con el receptor GPS de doble frecuencia usando método de observación post proceso cinemático. Fuente: Elaboración Propia

Luego de procesar los datos geodésicos de la medición N°02, hallamos las coordenadas norte, este y cota de los puntos de control; a saber:

En el Norte: El menor valor es 8899993.639 del PC-07 y el mayor valor es 8900331.234 del PC-02.

En el Este: El menor valor es 362742.595 del PC-01 y el mayor valor es 363202.148 del PC-07.

En la Cota: El menor valor es 1907.992 del PC-05 y el mayor valor es 1911.625 perteneciente al PC-01.

Tabla 6*Datos de la medición 03.*

| DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|--------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| PC-01 | 8900325.807 | 362742.595 | 1911.623 |
| PC-02 | 8900331.230 | 362842.445 | 1908.584 |
| PC-03 | 8900258.600 | 362911.186 | 1908.404 |
| PC-04 | 8900192.563 | 362986.278 | 1908.048 |
| PC-05 | 8900140.862 | 363071.875 | 1907.993 |
| PC-06 | 8900079.451 | 363150.794 | 1908.341 |
| PC-07 | 8899993.639 | 363202.147 | 1910.139 |
| Mínimo | 8899993.639 | 362742.595 | 1907.993 |
| Máximo | 8900331.230 | 363202.147 | 1911.623 |

Nota. Coordenadas UTM tomadas con el receptor GPS de doble frecuencia usando método de observación cinemático en tiempo real. Fuente: Elaboración Propia

Procesado los datos geodésicos de la medición N°03, determinamos que:

En el Norte: El menor valor es 8899993.639 del PC-07 y el mayor valor es 8900331.230 del PC-02.

En el Este: El menor valor es 362742.595 del PC-01 y el mayor valor es 363202.147 del PC-07.

En la Cota: El menor valor es 1907.993 del PC-05 y el mayor valor es 1911.623 perteneciente al PC-01.

II. Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control

Se determino el promedio y desviación estándar de cada punto de control con los valores de las tres mediciones, conforme se muestra en los cuadros siguientes:

Tabla 7

Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-01

| | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| | 8900325.810 | 362742.596 | 1911.622 |
| | 8900325.806 | 362742.595 | 1911.625 |
| | 8900325.807 | 362742.595 | 1911.623 |
| Promedio = | 8900325.808 | 362742.595 | 1911.623 |
| Desv. Estándar = | 0.00170 | 0.00047 | 0.00125 |

Nota. Coordenadas UTM cuyo promedio y desviación se calcularon en el primer punto considerando los métodos de observación. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8

Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-02

| | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| | 8900331.232 | 362842.442 | 1908.585 |
| | 8900331.234 | 362842.444 | 1908.584 |
| | 8900331.230 | 362842.445 | 1908.584 |
| Promedio = | 8900331.232 | 362842.444 | 1908.584 |
| Desv. Estándar = | 0.00163 | 0.00125 | 0.00047 |

Nota. Coordenadas UTM cuyo promedio y desviación se calcularon en el segundo punto considerando los métodos de observación. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9

Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-03

| | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| | 8900258.603 | 362911.185 | 1908.407 |
| | 8900258.602 | 362911.183 | 1908.406 |
| | 8900258.600 | 362911.186 | 1908.404 |
| Promedio = | 8900258.602 | 362911.185 | 1908.406 |
| Desv. Estándar = | 0.00125 | 0.00125 | 0.00125 |

Nota. Coordenadas UTM cuyo promedio y desviación se calcularon en el tercer punto considerando los métodos de observación. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10

Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-04

| | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| | 8900192.564 | 362986.276 | 1908.044 |
| | 8900192.566 | 362986.279 | 1908.044 |
| | 8900192.563 | 362986.278 | 1908.048 |
| Promedio = | 8900192.564 | 362986.278 | 1908.045 |
| Desv. Estándar = | 0.00125 | 0.00125 | 0.00189 |

Nota. Coordenadas UTM cuyo promedio y desviación se calcularon en el cuarto punto considerando los métodos de observación. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11

Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-05

| | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| | 8900140.863 | 363071.877 | 1907.996 |
| | 8900140.862 | 363071.873 | 1907.992 |
| | 8900140.862 | 363071.875 | 1907.993 |
| Promedio = | 8900140.862 | 363071.875 | 1907.994 |
| Desv. Estándar = | 0.00047 | 0.00163 | 0.00170 |

Nota. Coordenadas UTM cuyo promedio y desviación se calcularon en el quinto punto considerando los métodos de observación. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12

Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-06

| | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| | 8900079.450 | 363150.797 | 1908.345 |
| | 8900079.452 | 363150.796 | 1908.342 |
| | 8900079.451 | 363150.794 | 1908.341 |
| Promedio = | 8900079.451 | 363150.796 | 1908.343 |
| Desv. Estándar = | 0.00082 | 0.00125 | 0.00170 |

Nota. Coordenadas UTM cuyo promedio y desviación se calcularon en el sexto punto considerando los métodos de observación. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13

Cálculo de la desviación estándar de los puntos de control: PC-07

| | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| | 8899993.640 | 363202.147 | 1910.138 |
| | 8899993.639 | 363202.148 | 1910.141 |
| | 8899993.639 | 363202.147 | 1910.139 |
| Promedio = | 8899993.639 | 363202.147 | 1910.139 |
| Desv. Estándar = | 0.00047 | 0.00047 | 0.00125 |

Nota. Coordenadas UTM cuyo promedio y desviación se calcularon en el séptimo punto considerando los métodos de observación. Fuente: Elaboración Propia

III. Cálculo de los promedios de los puntos de control

Luego se halló los promedios de cada coordenada en cada punto de control, los que mostramos en la Tabla siguiente:

Tabla 14

Promedios de los datos de puntos de control

| X | PROMEDIOS | | |
|--------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
| PC-01 | 8900325.808 | 362742.595 | 1911.623 |
| PC-02 | 8900331.232 | 362842.444 | 1908.584 |
| PC-03 | 8900258.602 | 362911.185 | 1908.406 |
| PC-04 | 8900192.564 | 362986.278 | 1908.045 |
| PC-05 | 8900140.862 | 363071.875 | 1907.994 |
| PC-06 | 8900079.451 | 363150.796 | 1908.343 |
| PC-07 | 8899993.639 | 363202.147 | 1910.139 |
| Mínimo | 8899993.63933 | 362742.59533 | 1907.99367 |
| Máximo | 8900331.23200 | 363202.14733 | 1911.62333 |

Nota. Coordenadas UTM cuyo promedio se calculó considerando cada método de observación en cada punto. Fuente: Elaboración Propia

IV. Diferencia de los promedios en puntos de control y cada levantamiento

Realizamos la diferencia entre el dato medido en cada levantamiento y el promedio de las tres mediciones, las que a continuación mostramos:

Tabla 15

Diferencia entre promedio y levantamiento N° 01

| DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| PC-01 | 0.002 | 0.001 | -0.001 |
| PC-02 | 0.000 | -0.002 | 0.001 |
| PC-03 | 0.001 | 0.000 | 0.001 |
| PC-04 | 0.000 | -0.002 | -0.001 |
| PC-05 | 0.001 | 0.002 | 0.002 |
| PC-06 | -0.001 | 0.001 | 0.002 |
| PC-07 | 0.001 | 0.000 | -0.001 |
| Mínimo | -0.00100 | -0.00167 | -0.00133 |
| Máximo | 0.00233 | 0.00200 | 0.00233 |

Nota. Diferencia de coordenadas UTM en cada punto respecto al método de observación estático relativo. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16

Diferencia entre promedio y levantamiento N° 02

| DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| PC-01 | -0.002 | 0.000 | 0.002 |
| PC-02 | 0.002 | 0.000 | 0.000 |
| PC-03 | 0.000 | -0.002 | 0.000 |
| PC-04 | 0.002 | 0.001 | -0.001 |
| PC-05 | 0.000 | -0.002 | -0.002 |
| PC-06 | 0.001 | 0.000 | -0.001 |
| PC-07 | 0.000 | 0.001 | 0.002 |
| Mínimo | -0.00167 | -0.00200 | -0.00167 |
| Máximo | 0.00200 | 0.00133 | 0.00167 |

Nota. Diferencia de coordenadas UTM en cada punto respecto al método de observación post proceso cinemático. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17*Diferencia entre promedio y levantamiento N° 03*

| DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| PC-01 | -0.001 | 0.000 | 0.000 |
| PC-02 | -0.002 | 0.001 | 0.000 |
| PC-03 | -0.002 | 0.001 | -0.002 |
| PC-04 | -0.001 | 0.000 | 0.003 |
| PC-05 | 0.000 | 0.000 | -0.001 |
| PC-06 | 0.000 | -0.002 | -0.002 |
| PC-07 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mínimo | -0.00200 | -0.00167 | -0.00167 |
| Máximo | 0.00000 | 0.00133 | 0.00267 |

Nota. Diferencia de coordenadas UTM en cada punto respecto al método de observación cinemático en tiempo real. Fuente: Elaboración Propia

V. Cálculo del error medio cuadrático – desviación estándar

Estos valores se calcularon para cada punto de control y considerando la ecuación de

error cuadrático: $E_C = \sigma = \sqrt{\frac{\sum V^2}{n}}$; obteniendo los valores siguientes:

Tabla 18*Desviaciones Estándar de los Puntos de Control*

| EC | ERROR MEDIO CUADRATICO - DESVIACION ESTANDAR | | |
|---------------|--|-------------------|--------------------------|
| DESCRIPCIÓN | σ NORTE (m) | σ ESTE (m) | σ COTA (m.s.n.m.) |
| PC-01 | 0.001699673 | 0.000471405 | 0.001247219 |
| PC-02 | 0.001632993 | 0.001247219 | 0.000471405 |
| PC-03 | 0.001247219 | 0.001247219 | 0.001247219 |
| PC-04 | 0.001247219 | 0.001247219 | 0.001885618 |
| PC-05 | 0.000471405 | 0.001632993 | 0.001699673 |
| PC-06 | 0.000816497 | 0.001247219 | 0.001699673 |
| PC-07 | 0.000471405 | 0.000471405 | 0.001247219 |
| Mínimo | 0.00047 | 0.00047 | 0.00047 |
| Máximo | 0.00170 | 0.00163 | 0.00189 |

Nota. Desviación en cada coordenada UTM de cada punto calculada con la fórmula de error cuadrático. Fuente: Elaboración Propia

VI. Cálculo del error probable de la media aritmética

Calculado la desviación estándar de la tabla anterior, procedimos a determinar el error probable considerando la ecuación: $E_v = \frac{E_c}{\sqrt{n}}$; cuyos resultados se muestran:

Tabla 19

Error probable de la media aritmética

| Ev | ERROR PROBABLE DE LA MEDIA ARITMETICA | | | |
|---------------|---------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| | DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
| PC-01 | | 0.000981307 | 0.000272166 | 0.000720082 |
| PC-02 | | 0.000942809 | 0.000720082 | 0.000272166 |
| PC-03 | | 0.000720082 | 0.000720082 | 0.000720082 |
| PC-04 | | 0.000720082 | 0.000720082 | 0.001088662 |
| PC-05 | | 0.000272166 | 0.000942809 | 0.000981307 |
| PC-06 | | 0.000471405 | 0.000720082 | 0.000981307 |
| PC-07 | | 0.000272166 | 0.000272166 | 0.000720082 |
| Mínimo | | 0.00027 | 0.00027 | 0.00027 |
| Máximo | | 0.00098 | 0.00094 | 0.00109 |

Nota. Error probable en cada coordenada UTM de cada punto calculada usando el error cuadrático. Fuente: Elaboración Propia

VII. Cálculo de la Precisión de los puntos de control

Calculado el error probable de la media aritmética y los promedios de los puntos de control, calculamos la precisión de cada coordenada y cota en cada punto de control, con la ecuación: $P = \frac{E_L}{\Sigma L}$ ó $P = \frac{1}{\frac{E_L}{\Sigma L}} = \frac{\Sigma L}{E_L}$; cuyos resultados son mostrados en la tabla

a continuación:

Tabla 20*Precisiones de los puntos de control*

| \bar{X}/E_v | Precisiones de los Puntos de Control | | |
|---------------|--------------------------------------|------------|-----------------|
| DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
| PC-01 | 9069869571 | 1332801414 | 2654729 |
| PC-02 | 9440225306 | 503890246 | 7012587 |
| PC-03 | 12360055434 | 503985701 | 2650260 |
| PC-04 | 12359963726 | 504089993 | 1752652 |
| PC-05 | 32701200267 | 385095876 | 1944340 |
| PC-06 | 18879916504 | 504318464 | 1944695 |
| PC-07 | 32700659335 | 1334489916 | 2652668 |
| Mínimo | 1752652 | | |
| Máximo | 32701200267 | | |

Nota. Precisión en cada coordenada UTM de cada punto de control calculada con la fórmula de error cuadrático. Fuente: Elaboración Propia

Expresando estos resultados en fracciones con fines de comparación con normativas en cuanto a precisión mostramos tabla siguiente:

Tabla 21*Precisiones de los puntos de control en fracciones*

| P | precisión | | |
|---------------|----------------------|---------------|-----------------|
| DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
| PC-01 | 1/ 9069869571 | 1/ 1332801414 | 1/ 2654729 |
| PC-02 | 1/ 9440225306 | 1/ 503890246 | 1/ 7012587 |
| PC-03 | 1/ 12360055434 | 1/ 503985701 | 1/ 2650260 |
| PC-04 | 1/ 12359963726 | 1/ 504089993 | 1/ 1752652 |
| PC-05 | 1/ 32701200267 | 1/ 385095876 | 1/ 1944340 |
| PC-06 | 1/ 18879916504 | 1/ 504318464 | 1/ 1944695 |
| PC-07 | 1/ 32700659335 | 1/ 1334489916 | 1/ 2652668 |
| Mínimo | 1/1752652 | | |
| Máximo | 1/32701200267 | | |

Nota. Precisión en cada coordenada UTM de cada punto de control calculada con la fórmula de error cuadrático. Fuente: Elaboración Propia

En esta tabla se muestra representación de precisión expresada en fracciones, donde el menor valor en el divisor es 1752652 correspondiente a la cota del PC-04 y el mayor valor del divisor es 32701200267 perteneciente al PC-05.

4.1.2. Exactitud

I. Datos de mediciones en campo con Estación Total

Tabla 22

Datos de la medición con Estación Total

| DESCRIPCIÓN | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
|--------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| PC-01 | 8900325.807 | 362742.592 | 1911.622 |
| PC-02 | 8900331.230 | 362842.444 | 1908.583 |
| PC-03 | 8900258.600 | 362911.183 | 1908.407 |
| PC-04 | 8900192.565 | 362986.278 | 1908.047 |
| PC-05 | 8900140.864 | 363071.876 | 1907.992 |
| PC-06 | 8900079.450 | 363150.796 | 1908.341 |
| PC-07 | 8899993.642 | 363202.148 | 1910.141 |
| Mínimo | 8899993.642 | 362742.592 | 1907.992 |
| Máximo | 8900331.230 | 363202.148 | 1911.622 |

Nota. Coordenadas UTM de cada punto de control halladas por poligonación.

Fuente: Elaboración Propia

En esta Tabla apreciamos valores obtenidos con Estación Total, cuyas coordenadas y cota son los considerados como valor real, al ser tomados con un equipo de levantamiento topográfico especializado.

II. Promedio de los Puntos de Control y Diferencia Respecto a Puntos con Estación Total

Tabla 23

Promedios de puntos de control con GPS Diferencial y Diferencias respecto a Estación Total

| X DESCRIPCIÓN | PROMEDIOS | | | DIFERENCIAS | | |
|------------------|----------------------|---------------------|-------------------|---------------|---------------|-----------------|
| | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) | NORTE (m) | ESTE (m) | COTA (m.s.n.m.) |
| PC-01 | 8900325.808 | 362742.595 | 1911.623 | 0.001 | 0.003 | 0.001 |
| PC-02 | 8900331.232 | 362842.444 | 1908.584 | 0.002 | 0.000 | 0.001 |
| PC-03 | 8900258.602 | 362911.185 | 1908.406 | 0.002 | 0.002 | -0.001 |
| PC-04 | 8900192.564 | 362986.278 | 1908.045 | -0.001 | 0.000 | -0.002 |
| PC-05 | 8900140.862 | 363071.875 | 1907.994 | -0.002 | -0.001 | 0.002 |
| PC-06 | 8900079.451 | 363150.796 | 1908.343 | 0.001 | 0.000 | 0.002 |
| PC-07 | 8899993.639 | 363202.147 | 1910.139 | -0.003 | -0.001 | -0.002 |
| Mínimo | 8899993.63933 | 362742.59533 | 1907.99367 | -0.003 | -0.001 | -0.002 |
| Máximo | 8900331.23200 | 363202.14733 | 1911.62333 | 0.002 | 0.003 | 0.002 |

Nota. Precisión en cada coordenada UTM de cada punto de control calculada con la fórmula de error cuadrático. Fuente: Elaboración Propia

En esta tabla apreciamos el promedio de datos tomados y procesados de los tres levantamientos con GPS diferencial y la diferencia respecto a datos del levantamiento con estación total, teniendo el valor menor de -0.003 en el Norte del PC-07 y el mayor valor de 0.003 en el Este del PC-01.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1 Discusión de Resultados

De lo expresado por Ayala (2012), el cual afirma:

Medir poligonales con GPS Diferencial por los métodos Estático y Stop & Go es fácil y práctico comparada con usar Estación Total, brindando rendimiento óptimo con poco personal. Este rendimiento es afectado en puntos con lugares obstruidos cuyas lecturas requieren mayor tiempo de observación por interferencia en propagación de ondas de radio.

En coordenadas, la diferencia en el Sistema WGS-84 entre ambos métodos es de milésima de segundo, que convertidas al sistema de Proyección Cónica de Lambert representa variación entre 7.00 mm y 8.00 cm en latitud y Longitud. Respecto al cierre de poligonales formadas por líneas base o vectores, los valores van desde 1:10,000 hasta 1:3,000,000 observando baja precisión de cierre en vectores con más presencia del punto con horizonte obstruido. (pp. 120-121)

Consideramos estos alcances, midiendo datos de la poligonal con dos receptores GPS de doble frecuencia por los métodos de observación estático relativo, post proceso cinemático y cinemático en tiempo real, se obtuvieron con facilidad y rapidez comparada con los obtenidos con la estación total.

Evitamos lugares obstruidos que interfieran con las señales de radio para obtener coordenadas más precisas y lograr adecuado cierre de poligonales.

Partiendo de lo determinado por Córdor (2012), que planteó como objetivo:

Determinar el tiempo mínimo de observaciones satelitales con dos receptores GPS usando el método estático, donde el primero (base), ocupa un punto de coordenadas conocidas asociado al sistema de ERP del IGN; el segundo receptor (rover), ocupó 10 puntos de coordenadas por conocer, con observaciones de duración variables y línea base de 1 km. hasta 500 km.

Estos receptores observaron simultáneamente el mismo conjunto de satélites, adquiriendo el archivo de datos de la base del IGN y los archivos del Rover se descargaron usando el software PC-CDU y para el pos – proceso el software Topcon Tools. (p.3)

Compartimos los objetivos del autor, sin embargo; además del método de observación estático relativo usamos los métodos cinemático a post proceso y cinemático en tiempo real, ocupando 7 puntos de control con observaciones de duración desde 3 minutos hasta 2 horas dependiendo del método elegido, evidenciando que la confiabilidad no disminuye dado que la distancia de línea base entre el GPS Diferencial y la ERP no supera los 210 km. Además; usamos datos de la ERP de Huánuco y descargamos de los Receptores R8 con el Software Trimble Access y el colector de datos Trimble Navigation Limited TSC3, procesándolos con el software Trimble Business Center.

Imagen 6

Importación de datos del receptor al colector

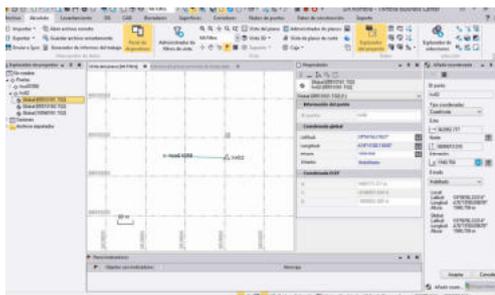


Nota. La importación concluye al abrir los datos en el software de proceso TBC.

Fuente: Equipo de Trabajo.

Imagen 7

Corrección en el software TBC

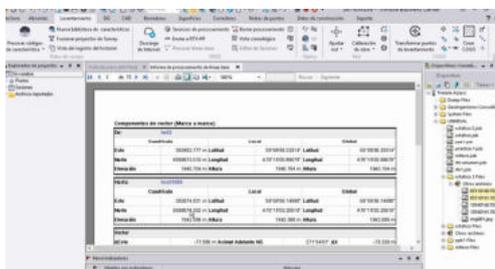


Nota. Corrección con la estación base elegida usando el software de proceso TBC.

Fuente: Equipo de Trabajo.

Imagen 8

Informe del punto corregido



Nota. Trimble Business Center Versión 5.10. Fuente: Equipo de Trabajo.

Respecto a la elección del método de trilateración como el adecuado para recolectar datos en una poligonal abierta ya que “el método de trilateración redujo el error de cierre respecto al método de radiación. Resultando el E θ en 6 seg. y EL en 0.018m.” (Ramos Yucra, 2018).

Este resultado se verifica en el presente estudio, pues la trilateración es la metodología de posicionamiento usada por receptores con doble frecuencia, tomando datos en un mismo instante del mismo conjunto de satélites, donde el error de cierre poligonal es imperceptible debido a los cuidados en la metodología durante los trabajos.

Garavito (2018), aclara que “trabajos georreferenciados deben utilizar factor escala (K) para mayor precisión en mediciones, evitando errores topográficos que afectan con 13.1% como adicional para nuevos levantamientos; además, se debe identificar factores que alteran la precisión de coordenadas y configurar la estación total”. (p. 105)

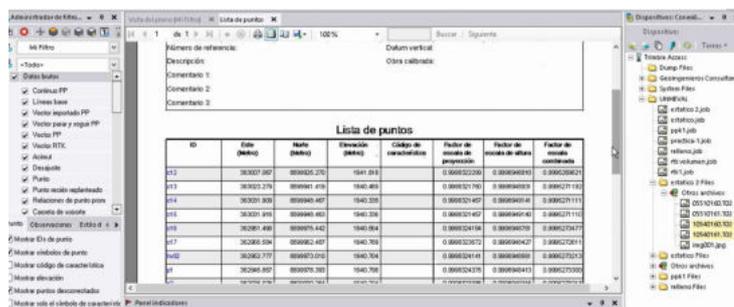
A este respecto también Durand Cruz (2018), adiciona que:

Para distancias, en Proyección UTM WGS 84 (con factor de escala) y Topográficas (sin factor de escala) en levantamiento de faja marginal, mientras más la distancia desde el Punto de control base aumenta la diferencia entre las medidas en proyección UTM y Topográficas, que en este caso es 35.284 me. Comparando, para el ajuste de diferencias de distancias consideramos la relación entre proyección UTM y Topográfica, obteniendo el Factor de Escala (FE) que influye en mediciones y permite hallar distancias precisas. (p. 108).

Los autores concluyen que el Factor de escala (FE) sirve para ajustar y/o convertir distancias en proyección UTM a topográficas o viceversa (FE obtenido), además; su importancia radica en lograr mediciones precisas obteniendo adecuado control geodésico. Esto se refleja en la investigación; pues obtuvimos coordenadas más precisas usando FE, cuyo cálculo en proyección, altura y combinada, se incluye dentro del procesamiento de datos del software TBC, los cuales mostramos en la imagen 9.

Imagen 9

Factores de escala calculados



| ID | Eje X (m) | Eje Y (m) | Elevación (pulg) | Tipo de características | Factor de escala de proyección | Factor de escala de altura | Factor de escala combinada |
|-----|-----------|------------|------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 212 | 38307.090 | 889925.275 | 1541.893 | | 0.999923390 | 0.999949919 | 0.999936271 |
| 213 | 38303.278 | 889981.478 | 1540.493 | | 0.999923790 | 0.999949918 | 0.999937113 |
| 214 | 38301.830 | 889940.487 | 1540.338 | | 0.999923487 | 0.999949918 | 0.999937111 |
| 215 | 38301.819 | 889949.493 | 1540.338 | | 0.999923487 | 0.999949918 | 0.999937111 |
| 216 | 38297.498 | 889979.442 | 1540.994 | | 0.999924198 | 0.999949919 | 0.999937877 |
| 217 | 38299.294 | 889962.487 | 1540.799 | | 0.999923972 | 0.999949917 | 0.999937881 |
| 218 | 38302.277 | 889979.278 | 1540.794 | | 0.999924148 | 0.999949918 | 0.999937925 |
| 219 | 38298.492 | 889979.393 | 1540.799 | | 0.999924378 | 0.999949919 | 0.999937339 |
| 220 | 38302.278 | 889979.278 | 1540.794 | | 0.999924148 | 0.999949918 | 0.999937925 |

Nota. Fuente: Equipo de Trabajo.

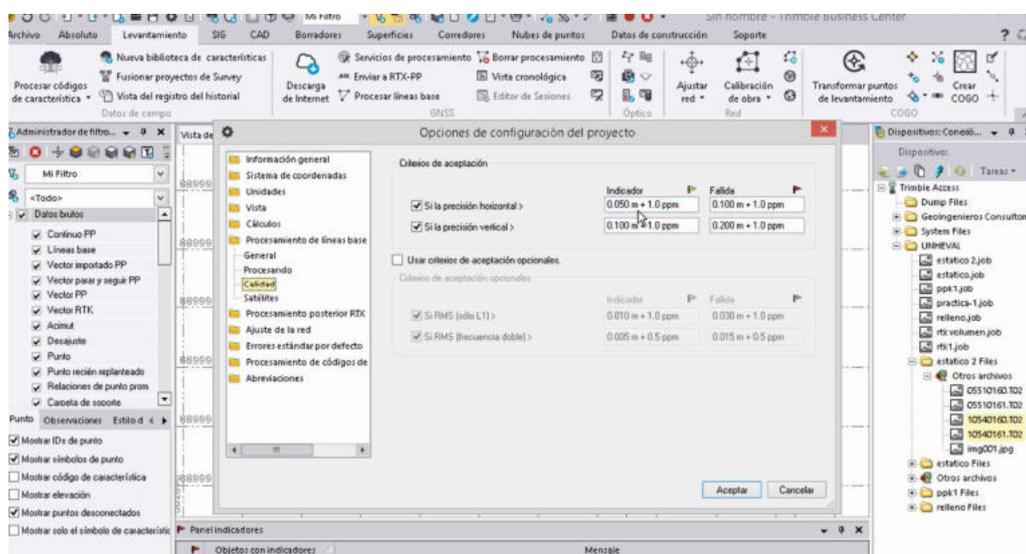
Para evitar inconvenientes entre receptores y satélites además de mejorar la precisión, nos apoyamos de que:

En coordenadas, los vectores de red tienen precisión menor a $10 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ o 1 mm por km de línea base. Los vértices de redes en lugares accesibles facilitan y agilizan el trabajo, apoyándose de ortofotos y cartografía para mejorar la precisión; pues cuerpos reflectantes, árboles o líneas eléctricas cerca del vértice, causan que los satélites no conecten con el receptor resultando en mala precisión (Divas Pensamiento, 2012).

Coincidimos con estas conclusiones, indicando que en nuestro caso los vectores de red tienen precisión horizontal de $50 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ y vertical de $100 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ en vertical con criterio de aceptación máximo de $100 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ en horizontal y $200 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ en la vertical, esto elegido por encontrarse cerca de la estación base y sin ninguna interferencia en las señales, además de habernos apoyado con cartografía existente.

Imagen 10

Criterio de aceptación de línea base



Nota. Se eligieron criterios opcionales por cada método de observación y proceso

Fuente: Equipo de Trabajo.

Ahora bien, para cálculos de errores en una red poligonal de orden C se resuelve que “en distancias horizontales, la precisión del GPS en error lineal promedia 3 mm mientras que la estación total promedia 2 cm , y en error residual hay diferencias en ambos equipos pero dentro de los parámetros de la norma DG 2018 y MTC” (Quispe Mayta & Quispe Morales, 2019)

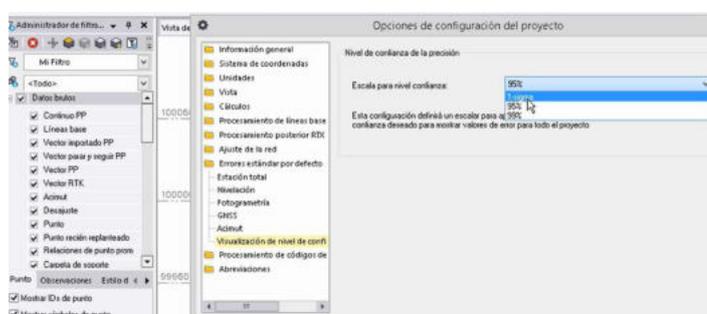
Un estudio similar, agrega que:

La diferencia de coordenadas comparando puntos de Estación Total con GPS Diferencial en RTK es en promedio 2.3 cm con desviación estándar de 1 cm. Con GPS Diferencial se obtienen resultados más precisos, cuyo promedio de error relativo aparente es $1/139,000$ y del levantamiento con Estación Total es $1/14,000$ (Hilario Solis, 2013).

Según los resultados hallados en nuestra investigación coincidimos con lo concluido por los autores, ya que, para obtener coordenadas más precisas en nuestra poligonal abierta se tomó intervalo de confianza del 95 % obteniendo así errores lineales y residuales del orden de 5 mm independiente del método de observación elegido, por lo cual tanto la Estación Total como el GPS diferencial son aplicables en levantamientos Topográficos de control y están dentro de las tolerancias y exigencias del MTC para levantamientos topográficos en obras viales; sin embargo los receptores GPS son la elección más viable y confiable, por la rapidez y cantidad mayor de datos tomados en periodos cortos.

Imagen 11

Nivel de confianza de precisión



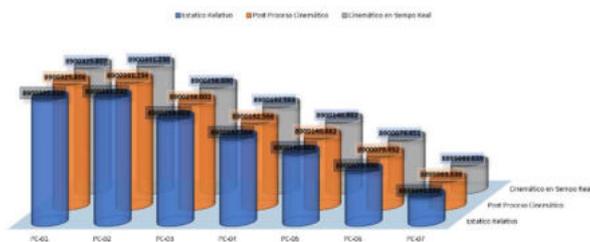
En la Universidad Cesar Vallejo se presentó una investigación que concluye:

La precisión promedio en puntos de control supera la tolerancia de 1/20,000 establecida por el Instituto de Estadística y Geografía de México, teniendo buena precisión. Además; considerando exactitud como diferencia entre resultados de estación total o valor real respecto al promedio de 3 vuelos, no pasan los 5 mm de diferencia establecidos en el MTC del Perú, por lo que tiene buena exactitud. El grado de confiabilidad del Levantamiento con dron depende de dimensiones que son precisión y exactitud, con estas es posible saber si los datos son confiables. Teniendo buena exactitud y precisión, es confiable el levantamiento. (Sanchez Vargas, 2017).

Estas conclusiones explican y consideran la confiabilidad en términos de exactitud y precisión como nosotros, cuyo análisis implico comparar diferentes métodos de verificación en el control geodésico y topográfico obteniendo una precisión promedio en el norte de 1/18215984306, en el este de 1/724095944 y en la cota de 1/2944562. Estos indican que, considerando nuestro escenario y toma de información nuestro control geodésico tiene buena precisión y exactitud resultando confiable.

Imagen 12

Coordenadas por método de observación



CONCLUSIONES

Precisión es obtener resultados similares con un mismo equipo al aplicar la fórmula de precisión. Estos resultados los mostramos en la Tabla 21, donde la precisión promedio es $1/18215984306$ en el Norte, en el Este $1/724095944$ y en la cota $1/2944562$; superando la tolerancia de $1/20000$ para medición electrónica, concluimos que se tiene precisión buena con cualquier método de verificación.

Exactitud es proximidad al valor referencial o real, considerando como tal a los datos hallados con estación total; calculado mediante diferencia entre el valor promedio obtenido de los tres métodos de verificación y el real, cuyos resultados son mostrados en la Tabla 23, en el cual el rango es máximo 3 mm en Este y mínimo -3 mm en Norte, valores que no superan 5 mm de diferencia establecido por el MTC del Perú en puntos de control de carreteras; considerando tener buena exactitud con cualquier método de verificación.

La confiabilidad del control geodésico en términos de sus dimensiones precisión y exactitud cuyos resultados son buenos, evidencian un control confiable utilizando cualquier método de verificación satelital con receptores doble frecuencia.

Concluimos que; al medir la poligonal abierta por trilateración con dos receptores GPS doble frecuencia y por métodos de observación estático relativo, post proceso cinemático y cinemático en tiempo real, con capturas cada 5 seg. y periodos de 3 min.

hasta 2 horas, ocupamos 7 puntos de control; obtenemos datos confiables con facilidad y rapidez comparada con la estación total.

Además; se reduce errores de cierre poligonal, tomando datos instantáneos del mismo conjunto de satélites en ambos receptores, evitando interferencia en señales de radio y usando Factor escala (FE) para adaptar y convertir distancias en proyección UTM a topográficas o viceversa; obteniendo así coordenadas muy precisas.

Los cálculos reflejaron que la confiabilidad no disminuyó por qué; la línea base entre GPS Diferencial y ERP es cercana y los errores lineal y residual con intervalo de confianza del 95 % son del orden de 5 mm en ambos equipos, haciéndose imperceptibles con cualquier método de observación y sin que el tiempo de observación disminuya la confiabilidad.

Entonces; tanto Estación Total como GPS diferencial son aplicables tratándose de levantamientos con control en obras viales y están dentro de las tolerancias del MTC y DG 2018; sin embargo, los receptores son más confiables por su rapidez de uso, versatilidad de cálculo y análisis, además de su cantidad superior de datos adquiridos en periodos cortos, haciéndolo más eficiente.

Es fundamental conocer las ventajas aplicativas del Receptor GPS de frecuencia doble en topografía de replanteos y levantamientos viales controlados, pues permite comparar posicionamientos con diferentes métodos de observación satelital, optimizando recursos y brindando confiabilidad con resultados exactos y precisos.

RECOMENDACIONES

En trabajos de levantamientos de control con GPS diferencial se deben considerar parámetros que afectan la captura de datos como temperatura, multipath y ruido del receptor, efecto de la ionosfera y troposfera, corrección de pseudodistancias, etc.

Se recomienda apoyar el posicionamiento diferencial con cartografía oficial y fotogrametría, para lograr levantamientos de detalle controlado.

Investigar los algoritmos de cálculo empleados por el software de proceso Trimble Business Center para ajuste de redes, medidas con código y fase, calibración de receptores u otras correcciones, a fin de optimizar los trabajos de control topográfico en obras viales.

Los resultados obtenidos en esta investigación deberían compararse con otras aplicaciones y metodologías de captura de datos satelitales, un ejemplo sería con fotogrametría de control, ampliar distancia de línea base o estación de rastreo permanente o medición láser por satélites.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala Ramírez, A., & Hasbun Bardales, M. M. (2012). *Aplicaciones y Uso de la Tecnología de GPS Diferencial de Doble Frecuencia con Precisión Centimétrica en el Área de Levantamiento y Replanteo Topográfico Georeferenciado*. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Cóndor García, D. (2012). *Determinación del tiempo de visado para observaciones satelitales con GPS de alta precisión*. Lima, Lima, Peru.
- Divas Pensamiento, J. M. (2012). *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral georeferenciadas por medio de tecnología de medición satelital*. San Diego, San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Durand Cruz, H. (2018). *Efectos del uso del factor de escala en las mediciones del levantamiento topográfico de la faja marginal del río lampa tramo 0+000 al 44+704.718*. Lampa, Puno, Peru.
- Florez López, S. (2016). *Evaluación de cinco métodos de ajuste en poligonales abiertas en la carretera Ayaviri - Purina*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Garavito Torres, C. M. (2018). *Precisión de las coordenadas geodésicas, con el uso del factor escala, en la carretera Huamachuco*. Humachuco, Huancayo, Peru.
- García Márquez, F. (1994). *Curso Básico de Topografía*. México D.F.: árbol editorial.
- Glosarios Alicante. (2015). *Control Geodésico*. Alicante: Glosarios Alicante.
- Hernández Sampieri, R. C., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta edición ed.). México: Interamericana S.A. de C.V.
- Hilario Solis, P. W. (2013). *Estudio comparativo de levantamientos topográficos de obras viales mediante topografía convencional y GPS diferencial*. Lima, Lima, Peru.
- Mendoza Dueñas, J. (2019). *Topografía y Geodesia*. Lima: Editores Maraucano E.I.R.L.
- Norma Técnica Geodésica. (2015). *Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema de Navegación Global*. Instituto Geográfico Nacional.

- Quispe Mayta, J. M., & Quispe Morales, Y. (2019). *Determinación de la Red Poligonal Geodésico y Topográfico de Orden C en el Estudio de la Carretera Lampa Cabanilla Cabanillas*. Puno.
- Ramos Yucra, J. A. (2018). *Optimización del error lineal – angular de la poligonal*. Acora, Puno, Peru.
- Real Academia Española. (2019). *Control*. En Diccionario de la Lengua Española (Edición del Tricentenario). Obtenido de <https://dle.rae.es/control>
- Real Academia Española. (2019). *Geodesia*. En Diccionario de la Lengua Española (Edición del Tricentenario). Obtenido de <https://dle.rae.es/geodesia?m=form>
- Sanchez Vargas, I. J. (2017). *Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza san luis-2017*. Nuevo Chimbote, Chimbote, Peru.
- Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2016). *Topografía*. México: Alfaomega Grupo Editor.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES |
|---|---|---|--|
| <p>Problema general</p> <p>¿Cómo influye el método de verificación satelital en el grado de confiabilidad, durante el control geodésico de las carreteras?</p> | <p>Objetivo general</p> <p>Explicar cómo influye el método de verificación satelital en el grado de confiabilidad, durante el control geodésico de las carreteras.</p> | <p>Hipótesis general</p> <p>El método de verificación satelital influye significativamente en el grado de confiabilidad, durante el control geodésico de las carreteras.</p> | <p>Variable dependiente</p> <p>Grado de Confiabilidad en el Control geodésico</p> |
| <p>Problema específico N°01</p> <p>¿Qué efectos produce el método de verificación satelital en la precisión, durante el control geodésico de las carreteras?</p> | <p>Objetivo específico N°01</p> <p>Analizar qué efectos produce el método de verificación satelital en la precisión, durante el control geodésico de las carreteras.</p> | <p>Hipótesis específica N°01</p> <p>El método de verificación satelital produce efectos significativos en la precisión, durante el control geodésico de las carreteras.</p> | |
| <p>Problema específico N°02</p> <p>¿En qué medida favorece el método de verificación satelital a la exactitud, durante el control geodésico de las carreteras?</p> | <p>Objetivo específico N°02</p> <p>Analizar en qué medida favorece el método de verificación satelital a la exactitud, durante el control geodésico de las carreteras.</p> | <p>Hipótesis específica N°02</p> <p>El método de verificación satelital favorece significativamente a la exactitud, durante el control geodésico de las carreteras.</p> | <p>Variable Independiente</p> <p>Métodos de verificación satelital</p> |

Anexo 02. Consentimiento informado

Yo

declaro que he sido informado e invitado a participar en la investigación denominado: “CONFIABILIDAD Y MÉTODOS DE VERIFICACIÓN SATELITAL EN EL CONTROL GEODESICO DE CARRETERAS”, siendo este estudio de investigación desarrollado por los tesisistas en todo el desarrollo de la presente tesis.

Asimismo, puedo mencionar que la investigación busca estudiar la confiabilidad y métodos de verificación satelital en el control geodésico de carreteras, y que durante el desarrollo del presente estudio se desarrolló con la participación de los ingenieros asesores y el personal del laboratorio, que, gracias al aporte de ellos, llevaron al desarrollo de la presente investigación.

Llegando a participar de manera voluntariamente en todo el desarrollo del presente estudio.

Firma del participante:

Fecha:

Anexo 03. Instrumentos

Figura 5

Formato 1: Fichas Geodésicas

|  FICHAS GEODÉSICAS DE LOS PUNTOS DE CONTROL | | | |
|---|----------------------------|---|---|
| DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA | | | |
| FICHA: 01 | | PCG- 01 - PUNTO DE GEOREFERENCIACIÓN | |
| Coordinador : | Jesús Víctor Miraval Peña | | |
| Responsable : | Jesús Víctor Miraval Peña | | |
| NOMBRE DE LA ESTACIÓN | | UBICACIÓN GEOGRÁFICA | |
| PCG- 01 | | CÓDIGO INTERNO | |
| PRECISIÓN: ± HV mm + hv ppm | | FECHA: | |
| Horizontal: | 26 de abril de 2020 | | |
| Vertical: | | | |
| PAÍS : | | | PERÚ |
| DEPARTAMENTO : | | | HUÁNUCO |
| PROVINCIA/DISTRITO : | | | HUÁNUCO |
| CARRETERA : | | | HUÁNUCO – LA UNIÓN- HUALLANCA, TRAMO I |
| COORDENADAS GEOGRÁFICAS | | | ELEV. REF. – EGM08 |
| LATITUD: | LONGITUD: | ELIPSOIDE: | ALTITUD: |
| COORDENADAS UTM - WGS84 | | | |
| ESTE: | NORTE: | ZONA: | |
| FACTOR DE ESCALA PROYECCIÓN | FACTOR DE ESCALA ELEVACIÓN | FACTOR DE ESCALA COMBINADO | ÁNGULO DE CONVERGENCIA DE MERIDIANO |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | VISTA FOTOGRAFICA | |
| DESCRIPCIÓN DEL PUNTO TOPOGRÁFICO | | | |
| PROFESIONAL RESPONSABLE | | REVISADO POR | |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6*Especificaciones técnicas equipo estación total*

| Especificaciones Técnicas de Equipos Utilizados | | | |
|--|----------------------------------|-------------|-------------------|
| Estación Total | | | |
| Modelo: | | | |
| Telescopio: | Aumento | | |
| | Distancia Mínima de Enfoque | | |
| Medición de distancia: | Rango de Medición | Con Prisma | |
| | | Sin Prisma | |
| | | Mini Prisma | |
| | Precisión | Con Prisma | |
| Sin Prisma | | | |
| Medición de ángulos: | Sistema de Lectura | | |
| | Mínima Lectura | | |
| | Precisión | | |
| Compensador: | Ejes | | |
| | Rango | | |
| Unidad incorporada: | Sistema operativo | | Microsoft Windows |
| | Procesador | | Intel |
| | Memoria | RAM | |
| | | ROM | |
| | Pantalla | Unidades | |
| Tamaño | | | |
| Interfase: | Sistema de Tarjetas | | |
| | Puertos | | |
| Especificaciones Físicas: | Teclado | | |
| | Peso | | |
| | Temperatura de Operación | | |
| | Protección Contra Agua y Polvo | | |
| Energía: | Medición de ángulos y distancias | | |
| | Medición de ángulos solamente | | |
| | Recarga | | |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7*Componentes de vector*

| COMPONENTES DE VECTOR | | | | | |
|--|---|-----------------------------|---|-------------------|--|
| COMPONENTES DE VECTOR MARCA A MARCA DEL PUNTO | | | | | |
| De: | | | | | |
| Cuadrícula | | Local | | Global | |
| Este | | Latitud | | Latitud | |
| Norte | | Longitud | | Longitud | |
| Elevación | | Altura | | Altura | |
| A: | | | | | |
| Cuadrícula | | Local | | Global | |
| Este | | Latitud | | Latitud | |
| Norte | | Longitud | | Longitud | |
| Elevación | | Altura | | Altura | |
| Vector: | | | | | |
| Δ Este | | Acimut Adelante NS | | ΔX | |
| Δ Norte | | Dist. Elip | | ΔY | |
| Δ Elevación | | Δ Altura | | ΔZ | |
| Errores estándar | | | | | |
| Errores de vector: | | | | | |
| $\sigma \Delta$ Este | | σ Acimut Adelante NS | | $\sigma \Delta X$ | |
| $\sigma \Delta$ Norte | | σ Dist. Elip | | $\sigma \Delta Y$ | |
| $\sigma \Delta$ Elevación | | $\sigma \Delta$ Altura | | $\sigma \Delta Z$ | |
| Matriz de covarianzas a posteriori (Metro ²) | | | | | |
| | X | Y | Z | | |
| X | | | | | |
| Y | | | | | |
| Z | | | | | |
| Ocupaciones | | | | | |
| | | De | A | | |
| ID de punto: | | | | | |
| Archivo de datos: | | | | | |
| Tipo de receptor: | | | | | |
| Número de serie del receptor: | | | | | |
| Tipo de antena: | | | | | |
| Número de serie de la antena: | | | | | |
| Altura de la antena (medida): | | | | | |
| Método de antena: | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 04. Nota biográfica

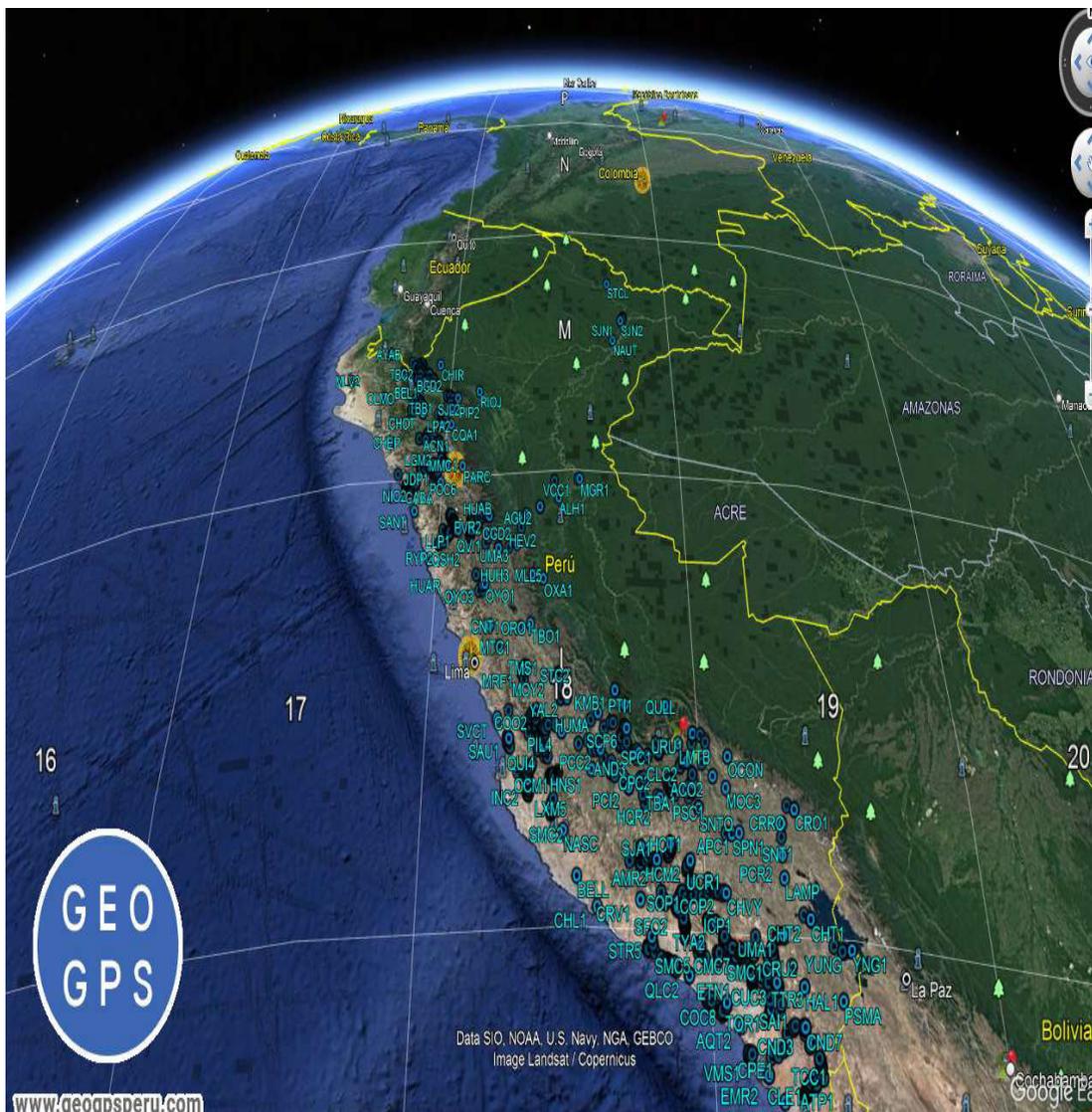
Carlos Humberto Aponte Rojas, nacido en la ciudad, Provincia y Departamento Huánuco, hijo del Señor Lino Aponte Ventocilla y Señora Dina Rojas de Aponte, mi educación inicial lo lleve a cabo en la Institución Inicial N° 003 “Laurita Vicuña”, la primaria y secundaria lo curse en la Institución Educativa N° 32232 “Juana Moreno” y la educación superior en la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional “Hermilio Valdizan” de Huánuco, optando el grado de Bachiller.

Jesús Víctor Miraval Peña, nació en el distrito Huallanca, Provincia Bolognesi del Departamento Ancash, hijo de Don Pablo Benigno Miraval Cipriano y Doña Gabriela Esther Peña Espinoza, mi educación primaria lo curse en el Centro Educativo N° 33130 de Huánuco y secundaria lo realice en la Institución Educativa Milagro de Fátima en la misma ciudad y mi formación superior en la Universidad Nacional “Hermilio Valdizan” de Huánuco, en la escuela de Ingeniería Civil alcanzando el grado de Bachiller.

Anexo 05. Validación de los instrumentos por jueces

En la presente investigación realizada no podemos validar dichos instrumentos por ser un tipo de investigación experimental.

Anexo 06. Estaciones de rastreo permanente en Perú





ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los veintiún días del mes de noviembre del 2019, siendo las 10:00 horas de la mañana, se dio cumplimiento a la Resolución de Decano N° 645-2019-UNHEVAL-FICyA y Resolución de Decano N°691-2019-FICA y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de tesis titulado "CONFIABILIDAD Y METODOS DE VERIFICACION SATELITAL EN EL CONTROL GEODESICO DE CARRETERAS", para optar el Título de Ingeniero Civil, de los Bachilleres **Jesús Víctor MIRAVAL PEÑA** y **Carlos Humberto APONTE ROJAS**, finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

Los Miembros del Jurado declararon APROBADO con la nota de: 15 (QUINCE)

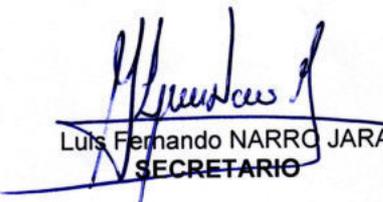
Con el calificativo de: BUENO

Dándose por concluido dicho acto a las: 11:50 am del mismo día.

Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES: _____


 Víctor Manuel GOICOCHEA VARGAS
PRESIDENTE


 Luis Fernando NARRO JARA
SECRETARIO


 Jim Arturo RIVERA VIDAL
VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

N°003-2023- DI/FICA

La directora de investigación de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco

HACE CONSTAR que:

La Tesis titulada “**CONFIABILIDAD Y MÉTODOS DE VERIFICACIÓN SATELITAL EN EL CONTROL GEODÉSICO DE CARRETERAS**” del (os) Bachiller (s) en Ingeniería Civil **VICTOR JESUS MIRAVAL PEÑA y CARLOS HUMBERTO APONTE ROJAS**, Cuenta con un índice de similitud del 30 % verificable en el Reporte de Originalidad del software antiplagio Turnitin. Luego del análisis se concluye que, cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio, por lo expuesto la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 35% establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Huánuco, 21 de marzo del 2023



.....
Dra. Ana María Matos Ramírez
Directora de Investigación FICA

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS JESUS VICTOR MIRAVAL PEÑA C
ARLOS HUMBERTO APONTE ROJAS.pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

18250 Words

RECUENTO DE CARACTERES

107238 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

106 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.0MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 1, 2023 10:36 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 1, 2023 10:37 PM GMT-5**● 30% de similitud general**

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

- 27% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 16% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: *(marque con una "X")*

| | | | | | | | |
|--|---------------------------------|-----------------------------|--|------------------|-----------------|--|------------------|
| Pregrado | X | Segunda Especialidad | | Posgrado: | Maestría | | Doctorado |
| Pregrado <i>(tal y como está registrado en SUNEDU)</i> | | | | | | | |
| Facultad | Ingeniería Civil y Arquitectura | | | | | | |
| Escuela Profesional | Ingeniería civil | | | | | | |
| Carrera Profesional | Ingeniería civil | | | | | | |
| Grado que otorga | | | | | | | |
| Título que otorga | Ingeniero Civil | | | | | | |
| Segunda especialidad <i>(tal y como está registrado en SUNEDU)</i> | | | | | | | |
| Facultad | | | | | | | |
| Nombre del programa | | | | | | | |
| Título que Otorga | | | | | | | |
| Posgrado <i>(tal y como está registrado en SUNEDU)</i> | | | | | | | |
| Nombre del Programa de estudio | | | | | | | |
| Grado que otorga | | | | | | | |

2. Datos del Autor(es): *(Ingrese todos los datos requeridos completos)*

| | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|
| Apellidos y Nombres: | Aponte Rojas Carlos Humberto | | | | | | |
| Tipo de Documento: | DNI | <input checked="" type="checkbox"/> | Pasaporte | <input type="checkbox"/> | C.E. | <input type="checkbox"/> | Nro. de Celular: 962520590 |
| Nro. de Documento: | 45836145 | | | | Correo Electrónico: carlos_aponte_rojas@hotmail.com | | |
| Apellidos y Nombres: | Miraval Peña Jesus Victor | | | | | | |
| Tipo de Documento: | DNI | <input checked="" type="checkbox"/> | Pasaporte | <input type="checkbox"/> | C.E. | <input type="checkbox"/> | Nro. de Celular: 975219015 |
| Nro. de Documento: | 44196813 | | | | Correo Electrónico: jesusvictor2212@gmail.com | | |
| Apellidos y Nombres: | | | | | | | |
| Tipo de Documento: | DNI | <input type="checkbox"/> | Pasaporte | <input type="checkbox"/> | C.E. | <input type="checkbox"/> | Nro. de Celular: |
| Nro. de Documento: | | | | | Correo Electrónico: | | |

3. Datos del Asesor: *(Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)*

| | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------------------|-----------|--------------------------|------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| ¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: <i>(marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)</i> | | | | | | | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | NO |
| Apellidos y Nombres: | Zevallos Huaranga Jorge | | | | ORCID ID: | 0000-0003-1944-7198 | | | |
| Tipo de Documento: | DNI | <input checked="" type="checkbox"/> | Pasaporte | <input type="checkbox"/> | C.E. | <input type="checkbox"/> | Nro. de documento: 19836982 | | |

4. Datos del Jurado calificador: *(Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)*

| | |
|--------------------|--------------------------------|
| Presidente: | Goicochea Vargas Victor Manuel |
| Secretario: | Narro Jara Luis Fernando |
| Vocal: | Rivera Vidal Jim Arturo |
| Vocal: | |
| Vocal: | |
| Accesitario | Vargas Garcia Medardo |

5. Declaración Jurada: *(Ingrese todos los datos requeridos completos)*

| |
|--|
| a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de investigación Titulado: <i>(ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)</i> |
| CONFIABILIDAD Y METODOS DE VERIFICACION SATELITAL EN EL CONTROL GEODESICO DE CARRETERAS |
| b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: <i>(tal y como está registrado en SUNEDU)</i> |
| Título Profesional de Ingeniero Civil |
| c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias. |
| d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros. |
| e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional. |
| f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente. |
| g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado. |
| h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan. |

6. Datos del Documento Digital a Publicar: *(Ingrese todos los datos requeridos completos)*

| | | | |
|--|----------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: <i>(Verifique la Información en el Acta de Sustentación)</i> | | 2019 | |
| Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: <i>(Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)</i> | Tesis | X | Tesis Formato Artículo |
| | Trabajo de Investigación | | Trabajo de Suficiencia Profesional |
| | Trabajo Académico | | Otros <i>(especifique modalidad)</i> |
| Palabras Clave: <i>(solo se requieren 3 palabras)</i> | Confiabilidad | Verificación | Control |
| Tipo de Acceso: <i>(Marque con X según corresponda)</i> | Acceso Abierto | X | Condición Cerrada (*) |
| | Con Periodo de Embargo (*) | | Fecha de Fin de Embargo: |
| ¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? <i>(ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):</i> | SI | NO | X |
| Información de la Agencia Patrocinadora: | | | |

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente, Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo Indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

| | | |
|---|------------------------------|--|
| Firma:  | |  |
| Apellidos y Nombres: | Aponte Rojas Carlos Humberto | Huella Digital |
| DNI: | 45836145 | |
| Firma:  | |  |
| Apellidos y Nombres: | Miraval Peña Jesus Victor | Huella Digital |
| DNI: | 44196813 | |
| Firma: | | |
| Apellidos y Nombres: | | Huella Digital |
| DNI: | | |
| Fecha: 24/03/2023 | | |

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.